

Université de Montréal

**Moyens Informatiques de restitution en  
archéologie monumentale :  
Cas du temple de Karnak**

par  
Anis Semlali

École d'architecture  
Faculté de l'aménagement

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de Philosophiæ Doctor (Ph.D)

en Aménagement

Aout, 2009

© Anis Semlali, 2009

Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

Moyens informatiques de restitution en architecture monumentale :  
Cas du temple de Karnak

présentée par :

Anis Semlali

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Prof. Déom, Claudine .....: Président-rapporteur  
Prof. Tidafi, Temy ..... : Directeur de recherche  
Prof. Parisel, Claude .....: Co-directeur  
Prof. Cameron, Christina ..... : Membre du jury  
Prof. Grussenmeyer, Pierre ..... : Examineur externe  
Directeur de département  
Insa-Strasbourg  
Prof. De Paoli, Giovanni .....: Doyen de la Faculté



## Résumé

L'objectif de notre recherche est l'exploration et l'étude de la question de l'instrumentation informatique des projets de reconstitution archéologiques en architecture monumentale dans le but de proposer de nouveaux moyens. La recherche a pour point de départ une question, à savoir : « *Comment, et avec quels moyens informatiques, les projets de reconstitution architecturale pourraient-ils être menés en archéologie?* ».

Cette question a nécessité, en premier lieu, une étude des différentes approches de restitution qui ont été mises à contribution pour des projets de reconstitution archéologiques, et ceci, à ses différentes phases. Il s'agit de comprendre l'évolution des différentes méthodologies d'approche (épistémologiquement) que les acteurs de ce domaine ont adoptées afin de mettre à contribution les technologies d'information et de communication (TIC) dans le domaine du patrimoine bâti. Cette étude nous a permis de dégager deux principales avenues: une première qui vise exclusivement la « représentation » des résultats des projets et une seconde qui vise la modélisation de ce processus dans le but d'assister l'archéologue dans les différentes phases du projet. Nous démontrons que c'est la deuxième approche qui permet la combinaison et met à la disposition des archéologues une meilleure exploitation des possibilités que l'outil informatique peut et pourra présenter. Cette partie permet de démontrer la nature systémique et complexe de la mise à contribution des TICs dans le domaine de la restitution archéologique. La multitude des acteurs, des conditions techniques, culturelles et autres, des moyens utilisés ainsi que la variété des objectifs envisagés dans les projets de reconstitution archéologiques poussent à explorer une nouvelle approche qui tient compte de cette complexité.

Pour atteindre notre objectif de recherche, la poursuite de l'étude de la nature de la démarche archéologique s'impose. Il s'agit de comprendre les liens et les interrelations qui s'établissent entre les différentes unités techniques et intellectuelles en jeu ainsi que les différents modes de réflexions présents dans les projets de reconstitution archéologique du patrimoine bâti. Cette étude met en évidence le rapport direct entre le caractère subjectif de la démarche avec la grande variabilité des approches et des raisonnements mis en œuvre. La recherche est alors exploratoire et propositionnelle pour confronter notamment le caractère systémique et complexe de l'expérience concrète et à travers les publications savantes, les éléments de la réalité connaissable. L'étude des raisonnements archéologiques à travers les publications savantes nous permet de proposer une première typologie de raisonnements étudiés. Chacune de ces typologies reflète une méthodologie d'approche basée sur une organisation d'actions qui peut être consignée dans un ensemble de modules de raisonnements. Cette recherche fait ressortir, des phénomènes et des processus observés, un modèle qui représente les interrelations et les interactions ainsi que les produits spécifiques de ces liaisons complexes. Ce modèle témoigne d'un processus récursif, par essais et erreurs, au cours duquel l'acteur « expérimente » successivement, en fonction des objectifs de l'entreprise et à travers des modules de raisonnements choisis, plusieurs réponses aux questions qui se posent à lui, au titre de la définition du corpus, de la description, de la structuration, de l'interprétation et de la validation des résultats, jusqu'à ce que cette dernière lui paraisse satisfaire aux objectifs de départ.

Le modèle établi est validé à travers l'étude de cas du VIIème pylône du temple de Karnak en Égypte. Les résultats obtenus montrent que les modules de raisonnements représentent une solution intéressante pour assister les archéologues dans les projets de reconstitution archéologiques. Ces modules

offrent une multiplicité de combinaisons des actions et avantagent ainsi une diversité d'approches et de raisonnements pouvant être mis à contribution pour ces projets tout en maintenant la nature évolutive du système global.

Mots-clés : Patrimoine bâti, Reconstitution archéologique, Processus et actions, Modélisation d'actions, Architecture et Complexité.

## **Abstract**

The goal of our research is to explore and study the use of computerized tools in archaeological reconstruction projects of monumental architecture in order to propose new ways in which such technology can be used. The first question we ask is: "How and with which computerized tools can architectural reconstruction projects be conducted in archaeology? In our quest to answer this question, we begin with a study of the different restitution approaches used in various phases of archaeological reconstruction projects. This involves understanding how the different methods of approach have evolved (epistemologically), how those involved in such projects have put information and communication technologies to use in the field of built heritage. This study has identified two main avenues: one whose sole aim is the "representation" of project results and another whose aim is to model this process in order to assist the archaeologist through various phases of a project. We have demonstrated that it is the second approach which combines and offers archaeologists a better utilization of the possibilities offered by computer assisted tools. This allowed us to demonstrate the complex and systemic nature of ICT's in the field of archaeological reconstruction. The multiple actors, conditions, means and goals considered in archaeological reconstruction projects have led us to explore a new approach that reflects this complexity.

In order to achieve the goal of our research, it was necessary to further study the nature of the archaeological process. This involved understanding the links and interrelations between the various components that define the archaeological approach and the various thought processes involved in heritage building archaeological reconstruction projects. This study showed a direct relationship between the subjective nature of the process and the

diversity of approaches and thought processes which can be implemented. This exploratory and propositional research reinforces the systemic and complex nature of our approach and prompts us to explore, in practice and through published literature, the elements of known reality. The study of archaeological reasoning through academic publications has allowed us to propose an initial typology of arguments studied. Each of these typologies reflects a methodological approach based on organized actions that can be recorded in a set of reasoning modules. This research has allowed us to highlight phenomena and observed processes, leading to a model representing interrelationships and interactions as well as the specific results of these complex interconnections. This pattern reflects a cyclical process of trial and error, in which the actors consecutively 'experience' (according to the project's goals and through reasoning modules), several answers to the questions exposed to him under the corpus definition, description, structure, interpretation and validation of the results until the latter would appear to meet the original targets.

The model developed was validated through a case study of the seventh pylon of the Karnak temple in Egypt. The results show that the reasoning modules offer an interesting solution assisting archaeologists in archaeological reconstruction projects. The multiple action combinations offered by these modules are an advantage to many approaches and thought processes which could be useful to such projects while maintaining the progressive nature of the overall system.

Keywords: Architectural heritage, archaeological reconstruction, process and actions, Action-based modeling, Architecture and Complexity.

## Table des matières

Résumé .....	iii
Abstract.....	vi
Remerciements .....	xxii
Introduction Générale .....	1
CHAPITRE 1: Origine et spécificités de la démarche de restitution du patrimoine archéologique bâti .....	7
1.1    Définitions préliminaires .....	8
1.1.1    Le patrimoine archéologique bâti .....	8
1.1.2    La restitution : proposition de définition .....	13
1.1.3    La modélisation et la simulation en archéologie .....	16
1.1.4    La simulation .....	18
1.1.5    Les acteurs de la restitution visuelle des édifices .....	22
1.2    Le développement d'une démarche de restitution du patrimoine archéologique bâti avant l'arrivée de l'informatique.....	24
1.2.1    «L'image de restitution» en archéologie .....	24
1.2.2    La restitution: reconstructions matérielles.....	33
1.2.3    Les reconstitutions matérielles à échelle réelle ou réduite .....	36
1.2.4    Étude de cas: Méthodes de relevés dans les projets de reconstitution à Karnak.....	42
1.2.5    En résumé .....	49
1.3    La restitution du patrimoine bâti au moyen des Technologies de l'Information et de la Communication (TICs) .....	50

1.3.1	Structure et composantes de l’outil informatique.....	52
1.3.2	Origine et évolution des projets de restitution en Archéologie ..	60
1.3.3	La modélisation des connaissances: les bases de données en archéologie.....	71
1.3.4	La modélisation des processus et du savoir-faire en Archéologie	92
1.3.5	En résumé .....	110
1.4	La complexité de la mise en contribution des TICs dans les projets de reconstitutions archéologiques.....	110
1.4.1	Pluridisciplinarité, interdisciplinarité ou transdisciplinarité.....	111
1.4.2	La complexité .....	114
1.4.3	La modélisation systémique .....	116
1.4.4	La modélisation .....	121
1.4.5	Analyse épistémologique.....	123
1.4.6	En résumé .....	127
1.5	Conclusion .....	130
CHAPITRE 2 : Nature et spécificités de la démarche archéologique dans les projets de reconstitution.....		
134		
1.1	Introduction .....	135
1.2	La démarche archéologique.....	137
1.2.1	Introduction .....	137



1.2.2	Acquisition et manipulation des objets matériels .....	138
1.2.3	Formulation et validation des hypothèses .....	140
1.2.4	Le modèle conventionnel de la démarche archéologique.....	141
1.2.5	En résumé .....	141
1.3	Les limites d'un discours archéologique rationnel.....	143
1.3.1	Introduction .....	143
1.3.2	Représentation des faits et Formalisation des données dans la démarche archéologique .....	144
1.3.3	Les faits et leurs représentations.....	145
1.3.4	Formalisation des données.....	147
1.3.5	Les unités du traitement de l'information en archéologie.....	147
1.3.6	Le «système de pertinence» en archéologie .....	151
1.3.7	En résumé .....	153
1.4	Les limites des conjectures et des hypothèses archéologiques.....	155
1.4.1	Introduction .....	156
1.4.2	Modèles de compréhension .....	157
1.4.3	Le modèle d'explication en archéologie.....	159
1.4.4	L'explication scientifique en archéologie.....	160
1.4.5	Explication fonctionnelle.....	162
1.4.6	La limite des explications archéologiques.....	165

1.4.7	En résumé .....	168
1.5	Établissement du modèle de raisonnement dans les projets de reconstitution archéologique.....	170
1.5.1	Présentation générale du temple de Karnak .....	171
1.5.2	Étude des raisonnements archéologiques dans les projets de reconstitution archéologique dans le temple de Karnak d'après la méthode «logiciste».....	177
1.6	Conclusion.....	204
CHAPITRE 3 : Exploration d'un système d'aide à la restitution archéologique.....		212
1.1	Méthodes et moyens informatiques pour l'acquisition et l'enregistrement des données.....	214
1.1.1	Projet « ICONOS ».....	215
1.1.2	L'approche du GRCAO.....	223
1.1.3	L'approche scientifique pour l'informatisation des données archéologiques du Centre Franco-égyptien des Temples de Karnak ...	227
1.1.4	Conclusion.....	231
1.2	Les langages informatiques .....	232
1.2.1	Introduction .....	232
1.2.2	Les langages impératifs .....	233
1.2.3	La programmation logique .....	234
1.2.4	Les langages fonctionnels.....	234

1.2.5 Conclusion .....	235
1.3 Principe opératoire et développement informatique des modules de raisonnements .....	236
1.3.1 Approche Géométrique de restitution: Exemple d'un module d'aide à la reconstitution géométrique des objets 2D .....	236
1.3.2 Module Topologique et Géométrie de restitution.....	256
1.4 Exploration de l'algorithmique de l'implémentation et du développement informatique des modules de raisonnement: Cas du VII <sup>ème</sup> pylône à Karnak.....	282
1.5 Conclusion .....	296
Conclusion générale .....	299
Chartes et recommandations internationales (par années ascendantes) : .....	304
Bibliographie : .....	305
Chartes et recommandations internationales (par années ascendantes) : ..	316
Annexes .....	317
Annexe I : Analyse des raisonnements archéologiques à partie des publications savantes .....	318
Annexe II : La Banque de données historiques « IPET-SOUT » des opérations réalisées dans le temple de Karnak .....	356
Annexe III : Banque de données documentaire du centre franco-égyptien d'études des temples de Karnak .....	359
Annexe IV : Analyse des connections iconographiques du VII <sup>ème</sup> Pylône .....	364
Annexe V : Description des scènes d'offrande .....	405



## Liste des figures

Figure 1: La tour de Babel reconstituée par P. Bruegel au XVIe siècle. (Mohen, 1999) p.10 .....	30
Figure 2: Planche, réalisée à l'occasion de l'Expédition d'Égypte, dépeignant un édifice de Philae selon un état restauré conjectural.(Russel, 2001) vol. I, 2001, pl. 28 .....	32
Figure 3: La chapelle rouge de Karnak en cours de reconstitution <sup>37</sup> .....	37
Figure 4: Exemple d'assemblage de blocs (lits d'attente) ayant appartenu à la chapelle rouge <sup>38</sup> .....	38
Figure 5: Maison gauloise reconstituée à l'Archéosite d'Aubéchies. (Hill & Barrois, 1993) .....	39
Figure 6: Maquette au 1/200e du centre monumental de la ville haute de Carthage. (P. Gros, 1996) <sup>42</sup> .....	41
Figure 7: Maquette réelle du secteur compris entre le IIème et le IIIème pylône avant la construction de la salle hypostyle, (Alboury, Boccon-Gibod, Golvin, Goyon, & Martinez, 1989) .....	41
Figure 8: Le relevé Épigraphique d'après la méthode du centre franco- égyptien de Karnak (ALBOUY 1989.) .....	45
Figure 9: Relevé sur film transparent et son interprétation dessin interprété (Meyer 2007) .....	45
Figure 10: Structure de l'outil informatique et interaction humaine .....	60

Figure 11: Visite virtuelle d'un site archéologique à travers une installation et un système de présentation. (Troia Project) (Jablonka & Kirchner, 2003) p. 236 .....	66
Figure 12: Le concept de TimeScope .....	67
Figure 13: Système axé sur une base de données regroupant modèles 3D et données issues de l'enregistrement des vestiges archéologiques afin de faciliter leur recoupement. (3D Murale).....	89
Figure 14: Structure informatique des environnements VRML .....	91
Figure 15: Maquettes virtuelles de charpentes, résultats d'une analyse des savoir-faire, de leur traduction en langage informatique et de leur modélisation (projet Nouvelle-France, GRCAO) (Charbonneau, 2005), pp.21-28. ....	95
Figure 16: Le magasin d'entreposage des talatates .....	97
Figure 17: La talatate T225 .....	99
Figure 18: Représentation formelle (base de faits) de la talatate n°225 (Vergnieux and Gondran 1997).....	100
Figure 19: Représentation par hiéroglyphes de la talatate n: 225 (Vergnieux and Gondran 1997) .....	101
Figure 20: Exemple de pierres obtenues dans un groupe (bateau/jarre/oiseau) et (cage/cordage).....	102
Figure 21: Assemblage de talatates T225 et T512 par la méthode de complétion .....	104
Figure 22: Recherche déductive à partir d'éléments partiels .....	105

Figure 23: Recherche de talatates à partir d'éléments transversaux .....	106
Figure 24: L'ordinateur a rapidement proposé la pierre manquante dans l'assemblage de la volière (Vergnieux and Gondran 1997) .....	106
Figure 25: Une partie de l'assemblage a été retrouvé: il représente une «volière» (Vergnieux and Gondran 1997).....	107
Figure 26: Le processus intellectuel en archéologie (Gardin 1980).....	142
Figure 27: La formalisation des données.....	155
Figure 28: La méthode hypothético-déductive (C. J. Lyes, 1998) .....	161
Figure 29: Plan général du Temple de Karnak .....	173
Figure 30: le raisonnement archéologique (Jean-Claude Gardin, 1980).....	182
Figure 31: Le raisonnement inductif, déductif .....	183
Figure 32:Principe opératoire des raisonnements inductifs, déductifs et abductifs.....	201
Figure 33: Modèle de la démarche archéologique aux moyens des TICs .....	210
Figure 34: Exemple d'assemblage des Talatates (Vergnieux and Gondran 1997).....	222
Figure 35: Relevé épigraphique à l'aide de courbes de Bézier. (Revez, et al., 2004).....	223
Figure 36: Découpage photo.....	225
Figure 37: Déroulement ortho-photographique d'une colonne. ....	227
Figure 38: Relevé d'un bloc épars avec la méthode du GRCAO .....	237

Figure 39: Isolation des polygones qui définissent le bloc.....	237
Figure 40: Représentation d'un objet 2D .....	242
Figure 41: Plan 2D reconstruit. Exemple de reconstruction de bâtiment existant.....	243
Figure 42: Différents cas de figures pour une opération de couture de deux arêtes.....	245
Figure 43: Principe opératoire de la recherche d'assemblages avec la méthode elliptique .....	247
Figure 44: Sens élémentaire du vecteur global.....	249
Figure 45: Calcul élémentaire de la surface du triangle .....	250
Figure 46: Calcul des assemblages .....	250
Figure 47: principe opératoire du module géométrique de raisonnement .....	251
Figure 48: Fenêtre 1 « Menu principal » .....	252
Figure 49: Fenêtre 2« Objets géométriques ».....	252
Figure 50: Fenêtre 3 ou interface de visualisation des objets géométriques non assemblés.....	253
Figure 51: Fenêtre 4 Choix des méthodes mathématiques de traitement.....	253
Figure 52: Affichage des résultats .....	254
Figure 53: Blocs provenant de la 2ème rangée du VIIème pylône à Karnak.....	256
Figure 54: Traces de la mise à carreaux dans le musée de plein air à Karnak .....	260



Figure 55: Évolution de la technique de mise à carreaux et les proportions du corps humain suivant les périodes .....	261
Figure 56: Valeur métrique du module de proportion du VIIème pylône à Karnak (J.F. Carlotti 1995).....	267
Figure 57: Relevé de la représentation du pharaon sur le mur du VIIème pylône avec la méthode du GRCAO .....	267
Figure 58: Superposition des deux relevés .....	268
Figure 59: Complétion de la scène manquante.....	269
Figure 60: Restitution de la liste toponymique du VIIème pylône d'après un texte analogue .....	270
Figure 61: Étude de la continuité iconographique du VIIème pylône du temple de Karnak.....	273
Figure 62: Exemples de postures dans les scènes égyptiennes .....	275
Figure 63: Exemples de couronnes.....	276
Figure 64: Types de coiffes les plus fréquentes du Roi.....	276
Figure 65: Pagnes les plus fréquents .....	277
Figure 66: Fiches relatives à l'aile Nord-Ouest (Favard-Meeks 1991) .....	278
Figure 67: Étude de connexion iconographique (1) .....	278
Figure 68: Étude de connexion iconographique (2) .....	279
Figure 69: Décomposition hiérarchique des éléments de description d'un bloc .....	281
Figure 70: Découpe du VIIème pylône .....	282

Figure 71: Exemple de relevé des blocs avec la méthode du GRCAO .....	283
Figure 72: Assemblage d'après la méthode de structuration des données .....	290
Figure 73: Organisation des actions pour l'objectif 1 .....	291
Figure 74: Résultats de la recherche de tous les blocs qui présentent des signes de martelage à leur surface .....	292
Figure 75: Étude des continuités iconographiques potentielles du fossile directeur .....	293
Figure 76: Exemples d'assemblages obtenus avec l'approche de la structuration en fonction du fossile directeur .....	294
Figure 77: Récursivité de la démarche de validation .....	294

*À la mémoire de mon père, j'aurais tant voulu qu'il  
soit là...*

*À ma mère pour qu'elle puisse toujours être fière de  
moi...  
que dieu la garde*

*Aux deux chandelles qui, avec leur amour et leurs  
sacrifices, m'ont éclairées le chemin obscur et  
solitaire de la thèse :  
ma femme Sana et mon fils Nour*

*À mon frère Faouzi et sa femme Nadia :  
sans vous, rien n'aura été pareil...merci pour tout!!*

*À mes frères et sœurs Mourad, Abir, Douaa et Ahmed  
pour leur amour et leurs encouragements*

## Remerciements

Ma reconnaissance va en premier lieu à mes professeurs et amis Temy Tidafi et à Claude Parisel.

Temy Tidafi est pour moi beaucoup plus qu'un simple directeur de recherche. Sa simplicité, sa gentillesse et son humanisme ont transformé notre relation en une amitié profonde qui n'a cessée de croître de jour en jour. Nos discussions et nos « respirations » ont toujours été des moments uniques qui resteront toujours gravés dans ma mémoire. Je lui suis reconnaissant et le remercie particulièrement pour sa confiance, son amitié et ses encouragements.

Claude Parisel est pour moi un modèle de savoir, d'humilité, de disponibilité et de gentillesse. Je l'ai toujours considéré comme un père spirituel, il a toujours su trouver la bonne façon de me conseiller et de me guider tout au long du chemin pénible de cette thèse. Je me sens extrêmement privilégié d'être le dernier étudiant que notre cher professeur émérite a encadré à la maîtrise et au Ph.D : Ce fut un grand honneur.

Je tiens également à remercier Jean Revez pour son amitié et ses précieux conseils qui ont été un élément déterminant pour la réussite de ce travail.

Un grand merci à tous mes professeurs qui ont contribué à ma formation.

Un grand merci à Nathalie, Ivanka, Nada, Mithra, Dominique et tous les membres du GRCAO pour tous les bons moments de rigolade et l'ambiance de travail qu'ils ont fait régner.

Une profonde reconnaissance va aussi à l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) pour son soutien. La bourse de formation à la recherche qui m'a été octroyée m'a permis de « *vivre mon problème* » et de bien comprendre le site sur lequel je travaille.

Et enfin, je remercie Nicole Larivière et Simone Zriel pour leur gentillesse et leur disponibilité, je sais que mon dossier n'a jamais été facile à gérer!

## Introduction Générale

*« C'est en le vivant (en vivant le problème) comme problème que l'on peut entrer insensiblement dans sa solution » (R M. Rilke, Lettre à un jeune poète, GF, 1994).*

Notre recherche a eu comme point de départ un intérêt personnel pour le travail des archéologues dans le domaine de la reconstitution architecturale ainsi que pour ses différentes approches et mécanismes. L'opportunité qui nous a été présentée par le groupe de recherche en conception assistée par ordinateur (GRCAO) de travailler sur le projet intitulé « Contribution d'un moyen informatique à la validation d'hypothèses de restitution architecturale dans le domaine du patrimoine bâti » (projet de recherche financé par le conseil de recherches en sciences humaines (CRSH)) a été une excellente occasion pour nous de joindre l'utile à l'agréable, c'est-à-dire d'effectuer des travaux de recherches doctorales sur un sujet qui nous a toujours passionné. La bourse de formation à la recherche qui nous a été accordée par l'agence universitaire de la francophonie (AUF) a largement contribué dans notre compréhension des problématiques réelles de ce domaine à travers l'immersion dans le monde des archéologues travaillant dans l'enceinte du temple de Karnak et les discussions fort intéressantes que nous avons eu avec les spécialistes du centre franco-égyptien d'étude du temple de Karnak (CFEETK).

Un premier constat nous a amené à noter que, devant son terrain d'étude, l'archéologue est très souvent confronté à plusieurs hypothèses possibles pour reconstituer un édifice, un temple ou une partie de ces derniers. Il essaye, en tenant compte des données dont il dispose (historiques, architecturales, iconographiques ou autres), de s'approcher le plus possible d'une «vraisemblance». Chaque partie d'un édifice en ruine peut être restituée et reconstituée de différentes manières pouvant correspondre à une multitude d'hypothèses,

plus ou moins plausibles, que l'archéologue s'efforce d'imaginer. Mais l'archéologue ne peut pas s'en tenir qu'à des réflexions ou à des images mentales correspondant à la reconstitution de l'édifice étudié. Il doit également trouver un moyen fiable et efficace avec lequel il peut construire, manipuler et tester pour enfin visualiser ses différentes hypothèses de reconstitution afin de les valider (partiellement ou totalement) ou non. Ces moyens peuvent prendre la forme de croquis, que l'archéologue essaye de raffiner au fur et à mesure qu'il avance dans ses réflexions, ou de maquettes à échelle réduite lui permettant d'avoir une vision tridimensionnelle de l'hypothèse retenue pour la reconstitution de l'édifice étudié. Dans certains cas, il peut avoir recours à une approche par anastylose, c'est-à-dire à une reconstitution réelle d'une partie ou de l'ensemble architectural étudié, afin de tester la validité de son hypothèse: cette méthode s'est avérée fort coûteuse et fige les hypothèses de reconstruction.

Toutes ces méthodes ne constituent pas des solutions efficaces aux problèmes de reconstitution. En effet, à partir de croquis ou de maquettes, l'archéologue n'est pas en mesure de déduire ou de retracer le raisonnement sous-jacent, ni de revenir en arrière pour modifier les différentes étapes qui ont conduit à son élaboration (Revez, Parisel, Tidafi, & De Paoli, 2003). Les hypothèses de reconstitution que les archéologues échafaudent se heurtent au caractère fragmentaire des données dont ils disposent et, bien souvent, les méthodes traditionnelles de représentation limitent les possibilités de recouplement des informations. La lourdeur des méthodes à mettre en œuvre pour une reconstitution réelle d'un bâtiment ou d'un site grève souvent le nombre d'hypothèses testées (Bur, 2005). C'est pourquoi il convient de s'interroger sur les services que peuvent rendre les nouvelles techniques de l'informatique et de penser au développement d'outils adaptés, qui pourraient aider au développement du champ de questionnement de la discipline archéologique grâce à l'introduction de méthodes d'investigation pluridisciplinaires (Bur, 2005).

Depuis l'apparition des premiers outils informatiques, l'archéologie a tenté, avec raison, de s'approprier les connaissances et les techniques dans les cinq champs suivants : (1) la production de représentations tridimensionnelles d'édifices; (2) la constitution de bases

de données; (3) la définition de systèmes experts (Wilcock, 1990); (4) l'utilisation d'outils destinés au traitement de représentations bidimensionnelles; (5) et plus timidement, l'expérimentation ponctuelle d'aide à la vérification d'hypothèses de reconstitution de parois ou d'édifices (Potier et al., 2000).

Certes, les représentations archéologiques tridimensionnelles, de plus en plus réalistes, ont connu une expansion rapide (EDF/CNRS depuis 1986; Institut Ausonius de Bordeaux depuis 1994; Pôle pluridisciplinaire « ville architecture, urbanisme et images virtuelles » à Caen depuis 1995; UCLA « Cultural Virtual Reality Lab » à Los Angeles depuis 1997; ou encore les recherches du MAP de l'École d'architecture de Marseille depuis 1998), etc.. Mais généralement, les modèles virtuels 3D produits ne présentent qu'une transposition informatique des maquettes traditionnelles et sont surtout destinées au grand public. Ils ne servent qu'à illustrer le résultat des différents projets sans qu'ils ne puissent contribuer activement dans leur élaboration. Les données sont figées et non évolutives ils ne sont associés à aucune base de donnée bien ces derniers soient de plus en plus utilisés pour remplacer efficacement les anciens systèmes de classement. Les représentations bidimensionnelles (appareillage des murs, épigraphie, iconographie), n'ont pas davantage été informatiquement exploitées. À quelques exceptions près (par exemple le cas de R. Vergnien (R. Vergnien, 1996; Robert Vergnien & Gondran, 1997)), ces différents développements ne se sont pas fait d'une manière intégrée et sans que chacun de ces développements n'alimente les autres. L'archéologie s'est donc abondamment ouverte à l'informatique, mais en général sous-utilise les gigantesques potentialités auxquelles ouvre celle-ci (Ryan, 1996). La réflexion sur les procédures scientifiques de la restitution architecturale des édifices antiques est un des enjeux majeurs liés aux nouvelles technologies, à la recherche en archéologie et à la valorisation des résultats sur le patrimoine. Malheureusement, l'analyse du raisonnement scientifique en archéologie et la façon d'en modéliser les processus sont inexploitées depuis les travaux fondateurs de J.-Cl. Gardin.

La présente thèse portera donc sur l'exploration et la définition de nouvelles approches à la question de l'instrumentation informatique des projets de reconstitution archéologiques

en architecture monumentale. Il s'agit en effet de répondre à la question de recherche suivante:

*«Comment, et avec moyens informatiques, les projets de reconstitution architectural pourraient-ils être menés en archéologie?»*

Afin d'y répondre, nous nous sommes fixé trois objectifs à atteindre:

1. Trouver de nouvelles manières de comprendre, d'organiser et d'intégrer les connaissances mises à contribution pour la reconstitution de patrimoines architecturaux et archéologiques anciens;
2. Intégrer certaines connaissances théoriques et pratiques de disciplines telles que l'épigraphie, l'architecture, l'archéologie, la géométrie et l'informatique pour la représentation et la reconstruction d'objets physiques
3. Mettre au point et expérimenter des méthodes de modélisation originales, qui tirent avantage des caractéristiques offertes par les nouvelles technologies informatiques pour la reconstitution de ces patrimoines anciens;

Ces objectifs nous ont poussés, dans la première partie de la thèse, à étudier les moyens mis en contribution dans une démarche de restitution archéologique avant et après l'avènement des technologies de l'information et de la communication (TIC). Il s'agit de définir les concepts clefs de notre domaine d'intervention ainsi que les acteurs qui y sont impliqués dans le but de comprendre les philosophies d'approche adoptées par les archéologues dans l'utilisation des TICs dans le domaine de la restitution archéologique.

La deuxième partie de notre thèse portera sur l'étude de la démarche archéologique ainsi que de ses différentes composantes. Il s'agit de comprendre les différents modes de réflexions qui animent ce domaine.

Ces deux parties devront nous permettre de proposer les grandes lignes d'un système informatique susceptible de mieux assister les archéologues dans les projets de



reconstitution archéologique. Il s'agit de voir dans les recherches et les travaux antérieurs celles qui peuvent s'inscrire dans cette optique afin de les utiliser comme une base pour l'échafaudage d'un système unique susceptible de permettre l'intégration de toutes les actions entreprises par les acteurs impliqués et ce, depuis du début jusqu'à la fin du processus.

À cet effet, et pour l'étape d'acquisition et de manipulation des objets matériels, nous avons démontré que la méthode la plus adaptée à notre objectif est celle qui a été développée au sein du groupe de recherche en conception assistée par ordinateur (GRCAO) de l'Université de Montréal. Les résultats issus de cette méthode de relevé présentent l'avantage de pouvoir être exploités de diverses manières en fonction des objectifs de l'entreprise et représente ainsi un potentiel d'exploitation très important pour l'étape suivante dans la mesure où elle permet de consigner aussi bien les caractéristiques iconographiques et symboliques du bloc que les différentes données géométriques qui lui sont associées. Il s'agit d'explorer un prototype d'assistant informatique destiné à soutenir et à assister mais non à contrôler les raisonnements et les prises de décision des professionnels de la reconstitution archéologique dans la formulation et la simulation informatique d'hypothèses de restitution architecturale du patrimoine bâti. Cette « assistance » se fera en tirant parti des connaissances et données, disponibles ou extrapolées par la production de modèles informatiques ainsi que de documents alphanumériques résultant d'interrogations ciblées des bases de données.

Il s'agit de structurer les données obtenues et d'élaborer les différents moyens informatiques permettant de les exploiter en vue d'assister le processus de reconstitution en archéologie. À cet effet, les travaux de J-C Gardin conjugués aux recherches bibliographiques élaborées par Mr. Jean Revez sur les différents raisonnements utilisés par les égyptologues dans les projets de reconstitution nous ont servi comme un point de départ pour effectuer une analyse ainsi qu'une typologie détaillée de ces raisonnements. Ce travail nous a permis de bien comprendre les mécanismes qui régissent ce type de raisonnements ainsi que les actions qui le définissent. Nous avons par la suite traduit

quelques unes de ces actions sous forme de modules de raisonnements que l'archéologue pourra utiliser suivant ses objectifs.

Nous sommes convaincu que notre approche multidisciplinaire qui vise à modéliser les processus plutôt que les résultats de ceux-ci, et dans laquelle nous avons allié les connaissances informatiques à celles de disciplines diversifiées mais fortement impliquées dans ce genre de projets, convient parfaitement à explorer un outil susceptible de mieux assister le raisonnement des archéologues, architectes, philologues et épigraphistes, historiens et historiens de l'art. Elle permettra, entre autres, une manipulation efficace et diversifiée des données enregistrées, ainsi qu'une adaptabilité et une souplesse maximale aux différents raisonnements des spécialistes du domaine

## **CHAPITRE 1: Origine et spécificités de la démarche de restitution du patrimoine archéologique bâti**

Nous proposons dans cette partie d'étudier les différentes approches de restitution qui ont été mises en contribution dans les projets de reconstitution archéologiques. Il s'agit principalement de répondre aux questions suivantes:

Question 1:

*«Comment et avec quels moyens est mené un projet de reconstitution en archéologie?»*

Question 2:

*«Comment et dans quelle phase du processus l'outil informatique est-il mis à contribution dans un projet de reconstitution en archéologie?»*

Ainsi, et dans la perspective d'explorer un outil d'aide à la restitution architecturale, la compréhension de ce domaine ainsi que des différentes interventions et évolutions qu'il a subi nous semble primordiale.

Afin de répondre à ces deux questions, nous avons entrepris notre étude en trois parties:

- Dans la première partie, nous définissons les concepts clefs de notre domaine ainsi que les acteurs qui y sont impliqués. Nous ne pourrions réussir notre entreprise sans la compréhension profonde des concepts ainsi que des acteurs qui animent ce domaine.
- Dans la deuxième partie, nous proposons de répondre à la question 1. En effet, nous allons étudier la démarche archéologique avant l'avènement des technologies de l'information et de la communication (TIC). Ce survol rapide des premiers travaux ayant eu pour objectif la restitution du passé, et plus particulièrement du patrimoine architectural, est susceptible de nous aider à la compréhension de toute démarche actuelle de restitution.

- Dans la dernière partie, nous proposons de répondre à la Question 2. Nous allons étudier l'état des lieux de l'intégration des TICs dans le domaine du patrimoine bâti. En effet, et après une première étude de la structure et des différentes composantes de l'outil informatique, nous allons étudier les philosophies d'approche adoptées dans l'utilisation des TICs dans le domaine étudié.

## **1.1 Définitions préliminaires**

En dépit du risque de verser dans un foisonnement d'informations et d'étouffer pour un temps le sujet principal, nous estimons utile de préciser quelques notions terminologiques ou conceptuelles associées à la thématique envisagée.

### **1.1.1 Le patrimoine archéologique bâti**

Il ne saurait être ici question de traiter de manière intégrale le concept de patrimoine, ni d'un point de vue historique, ni dans les pratiques qui lui sont associées, ni dans leurs conséquences sur l'évolution des connaissances qui s'y rattachent. Toutefois, cette étude ne peut se faire sans présenter les valeurs et les réflexions qui sont au fondement de la notion de patrimoine archéologique bâti ou architectural, car elles ont forcément des répercussions sur toute activité touchant le patrimoine bâti et sa restitution.

#### ***1.1.1.1 Patrimoine matériel et immatériel***

Envisagé au départ comme l'ensemble des biens obtenus par filiation, le terme patrimoine en est venu, par extension, à désigner les productions humaines que le passé a laissées en héritage commun à une collectivité ou à un groupe d'individus (Bourdin, 1984; Choay, 1992). Cette conception, qui prend réellement naissance en Europe à partir du siècle des Lumières, et qui, en même temps qu'elle s'élabore, s'exporte à travers le monde au cours des siècles suivants, a longtemps été limitée aux seuls chefs-d'œuvre de l'art ou de l'architecture monumentale. Avec la prise de conscience progressive que le passé mérite d'être apprécié, conservé et transmis ; avec la mise en place de dispositifs législatifs

assortis de forces juridiques, la signification du concept de patrimoine n'a cessé d'évoluer<sup>1</sup>.

S'étendant à l'ensemble des vestiges archéologiques, de l'édifice monumental au plus petit des artefacts, le concept a par la suite dépassé l'idée de «génie créateur d'une communauté<sup>2</sup>» pour englober la totalité des biens que rassemble leur commune appartenance au passé, lointain ou proche, qu'ils soient d'ordre anthropique ou naturel.

Le patrimoine, traditionnellement cantonné au domaine historique, a pris, au cours des dernières décennies également une dimension plus culturelle pour désormais intégrer l'ensemble des manifestations du savoir-faire humain dans une forme matérielle ou immatérielle. Il englobe aujourd'hui tous «les messages infiniment variés d'une réalité humaine qui transcende le temps et l'espace, ce qui leur donne une signification universelle spécifique» (Mohen, 1999). Parallèlement à la multiplication des champs thématiques, mais aussi à l'élargissement de l'échelle chronologique et à l'expansion de l'espace géographique, le patrimoine est devenu un «concept nomade», prenant un caractère pluridisciplinaire et une signification à la fois individuelle, collective et universelle (Choay, 1992).

D'autre part, s'il est vrai que le patrimoine est davantage visible par ses concrétisations matérielles, sa dimension immatérielle en est une composante non moins essentielle. Tel que défini par l'UNESCO, le patrimoine culturel immatériel concerne :

---

<sup>1</sup> Tout au long du XX<sup>ème</sup> siècle, face aux obligations quant à la protection, la conservation, la mise en valeur et la transmission aux générations futures du patrimoine, un nombre toujours plus grand de pays s'est doté d'institutions nationales législatives et juridiques. Simultanément, diverses conventions internationales ont été adoptées sous l'égide de l'UNESCO (Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture, créée en 1946), notamment celle de 1972 concernant la Protection du Patrimoine culturel et naturel mondial.

<sup>2</sup> Par «génie créateur d'une communauté», il est entendu «documents d'archives, documents ethnologiques, monuments historiques, vestiges archéologiques, collections de musées, oeuvres musicales et littéraires et traditions populaires». J.R. Gaborit, P. Durey, «L'année du Patrimoine», Universalis, 1981, pp. 442-443. Au XX<sup>ème</sup> siècle, le patrimoine s'est aussi étendu en direction des sciences de la vie et de la terre. J.-M. Leniaud, «Patrimoine», Encyclopaedia Universalis, 2002.

«les pratiques, représentations, expressions, connaissances et savoir-faire -ainsi que les instruments, objets, artefacts et espaces culturels qui leur sont associés -que les communautés, les groupes et, le cas échéant, les individus reconnaissent comme faisant partie de leur patrimoine culturel.<sup>3</sup> »

Difficile à délimiter avec précision, ce type de patrimoine se manifeste notamment dans les traditions orales, les habitudes sociales, cérémonielles et festives, les connaissances et les pratiques concernant la nature et l'univers, les savoir-faire et les compétences, c'est-à-dire dans les expressions multiples qu'un peuple hérite de ses ancêtres et continue à développer.

Dans une approche globale du patrimoine, il convient de rendre compte de la profonde interdépendance et du lien dynamique entre patrimoine immatériel et matériel. Les objets possèdent deux dimensions, leur apparence physique et leur signification symbolique qui découlent de la conception du monde, du système de valeurs et traditions, des repères éthiques, mais aussi du rapport avec le milieu environnemental, à travers lesquels ils sont conçus, utilisés et interprétés.

#### ***1.1.1.2 Patrimoine archéologique***

À ces formes de patrimoines, matériel et immatériel, s'ajoute ici la dimension archéologique, renvoyant à un discours sur le passé et ses vestiges. Au regard de la définition proposée dans la *Charte Internationale pour la Gestion du Patrimoine Archéologique*, ce discours :

« (...) est la partie de notre patrimoine matériel pour laquelle les méthodes de l'archéologie fournissent les connaissances de base. Il englobe toutes les traces de l'existence humaine et concerne les lieux où se sont exercées les activités humaines quelles qu'elles soient, les structures et les vestiges abandonnés de

---

<sup>3</sup> Convention pour la Sauvegarde du Patrimoine Culturel Immatériel, Conférence générale de l'UNESCO, 2003.

toutes sortes, en surface, en sous-sol ou sous les eaux, ainsi que le matériel qui leur est associé.<sup>4</sup>».

Tout comme les patrimoines matériel et immatériel, vestiges matériels et culture immatérielle sont indissociables. Si de tous les témoins de l'activité humaine, les ouvrages issus de la conduite outillée, de la capacité technique, sont les plus accessibles, l'archéologie ne se confine pas à leur seule étude. La culture matérielle est le produit d'une adaptation de l'homme à un environnement physique, socio-politique et symbolique, qu'il est nécessaire de comprendre pour pouvoir expliquer le pourquoi et le comment de cette matérialité. «Lire le passé, c'est, comme dans le cas d'un texte, considérer les vestiges matériels (au sens le plus large) à l'instar de mots, qui ne prennent leur sens que dans un contexte.<sup>5</sup>» (Jockey, 1999; Wheeler, 1966).

### ***1.1.1.3 Patrimoine bâti ou architectural***

Partie du fond multiple du patrimoine archéologique, le patrimoine architectural correspond à «*toutes les formes de l'art de bâtir, savantes ou populaires, urbaines et rurales, toutes les catégories d'édifices publics et privés, somptuaires et utilitaires*<sup>6</sup>» (Choay, 1992), aussi humbles soient-elles. Bien qu'il soit possible de considérer qu'il existe depuis que des édifices ont été conservés pour leur seule ancienneté, ce type de patrimoine est avant tout une invention issue de l'Europe du XIX<sup>ème</sup> siècle, puis du monde occidental. L'attention à l'égard des témoignages architecturaux laissés par les hommes d'autrefois, revivifiée par la création d'instances nationales chargées de les inventorier, de les préserver et de les restaurer, est à l'origine fortement associée au concept de monument historique.

---

<sup>4</sup> Article 1 de la Charte Internationale pour la gestion du Patrimoine Archéologique, 1990.

<sup>5</sup> P. Jockey, L'archéologie, 1999, p. 197. Cette réflexion sur la dimension contextuelle des vestiges n'est pas nouvelle et pourrait être illustrée par de nombreuses autres citations, à commencer par celle de M. Wheeler: «the archaeologist is digging up not things but people». M. Wheeler, Archaeology from the earth, 1954, p. 13.

<sup>6</sup> p. 10.

Les monuments historiques correspondent aux objets mobiliers ou immobiliers «dont la conservation présente au point de vue de l'histoire, de l'art, de la science ou de la technique un intérêt public<sup>7</sup>». Au cours du XXe siècle, le champ des monuments historiques s'ouvre à tous types et catégories de constructions ; son cadre chronologique, typologique et spatial s'élargissant en même temps que celui de l'archéologie. La notion conserve toute sa validité jusqu'au moins dans les années 1960, la *Charte de Venise* mettant en avant l'idée qu'elle «comprend la création architecturale isolée aussi bien que le site urbain ou rural qui porte témoignage d'une civilisation particulière, d'une évolution significative ou d'un événement historique. Elle s'étend non seulement aux grandes créations, mais aussi aux œuvres modestes qui ont acquis avec le temps une signification culturelle.»<sup>8</sup>.

La désignation de monument historique est devenue par la suite peu à peu obsolète et a été supplantée par le concept de patrimoine architectural. Ce dernier englobe désormais tous les espaces construits, indépendamment de leur signification ou de leur destination originelles, mais compris dans leur environnement spatial, social, économique et culturel<sup>9</sup>. Le patrimoine bâti ne saurait désigner un édifice indépendamment du contexte général dans lequel il s'insère. Plus qu'un marqueur du monde matériel, il est devenu la manifestation d'une culture immatérielle, le témoin de savoirs, de compétences, d'activités et d'une expression culturelle vivante, même si celle-ci s'est possiblement éteinte depuis.

---

<sup>7</sup> Article 14 de la loi du 31 décembre 1913 sur les monuments historiques, citée dans F. Choay, «Monument historique», Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, 1962.

<sup>8</sup> Article 1 de *La Charte Internationale de Venise sur la Conservation et la Restauration des Monuments Historiques*, 1964. En donnant une première forme aux principes mis en œuvre pour la sauvegarde et la restauration des monuments historiques, *la Chartes d'Athènes*, en 1931, a contribué au développement d'un vaste mouvement international, qui s'est entre autres reflété dans les activités de l'ICOMOS (Le Conseil International des Monuments et des Sites, crée en 1964). *La Charte d'Athènes pour la Restauration des Monuments Historiques*, 1931.

<sup>9</sup> *Convention pour la Protection du patrimoine culturel et naturel mondial*, 1972.



Loin d'être appréhendé dans toute sa richesse, le patrimoine est ici réduit à sa dimension archéologique et architecturale. La restitution des constructions du passé, dont l'archéologie est pourvoyeuse, s'applique à tous les types d'architectures quelles que soient leur époque, leur localisation, leur fonction ou leur signification. Peu importe que l'édifice ait été bâti, il y a plusieurs millénaires ou au courant de l'ère commune, qu'il soit l'œuvre de peuples méditerranéens, américains ou autres, qu'il ait servi à des activités publiques ou domestiques, qu'il ait été le symbole d'une idéologie ou l'expression d'un mode de vie, l'essentiel est qu'il témoigne avoir subi l'épreuve du temps. Dans tous les cas, le patrimoine archéologique bâti s'insère dans un contexte naturel, culturel et immatériel dont l'étude devrait être indissociable de toute tentative de restitution. Bien que prise en compte plus récemment, son immatérialité est par ailleurs aussi susceptible d'être restituée. Si l'on accepte que la sauvegarde et la transmission du patrimoine architectural dépendent de toute initiative adoptée en vue de faciliter leur compréhension, leur conservation et leur mise en valeur, le travail de restitution prend alors tout son sens.

### **1.1.2 La restitution : proposition de définition**

D'un point de vue étymologique, le terme restitution provient du latin «*restituere*»: remettre en son état primitif ou normal<sup>10</sup>. À cette signification, qui se retrouve dans nombre de dictionnaires contemporains où l'action de restituer correspond au rétablissement dans sa forme originelle d'un élément détruit ou dénaturé, à sa reconstitution à partir de diverses indications, s'ajoute parfois un sens davantage lié à l'idée de la reproduction à l'identique ou de la représentation figurée d'une réalité matérielle visible<sup>11</sup>. En découlent des approches distinctes qui, tout en coexistant dans les

---

<sup>10</sup> Dictionnaire Latin-Français, Le Grand Gaffiot, Hachette, Paris, 2000.

<sup>11</sup> Petit Larousse 2006, Paris, 2005. Le Nouveau Littré, Éditions Garnier, Italie, 2004. Le Nouveau Petit Robert, Paris, 2003. Grand Dictionnaire Encyclopédique Larousse, Larousse, Paris, 1982. L'usage du mot "restitution" dans le sens de "représentation" est sous-entendu dans plusieurs définitions, par exemple celle

écrits des scientifiques œuvrant à la restitution des artefacts et monuments anciens (entre autres au moyen des nouvelles technologies), traduisent fréquemment des intérêts et des intentions divergents.

Des deux tendances majeures qui se dégagent, celle ayant pour objectif la représentation fidèle d'un vestige encore observable, bien qu'elle soit parfois qualifiée de restitution, ne sera pas ici considérée comme telle, car ceci amènerait une confusion sur la finalité du processus de restitution. Ce type de représentation n'est en outre pas vraiment une restitution au sens latin du terme, puisqu'il ne donne pas à voir un élément tel qu'il était à l'origine et dans ses états successifs. Ceci n'empêche aucunement que la copie d'éventuelles parties encore existantes d'un édifice puisse s'insérer dans une image de restitution du tout.

Qu'il s'agisse de rétablir la forme d'un élément à partir de fragments épars conservés ou d'en proposer un modèle plausible à partir d'hypothèses et connaissances variées, la démarche de restitution reflète davantage une "reconstitution" ou "reconstruction", c'est-à-dire une action visant à recréer, au moins en partie, ou rétablir dans son aspect initial et présumé un objet disparu. Il n'importe plus de représenter ce qui est connu, mais de donner une idée crédible des états historiques d'un site, d'un monument ou de tout autre artefact qui a cessé d'exister en tant que tout cohérent.

L'une des méthodes susceptibles d'aboutir à un tel résultat apparaît dans la définition même que certains auteurs donnent au vocable "reconstitution". J-M. Pérouse de Montclos, par exemple, conçoit la reconstitution architecturale comme le *«regroupement d'éléments authentiques qui ont été dispersés et (le) remontage de l'édifice ou de la partie d'édifice correspondant. La remise en place d'une partie permet la reconstitution de l'ensemble<sup>12</sup>»* (Pérouse de Montclos, 1972) p. 22. Il en va de même pour J-C. Golvin,

---

du Petit Larousse 2006: «reconstitution en plan ou en élévation d'un objet ou d'un terrain préalablement photocopié en stéréoscopie».

<sup>12</sup> (Pérouse de Montclos, 1972)

reconnu pour ses travaux de restitution ou reconstitution graphique de sites et monuments, pour qui: «*la reconstitution idéale consiste en un remontage complet d'un édifice à partir de ses blocs*» (J-C. Golvin, 2003), ou encore comme l'opération qui consiste à «*replacer après étude et en position pertinente les éléments épars dont un monument était fait (ou constitué)*»<sup>13</sup> principe désigné par les archéologues sous le nom d'anastylose.

Toutefois, la restitution d'un élément architectural ou d'un artefact ne peut reposer uniquement sur la présence de fragments, ceux-ci n'étant par ailleurs pas toujours retrouvés ou exploitables. Toute autre connaissance acquise, qu'elle provienne de données archéologiques, iconographiques, épigraphiques, historiques, ethnographiques ou d'inférences hypothétiques, doit être prise en considération. La restitution a d'autant plus de chances d'être proche de la réalité passée qu'elle repose sur le croisement d'un maximum de données.

La démarche de restitution n'a pas seulement pour but de redonner des images. Elle devient davantage intéressante lorsqu'elle n'est plus seulement réalisée en vue de rétablir l'apparence d'un élément, mais vise à retrouver le contexte complet au sein duquel celui-ci a été conçu et a existé. Il ne suffit pas de proposer une reconstitution vraisemblable de la forme d'un monument ou d'un objet, d'un "résultat", il est également indispensable d'envisager les multiples variables impliquées dans son processus d'élaboration. Reflétant une conception du monde à une époque et dans un lieu donné, une construction architecturale est la conséquence de la mise en œuvre de principes divers qui, lorsqu'ils sont appréhendés, peuvent aider à sa compréhension. Étant également le produit d'un art de bâtir, c'est dans la mesure où l'on aura restitué (et donc compris) le processus constructif d'un édifice qu'il sera possible d'en remonter les parties. Plus que visualiser, il s'agit de comprendre les aspects matériels et immatériels concernés afin de proposer un

---

<sup>13</sup> «SIGNIFICATION ET PROBLÈMES DE DÉFINITION», le colloque international de béziers, octobre 2005

modèle possible, une reconstruction qui peut induire un travail graphique, prendre l'apparence d'une image ou encore prendre forme dans la réalité matérielle ou virtuelle.

À la différence de la représentation de ce qui existe encore, la restitution d'éléments disparus porte l'espoir de rendre, non pas tant leur forme seule, que tous les processus et conditions nécessaires à leur achèvement. De ces approches, chacune permettant au final la visualisation de données, seule la restitution est source réelle d'une démarche de reconstitution de monuments que le temps a effacés ou réduits à de rares indices. Cette démarche est apparue bien avant l'arrivée des nouvelles technologies informatiques, dès lors que des individus ont cherché à comprendre les témoignages du passé et tenté d'imaginer leur apparence et leur fonctionnement pratique ou symbolique.

### **1.1.3 La modélisation et la simulation en archéologie**

Dans les travaux publiés relatifs à la problématique de reconstitution en archéologie, la question de la modélisation est omniprésente. L'usage de cette notion, porteuse de lourdes implications spéculatives et associée à de nombreux débats épistémologiques, laisse la voie ouverte à une certaine confusion dans la terminologie liée aux travaux de restitution du passé. L'ambiguïté dans l'usage du terme, constante dans les écrits des divers scientifiques, complique notre entreprise visant à déceler les objectifs des projets étudiés.

D'une manière générale, la modélisation est comprise comme l'établissement d'un modèle. Un modèle a été défini comme la :

*«Représentation, physique ou graphique... des relations qui existent réellement ou qui, par hypothèse, semblent exister entre des phénomènes ou entre les différents éléments d'un système, en vue d'études analytiques ou expérimentales (simulations) propres à faciliter la compréhension de certains mécanismes, notamment par la validation d'hypothèses, et à mieux éclairer les fonctions de*

*prévision (modèles prévisionnels) ou de décision (modèles décisionnels).»<sup>14</sup>*  
 [CILF. - Commission des Sciences commerciales. - 1979].

Si la modélisation correspond à l'établissement de modèles, dans le respect de la différenciation qui vient d'être opérée, il est possible de l'appréhender de diverses manières: la modélisation d'objets, la modélisation de connaissances et la modélisation de processus. En ce qui concerne la restitution architecturale au moyen des TICs: la modélisation de formes géométriques passe par une représentation 3D ; la modélisation de connaissances repose sur le développement d'outils de gestion des informations disponibles ; la modélisation de processus repose sur la modélisation des actions attachées à la conception d'un édifice dans le but de les simuler. Pour être efficaces, les modèles doivent avoir été composés à la suite d'une analyse minimale de l'objet. Selon les cas, les modèles peuvent être déduits ou induits. Déduits, ils sont construits à partir d'une conception ou d'une théorie provisoire applicable à l'objet ; induits, ils proviennent d'observations et d'enquêtes fournissant une description préliminaire de l'objet.

Avec l'intégration des outils informatiques dans les projets de reconstitution archéologiques, la compréhension de phénomènes de nature complexe, tels ceux du passé, a nécessité l'emploi de modèles qui peuvent prendre diverses formes, selon le degré d'abstraction opéré:

- un modèle peut correspondre à une maquette d'un objet.
- Un modèle conçu comme une explication qui est idéalement la conséquence d'une mise en relation de données disponibles et d'interprétations hypothétiques des mécanismes en jeu dans un phénomène du passé.
- Un modèle peut être conceptuel s'il équivaut à des stratégies possibles par lesquelles il est projeté de résoudre une problématique, telle que la

---

<sup>14</sup> Selon que les relations en cause sont définies de façon stricte ou qu'elles obéissent à des lois statistiques, les modèles sont dits soit déterministes, soit probabilistes ou stochastiques. [CILF. - Dictionnaire des Sciences commerciales. - 1979, p. 171].

compréhension des différentes actions qui définissent le processus conditionnant un phénomène matériel. Il s'agit en quelque sorte du processus cognitif par lequel il est possible d'appréhender d'autres processus, ceux du passé en l'occurrence.

La modélisation revient donc à établir des modèles qui se différencient selon le niveau d'abstraction nécessaire à leur conception: reproduire visuellement des formes géométriques, recouper des connaissances, expliquer des processus constitutifs, théoriser des systèmes de compréhension. Les outils mis en œuvre ne sont également pas les mêmes: tandis que pour visualiser une forme un individu aura recours à des techniques d'imagerie numérique ; pour expliquer cette forme, il aura, en partie, à analyser, appréhender, manipuler et simuler à l'aide de programmes divers.

*«La construction d'un modèle d'un phénomène a pour but de permettre à un acteur d'intervenir au sein de ce phénomène. Une personne élabore un modèle du phénomène qu'elle perçoit avec l'intention d'anticiper ce que pourraient entraîner ses projets d'actions comme conséquences sur ce phénomène. La modélisation d'un phénomène perçu peut alors être fonction des finalités de la personne qui perçoit ce phénomène et veut en faire un modèle.» (Tidafi, 1996)*

#### **1.1.4 La simulation**

La simulation correspond au procédé par lequel un processus constitutif ou cognitif est reproduit dans le but d'en étudier les résultats possibles ou d'en anticiper les conséquences éventuelles<sup>15</sup>. Elle a été définie comme:

---

<sup>15</sup> La simulation par ordinateur appliquée en archéologie trouve son origine dans les recherches de J.E. Doran (Doran, 1970) pp. 289-298, partisan de la New Archaeology, de l'élaboration de modèles et de la simulation de systèmes complexes impliquant un grand nombre de variables. La méthode a été formalisée peu de temps après, en particulier par F.W. Hamond (Hamond, 1978), et a particulièrement trouvé écho chez les anthropologues Nord-Américains (schèmes d'établissement de population, processus d'échanges et passant par bien d'autres phénomènes).

*«Une concrétisation particulière d'un modèle et, comme le modèle est une représentation simplifiée d'un réel, la simulation est une concrétisation fictive et simplifiée du réel...La simulation permet d'évaluer des projets qui ne seront jamais effectués, parce que ses résultats conduisent à rejeter ces projets.» (Van-Der-Maren) 1995*

Ainsi, le concept de simulation est souvent utilisé de façon indistincte avec celui de modèle. Modéliser, c'est construire une représentation générale et simplifiée du réel ; c'est ébaucher une caricature, un plan, un schéma, à partir duquel on pourra essayer différentes fictions particulières, ou simulations, de la chose que l'on veut représenter. La simulation constitue une concrétisation particulière d'un modèle et, comme le modèle est une représentation simplifiée du réel, la simulation est une concrétisation fictive et simplifiée du réel. Ainsi, toute représentation entretenant une simulation (de forme, de structure, de fonction. etc.) avec l'objet à représenter, peut fonctionner comme modèle aboutissant à des simulations.

Les modèles et les simulations peuvent représenter différents objets: des personnes, des groupes, des organisations aussi bien que des outils, des matériaux ou même des comportements et des processus mentaux. Il suffit que l'on puisse imaginer en pensée et remplacer ce qui est à modéliser par des symboles, par des traces perceptibles ou par d'autres objets, pour qu'un modèle conceptuel puisse être créé, nous permettant ainsi, de concevoir l'action des choses ou des individus ou l'effet d'une action sur des événements. La modélisation permet alors de projeter dans des simulations, des constructions ou des actions, de planifier des interventions et d'organiser la mise en place des moyens nécessaires à leur réalisation: la modélisation et la simulation constituent donc des outils très puissants d'exploration, de préparation, de choix et de décision avant l'action.

La simulation permet d'éviter les genres de surprises que peut réserver la simulation et l'expérience réelle en donnant au chercheur les moyens lui permettant d'évaluer des projets qui ne seront jamais effectués, parce que ses résultats conduisent à les rejeter,

provoquant ainsi un changement dans la façon d’appréhender le phénomène et en amenant le chercheur à redéfinir l’objet même de son étude en fonction des résultats obtenus. La simulation permet ainsi de montrer l’effet désastreux de certains projets avant parfois sans que le désastre n’ait à se produire réellement.

Ainsi, on peut voir agir la représentation d’un objet ou voir à distance la représentation d’une action sur cet objet, sans qu’il soit là, sans que cette manipulation n’ait un effet réel.

#### ***1.1.4.1 La simulation numérique***

La pratique de la simulation numérique a été adoptée par diverses disciplines (mathématiques, physique nucléaire, astrophysique, cosmologie, météorologie, sismologie, chimie, avionique, gestion, économie, démographie, histoire, etc.) afin de conférer un caractère expérimental à des disciplines qui ne le possédaient pas. Il s’agit de formaliser un ensemble de relations logiques et explicites entre des variables et de faire varier les différents paramètres pour étudier le comportement du modèle, puis de comparer les résultats au phénomène réel. Elle permet de tester des hypothèses beaucoup plus facilement que par la simple observation de phénomènes sur lesquels le chercheur est incapable d’agir. La pratique de la simulation met le modélisateur dans la nécessité d’explicitier et de justifier le choix de ses variables, ainsi que de formuler une description quantitative précise des relations supposées de cause à effet. (Lévy, 1987)

*«La modélisation et la simulation des projets peuvent être facilitées par des logiciels qui représentent graphiquement les étapes et les phases d’un projet et qui calculent l’effet de la modification d’une étape ou d’une partie du plan ainsi qu’un effet d’un changement dans l’allocation des ressources.» (Van-Der-Maren, 1995)*

Cela revient donc à réaliser une expérience de façon virtuelle, sans intervenir dans le monde réel. L’ordinateur participe donc de façon active à la construction du modèle et la plupart du temps, l’humain n’intervient qu’avant et après la simulation pour définir les données, énoncer les paramètres, facteurs et contraintes à prendre en compte dans le



calcul, transcrire ces procédures en un langage de programmation intelligible par l'ordinateur, évaluer, comparer les résultats obtenus entre eux et par confrontations aux données de départ:

*«les simulations numériques ne sont pas de véritables expériences puisqu'elles ne portent pas sur les phénomènes, mais sur des modèles de ceux-ci. Il faut néanmoins remarquer que l'expérience scientifique classique opère déjà une manière d'idéalisation, de purification et de construction artificielle de son objet. On peut donc considérer la simulation numérique comme un degré supplémentaire dans l'artifice visant le contrôle et la purification du phénomène... L'informatique serait donc plus qu'un instrument scientifique. Capable de faire passer une discipline d'un état préscientifique au statut de science exacte, elle serait un opérateur métascientifique. Dans le débat épistémologique en cours, l'ordinateur renforce le camp de la méthode scientifique unique parce qu'il lui donne pour la première fois les moyens de ses ambitions».* (Lévy, 1987)

La simulation numérique ajoute un troisième terme à la théorie et aux résultats empiriques. L'activité théorique consiste à sélectionner un modèle, parmi une prolifération de modèles possibles, qui pourra avoir une certaine véracité historique grâce notamment à l'expérience de la pensée et à l'imagination. L'outil informatique transforme cette expérience de pensée, de bricolage artisanal, en une entreprise à grande échelle. (Lévy, 1987)

La grande puissance de calcul statistique et d'analyse des données offertes par l'outil informatique mis au service de la simulation renforce le caractère empirique et inductif de la recherche informatisée. L'analyse des correspondances, l'analyse factorielle, les programmes de classification automatique ainsi que de nombreuses autres méthodes statistiques permettent des traitements extrêmement complexes sur une grande quantité de données qui seraient restées muettes sans les ordinateurs. Il faut ajouter à la puissance

de calcul statistique proprement dite, les efforts de mise en scène visuelle des résultats par image synthétique qui permettent au chercheur d'appréhender sur un mode sensible, d'immenses tableaux de chiffres autrement illisibles. (Lévy, 1987)

*«Les ordinateurs permettent d'utiliser des outils statistiques sophistiqués, donnent accès à la simulation de modèles numériques et contribuent largement à la formalisation des procédures de la recherche. Ils peuvent ainsi conférer un caractère inédit de rigueur et d'exactitude aux sciences humaines.»* (Lévy, 1987)

En gros, la simulation équivaut à la modélisation lorsque celle-ci vise à reproduire un processus ou une action par le biais d'un autre processus, à travers un programme informatique. Le résultat d'une simulation est contenu dans un ensemble de possibles présélectionnés par l'algorithme et les données.

### **1.1.5 Les acteurs de la restitution visuelle des édifices**

Les acteurs impliqués dans les projets de restitution représentent un facteur très important dans l'étude du corpus des projets ici réunis. L'élaboration des projets ayant pour but la restitution archéologique bâtie est le quotidien de nombreux groupes de recherche, d'organismes privés et d'individus plus ou moins initiés. Si les sites archéologiques restitués sont dispersés à travers le monde, ce sont principalement des organisations publiques ou privées et des amateurs situés dans des pays occidentaux qui mènent de tels projets, c'est-à-dire, principalement en Amérique du nord et en Europe, ainsi qu'au Japon et en Australie. Ces projets sont généralement effectués dans le cadre de programmes de recherche instaurés par des groupes universitaires ou des institutions gouvernementales, en particulier les musées et les organisations nationales ou internationales créées en vue de promouvoir, aménager ou conserver les vestiges du patrimoine.

Il existe également des sociétés, des organisations ou des fondations privées prestataires de services en imagerie 3D qui proposent de modéliser des sites et des édifices à des fins de visualisation et publication scientifique, ou de diffusion auprès de publics variés, par

l'intermédiaire de supports médiatiques divers. Certaines d'entre elles travaillent en collaboration avec des équipes d'archéologues ou se réfèrent à leurs publications, presque toutes signalent œuvrer pour la mise en valeur et la préservation du patrimoine.

Étant auparavant réservé au spécialiste du domaine (archéologues, architectes et historiens), l'étude et la production de modèles de restitution du patrimoine archéologique bâti s'est vue, petit à petit, prise en compte par des gens d'autres domaines, voir parfois par des amateurs. Avec le développement fulgurant des technologies, une meilleure accessibilité à des logiciels de modélisation et de traitement des données à des coûts désormais raisonnables, voire inexistantes, et la "désacralisation" de l'objet archéologique, chacun peut maintenant saisir l'opportunité d'interpréter, de restituer et de modéliser les vestiges du passé.

L'intégration de l'outil informatique dans les projets de reconstitution a poussé la communauté archéologique à chercher une collaboration plus étroite avec des spécialistes de divers horizons dans le cadre de projets multidisciplinaires où le travail est partagé entre les membres de consortiums créés à l'occasion. L'utilisation des nouvelles technologies pour la restitution peut alors relever d'une démarche pluridisciplinaire et d'une coopération entre spécialistes de l'imagerie 3D et d'architectes, archéologues, historiens ou de tout autre expert pouvant apporter des connaissances utiles. Les professionnels du domaine sont généralement les chefs d'orchestre, ils veillent à ce que le projet avance dans le respect total des conventions et des exigences en vigueur tout en laissant aux autres spécialistes le choix de la formalisation informatique de la stratégie établie. L'étape de validation des résultats obtenus est laissée, évidemment, aux archéologues, aux historiens et aux architectes.

## **1.2 Le développement d'une démarche de restitution du patrimoine archéologique bâti avant l'arrivée de l'informatique**

Face à l'écoulement du temps et aux multiples dangers naturels ou anthropiques qui menacent le patrimoine bâti, divers principes ont été progressivement élaborés concernant la documentation, la fouille, l'information, la préservation et la mise à disposition au public des constructions découvertes. La démarche de restitution des édifices, partie intégrante des moyens qui peuvent être mis au service de leur étude scientifique ou de la présentation des savoirs inhérents, n'a, quant à elle, jamais été réellement formalisée, mais a suivi diverses voies qu'il convient d'évoquer.

La restitution est d'abord un travail mental, le résultat d'un raisonnement à travers lequel un nombre plus ou moins grand de données et de connaissances empiriques et hypothétiques est agencé pour fournir une proposition correspondant à l'image possible de l'aspect passé d'un édifice.

Pour que cette reconstruction passe dans la réalité visible, elle peut être rendue de manière figurative ou matérielle, selon qu'elle soit représentée par l'image ou traduite dans la matière. Sans entrer dans un descriptif approfondi, un aperçu des principaux modes de transcription d'une image mentale de restitution dans la réalité sensible, permet de saisir les différentes facettes de la démarche avant l'intervention des TICs.

### **1.2.1 «L'image de restitution» en archéologie**

*«L'image est non pas une illusion du savoir, au même titre et dans les mêmes proportions qu'elle est une illusion du réel, mais un moyen supplémentaire d'appréhender le réel, un moyen complémentaire de constituer un savoir.»*

Jean FELLER, Journaliste et communicologue français<sup>16</sup>

D'après J.C. Golvin (Golvin, 2005), le verbe restituer exprime, avant tout, l'idée de «rendre». Dans le contexte de notre étude, une définition complémentaire<sup>17</sup> précise qu'il s'agit de «*redonner l'idée d'un monument (d'un site, d'un objet) ancien*». Partant ainsi de l'idée selon laquelle l'action de restituer un monument<sup>18</sup> consiste «à *en redonner l'image au sens large*<sup>19</sup> », la restitution devient essentiellement une image et elle est donc de l'ordre des signes. Elle rend compte d'un objet (au sens large du terme), même si elle n'est pas matérielle.

La définition proposée par Jean-Marie Pérouse de Montclos est intéressante. Pour lui, la restitution est «*la représentation par le dessin ou par une maquette de l'aspect présumé d'un édifice mutilé ou détruit. Elle est la construction souvent hypothétique d'un édifice ou d'une partie d'un édifice disparu, mais aussi le rétablissement d'un parti primitif présumé*». J.C. Golvin (Golvin, 2005) souligne l'importance de ce dernier point, car il démontre que l'action de restituer dépasse la simple juxtaposition d'éléments retrouvés: elle essaye de redonner une idée (même hypothétique) d'un parti architectural d'origine. La restitution tend ainsi à redonner une cohérence et un sens à une «image» que l'on ne saurait déduire uniquement des éléments retrouvés. Elle essaye de traduire une compréhension relative aux intentions du concepteur du monument, de son programme et des intentions de ses créateurs.

---

<sup>16</sup> Jean Feller (1970) Article « Sur une grammaire de l'image » dans la revue « Communication & Langages » Vol.6 p.11, [http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/colan\\_0336-1500\\_1970\\_num\\_6\\_1\\_3795](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/colan_0336-1500_1970_num_6_1_3795)

<sup>17</sup> Par exemple, Jean-Marie Pérouse de Montclos, Architecture. Vocabulaire, «Principes d'analyse scientifique», Paris, Imprimerie nationale, 1972, p. 18 et 21, col. 2 et 8.

<sup>18</sup> «Signification et problèmes de définition», le colloque international de béziers, octobre 2005

<sup>19</sup> L'image liée à l'idée en tant que structure ou contenant (signifiant ou representamen selon les théories). Image au sens le plus large depuis Aristote: «L'âme humaine ne conçoit rien sans image» (De l'âme, II, 7).

*«L'image qui redonne l'idée d'un monument ou d'un site ne se résume pas au simple support visuel. Celle que nous découvrons sur papier (photographie, dessin) ou sur écran n'est que le déclencheur du processus sémiotique (sémiiose) grâce auquel nous sommes capables de reconnaître le monument désigné. Cette image (matérielle) n'est donc qu'un ensemble matériel de signes organisés que nous remarquons et qui déclenche le processus complexe de reconnaissance des formes<sup>20</sup> au-delà duquel peut s'amorcer une réflexion sur le sujet faisant appel à nos connaissances et qui suscite en nous une attitude prospective.» (Golvin, 2005)*

### **1.2.1.1 L'image comme médium de communication**

Tout travail de restitution traduit un discours préétabli en fonction de son destinataire. L'image qui le traduit est destinée à communiquer, avec évidence à son destinataire, l'aspect du cadre des événements évoqués. En tant que formulation synthétique de l'idée d'un site, idée qu'il serait difficile de donner autrement, la restitution joue un rôle essentiel dans la communication avec le public. Elle peut prendre les formes appropriées les plus variées, qui sont autant de façons de décliner le message iconique original et de le rendre accessible. Sa lecture doit être facile, son contenu cognitif riche et son aspect esthétique séduisant.

L'image joue ainsi un rôle de médiateur, elle matérialise le vecteur de communication entre l'émetteur (chercheur, auteur, conservateur) et le récepteur (un autre chercheur ou une tranche bien définie du public). J.C. Golvin<sup>21</sup> insiste sur le fait que:

*«L'image de communication (qualifiée aussi de «pertinente» dans le domaine du patrimoine) doit se fonder sur la recherche scientifique (elle doit bénéficier des*

---

<sup>20</sup> En ce qui concerne cette question, Golvin nous renvoi à l'ouvrage fondamental de Peter Lindsay et Donald Norman, *Traitement de l'information et comportement humain*, Laval (Québec), Éd. Vigot, coll. «Études vivantes», 1980.

<sup>21</sup> «Signification et problèmes de définition», le colloque international de béziers, octobre 2005

*acquis), mais doit aussi pouvoir s'appuyer sur la compétence des professionnels de la communication, qui peuvent la rendre plus efficace... La coopération pluridisciplinaire est indispensable au succès de la communication visuelle et audiovisuelle.»» (Golvin, 2005)*

### **1.2.1.2 Image mentale**

L'image mentale a été définie par J.C.Golvin comme:

*«Une construction complexe faite de multiples connexions neuronales (Changeux, 1983) dont tous les aspects ne peuvent pas être visualisés en deux ou trois dimensions.» (Golvin, 2005)*

En effet, dessiner un monument sur une feuille de papier ou le représenter sous forme de maquette permet de le rendre perceptible visuellement. Mais la majeure partie des connaissances qui constituent l'image mentale, qui lui est associée, ne peuvent être communiquées qu'à travers un langage linéaire. La majeure partie des données relatives à ses dimensions, à la nature de ses matériaux, ou toute autre information précise et chiffrée, doivent être écrites. L'image mentale représente ainsi un enchevêtrement de données très complexe desquels seulement une partie est «traduisible» sous forme d'image. La définition, ainsi proposée, éloigne l'image mentale d'une simple maquette (qui est une simple représentation volumétrique d'un édifice) et lui confère le statut de «modèle», au sens linguistique et sémiotique<sup>22</sup> du terme. Ce modèle représente et traduit une structure complexe reliant, en un seul ensemble, une grande partie des connaissances relatives au monument. Un modèle peut contenir une maquette et non l'inverse.

La représentation mentale que nous avons d'un monument dépasse un simple enregistrement figé de données et de liens, il est en perpétuelle évolution, car il est

---

<sup>22</sup> Jean Dubois, Dictionnaire de linguistique et des sciences du langage, Paris, Larousse, 1994 ; Algirdas Julien Greimas, Joseph Courtés, Sémiotique: dictionnaire raisonné de la théorie du langage, Paris, Hachette, coll. «Hachette université», 1993.

engendré par un cerveau vivant et évolue sans cesse, même de manière inconsciente. Il diffère donc fondamentalement d'un «modèle informatique» qui, lui, n'évolue que sur demande et possède un support matériel.

Une distinction existe donc entre l'image mentale, qui, par définition, est élaborée dans un cerveau vivant, et le «modèle informatique», qui représente image complexe de nature hybride comparable (car en partie visualisable et en partie écrite) mais dont l'évolution dépend d'une intervention extérieure.

### ***1.2.1.3 Les composantes d'une image de restitution***

Nous avons démontré qu'en archéologie trois types de données peuvent être considérés:

1. les données connues (structures en place, blocs épars, documents divers),
2. les données cachées (celles qui existent encore, mais restent à découvrir)
3. et les données détruites (blocs non identifiables, etc.).

La disparition définitive d'une partie des données archéologiques réduit considérablement les chances d'une reconstitution intégrale des édifices uniquement sur la base d'un simple raisonnement déductif. Des hypothèses de restitution sont alors avancées à travers un raisonnement inductif qui vise à proposer des possibilités de restitution des parties manquantes. Cette restitution ne pourra donc jamais être qualifiée de vraie, mais seulement vraisemblable ou au mieux, «admissible», jusqu'à nouvel ordre.

Une image de restitution comporte en conséquence trois composantes:

1. la partie connue du monument (les vestiges restés en place) ;
2. la partie reconstituée (intégrant les éléments épars remis à leur place) ;
3. la partie complétée (de façon hypothétique).

Cette dernière est souvent rétablie sur la base d'une étude comparative et donc sur des règles qui régissent la représentation de la partie manquante. Après avoir défini les



caractéristiques communes d'exemples proches où les parties, manquantes dans les cas étudiés, sont conservées, on propose une solution analogue.

En appliquant ces règles, on confère à l'image générée un caractère symbolique qui traduit les caractéristiques d'un cas général/fréquent et non celles d'un exemple particulier. L'image de restitution demeure donc une construction théorique et symbolique fondée sur une argumentation. Elle matérialise une représentation du modèle théorique et évolutif du site étudié qui vise à offrir la meilleure représentation d'ensemble du moment, cohérente et vraisemblable. Cette image est supposée traduire l'idée que le chercheur se fait de l'exemple étudié et celle qu'il lui est facile de communiquer.

#### ***1.2.1.4 La restitution: essais graphiques***

Élément fondamental de la recherche archéologique, l'image permet aussi bien de représenter ce qui est encore connu que de restituer ce qui n'existe plus, approches qui se rejoignent dans de nombreux projets, mais ne se confondent pas. L'image de restitution, bien qu'elle puisse intégrer la représentation de parties encore visibles, vise avant tout à rendre aux vestiges leurs apparences passées par le biais de l'imagination ou de considérations plus scientifiques. Premier moyen de figurer cette reconstitution, le dessin permet de traduire les hypothèses formulées, plus ou moins réalistes, en images. La production de dessins de restitution a une histoire ancienne, sommairement résumée ici afin d'en présenter les grandes lignes.

Considérablement plus récente que la présentation de ruines apparentes, cette dernière étant sans doute née en même temps que la volonté d'exprimer de manière figurative le monde construit dans lequel des individus vivaient, la restitution graphique semble apparaître à la fin du Moyen-âge et à la Renaissance. Elle naît à partir du moment où les artistes ont cherché à évoquer selon un idéal imaginaire des édifices ou des villes dans des formes ayant appartenu à des périodes antérieures, voire bibliques. À l'image des dessins et peintures profitant des nouveaux principes de la perspective récemment formulés par F. Brunelleschi et L.B. Alberti (XVe siècle), ces premières restitutions

artistiques, tournées vers l'Antiquité gréco-romaine, demeurent loin de toute réflexion conceptuelle et servent le plus souvent de décor théâtral, monumental ou symbolique à une scène romanesque ou autre (Millon, 1994) (figure 1). Hormis quelques exceptions, notamment les reconstitutions de monuments romains d' A. Palladio (XVIe siècle) faites avec le souci d'une recherche historique et technique, il semble falloir attendre la fin du XVIIIe siècle pour que la restitution soit accompagnée d'un réel effort scientifique<sup>23</sup>.

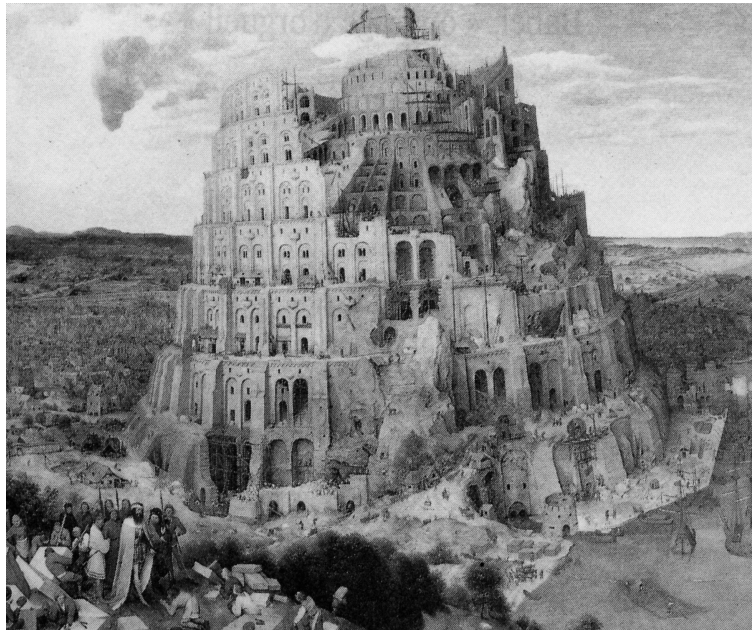


Figure 1: La tour de Babel reconstituée par P. Bruegel au XVIe siècle. (Mohen, 1999) p.10

Amorcée à l'aube du XIXe siècle, l'époque des grandes explorations archéologiques voit les premiers savants, archéologues ou architectes, s'appliquer à décrire, mesurer, étudier, dessiner et surtout restituer des vestiges architecturaux tels qu'ils pouvaient être au temps

---

<sup>23</sup> A. Palladio serait, selon J.C. Golvin, le premier à avoir cherché à comprendre les formes architecturales et les savoir-faire de l'Antiquité classique pour restituer des monuments dans une forme complète. Sur l'évolution de la restitution architecturale graphique, voir notamment J.C. Golvin, «L'image de restitution et la restitution de l'image», Cours de Tunis, vol. I, 2003, pp. 5-15.

de leur rayonnement (Gran-Aymeric, 1998)<sup>24</sup>. En même temps que leur était confiée la tâche de préserver les monuments mis au jour, les architectes et restaurateurs ont commencé à compléter et reconstruire, mais aussi à proposer diverses images de reconstitutions possibles.

Contrairement à aujourd'hui, au XIXe siècle, la restauration n'était pas simplement synonyme de conservation et reconstitution matérielle, le terme était également employé pour désigner une restitution dessinée (Choay & Merlin, 1996)<sup>25</sup>. Comment ne pas évoquer, à l'instar de tant d'autres, les travaux d'E. Viollet-le-Duc et les planches de restitution des savants de l'Expédition d'Égypte (figure 2) (Midant, 2001)<sup>26</sup>. Ces dernières marquent l'avènement d'une véritable démarche de restitution, fruit d'un recoupement d'informations diverses, de la mise en évidence d'analogies typologiques et aussi d'interprétations.

---

<sup>24</sup> L'histoire des grandes découvertes et l'esprit d'érudition prévalent à cette époque ont été décrits de manière très précise par E. Gran-Aymerich, dans *Naissance de l'archéologie moderne, 1798-1945*, 1998, pp. 36-137.

<sup>25</sup> F. Choay, « Restauration », *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, 1962 (1988), p. 698.

<sup>26</sup> *Description de l'Égypte: ou, recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'Armée française, 1809-1821*. J.P. Midant, *Au Moyen-Âge avec Viollet-le Duc*, 2001.



Figure 2: Planche, réalisée à l'occasion de l'Expédition d'Égypte, dépeignant un édifice de Philae selon un état restauré conjectural. (Russel, 2001) vol. I, 2001, pl. 28

Malgré tous ces efforts, le souci de rigueur ne devient toutefois pas encore un acquis définitif. Nombre de restitutions demeurent dépourvues de fondement scientifique et reflètent de subtils sentiments idylliques ou romantiques supposés renforcer la légitimité des œuvres picturales et rendre le passé vivant, notamment par la présence d'artefacts ou de personnages.

*«Ces dessins, aussi fidèles soient-ils, apportent avec eux le parfum des styles passés, et encore ne sont-ils pas toujours fidèles, l'artiste n'hésitant pas parfois à infliger aux œuvres anciennes les "améliorations" que son amour de l'Antiquité, plus fort que son respect, le conduisait à y introduire.»* (R. Ginouvès, 1992)pp. 231-248

Tout au long du siècle, parallèlement à la constitution d'une archéologie moderne, de multiples dessins, plans, coupes et élévations, réalisés par des archéologues et des architectes, sont venus enrichir de façon considérable le corpus des images de restitution. S'y ajoutent progressivement des représentations en trois dimensions, vues en perspective et axonométries. Le dessin, en permettant d'ajouter un certain nombre d'éléments autour d'un édifice, comme des bâtiments annexes, des paysages, des scènes pouvant s'y

dérouler, rend encore souvent une ambiance générale. La multiplicité de ces travaux, dont il serait vain de vouloir ici faire mention, n'implique toujours pas une approche radicalement différente des exemples précédents.

Aujourd'hui, la restitution correspond davantage à un travail d'illustration accompagnant une recherche, première étape d'une démarche qui attend toujours un raisonnement méthodologique et une abstraction théorique. En facilitant la publication et en permettant de faire revivre certains sites, que des visiteurs, des étudiants ou d'autres personnes ont parfois des difficultés à appréhender, les restitutions graphiques facilitent la diffusion des connaissances et demeurent un outil pédagogique appréciable. Le dessin, en permettant de vérifier la pertinence ou la validité d'un modèle de restitution par un essai graphique ou une image, continue à être largement utilisé en archéologie.

## **1.2.2 La restitution: reconstructions matérielles**

La restitution d'un état d'un bâtiment peut également se faire dans la réalité matérielle. En premier lieu, si restituer consiste à rétablir un édifice dans sa forme d'origine, il est possible de se demander dans quelle mesure certains travaux de restauration participent à la démarche de restitution. D'autre part, cette dernière peut s'appliquer dans le cas d'une reconstitution physique et tridimensionnelle, non pas réalisée in situ, mais faite en parallèle aux découvertes, de manière à rendre les vestiges tels qu'ils ont été visibles à un moment donné ou à retrouver les procédés qui en sont à l'origine.

### ***1.2.2.1 La restauration des vestiges architecturaux***

Fidèlement à la définition de Pérouse de Montclos, la restauration concerne différents domaines, au nombre desquels figure la «consolidation» effectuée pour assurer la durée d'un édifice ; le «remontage» d'un édifice démembré, mais dont les pièces sont encore disponibles sur place ; la «reconstitution» par le regroupement et le remontage d'éléments authentiques qui ont été dispersés ; la «réfection» dans le but de remplacer des parties dégradées (Pérouse de Montclos, 1972) pp. 21-23. La reconstitution semble donc ici définir une partie du travail de restauration. Toutefois, cette description demeure sujette à caution. Un bref regard sur le développement des procédés et les définitions qui sont

actuellement associés à la restauration, attestent d'une restriction progressive de cette activité à ses aspects mis uniquement au service de la pérennité des ouvrages architecturaux<sup>27</sup>. Certains travaux de restauration n'ont d'ailleurs jamais été associés à la restitution.

Bien que certains monuments anciens puissent porter la trace de réparations antiques, la démarche de restauration entre dans un cadre conceptuel à partir de la fin du Moyen-âge et de la Renaissance, alors que les premiers édifices antiques font l'objet de travaux de rénovation. Certes menées de manière sporadique et empirique, ces interventions sont à l'image de ce qu'il se fait alors pour les objets d'art de l'Antiquité: complétions, réinterprétations, transformations au goût du jour,... Ces méthodes ne changeront guère avant le XIXe siècle. S'opère, à partir de là, une transition dans les techniques et dans les visées, désormais plus proches de celles mises en avant suite aux grandes fouilles archéologiques de l'époque: restituer le passé, si possible dans son intégrité, et conserver les vestiges, voire les reconstruire au plus près de leur forme originelle<sup>28</sup>.

Dès la seconde moitié du XIXe siècle, en même temps que les pays européens mettent en place des politiques de protection du patrimoine, la restauration se constitue en une discipline, d'abord délimitée par deux approches antagonistes: celles de E. Viollet-le-Duc et J. Ruskin. Tandis que pour l'architecte français «restaurer un édifice, ce n'est pas l'entretenir, le réparer ou le refaire, c'est le rétablir dans un état complet qui peut ne jamais avoir existé» (Viollet-le-Duc, 1854-1868) pp. 33; pour le critique d'art anglais, la restauration «signifie la destruction la plus totale qu'un édifice puisse subir (Ruskin, 1857) p. 161, seul son entretien est acceptable. Cette suspicion sur tout effort de restitution physique conciliée à la reconnaissance d'impératifs scientifiques, débouche sur

---

<sup>27</sup> F. Choay, «Restauration», Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, 19962 (19881), pp. 696-698. P. Gazzola, «La restauration en architecture», Encyclopaedia Universalis, 2002.

<sup>28</sup> Il s'agit dans bien des cas d'une volonté de reconstitution intégrale qui va au-delà de la restauration prudente. Tel un Arthur Evans à Cnossos, en Crète, l'archéologue d'alors ne se contente pas de consolider, au contraire, réinventant les parties manquantes et réunissant des éléments hétéroclites, il n'hésite pas à se faire «constructeur de ruines». P. Jockey, L'archéologie, 1999, p. 87.

une nouvelle conception de la restauration, celle de l'intervention minimale, de la simple conservation des vestiges dans l'état dans lequel ils ont été reconnus<sup>29</sup>.

Ces principes ne sont prescrits qu'en 1931, lorsqu'ils sont adoptés par les pays signataires de la Charte d'Athènes pour la Restauration des Monuments Historiques. Celle-ci approuve la tendance «à abandonner les restitutions intégrales [...] (et) respecter l'œuvre historique et artistique du passé, sans proscrire le style d'aucune époque», mais aussi de conserver le monument dans son contexte environnant. Les reconstitutions in situ ont été rejetées au profit d'une «conservation scrupuleuse», ne tolérant que la «remise en place des éléments originaux retrouvés (anastylose) chaque fois que le cas le permet», les parties restaurées devant être reconnaissables a posteriori. Prélude à la mise en place de politiques de restauration, les énoncés de cette charte ont été confirmés par celle de Venise (1964) et plus récemment celle de Victoria Falls (2003) affirmant que le patrimoine doit être étudié dans son contexte culturel, que sa conservation et sa restauration requièrent une approche pluridisciplinaire au service de la pérennité des édifices<sup>30</sup>.

Partie d'interventions instinctives puis contraintes, non sans dégâts, la restauration est aujourd'hui devenue une opération à caractère exceptionnel et réduite au strict minimum garantissant la stabilité et la durabilité des vestiges. Le respect des témoignages que porte en lui tout édifice qui a traversé plusieurs époques répond désormais à une préoccupation dominante: «sous aucun prétexte, il ne faut toucher parce que les effacements dont le temps et les hommes sont les auteurs important pour l'histoire et quelques fois pour l'art.

---

<sup>29</sup> Les premiers représentants de cette position (à la fin XIX<sup>ème</sup> siècle), L. Beltrami et C. Boito, insistent respectivement sur la nécessité de s'appuyer sur une analyse philologique et historique des édifices à restituer et sur les postulats d'une restauration «préventive». P. Gazzola, «La restauration en architecture», Encyclopaedia Universalis, 2002.

<sup>30</sup> Charte d'Athènes pour la Restauration des Monuments Historiques, 1931. Charte Internationale de Venise sur la Conservation et la Restauration des Monuments Historiques, 1964. Article 1, Charte ICOMOS – Principes pour l'Analyse, la Conservation et la Restauration des Structures du Patrimoine Architectural, 2003.

Les consolider, les empêcher de tomber, c'est tout ce qu'on doit se permettre (Hugo, 1967) p.1248. Même si elles semblent parfois redonner sens à la construction, la réintégration des parties lacunaires, les retouches et complétions, aussi prudentes soient-elles, sont évitées puisqu'elles supposent obligatoirement une interprétation, une intervention modifiant l'état de découverte et une altération de leur lecture possible. La restauration, hormis peut-être dans le cas d'une anastylose, n'est donc plus considérée comme susceptible de participer à la restitution d'un état originel.

### **1.2.3 Les reconstitutions matérielles à échelle réelle ou réduite**

Les aspirations de la recherche, le devoir d'information, la nécessité de contrôler l'accès des sites destinés à être parcourus par un large public, ainsi que le souci de respect et conservation des monuments antiques, interdisent ou du moins limitent leur reconstitution in situ. La solution d'une réplique matérielle reproduisant des édifices dans leur aspect original a dès lors été envisagée.

#### ***1.2.3.1 Les restitutions grandeur nature***

Comme l'invoquait J-M. Pérouse de Montclos, le premier moyen de restituer un édifice est d'en assembler les parties encore présentes, mais démembrées. Seule démarche de reconstitution encore acceptée lors des travaux de restauration, l'anastylose ou la reconstruction à partir de fragments épars, nécessite une étude approfondie des restes à combiner afin de pouvoir les réunir, tel un puzzle. Parmi les nombreux cas d'application du procédé d'anastylose, peuvent être cités à titre d'exemple les travaux menés par le Centre Franco-Égyptien d'Étude des Temples de Karnak ; la reconstruction de la Stoa d'Attale à Athènes ; l'assemblage des parties du fronton du temple d'Alésia ; les restaurations des temples d'Angkor ; etc...<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Figure de proue de l'architecture française du XIXème siècle, Viollet-le-Duc, aujourd'hui associé à une conception abusive de la restauration, prônait néanmoins certains principes qui sont restés essentiels telle la nécessité de faire une étude rigoureuse de l'édifice et de son contexte historique avant de le restituer en utilisant des matériaux et techniques similaires à ceux d'origine.





Figure 3: La chapelle rouge de Karnak en cours de reconstitution<sup>37</sup>

Avant d'être un moyen de satisfaire l'obligation de mise en valeur des vestiges, les reconstitutions architecturales de taille réelle offrent un recours pour la résolution ou la vérification expérimentale de problématiques archéologiques (figure 3). Développée avec l'apparition de l'approche processuelle au courant des années 1960-1970, l'archéologie expérimentale découle des postulats énoncés quant à l'importance de la vérification, de la reproductibilité et de la validation des interprétations proposées suite aux fouilles<sup>32</sup>. Dans le cas de l'architecture, ce n'est plus l'édifice même qui est au cœur de la démarche scientifique, mais les processus qui ont mené à sa réalisation: en construisant des répliques d'édifices, il devient possible d'apprécier les pratiques anciennes, les outils et l'organisation du travail requis, mais aussi de retrouver derrière le vestige matériel, l'être humain en tant qu'inventeur, technicien, artisan ou artiste (Coles, 1979).

---

<sup>32</sup> Ce courant méthodologique désigné «New Archaeology», dont les plus illustres représentants sont G.R. Willey, P. Phillips, L. Binford et D.L. Clarke, a émergé en réaction aux procédures antérieures, en valorisant un raisonnement hypothético-déductif, explicite et positiviste, expliquant des processus plutôt que décrivant des objets, testant des modèles plutôt qu'affirmant autoritairement des conclusions. Pour plus de détails sur cette approche, depuis discutée, voir C. Renfrew, P. Bahn, *Archaeology, Theories, Methods and Practice*, 20003, (19911), pp. 38-47.

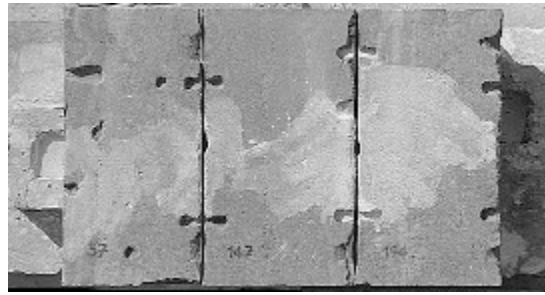


Figure 4: Exemple d'assemblage de blocs (lits d'attente) ayant appartenu à la chapelle rouge<sup>38</sup>

Les reconstitutions d'architecture, depuis devenues courantes, sont le plus souvent appliquées dans le cas d'une architecture en matériaux périssables, généralement reconnue par de seuls témoins négatifs dont les interprétations demandent à être confrontées à la pratique expérimentale (figure 4). Moins fréquemment, probablement du fait d'une meilleure conservation ou de contraintes liées aux investissements considérables en temps, en argent et moyens humains, ces expérimentations s'intéressent à l'architecture en pierre. Deux groupes de reconstructions peuvent être distingués<sup>33</sup>:

- Les répliques portant principalement attention à l'apparence morphologique des édifices dans le but principal de permettre au public d'imaginer les vestiges, souvent

---

<sup>33</sup> Les reconstitutions matérielles étant trop nombreuses pour être toutes citées, seules quelques unes peuvent ici être évoquées à titre d'exemple, dans l'ordre respectif des groupes proposés:

- Archéosite d'Aubechies (Belgique), Archéodrome de Beaune (Lacau & Académie des inscriptions & belles-lettres (France)), Agora d'Athènes, (Grèce), etc...
- Habitats lacustres du lac Chalain (Lacau & Académie des inscriptions & belles-lettres (France)), maisons slaves à Brezno (Bohême), voûte en pierre à Bulla Regia (Tunisie), maison néolithique à Khirokitia (Chypre), maison longue iroquoise à Nodwell (Canada), les travaux de C. Erasmus à Uxmal (Mexique), de B. Hobley au fort romain de Lunt (Angleterre), etc...
- N. Barrois, L. Demarez, A. Henton, «Les sites de reconstitutions», *Archeologia* n°293, pp. 30-38. Collectif, *Archéologie expérimentale*. t. 2, Paris 1991, pp. 169-201. J. Coles, *Experimental Archaeology*, 1979, pp. 131-158. S. Lewuillon, B. Lambot, E. Heinemann, *Valorisation des Patrimoines en Europe -Projet pilote Leonardo da Vinci, Archéologie expérimentale*, 2001.

réduits à de maigres traces, dans un volume tridimensionnel. Dans la mesure où certains sites sont fragilisés par la venue de visiteurs trop nombreux, elles sont également profitables à la conservation des témoins originaux. Ces programmes de reconstructions ne font toutefois que donner une impression de l'architecture ancienne et se différencient d'une réelle démarche de restitution expérimentale.



Figure 5: Maison gauloise reconstituée à l'Archéosite d'Aubéchiés. (Hill & Barrois, 1993)

- Les expériences visant à comprendre et tester les processus et méthodes mises en œuvre dans la construction d'édifices, selon les matériaux, outils et savoir-faire disponibles dans le passé et dont les chercheurs ont possiblement connaissance, les données ethnoarchéologiques fournissant une source d'informations majeure (figure 5). S'y ajoutent les démonstrations pouvant être utiles à la compréhension du système sociopolitique et idéologique dans lequel une construction s'insère, telles que les évaluations du temps et de la main d'œuvre nécessaires à l'extraction des matières premières, leur transport et l'érection d'un monument, indices d'un éventuel pouvoir coercitif ou persuasif.

Si certains projets semblent avoir permis la confrontation d'interprétations proposées à partir de données recueillies durant les fouilles, avec des solutions techniques architecturales, il est possible de s'interroger sur les finalités scientifiques et la validité de nombreuses autres reconstitutions. L'expérimentation demeure artificielle puisqu'elle ne

saurait représenter avec exactitude l'équivalent des pratiques anciennes qui en sont l'objet d'investigation et qui dépendent d'une relation particulière entre l'homme et la matière à un moment historique précis, relation difficile à reconstituer dans toute son épaisseur et sa réalité. Il existe également un certain danger à transposer ces reconstitutions dans des programmes de communication globale ou de vulgarisation, laissant le public face à des démonstrations dont il ne peut juger le degré de vérité.

### *1.2.3.2 Les maquettes*

Au même titre que les reconstitutions matérielles grandeur réelle, les maquettes font partie des alternatives possibles pour redonner forme à un édifice<sup>34</sup>. Cependant, si leur volume peut être effectivement rendu dans des mesures proportionnellement réduites, celles-ci restreignent le degré de précision atteignable et interdisent toute réflexion quant aux processus et facteurs liés à la construction passée d'un édifice.

Les restitutions miniatures se limitent à la restitution en trois dimensions des formes passées de constructions en partie détruites ou à la présentation de vestiges architecturaux connus à échelle réduite (figure 6 et 7). Leur intérêt scientifique s'arrête bien souvent à la simple matérialisation de modèles de restitutions, sans que l'habitude de référer à des informations relatives ne soit forcément respectée. À condition qu'elles ne soient pas trop idéalisées, leur rôle didactique ne saurait être contesté. Leur présence dans d'innombrables musées ou salles d'expositions permet à un public non initié d'appréhender les vestiges dans leur globalité, notamment dans le cas de sites étendus dont les restes visibles ne reflètent plus l'organisation de l'ensemble. Peuvent entre autres être citées les maquettes de la Rome antique, en particulier celles réalisées avec rigueur par P. Bigot et I. Gismondi ou encore celle de Carthage à l'époque romaine créée sur la base d'une étude approfondie du site archéologique (. Hinard, 1991) pp. 201-277 (P. Gros, 1996) pp. 54-61.

---

<sup>34</sup> Il n'est en aucun cas ici question de maquettes liées à un projet de construction, préfigurations d'une architecture à réaliser.

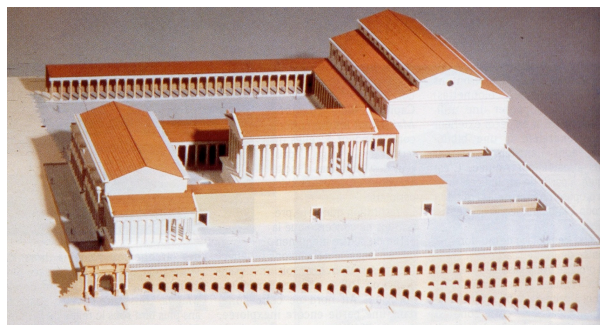


Figure 6: Maquette au 1/200e du centre monumental de la ville haute de Carthage. (P. Gros, 1996) <sup>42</sup>

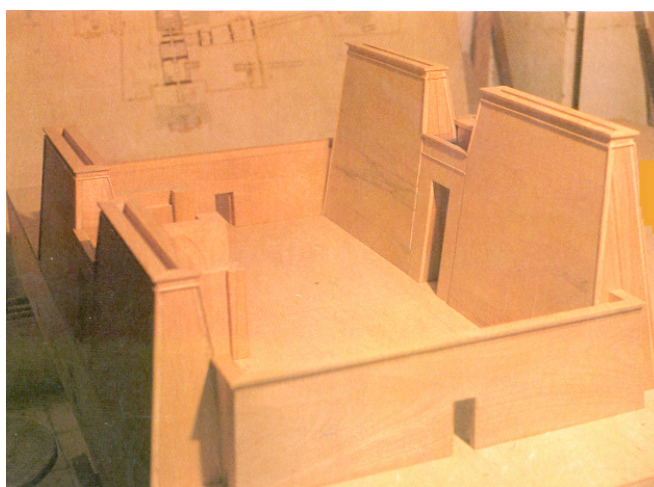


Figure 7: Maquette réelle du secteur compris entre le IIème et le IIIème pylône avant la construction de la salle hypostyle, (Alboury, Boccon-Gibod, Golvin, Goyon, & Martinez, 1989)

Peut-être faut-il également suggérer l'existence de maquettes architecturales antiques qui, à défaut d'être de réelles restitutions, sont susceptibles d'aider les archéologues dans leur travail de restitution. Allusion formelle à un bâtiment, ces maquettes s'avèrent particulièrement utiles à la reconstitution des parties hautes des édifices, souvent disparues. Apparaissant dans le bassin méditerranéen dès la fin du V<sup>ème</sup> millénaire avant notre ère, les fonctions premières de ces modèles réduits se distinguent néanmoins fortement de ce rôle donné a posteriori; ils étaient souvent destinés à renfermer ou à supporter des objets rituels ou plus rarement à évoquer un projet de construction (Muller, 2001).

#### **1.2.4 Étude de cas: Méthodes de relevés dans les projets de reconstitution à Karnak**

##### ***1.2.4.1 Méthode de «Chicago-House» (Bell, 1987)***

L'institut oriental de l'université de Chicago est un musée et un organisme de recherche qui s'est proposé comme mission l'étude du Proche-Orient ancien. Parmi la multiplicité des projets entrepris, nous nous intéressons particulièrement au relevé épigraphique des monuments du Proche-Orient, et plus particulièrement de l'Égypte. Ce projet vise principalement la préservation de l'héritage culturel de ce pays par des moyens non destructeurs et ceci à travers la transcription épigraphique associant en autres des photographes, des artistes et des épigraphes. Un des premiers buts de la *Chicago House* a été de créer des archives photographiques (photographies grand format 8x10, 5x7 et 4x5 inches ) d'autant de monuments égyptiens que possible (photographiés à l'intérieur comme à l'extérieur) dans le but de créer une base de donnée de documents de relevé, qu'ils considèrent précise et fiables, et qui servira comme trace et support d'étude en l'absence du monument original. Ces photos sont enrichies, complétées et clarifiées par des dessins complémentaires.

La méthode de relevé mise en œuvre par le «Chicago-House» est organisée suivant dix étapes:

Étape 1: Photographier la surface du mur avec un appareil permettant d'obtenir des photographies grand format: La lentille soit exactement parallèle au mur pour éliminer la distorsion;

Étape 2: Produire, à partir des négatifs, des agrandissements de 20x24 pouces et les imprimer sur un papier spécial à surface matte, enduit d'une émulsion lui permettant de supporter les traits de stylo et d'encre;

Étape 3: L'artiste dessine insitu et directement sur la photographie agrandie les détails manquants, incomplets ou ambigus;

Étape 4: Dans les locaux de la Chicago House, les lignes de stylo sont «encrées» avec des conventions d'épaisseur faisant apparaître les aspects tridimensionnels du relief;

Étape 5: Une fois l'Encrage terminé, la photographie est immergée dans un bain iodé qui dissout l'émulsion photographique pour ne laisser que l'encre (dessin manuel)

Étape 6: Ce «dessin» est alors transformé en négatif (blueprinted), agrandi à l'échelle 1/1 et divisé en différentes sections montée chacune sur un «drap» de papier blanc résistant;

Étape 7: Les «draps» sont alors assemblés et ramenés sur le terrain pour qu'ensuite ils soient examinés par deux égyptologues épigraphistes. Ces derniers vérifient les détails encrés sur le négatif et apportent les corrections et affinages manuellement et directement sur le négatif en indiquant, à l'attention des artistes, les explications et les instructions relatives aux corrections apportés;

Étape 8: Les négatifs assemblés sont alors pris en charge par l'artiste qui les ramène devant le mur et revérifie les corrections apportés par les épigraphistes une par une;

Étape 9: Une fois les égyptologues et les artistes d'accord, les corrections sont alors rajoutés au dessin original à l'encre provenant de la photographie décolorée;

Étape 10: Les corrections transférées sont revérifiées encore une fois par les épigraphistes et le dessin est révisé et contrôlé une dernière fois par le directeur des travaux.

Les dessins à l'encre corrigés, photographies, textes hiéroglyphiques traduits, commentaires et glossaires sont ensuite ramenés à Chicago à des fins de traitement, de publication (Meyer, 2007).

Les différentes procédures de vérification mises en place par cette méthode et la multiplication des acteurs qui y sont impliqués (artistes, égyptologues épigraphistes, photographes et directeur des travaux) lui confère un résultat doté d'une grande fiabilité équivalent à un fac-similé bidimensionnel.

#### ***1.2.4.2 La méthode «Uni-Schau» de l'université «Humboldt Universität zu Berlin»***

Lors d'un séminaire dans cette université, un compte-rendu du relevé épigraphique du temple de Deir el-Haggar (Oase Dachla, Égypte) a été présenté.

La méthode utilisée est un relevé photographique des monuments, complété par des dessins et une étude des détails. En effet, de nombreux détails rendus par les photographies n'intéressent pas les archéologues (graffitis modernes, dégradations récentes), et la distinction entre antique et moderne ne peut se faire que sur le terrain par des relevés manuels in situ.

Pendant le relevé, des dessins sur film transparent à l'échelle 1/1 sont donc réalisés. Ils sont ensuite envoyés au Caire pour en faire des photocopies réduites. De retour sur site, ces copies sont contrôlées et éventuellement corrigées par des épigraphistes. Ces corrections sont ajoutées sur l'original par d'autres collègues et contrôlées une dernière fois.



Des perfectionnements sont donc apportés lors de discussions entre les différents acteurs du levé sur le site. Ces dessins sont ensuite interprétés et publiés.

#### 1.2.4.3 *Fac-similé en 2 dimensions*

Mise au point au centre franco-égyptien de Karnak, le relevé épigraphique (figure 8) consiste à décalquer très fidèlement sur un support plastique transparent la totalité du décor ou du texte de chaque bloc. Ces dessins collationnés et rectifiés sont ensuite réduits photographiquement au laboratoire de la mission. Le tirage de chacun des dessins est effectué au 1/10e et donne au chercheur un document précis et maniable. Détournée, la photographie peut être déplacée à volonté sur le canevas pour la recherche des raccords. De façon simple et relativement rapide, on obtient alors un montage où les connections entre blocs sont retrouvées visuellement en utilisant la continuité des lignes et l'enchaînement logique des textes (figure 9). L'emploi systématiquement des techniques ainsi mises au point, vérifiées et éprouvées permet assez vite de disposer d'un nombre appréciable d'assemblage partiel. Progressivement, certains peuvent être reliés à des ensembles plus vastes que l'on pouvait reconstituer à partir des caractéristiques connues des vestiges encore reconnaissables sur le site. Dans d'autres cas, d'intéressants résultats furent acquis en opérant les rapprochements nécessaires avec les données recueillies lors des recherches antérieures et dont la littérature égyptologique conservait la mémoire (ALBOUY, 1989.).



Figure 7: Le relevé Épigraphique d'après la méthode du centre franco-égyptien de Karnak (ALBOUY 1989.)





#### 1.2.4.4 *Fac-similé en 3 dimensions*

L'objectif de ce type de relevé, qui se distingue par rapport au fac-similé 2D par l'ajout d'autres données de nature tridimensionnel, est de reproduire le plus fidèlement possibles les différents reliefs du bloc ou du mur étudié. Le caractère tridimensionnel du résultat escompté impose l'utilisation des techniques de moulage ou d'empreinte, et ceci à travers deux procédés différents:

1. *L'empreinte au latex*: Ce procédé consiste à projeter sur la paroi une émulsion de caoutchouc naturel légèrement chargé à l'oxyde de titane. Le latex liquide se transforme alors en une pellicule de caoutchouc renforcée par de la fibre de verre, dont la face appliquée sur la paroi en reproduit tous les accidents. Cette empreinte sert ensuite de substitut à la paroi pour l'étude des inscriptions (Meyer, 2007).
2. *L'estampage* <sup>35</sup>: ce procédé plus ancien consiste à appliquer sur la paroi une feuille de papier spécial à l'état humide (sorte de papier buvard non encollé). En présence d'eau, cette feuille est très malléable et on peut alors, à l'aide d'une brosse douce, pousser en tapotant à petits coups cette matière dans tous les recoins et aspérités de la surface. Une fois sec, le papier d'estampage retrouve sa rigidité naturelle tout en conservant l'empreinte de la surface contre laquelle il a été appliqué (Meyer, 2007).

Le résultat des empreintes au latex est très riche car il permet de relever et de reproduire la moindre égratignure de la pierre, ceci à condition que la surface relevée soit en bon état car, et dans le cas contraire, un grand risque de dégradation est encouru. D'autre part, les procédés de conservation de ces empreintes sont assez délicats à appliquer (empreintes talquées, conservées à plat, dans une atmosphère à température et humidité régulées) (Meyer, 2007). Si ces conditions de conservation ne sont pas respectées, les empreintes

---

deviennent cassantes et difficilement utilisables. Ces empreintes sont, par ailleurs, très lourdes et le procédé est relativement coûteux.

Quant au résultat de l'estampage, il est moins fidèle que le latex, mais il présente l'avantage d'être bien plus léger et de conservation plus facile. En revanche sa mise en œuvre, bien que nécessitant moins de produits, est relativement délicate et demande un certain savoir-faire.

#### ***1.2.4.5 Conclusion***

L'intérêt de cette approche réside dans l'observation à l'œil nu de l'objet relevé, ce qui permet à l'égyptologue de distinguer les plus infimes détails d'un mur qui ne sont pas aisément repérables sur une photo numérisée. On pense notamment aux traces de délitescence, scènes palimpsestes, cupules, martelages volontaires, traces d'équarrissage, bouchons de plâtre, retouches et traces de couleur; toutes ces marques permettent de distinguer entre les différentes phases de regravure d'un bas-relief, et constituent autant de témoignages éloquentes de l'intervention ponctuelle de pharaons successifs sur un seul et même monument.

Ce procédé demande en revanche énormément de temps et de moyens pour sa mise en œuvre, la présence sur le site est impérative et le risque de dégradation est accentué. En outre, le décalquage de bas-reliefs difficiles d'accès, comme les scènes gravées au sommet d'un obélisque, peut s'avérer très problématique, voire impossible dans le cas de relevés à main levée, faute d'échafaudage suffisamment élevé pour atteindre certaines zones situées en hauteur. Les méthodes utilisées pour le relevé (aussi bien architectural qu'épigraphique) entraînent une perte d'information qui nécessite par la suite la présence continue de l'archéologue sur le terrain. En effet, ce dernier travail sur des objets du monde réel, et en relevant sur un support bidimensionnel il perd très informations qui peuvent ajouter un plus dans le processus de la reconstitution architecturale.

### 1.2.5 En résumé

Représentant des architectures existantes ou ayant dû exister, les reconstitutions à échelle réduite permettent de synthétiser de façon plus ou moins schématisée les acquis relatifs à un bâtiment ou un site. Bilans de données exploitables à une période précise, leur nature immuable ou leur éventuel statut d'œuvre artistique rend toutefois leur actualisation difficilement envisageable.

De taille réelle, les restitutions tridimensionnelles (ou anastyloses) constituent principalement un moyen de traduire dans la réalité sensible diverses hypothèses ou connaissances immatérielles connexes aux vestiges. De taille réduite, elles offrent avant tout la possibilité d'envisager un modèle connu ou supposé de constructions appartenant au passé. Dans les deux cas, elles demeurent sans aucun doute un instrument profitable sur le plan de l'aménagement et de la mise en valeur des vestiges et éventuellement à la recherche scientifique. Le degré d'authenticité de tels projets dépend naturellement de la présence d'explications méthodologiques et de données afférentes, présence qui fait souvent défaut. Dépourvus d'éléments d'appréciation et dénués du contexte d'origine auquel ils ont appartenu, les édifices restitués sont rarement présentés comme des modèles approximatifs et hypothétiques. Ces critiques sont également valables pour les autres méthodes de restitution, mais à la différence des restitutions matérielles, celles-ci sont moins coûteuses en moyens financiers, en énergie et/ou en temps.

Aujourd'hui encore, la valeur des restitutions, même si celles-ci ont un pouvoir évocateur très efficace, est inégale sur le plan scientifique et varie en fonction de la qualité des sources et des connaissances mises à profit par leurs auteurs. Un premier regard sur les travaux de restitution laisse toutefois apparaître l'inexistence d'une réelle méthodologie, qui serait basée sur des fondements bien établis. Cette lacune a laissé la voie ouverte à bien des critiques. Néanmoins, à partir des importantes réflexions théoriques de la dernière moitié du siècle passé, un nouveau saut épistémologique s'est accompli amorcé par les tenants de l'archéologie processuelle. Pour certains chercheurs, il ne s'agit désormais plus simplement d'illustrer une théorie ou encore moins le «beau idéal». La restitution aspire à devenir un véritable support à la recherche et à l'étude des vestiges.

Les restitutions matérielles participent pleinement au discours archéologique dès lors qu'elles permettent de tester les hypothèses proposées à partir des données conservées et connues, en vue de résoudre une problématique prédéfinie.

La principale difficulté archéologique pour le traitement de ces données réside dans le grand nombre de documents à manipuler ce qui équivaut à reconstituer d'immenses puzzles archéologiques dont on ne connaît ni le nombre, ni les modèles, ni le pourcentage des pierres manquantes. Ceci, ajouté à la dégradation rapide des pierres et des éléments architecturaux, implique la nécessité d'un travail beaucoup plus complet afin de garder des traces d'éléments et de détails fragiles.

Toutes ces raisons ont poussé les spécialistes de ce domaine à chercher et à expérimenter d'autres méthodes de relevé architectural susceptibles d'effectuer les tâches nécessaires avec plus d'exactitude et en un minimum de temps: l'outil informatique a été une option intéressante vers laquelle ils se sont tournés.

### **1.3 La restitution du patrimoine bâti au moyen des Technologies de l'Information et de la Communication (TICs)**

La restitution est une démarche visant à interpréter les restes matériels ou les diverses indications relatives au contexte dans lequel un édifice disparu (partiellement ou totalement) a été pensé, construit et employé afin de proposer un ou plusieurs modèles théoriques correspondant à des hypothèses de reconstitution. L'histoire de la restitution a progressé à peu près en parallèle avec celle, plus générale, de la prise en considération du patrimoine et des restes archéologiques. D'abord considérés comme témoins d'une réalité matérielle historique à protéger et à restituer physiquement ou graphiquement dans leur intégrité formelle, ces vestiges sont ensuite devenus les expressions d'une culture, tant tangible qu'immatérielle, inévitablement insérée dans un cadre plus large où interfèrent une multitude de facteurs.

Dans la mesure où des modifications ou des complétions des ruines architecturales en altèrent la lecture et l'authenticité, la restauration a été progressivement restreinte pour idéalement s'arrêter là où commence l'hypothèse. En présentant des modèles de restitution, *a priori* constitués, figurés soit au moyen de reconstructions expérimentales à échelle réelle ou non, soit par l'image dessinée, le désir de préserver cet héritage et celui de reconstruire le passé n'entrent plus en contradiction. Le passage d'une vision onirique à une reconstitution hypothétique documentée ne s'est toutefois pas fait de manière spontanée. La démarche de restitution s'est développée parallèlement à plusieurs études et réflexions visant à la décortiquer afin de séparer, dans les différentes étapes qu'elle englobe, les aspects interprétatifs et subjectifs des aspects quantifiables, scientifiques et objectifs.

Bien que l'imagination n'ait jamais réellement cessé de jouer un rôle considérable, la restitution devient une approche scientifique à partir du moment où elle traduit une volonté de vérifier la pertinence ou la validité d'une hypothèse de restitution réfléchie, en la matérialisant par un modèle réel ou représenté par l'image. Les premières intentions de définir des bases méthodologiques à la restitution se font sentir à travers l'idée de rendre ce qui est perdu dans le respect de toutes les connaissances acquises au sujet d'un édifice, mais aussi des processus liés à son élaboration et de son contexte global. S'il est admis que la démarche doit permettre de comprendre, en intégrant toutes les informations rattachées à son objet d'application, la restitution demeure toutefois essentiellement "instinctive".

Sans que les méthodes de restitution traditionnelles ne soient devenues désuètes, l'intervention et le développement des Technologies de l'Information et de la Communication (TICs), ont fait apparaître de nouvelles techniques propres à la restitution du patrimoine archéologique bâti. Depuis l'arrivée de l'informatique dans la discipline, au courant des années 1960, son utilisation s'est étendue à de nombreux domaines de la recherche archéologique: prospection, fouilles, enregistrement, gestion et traitement des

données, interprétation, publication, éducation, communication, etc. (Lock, 2003; P. Reilly, 1992)<sup>36</sup>

La restitution du patrimoine bâti au moyen des TICs a réellement pris naissance au cours de la dernière décennie du XX<sup>ème</sup> siècle, parallèlement au développement rapide des ordinateurs, et par conséquent, des logiciels de traitement d'images et de dessin/conception assisté par ordinateur. Plusieurs chercheurs ont même parlé d'une «archéologie virtuelle», en référence à la construction de modèles virtuels d'anciens sites, édifices et artefacts (Lockyear & Rahtz 1990; M. Forte, 1997; Niccolucci, 2002; Reilly, 1991)<sup>37</sup>. Cette restitution virtuelle des édifices du passé contribue à une plus large compréhension de ces constructions et élargit les possibilités de diffusion des savoirs inhérents, tout en garantissant leur respect en tant que témoignages historiquement signifiants, à ne pas altérer. En offrant la possibilité d'intégrer un maximum de données et de modéliser des éléments matériels, mais également des processus immatériels, l'ordinateur est devenu un outil privilégié dans la représentation et la construction de modèles de restitution, un assistant profitable à la communication comme à la recherche. Autre avantage de l'arrivée des technologies informatiques en archéologie, ces projets sont le plus souvent présentés sur des sites web et l'information les concernant, à partir du moment où elle existe, est aisément accessible.

### 1.3.1 Structure et composantes de l'outil informatique

L'intégration des TICs dans le domaine du patrimoine a été intimement corrélée à l'évolution et les possibilités qu'offrait le monde numérique. Il s'agit dans cette partie de comprendre ce que sont *réellement* les technologies numériques (d'un point de vue structurel mais aussi conceptuel) et ceci dans la perspective de pouvoir déceler les

---

<sup>36</sup> Par ailleurs, les archéologues mettant à profit les TICs ont rapidement mis en place des consortiums et organisé des colloques annuels, notamment les conférences CAA (Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology).

<sup>37</sup> K. Lockyear and S. Rahtz pp., 133-139 and F. Niccolucci, pp. 3-6.



éléments qui ont pu intervenir dans les conditions d'émergence et de développement de cette alliance entre le domaine informatique et celui du patrimoine bâti.

Depuis des millénaires, l'homme a essayé de construire des machines de plus en plus complexes. Dans le domaine du calcul et des mathématiques, la machine à calcul inventée au XVII<sup>ème</sup> siècle par Blaise Pascal peut être considérée comme le lointain ancêtre de l'ordinateur. Cette machine est le résultat d'une volonté de l'homme d'automatiser et d'accélérer certaines opérations de traitement d'informations mathématiques. Mais c'est bien sûr le XX<sup>ème</sup> siècle qui voit le développement de la machine à calculer d'abord, de l'ordinateur et de l'informatique ensuite.

Quelle que soit sa taille, un ordinateur est un *système complexe* qui comporte quatre aspects qui le définissent et qui sont tous indispensables à sa constitution: un aspect informationnel, un aspect physique, un aspect fonctionnel, et un environnement humain.

#### ***1.3.1.1 L'aspect informationnel***

Les ordinateurs utilisent le codage binaire comme un alphabet qui leur est compréhensible. Celui-ci ne demande pas aux machines une grande intelligence, mais une grande capacité de calcul, ce qui est précisément leur toute première caractéristique. Le codage binaire a constitué l'étape (d'abord conceptuelle) essentielle, originelle et nécessaire au développement des ordinateurs modernes et de l'informatique.

Fiable et universelle, la numérisation se conçoit comme le processus créant des *représentations* de l'information en machine, par des opérations de transformation dites de *codage*. La numérisation consiste donc à traduire tout type d'information par une suite binaire codée de 0 et de 1, suite dite «numérique» puisque les seules valeurs possibles constituant l'alphabet sont 2 chiffres. Chacune de ces valeurs binaires est appelée un *bit*, contraction de *binary digit*, et représente la plus petite unité d'information possible. Le codage ASCII (American Standard Code for Information Interchange) utilise une base 8 bits, ce qui permet de coder  $2^8$  (soit 256) caractères différents (soit toutes les lettres de l'alphabet latin en minuscule et en majuscule, les 10 chiffres, les caractères spéciaux et de ponctuation). Ainsi, dans la machine, chaque signe de notre système de communication

écrite est codé, traduit, *représenté* par une séquence binaire propre. Chaque séquence, composée de 8 bits, est appelée un *octet*. En plus d'une grande facilité de manipulation et de traitement, cela implique la *reproductibilité à l'identique et à l'infini* de l'information.

### 1.3.1.2 *L'aspect physique: le matériel*

L'aspect physique d'un ordinateur, désignée par «hardware», s'organise autour d'éléments indispensables et d'éléments optionnels dénommés «périphériques». La manière dont les ressources matérielles sont agencées entre elles constitue «l'architecture» d'un ordinateur. On peut relever quatre éléments obligatoires, dont les trois premiers constituent ce qu'on appelle «l'unité centrale»<sup>38</sup>:

- le processeur central: appelés CPU pour «*Central Process Unit*», les processeurs, qui sont en fait des microprocesseurs, sont composés d'un ensemble d'éléments collaborant pour réaliser un traitement informatique
- La mémoire centrale: elle représente l'espace dans lequel sont stockées les données en cours de traitement et programmes en cours de fonctionnement. Elle est dite vive, volatile, ou RAM pour «*Random Access Memory*», dans la mesure où elle ne stockera rien une fois l'alimentation coupée. Elle n'est donc pas une mémoire de stockage, mais bien un espace de travail pour le processeur
- Des organes de liaison des composants: le processeur et la mémoire vive sont «interfacés» entre eux sur une *carte mère*, qui permettra également d'intégrer les périphériques optionnels. Entre le processeur et la mémoire vive, l'information est transportée par un système dit de *bus*
- Des organes de dialogue avec l'utilisateur: en effet, il faut au minimum un écran, pour visualiser les informations, un clavier pour donner des instructions, et un système de stockage permanent (ou stockage de masse) des informations traitées et des programmes (un disque dur par exemple). Il est évident qu'on ne peut traiter ou communiquer de données si on ne peut pas les sauvegarder. Ces

---

<sup>38</sup> GHERNAOUTI-HELIE, Solange et DUFOUR, Arnaud, De l'ordinateur à la société de l'Information, Paris, P.U.F, Coll. Que sais-je?, 2001 2ème ed., p. 34, 35.

mémoires sont dites «mémoires mortes» ou «ROM» pour «*Read Only Memory*». Le disque dur est un disque magnétique dont la capacité de stockage ne cesse d'augmenter

Par ailleurs, et au-delà de cette composante matérielle, il faut bien comprendre que l'ordinateur n'a de sens que parce qu'il *organise* en son sein les relations entre ces composantes matérielles. C'est dans ce sens que H. Simon qui indique que:

*«L'ordinateur est un artefact dont les seules propriétés détectables en observant son comportement sont des propriétés organisationnelles. Un ordinateur est une organisation de composants fonctionnels élémentaires, dans laquelle on peut considérer, avec une bonne approximation, que seules les fonctions assurées par ces composants interviennent dans le comportement du système pris dans son ensemble»<sup>63</sup><sup>39</sup>*

Dans le cadre de nos préoccupations, nous considérerons un ordinateur comme un ensemble de composants ayant des caractéristiques propres, et que ces caractéristiques influenceront sur les moyens de production et d'utilisation des données numériques. Ainsi, une carte vidéo performante sera nécessaire pour visualiser des scènes complexes de reconstitution 3D, ou encore une mémoire vive importante sera nécessaire pour traiter des fichiers images en haute résolution. Ainsi, et dans le sens où l'ordinateur est considéré comme une machine physique dont les caractéristiques des composantes déterminent les possibilités de traitement, c'est l'usage qu'on fait de cet outil qui détermine les besoins: ainsi, il sera nécessaire pour un producteur d'avoir une machine en adéquation avec les opérations de traitement prévues, et pour l'utilisateur d'avoir une machine en adéquation avec la capacité requise pour utiliser telle ou telle donnée.

---

<sup>39</sup> SIMON, Herbert A, Science des systèmes, sciences de l'artificiel, Paris, Ed. Dunod, 1990 (trad.)

### 1.3.1.3 *L'aspect fonctionnel: Les logiciels et langages*

L'ordinateur est une machine automatique, mais qui ne saurait fonctionner sur la base de ses seuls composants physiques. Elle doit être pilotée par un *programme*. C'est ce que nous désignons ici sous le terme de partie «fonctionnelle», dimension aussi appelée «software», et qui correspond aux logiciels et langages. C'est grâce à eux que l'ordinateur est capable de lire, traiter et restituer les données informatiques. Exécuter un programme, qui contient des instructions prédéfinies, revient à traiter des données en leur faisant subir des transformations en vue d'obtenir des résultats. Ainsi, un ordinateur est capable de réaliser tout type de travail qui peut être décrit par un programme. L'usage d'un ordinateur n'est donc pas déterminé lors de sa construction, mais par l'ajout ultérieur des programmes qu'il peut exécuter.

Les langages informatiques sont des ensembles de règles à partir desquelles sont écrits les programmes/logiciels. Il existe une grande variété de langages que nous allons énumérer dans la troisième partie de ce document.

L'ensemble des logiciels implantés dans une machine détermine «l'architecture logicielle», complémentaire et plus ou moins dépendante de l'architecture matérielle sur laquelle elle s'appuie. Il existe autant de logiciels que de traitements à réaliser. Parmi les logiciels, les premiers et plus fondamentaux sont les *systèmes d'exploitation* (appelé OS pour *Operating System*), sorte de chef d'orchestre coordonnant l'ensemble des fonctions d'exploitation de l'ordinateur. Au premier rang de ces opérations de gestion se trouvent la commande, le partage et la coordination entre elles des ressources matérielles et logicielles utilisation, droits d'accès, et communication entre les programmes, contrôle de périphériques, etc.). Par ailleurs le système d'exploitation gère le dialogue utilisateur. En effet, chaque Système d'exploitation possède une «interface utilisateur», c'est-à-dire une organisation spatiale, à l'écran, des informations nécessaires à son utilisation. Le choix d'un système d'exploitation est donc particulièrement important, et celui-ci doit être adapté à la fois à l'architecture matérielle et aux utilisations prévues. Complémentairement, indiquons rapidement quelques éléments relevant du fonctionnement des ordinateurs. Un *fichier* désigne un ensemble d'informations

numériques regroupées au sein d'une unité traitable en tant que telle, et identifiable par un nom et une extension. Le système gère la localisation des fichiers, qui sont physiquement «écrits» sur un support de mémorisation, mais également leur accessibilité (créer, organiser, effacer, modifier ou copier les fichiers). Il existe ce que l'on appelle des «fichiers systèmes», qui sont nécessaires au fonctionnement du système d'exploitation. L'*arborescence* représente l'organisation des fichiers entre eux au sein de *dossiers* classés hiérarchiquement, le dossier étant une entité capable de regrouper plusieurs fichiers. De la même manière que pour le matériel, le très large éventail de systèmes et de logiciels oblige à considérer la compatibilité des applications que l'on souhaite utiliser, à la fois avec la machine (compatibilité système d'exploitation / machine), et entre elles (compatibilité système d'exploitation / logiciels).

.Ainsi, la fonctionnalité d'un ordinateur est déterminée par la plate-forme logicielle installée, qui comprend toujours un système d'exploitation et un ensemble d'applications. C'est ce panel de logiciels qui détermine les traitements numériques possibles. Là encore, il sera impératif pour l'utilisateur d'adapter sa plate-forme logicielle à ses besoins mais aussi de se tenir au courant des évolutions des logiciels et langages, qui induisent de nouvelles possibilités de traitement, de manipulation et de simulation des données.

#### ***1.3.1.4 L'environnement des machines: la dimension humaine***

Comme toutes les autres machines, l'ordinateur est une machine qui n'a pas de sens en dehors de sa relation à l'être humain. Cette apparente évidence permet en fait de soulever de profondes problématiques, au regard de la complexité spécifique de l'ordinateur et de sa place dans notre société contemporaine. Nous avons vu que la fonctionnalité de l'ordinateur n'est pas déterminée lors de sa construction, mais lors de son exploitation par installation d'une plate-forme logicielle appropriée aux besoins prévus. Encore plus que pour toute autre machine, la relation de l'ordinateur à l'être humain constitue donc le cœur de son utilité, c'est-à-dire de sa raison d'être en tant qu'outil inventé par l'homme. Ce qu'on peut appeler «l'environnement humain» des machines recouvre théoriquement à la fois les utilisateurs et l'ensemble des personnes impliquées dans la conception, la mise en place, la gestion des ordinateurs et de ce qui les fait fonctionner. En effet, tous

ces acteurs, informaticiens ou non, interagissent selon leurs besoins avec la machine de manière à réaliser des tâches spécifiques (construire, développer, utiliser, gérer). C'est pourquoi l'environnement humain des machines ne concerne pas seulement la question des interfaces, et doit s'envisager sociologiquement sous un angle beaucoup plus vaste. Il nous semble qu'il faut chercher ici à caractériser rapidement cette relation homme/machine, et de manière un peu arbitraire, nous retiendrons trois éléments majeurs de cette relation: la question des interfaces homme/machine, une tendance lourde vers un accès plus universel à la technologie, et enfin le développement des compétences et métiers nouveaux liés à cette relation.

La question des interfaces hommes/machines est en fait celle de *l'ergonomie*. L'interface désigne le dispositif de dialogue (c'est-à-dire de compréhension mutuelle) permettant à l'homme et à la machine d'échanger et d'interagir, l'ergonomie désignant *l'adaptation* de ce dispositif aux caractéristiques de son utilisateur.

Cherchant à regarder du côté de la sociologie pour envisager cette question, le deuxième aspect de la relation homme/machine qu'il me semble intéressant de retenir, concerne ce qu'on peut appeler une *tendance lourde vers un accès plus universel à la technologie*. Nous avons déjà vu que le monde de l'informatique a connu et connaît encore une évolution vers une accessibilité à la technologie du plus grand nombre. Les ordinateurs sont sortis des laboratoires pour envahir les entreprises, les administrations, les cellules familiales, les écoles dans un mouvement de démocratisation. L'ordinateur est devenu trop important pour être envisagé uniquement sous ses aspects techniques, et les préoccupations de plus en plus grandes des constructeurs informatiques pour une diffusion la plus large possible des ordinateurs illustrent bien ce mouvement. Bien entendu, l'existence d'un immense marché potentiel lié aux technologies informatiques n'a pu qu'encourager les constructeurs à travailler dans ce sens. Il nous apparaît évident que cette démocratisation va se poursuivre, et l'on voit apparaître des innovations technologiques qui tendent à créer une machine concentrant en elle les fonctionnalités de nombreux appareils.

Enfin, le troisième aspect que nous souhaitons retenir concerne l'accroissement des métiers liés à l'informatique. En effet, de nombreux métiers nouveaux sont apparus au cours des vingt années d'explosion de l'informatique, dans la mesure où l'évolution de la technologie entraîne de nouvelles activités. Tant en ce qui concerne les composants matériels que les logiciels, les besoins de compétences spécifiques se sont multipliés, avec à la fois un mouvement d'hyperspécialisation et un besoin grandissant d'intégrateurs.

#### **1.3.1.5 En résumé**

L'outil informatique ne saurait à notre sens se comprendre dans sa structure réelle sans ces quatre dimensions: l'informationnel, le matériel, le fonctionnel, l'humain. Il semble donc impératif pour nous de n'ignorer aucun de ses aspects. Plus encore, il nous semble impératif de considérer que *l'environnement humain est l'élément essentiel de l'ordinateur* (figure 10). Les connaissances nécessaires à chacune des quatre dimensions interviendront à différents moments du processus de reconstitution archéologique à l'aide des TICS, et leur mise en œuvre dépendra de la mission exacte, du contexte et des équipes mobilisées. L'aspect fonctionnel, qui concerne essentiellement les logiciels à disposition du médiateur, reliés avec les objectifs de l'entreprise détermineront la façon avec laquelle nous exploiterons ces outils afin de mieux assister l'archéologue dans son entreprise. Le schéma suivant constitue un élément de synthèse de cette partie inépuisable pour la visualisation, la compréhension et l'étude du patrimoine architectural ancien: des constructions monumentales du bassin méditerranéen aux villages amérindiens, en passant par des cités antiques et de nombreuses autres constructions appartenant aux différentes civilisations ont pu ainsi, être mises au jour.

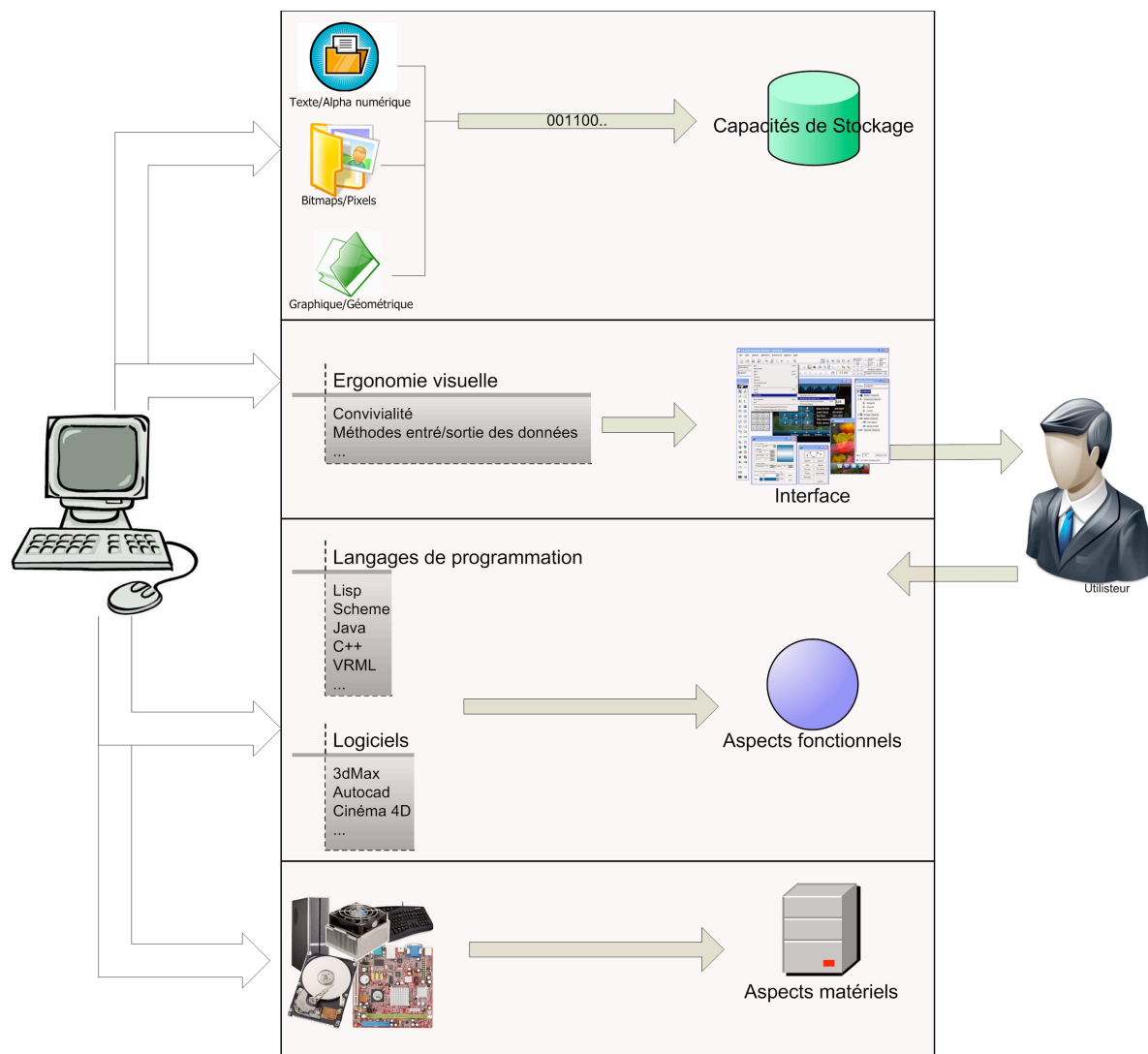


Figure 8: Structure de l'outil informatique et interaction humaine

### 1.3.2.1 Des modèles imaginés aux modèles scientifiquement construits: l'illusion de ressusciter le passé

Tous les acteurs impliqués dans les projets de reconstitution archéologique, et utilisant les TICs, essayent de produire des propositions de restitution, sous forme d'images vectorielles ou de modèles tridimensionnels, qui vont leur permettre de répondre à la question « Comment était-ce ? ». Pour cela, une grande partie de ces acteurs cherche à



produire des interprétations et des explications et à valider leurs hypothèses grâce à une série d'arguments puisés directement dans les différentes interprétations et formalisations des données archéologiques disponibles: des projets où la proposition avancée permet de figurer un modèle hypothétique reposant sur des informations scientifiquement pertinentes. Une autre partie essaye de proposer des tentatives de restitution sans une réelle construction méthodologique, où des édifices sont présentés sous une forme imaginée, restituée par analogie visuelle, sans égard quant au contexte et en l'absence de tout fondement scientifique réel. Malheureusement, l'habitude d'associer annotations, précisions et explications à une restitution, reflet possible d'une relative rigueur méthodologique, n'est pas suffisamment respectée pour permettre de concevoir une réelle répartition des projets de restitution. S'il est possible de soupçonner qu'un grand nombre de propositions avancées sont des restitutions "instinctives", seules les "vues d'artistes", rendues de manière trop sensible pour être authentiques, sont facilement discernables. D'autres résultats avancés montrent clairement des restitutions basées sur des publications existantes ou des travaux précédents, mais les commentaires qui les accompagnent ne le signalent pas forcément. Enfin, il faut rester conscient que même des restitutions fondées sur des recherches méthodiques peuvent conserver une part d'imaginaire ou de création, surtout lorsqu'il n'existe aucun indice empirique. Une restitution est toujours dépendante des vestiges et des sources documentaires disponibles, mais surtout des interprétations des acteurs qui l'ont produite.

Quel que soit le degré de scientificité associé aux travaux de restitution, le modèle qui en résulte a le pouvoir d'évoquer l'apparence d'un site ou d'un édifice à un temps donné, mais il s'agit uniquement d'une configuration possible. Si un spectateur a réellement l'impression de voir ou de visiter le passé, notamment grâce à des images recréant des ambiances et scènes hautement réalistes, ce n'est qu'une illusion: il ne regarde qu'un scénario plausible<sup>40</sup>. Un édifice est un élément qui évolue dans le temps. Le restituer tel

---

<sup>40</sup> P. Miller et J.D. Richards se sont particulièrement manifestés contre la tendance à présenter des restitutions comme des modèles uniques donnant l'impression qu'un édifice a conservé une même apparence tout au long de son existence. Ils ont également fortement critiqué la priorité donnée au réalisme des modèles, souvent associée au désir de fournir ou mettre en application des logiciels de haute qualité plutôt qu'à celui de visualiser

qu'il a existé revient à montrer son apparence à un ou plusieurs moments précis de son existence. Les configurations proposées sont la conséquence d'une reconstruction faite par un acteur selon les données dont il dispose, les approches qu'il adopte, les inférences qu'il émet et les choix qu'il opère. Ses prétentions à considérer, restituer, présenter et induire ne peuvent, elles aussi, qu'évoluer au fil du temps, des avancées et des découvertes scientifiques.

Il est donc extrêmement important de bien expliciter les différentes relations qui existent entre les résultats de la démarche de restitution, les sources utilisées et les explications concernant la méthodologie poursuivie. Ne pas signaler que le résultat obtenu représente un modèle possible de restitution, surtout si celui-ci n'est scientifiquement fondée, risque d'induire en erreur les acteurs qui utiliseront ces données dans d'autres projets et de faire passer dans l'imaginaire collectif des images stéréotypes et erronées.

### ***1.3.2.2 Les technologies mises en œuvre***

Les technologies employées peuvent être groupées en deux principales catégories, selon qu'elles fournissent une représentation en 2D ou un modèle en 3D. Les méthodes de Dessin Assisté par Ordinateur (DAO) n'étant plus ou moins qu'une transcription informatique des techniques traditionnelles de dessin, ce sont surtout les logiciels de modélisation 3D qui ont permis de renouveler la démarche de restitution figurée des monuments anciens<sup>41</sup>. En rendant compte de la troisième dimension, il devient possible

---

des données issues de considérations archéologiques. P. Miller, J.D. Richards, «The good, the bad, and the downright misleading: archaeological adoption of computer visualisation», in J. Huggett and N. Ryan (Eds.), *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, 1994, pp. 249-254.

<sup>41</sup> Il existe toutefois une certaine ambiguïté: certains projets de restitution parlent de modélisation 3D alors que les images produites ne sont qu'une transcription informatique de dessins d'architecture. Ce type de projet peut à l'occasion apparaître dans la liste ici constituée, mais il est notifié, si cela a été précisé par les auteurs, qu'il est question de logiciels de DAO (AutoCAD Autodesk avant-tout). Voir, par exemple, les projets des

de montrer à travers un modèle unique une réalité que sa disposition dans l'espace ne permet normalement pas de saisir dans sa totalité.

La première étape consiste à modéliser la forme des édifices. Les modeleurs 3D employés dans les projets de restitution exploitent principalement les principes de modélisation surfacique (Boundary Representation / B-Rep). L'objet est modélisé en déterminant les frontières des surfaces qui le composent, elles-mêmes constituées de points et lignes, donc de formes géométriques 2D. La modélisation à partir de volumes ou de solides (CSG: Constructive Solid Geometry), qui consiste à créer des formes en les traduisant en primitives géométriques et en les combinant à travers l'utilisation d'opérateurs de type booléen (union, intersection, différence), est plus rarement utilisée.

Quelque soit la solution adoptée, une fois la forme géométrique construite, diverses méthodes de rendu sont utilisées pour lui donner un aspect plus réaliste, notamment en lui associant des propriétés telles que des couleurs ou des textures, en considérant son comportement face à la lumière, en l'insérant dans un paysage, etc... L'amélioration de ces techniques de rendu, en particulier des conditions d'illumination, fait partie des objectifs de certains projets. La priorité est souvent donnée au réalisme et à la qualité des images, les temps de calcul pour rendre celles-ci pouvant donc être longs. Au contraire, si l'essentiel est de vérifier visuellement des hypothèses de restitution d'un édifice, le rendu de l'image peut être négligé au profit d'un temps de calcul réduit autorisant une réactivité plus vive.

Parmi les logiciels permettant de générer des modèles en 3D figure en premier lieu 3D Studio Max. Les autres logiciels mentionnés, toutes fonctions confondues (modélisation surfacique ou solide, rendu, animation) sont Amapi 3D, ARRIS 3D, Blender, BodyPaint 3D, Bryce 3D, Cadwin 3D, Cinema 4D, LightScape, Lightwave 3D, Maya, MultiGen

Creator, Poser, PovRay, Radiance, SketchUp, Softimage, TrueSpace, VIDI Presenter 3D,  
...

Les logiciels employés n'étant fréquemment pas cités, cette liste est forcément incomplète. Une répartition des projets par type de logiciel est ainsi loin d'être envisageable.

### ***1.3.2.3 Des modes de visualisation divers***

Les modèles numériques construits sont visibles sous la forme d'images pouvant être présentées de diverses manières. À nouveau, la terminologie utilisée pour définir les outils mis en application n'échappe pas à une certaine confusion, particulièrement en ce qui concerne les notions d'animation et de réalité virtuelle, parfois employées de manière équivoque. Régulièrement, des images de restitutions sont rattachées à l'expression «réalité virtuelle», sans toutefois présenter les qualités habituellement associées aux technologies de cette dite réalité virtuelle<sup>42</sup>.

En somme voici les définitions qui ont été acceptées pour décrire les projets:

- Les images de synthèse correspondent simplement aux images générées par ordinateur, que ce soit par des méthodes de DAO ou de modélisation 3D. Par défaut, ces images sont figées, mais elles peuvent être replacées dans des paysages actuels photographiés ou filmés, intégrées dans des animations, voire transposées dans des scènes de réalité virtuelle.
- Les animations sont le résultat d'une mise en séquence d'images de synthèse statiques, à une fréquence assez rapide pour donner l'illusion d'un mouvement

---

<sup>42</sup> À de multiples reprises, il est fait référence à la «réalité virtuelle», alors qu'il n'est en aucun cas question d'immersion et d'interactivité. L'expression est souvent utilisée pour qualifier de simples animations. En conséquence, il est parfois difficile de savoir s'il est vraiment question de réalité virtuelle ou non, surtout lorsque les images produites ne sont pas visibles sur Internet. Il est donc possible que dans la liste proposée, l'expression soit associée à des projets qui n'appliquent pas réellement des technologies de la réalité virtuelle, mais annoncent le faire.

continu. Une fois les édifices modélisés, ils peuvent être présentés selon diverses perspectives, donnant au spectateur l'impression de se promener dans l'espace, autour et à l'intérieur des constructions, ou à travers le temps si celles-ci sont montrées de manière évolutive.

- À la différence des autres applications, dans la réalité virtuelle le spectateur ne se limite pas à regarder, mais il peut percevoir et agir en temps réel dans un environnement imaginaire ou artificiel. L'image cesse d'être une représentation pour devenir un monde virtuel prenant l'apparence de réalités passées et dans lequel il est possible de se déplacer, avec plus ou moins d'autonomie, contempler sous de multiples angles ou encore manipuler des objets rencontrés. Des temps de calcul réduits et un affichage instantané des images rendent possible une interactivité en temps réel. Il est également question d'immersion par le biais de dispositifs de perception divers: environnement virtuel immersif CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*), casques, interfaces haptiques,...
- Il arrive que des environnements non totalement immersifs soient aussi qualifiés de systèmes appartenant à la réalité virtuelle (Figure 11). Il en est ainsi pour une majorité des modèles utilisant le format VRML (*Virtual Reality Markup Language*), si fréquemment cité dans les projets de restitution parlant de réalité virtuelle. Plusieurs logiciels de modélisation peuvent exporter des modèles et scènes animées au format VRML. Il s'agit en fait d'un langage de description et de présentation de scènes 3D, généralement destinées à être vues sur un écran. S'il est possible de se déplacer dans le monde virtuel créé, l'écran n'autorise cependant pas une immersion complète.



Figure 9: Visite virtuelle d'un site archéologique à travers une installation et un système de présentation.

(Troia Project) (Jablonka & Kirchner, 2003) p. 236

Le degré d'interactivité et d'immersion qui sépare les images de synthèse fixes et les animations des environnements virtuels, aurait pu être un critère de différenciation des projets de restitution, mais étant donné la confusion qui existe dans l'usage des termes, cela aurait nécessité un examen bien plus approfondi. De plus, beaucoup de projets mettent à profit les trois applications. Cette distinction n'est pourtant pas négligeable du point de vue de la recherche comme de la communication. La production d'images de synthèse fixes et d'animations ne permet au spectateur, spécialiste ou non, que de regarder. Dans un environnement virtuel interactif il devient observateur et acteur, ce qui laisse la voie ouverte à de possibles manipulations en temps réel. Ce rapport interactif entre les connaissances, le scientifique et le public, se révèle être particulièrement attractif.

### ***1.3.2.4 Multiplicité des finalités envisagées, des publics concernés et des supports médiatiques employés***

Les objectifs annoncés par les instigateurs des projets de restitution se regroupent en quatre grandes catégories qui peuvent être complémentaires: le divertissement, l'enseignement, la vulgarisation, la recherche. Les images sont destinées à être vues par différents publics: joueurs, amateurs d'archéologie, écoliers, étudiants, visiteurs de musées, touristes, chercheurs,... ; à travers des supports visuels et médiatiques variés: publications manuscrites, télévisions, installations muséographiques ou sur les sites archéologiques, CDROM, Internet,...

Une partie des images de restitutions de sites archéologiques s'insère dans un certain marché du ludique loin de toute préoccupation scientifique, et sans imposé de limite à l'imagination. Les jeux vidéos, par exemple, exploitent régulièrement la modélisation 3D de vestiges archéologiques à des fins récréatives, afin d'y camper leurs aventures.

Instrument privilégié pour montrer une architecture disparue à des personnes plus ou moins averties, les images possèdent toujours une vocation pédagogique de premier ordre en archéologie. Les technologies employées permettent de figurer une réalité passée en grossissant certains caractères et détails pour les rendre plus sensibles ou pour clarifier les messages contenus dans cette réalité, sans forcément en altérer l'authenticité. Les modèles 3D rendent également la lecture de ruines éparses ou de relevés effectués à partir de ces ruines (plans, coupes, axonométries) plus simple et attrayante.



Figure 10: Le concept de TimeScope

Concept *TimeScope* (Figure 12) est une caméra qui transmet, en temps réel, une vidéo des ruines à un écran placé dans un kiosque. Les reconstitutions de l'édifice, selon les époques, sont intégrées dans ces images, sur l'écran. Le visiteur peut sélectionner diverses options pour trouver d'autres renseignements, notamment des animations retraçant l'évolution du site, des images d'archives, etc... (*Ename 974*)<sup>43</sup>

De fait, une majorité des entreprises de restitution, réellement ou prétendument scientifiques, a pour finalité la mise en valeur du patrimoine et la diffusion des connaissances auprès du grand public, généralement curieux de tout ce qui concerne l'archéologie. Le développement des TICs facilite la revendication générale et l'appropriation personnelle, par ailleurs légitimes, d'un savoir quelconque sur le patrimoine. Les images de synthèse, potentiellement accessibles par le biais de médias tel qu'Internet, offrent un outil particulièrement adapté à la communication sur le patrimoine archéologique et à la diffusion du savoir entourant cet héritage public auprès de tous ses détenteurs. Les images et tours virtuels de sites archéologiques restitués peuvent venir compléter leur visite réelle, à première vue moins riche en informations puisque uniquement dépendante des ruines restantes. L'objectif est avant tout de reconstruire une ambiance associée à une période de l'histoire d'un édifice et de stimuler la curiosité du spectateur en ajoutant des paysages, des artefacts, des scènes de la vie quotidienne, mais aussi des informations textuelles.

Les images de synthèse deviennent utiles à la recherche et favorisent l'acquisition de nouvelles connaissances en autorisant un aller-retour relativement rapide entre des données issues de la réalité empirique ou leurs interprétations et des images sensibles de modèles virtuels. Des problématiques jusqu'alors insoupçonnées peuvent apparaître et d'autres, posées auparavant, sont susceptibles d'être résolues. Les technologies informatiques offrent une souplesse d'utilisation qui permet de générer, visualiser et comparer un nombre important de scénarios alternatifs. Il est facilement envisageable d'actualiser, réviser, modifier ou enrichir un modèle en fonction des hypothèses et découvertes. En s'affranchissant de toute échelle, même s'il est construit en respectant des mesures précises, le modèle numérique autorise une visualisation détaillée et une manipulation d'éléments d'habitude reconnus pour leur immuabilité. En donnant une

---

<sup>43</sup> <http://www.ename974.org>



esquisse des apparences passées d'un édifice, idéalement vu de manière intègre à différentes étapes historiques de son évolution, il est permis de l'appréhender dans une quatrième dimension, celle du temps. Autant de possibilités irréalisables dans le cas de figurations graphiques ou de restitutions matérielles...

Bien que des finalités diverses, récréatives, éducatives, informatives ou scientifiques, puissent se rejoindre au sein d'un unique projet, ce sont essentiellement les trois premières qui motivent les projets de restitution des témoins architecturaux du passé.

Dans le cadre des projets de restitution du patrimoine archéologique bâti, les nouvelles technologies, avant d'être un moyen de compréhension, sont un outil de visualisation. Malgré leur apparente similitude, la visualisation par le biais d'un dessin ou d'une maquette matérielle et celle obtenue par modélisation informatique s'inscrivent dans des logiques indépendantes. Si l'image a dans tous les cas un pouvoir d'évocation, les maquettes informatiques offrent des possibilités plus vastes dans le domaine de la recherche, de la communication et de la vulgarisation. Toutefois, ces images numériques, même si elles suscitent une certaine fascination auprès des scientifiques et du grand public, ne constituent pas l'intérêt majeur des nouvelles technologies.

Dans tous ces projets, les TICs fournissent, d'une manière ou d'une autre, une aide à la restitution, cependant les méthodes d'infographie employées ne sont pas mises en pratique dans le but de restituer à proprement parler, mais seulement de visualiser l'apparence possible d'un monument antique. Certes, les autres projets de restitution, ceux à venir, prennent aussi en compte la visualisation de modèles 3D, mais à la différence que ces derniers ne sont plus seulement à l'image d'un résultat. Ils participent dynamiquement à la démarche même de restitution.

### ***1.3.2.5 Essai de classifications***

Au sein des nombreux projets traitant ces divers aspects et combinant nouvelles technologies et démarches de restitution, les résultats obtenus reflètent deux finalités divergentes:

- La production d'une image ou d'un modèle généré à la fin d'un raisonnement et illustrant les résultats de la reconstitution, une fois complétée, à des fins de diffusion, de démonstration scientifique et d'interface de présentation.
- La traduction informatique d'un modèle d'organisation et de traitement des données dans le but de générer une ou plusieurs propositions servant à comprendre et à visualiser les différentes hypothèses portant sur l'aspect que l'édifice a pu prendre dans certaine période de son histoire.

Toute la discussion portera alors sur le rôle, passif ou actif, assigné à l'outil informatique dans le processus de reconstitution archéologique. Une approche informatique aura un rôle passif si elle permet seulement de modéliser l'apparence d'un édifice à un moment donné, celui-ci ayant déjà été restitué, ne serait-ce que mentalement. Elle aura un rôle actif si elle contribue concrètement dans le processus même de compréhension et de restitution d'un édifice en facilitant sa reconstruction virtuelle par le recoupement de multiples données disponibles ou par la modélisation de méthodes de construction anciennes et de démarches scientifiques actuelles.

Dans ce contexte de recherche, les diverses approches à la restitution sont souvent pensées comme un tout et les technologies employées pour intégrer et traiter les différents types de connaissances impliqués sont régulièrement combinées. Trois tendances sont néanmoins distinguables selon que la restitution soit dépendante:

- d'une analyse,
- de la modélisation de connaissances ou
- de la simulation de systèmes complexes, c'est-à-dire, d'ensembles organisés de paramètres, d'actions et d'interactions entrant en ligne de compte dans la conception d'un monument (de la part de ses créateurs originels ou de ses observateurs actuels)<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> Des "systèmes complexes" compris dans le sens que leur donne J-L. Le Moigne: «un système modélisable susceptible de manifester des comportements qui ne soient pas tous prédéterminés (nécessaires) bien que potentiellement «anticipables» (possibles) par un observateur délibéré de ce système». L'élaboration de modèles qui respectent, sans la réduire, la complexité du réel peut être un facteur efficace de définition et résolution de problématiques. (Le Moigne, 2001) p. 177.

Cette différenciation des fonctions accordées à la modélisation permet d'insister sur les principales distinctions entre les projets de restitution du patrimoine archéologique bâti au moyen des TICs, selon que leur finalité soit de visualiser un modèle préconçu au moyen de logiciels de création de modèles 3D ou de comprendre et construire un modèle par le biais de l'analyse et la manipulation des données ainsi que de la simulation de processus.

### **1.3.3 La modélisation des connaissances: les bases de données en archéologie**

Premier exemple de technologie entrant au cœur de la démarche de restitution, les bases de données et leurs systèmes de gestion sont apparus comme un moyen particulièrement commode de cumuler, consigner, associer et gérer la masse de documents et d'informations se rattachant à une architecture ou un édifice particulier. En raison de leur capacité d'intégrer une somme considérable d'informations hétérogènes et à être enrichies progressivement, les banques de données<sup>45</sup> s'avèrent des assistants fort utiles à l'élaboration de stratégies de restitution<sup>46</sup>. Mettant à disposition la totalité des renseignements susceptibles d'aider au travail de restitution, elles facilitent leur analyse, ainsi que leur recoupement, opérations pouvant parfois se révéler difficiles manuellement.

Les variables pouvant être numérisées et cataloguées sont autant des documents archéologiques matériels (fragments, éléments constructifs ou ornementaux, artefacts,...) que des sources textuelles ou figuratives (descriptions, publications, relevés de fouilles, images d'archive, indices épigraphiques ou iconographiques,...), et même des données immatérielles (contextuelles ou structurelles). Pour faciliter

---

<sup>45</sup> Une base de données a été définie comme étant «un ensemble structuré et organisé permettant le stockage de grandes quantités d'informations afin d'en faciliter l'exploitation (ajout, mise à jour, recherche de données). Elle se traduit physiquement par un ensemble de fichiers présent sur une mémoire de masse (bien souvent un disque). Certaines peuvent être accessibles via les réseaux, on parle alors de base de données en ligne». [http://fr.wikipedia.org/wiki/Base\\_de\\_donn%C3%A9es](http://fr.wikipedia.org/wiki/Base_de_donn%C3%A9es)

<sup>46</sup> Un certain nombre de projets visant à la visualisation de modèles fait aussi usage de bases de données, mais uniquement pour mettre à disposition des informations complémentaires, une fois le modèle réalisé, et non pas dans le but d'assister au travail de restitution. Ils ne sont donc pas ici pris en compte.

l'utilisation de ce corpus de données d'aspects et d'intérêts divers, le spécialiste ne peut échapper à une réflexion sur une façon logique de les catégoriser, caractériser, ordonner et archiver.

### ***1.3.3.1 La diversité des données archéologiques***

Les problèmes reliés à la diversité de la documentation démontre d'une façon claire le besoin pour les archéologues de faire appel à de nouvelles méthodes; très rares sont les spécialistes qui peuvent, maintenant, embrasser l'ensemble des connaissances concernant une spécialité donnée et se «tenir au courant» de ce qui se publie dans leur champ d'intérêt (Ginouvés, 1971). La masse des ouvrages et des articles publiés dans des revues, toujours plus nombreuses et rédigés dans les langues les plus diverses, illustre la croissance exponentielle du nombre des chantiers de fouilles, du nombre des individus, groupes, institutions intéressés par l'archéologie (Ginouvés, 1971).

L'archéologue se pose, à l'occasion de chacun de ses travaux, une série de questions sur les ouvrages et/ou les articles susceptibles de l'aider dans les projets sur lesquels il travaille. La réponse implique une recherche rétrospective, que les archéologues pratiquent en parcourant des fichiers bibliographiques ou des bibliographies publiées. Afin d'interpréter un fait archéologique, qu'il s'agisse d'une forme architecturale ou d'une technique de construction, l'archéologue recherche des parallèles, c'est-à-dire «[...]des faits identiques, ou semblables, ou analogues, par la totalité de leurs caractères ou par une partie d'entre eux, et il s'efforce de les situer dans une cadre architectural, temporel et géographique.» (Ginouvés, 1971).

Or, l'établissement de ces parallèles, à travers la consultation des publications, constitue une tâche très lourde, et inutilisable pour tout autre archéologue qui, au même moment, ferait une recherche du même type. Il sera préférable alors que chacun, au lieu de devoir, à propos de chaque donnée, recommencer la totalité des enquêtes, dispose immédiatement de l'ensemble des informations publiées.

### ***1.3.3.2 Les problématiques existantes des banques de données en archéologie***

Lors du colloque national du CNRS qui s'est tenu à Marseille les 12-14 juin 1972 sur le thème banques de données archéologiques, Jean-Claude Gardin (Gardin, 1974, p. 15 à 26) fait le point sur les problèmes touchant les banques de données. Il rassemble

ces problèmes en trois groupes: les problèmes théoriques, les problèmes techniques et les problèmes institutionnels.

#### *1.3.3.2.1 Les problèmes théoriques*

Ils concernent la notion de données et sa ou ses définitions pour son intégration dans la banque de données. Quelle donnée choisir, comment la décrire et quel langage utiliser pour cela ? J.-C. Gardin met en avant deux types de données: les données naturelles, «*c'est-à-dire immédiates, indépendantes de toute interprétation*» et les données savantes, déterminées par «*des options raisonnées sur la signification relative des observations*» (Gardin J.-C., 1979. ). Tout en développant les arguments des partisans de la seule intégration des données naturelles, J.-C. Gardin met en avant un système de mouvement de va et vient entre ces deux types de données, leur effet complémentaire, pour en conclure que tous les types de données ont leur place en une banque de données et doivent donc être intégrés. Une fois que les données sont sélectionnées, il faut les décrire. Se pose ici le problème de la manière de les décrire. Les données ne doivent pas être décrites de manière trop succincte pour qu'elles puissent être exploitées dans la banque de données, mais pas non plus d'une manière trop détaillée et trop complexe pour éviter les lourdeurs de saisie. Cette description soulève le problème du choix du langage de description. J.-C. Gardin expose alors les avantages et inconvénients des langages naturels et documentaires pour l'enregistrement et la manipulation des données en mémoire. L'enregistrement sous langage naturel, c'est-à-dire celui qui est utilisé dans la littérature archéologique, est techniquement possible mais il pose «*[...] les problèmes linguistiques liés aux incertitudes des relations entre "signifiants" et "signifiés" [...]*», c'est-à-dire de l'appellation de la donnée: une donnée de même type pourra être nommée de manière différente. Le langage documentaire résout cette difficulté puisqu'à chaque donnée correspond un mot spécifique, connu et reconnu par tous. Ce langage facilite «*[...] la recherche rétrospective des informations [...] par ses [...] qualités de précision et d'univocité [...]*». J.-C. Gardin conclut sur la nécessité de l'usage conjoint des deux langages dans une banque de données: «*[...] les deux types de systèmes de signes — langage naturel et langage documentaire — répondent à des objectifs différents, et il est tout à fait absurde de redouter — et plus encore de préconiser — l'élimination du premier par le second*».(Gardin J.-C., 1979. )

Le point suivant des problèmes théoriques porte sur le découpage et le regroupement des données par type. J.-C. Gardin fait apparaître la notion de banque de données unique qui en fait générerait un même type de données: une banque de données pour les objets, une banque de données pour les monuments, une banque de données pour les textes, ... Ce découpage semble être le plus simple, le plus évident mais J.-C. Gardin l'élimine aussitôt qu'il en a émis l'idée.

*«Le projet d'un découpage à la fois univoque et universellement tenu pour le plus fécond est une utopie. Une constatation simple suffit à le montrer: le même objet pourra être enregistré tout d'abord dans une banque de données dont le champ est la fouille elle-même, avec ses dizaines ou centaines de milliers de "données" [...], puis dans une autre regroupant l'ensemble des documents du même genre, dans certaines limites géographiques et chronologiques [...], puis dans une troisième, correspondant à un inventaire régional [...], etc.».*(Djindjian, 1991)

#### 1.3.3.2.2 Les problèmes techniques

Si l'on considère qu'il ne peut pas y avoir une banque de données univoque et universelle en archéologie, cela veut dire qu'il y en a une multitude. Il faut donc envisager *«[...] des liaisons de l'une à l'autre, de telle sorte que les utilisateurs puissent aisément consulter plusieurs d'entre elles, pour une même recherche [...]»*. J.-C. Gardin propose deux réponses. La première se base sur une unification des systèmes d'exploitation à savoir l'unification des codes utilisés pour l'expression des données, une unification des formats et des structures d'enregistrement, unification des langages, procédures et programmes d'interrogation, ... Cette réponse serait en fait *«une banque de données unique, bien que fractionnée»*. La deuxième réponse porterait sur le développement de banques de données diversement conçues pendant une période de recherche et d'expérimentation avant de mettre en place une standardisation, des *«projets-pilotes»*. J.-C. Gardin considère que les recherches menées en 1972 devraient se rapprocher de ce système de *«projets-pilotes»* pour effectuer des tests avant de voir plus loin. Néanmoins J.-C. Gardin ne tranche ni pour l'une, ni pour l'autre mais plutôt pour un mélange des deux: une banque de données

librement conçue fondée sur une homogénéité commune à chaque banque de données permettant des liaisons de l'une à l'autre et une exploitation conjointe. *«La voie du milieu est sans doute le plus sage, entre ces deux extrêmes ; c'est d'ailleurs celle que l'on tend à suivre, semble-t-il, dans la recherche générale d'une "convertibilité" ou d'une "compatibilité" plus ou moins immédiate entre les systèmes de documentation automatisés de façon séparée, dans les domaines scientifiques les plus variés»*. L'objectif commun de chaque banque de données serait *«[...] le respect d'une certaine diversité des systèmes documentaires, et le souci d'aménager néanmoins ceux-ci pour rendre possible les communications, voire les inter-connexions automatiques de l'un à l'autre»*. Cependant J.-C. Gardin n'explicite pas comment le faire.

#### *1.3.3.2.3 Les problèmes institutionnels*

Ces problèmes portent surtout sur les points suivants: qui doit créer ces banques de données et surtout qui doit les suivre ? J.-C. Gardin met en avant la contradiction entre la nécessité du traitement à long terme des données et l' *« inévitable brièveté des entreprises personnelles. En d'autres termes, c'est à des institutions moins éphémères que les individus que devrait être confiée la responsabilité de l'entretien des banques de données, sous ses multiples aspects: corrections, suppressions, additions, intégrations, mise en relation avec des entreprises connexes, à l'échelle internationale, etc.»*.

### ***1.3.3.3 Évolution de l'alliance entre archéologie, mathématique et informatique.***

#### *1.3.3.3.1 Du XIX<sup>e</sup> siècle aux années 1940: traitement manuel*

Les tentatives de structuration des données, de mécanisation de l'étude, c'est-à-dire visant à rendre un certain côté de la recherche semblable au travail d'une machine, commence en fait dès le XIX<sup>ème</sup> siècle et le début de l'utilisation de méthodes de travail provenant des mathématiques. En effet à cette époque, l'étude de l'objet se précise et les études quantitatives se développent. Pour cela les archéologues utilisent des techniques statistiques et graphiques simples. Bien évidemment ce travail s'effectue manuellement, ce qui limite la quantité de données traitées. Ce mouvement s'amplifie à partir des années 1940.

### 1.3.3.3.2 Les années 1950-1960: les cartes perforées

La première tentative est celle utilisant les cartes perforées, et leur tri par un jeu d'aiguilles. Son application à l'archéologie a été proposée en 1955 par J.-Cl. Gardin (Gardin, 1979) qui s'est appuyé sur une série de travaux réalisés en continent américain<sup>47</sup>(J. Gardin, 1958). Il a joué un rôle de précurseur en transposant dans le domaine archéologique les méthodes d'exploitation que l'on connaissait alors sous le nom de «mécanographie». Ce système permettait *«la recherche automatique d'objets possédant un certain nombre de caractéristiques, chaque objet étant représenté par une fiche et ses caractéristiques par des perforations»* (Ginouès, 1971)<sup>48</sup>. L'avantage de cette approche réside dans sa rigueur descriptive: l'objet y est désigné non par son nom, *«trop souvent contenu dans des frontières sémantiques imprécises, mais par une série de caractères strictement définis, à travers une analyse objective et uniforme ; et ce sont ces caractères qui servent au jeu combinatoire de la recherche comparative»*. (Ginouès, 1971).

Cette «technique» a un certain nombre d'inconvénients: la taille ainsi que le poids de l'appareillage exigent qu'ils soient installés dans un centre de recherches unique, et les chercheurs des autres centres qui souhaitent consulter le fichier doivent ou bien se rendre là où il se trouve, ou bien faire dupliquer les fiches pour une nouvelle installation, qui elle aussi ne servira qu'en un seul point. D'autre part, le système d'analyse ne permet pas d'enregistrer certaines données qui, pourtant, semblent essentielles à la recherche archéologique comme les mesures, pour lesquelles la codification autorise seulement leur répartition dans un certain nombre de tranches, de «bandes» conventionnelles; mais, dans le domaine de l'architecture, par exemple, la recherche documentaire devra très évidemment appeler les mesures les plus précises, sur lesquelles l'archéologue voudra effectuer des tris ou des calculs<sup>49</sup>.

---

<sup>47</sup> p. 335-357

<sup>48</sup> (Ginouès, 1971)

<sup>49</sup> (Ginouès, 1973) a précisé que «Le système des bandes de dimensions aboutit à une simplification qui peut constituer un avantage ; mais l'ordinateur est lui aussi capable de regrouper les documents " plus



Un second type de solution a été aussi introduit et a exigé l'utilisation des fiches perforées à sélection visuelle, selon le système désigné par l'expression peek-a-boo. La différence ne tient pas seulement au système de tri mais aussi au fait qu'ici, chaque fiche représente normalement non pas un objet, mais un des caractères reconnus aux objets de la collection: comme la fiche porte toute la série des numéros représentant ces objets, la perforation indique les objets qui possèdent le caractère, et le tri optique sur plusieurs fiches permet de déterminer quels sont les objets possédant en commun les caractères qu'elles représentent. Cette méthode d'analyse «inversée» constitue un des avantages majeurs du système, en rendant la recherche plus rapide. D'autre part, il n'est pas besoin d'un matériel de sélection coûteux; et la duplication des fiches ne pose pas de graves problèmes. Enfin, l'introduction d'un nouveau caractère n'oblige à rien d'autre qu'à la création d'une nouvelle carte. Pourtant, un certain nombre d'inconvénients du système précédent subsistent. Certes, on peut désormais faire une fiche par nom propre, ou par nom commun, ce qui constitue un avantage considérable ; mais le problème des mesures se pose d'une manière presque analogue, et on retrouve, avec une particulière netteté, le caractère morcelé de l'analyse: les fiches perforées constituent en quelque sorte un index sur lequel s'effectue le tri, qui lui-même renvoie à un catalogue de forme traditionnelle, donnant les mesures et tous les renseignements jugés nécessaires. D'autre part la contenance des fiches, relativement réduite, fait que le système ne peut convenir qu'à l'analyse de collections assez limitées (Jolley, 1968)<sup>50</sup>; et les opérations de tri ne peuvent se faire que selon des formules logiques très simples. (Ginouvés, 1971).

Un troisième type de solution propose des systèmes où la fiche concernant l'objet, ou le document en général, est microfilmée en même temps qu'une grille de carrés noirs et blancs correspondant à la codification de ses caractères (Myers & Loomis, 1959) ; la sélection se fait ensuite par un procédé de lecture électronique, très rapidement et avec beaucoup de souplesse ; et en général la machine est prévue pour projeter sur un écran (et éventuellement pour photocopier dans un format lisible) les documents

---

petits que..., plus grands que... ” C'est-à-dire qu'il peut lui aussi créer les bandes, mais chaque fois selon le désir de l'utilisateur.»

<sup>50</sup> P. 167-198.

sélectionnés. Ici, la duplication des enregistrements ne présente pas plus de difficulté que celle d'une pellicule photographique ; mais la mise en mémoire des documents constitue une opération complexe, et le coût de l'installation, dans sa totalité, était très élevé ; d'autre part, on revient à la formule du fichier direct, si bien que le tri ne peut se faire ni sur les noms propres, ni évidemment sur les dimensions. C'est pourquoi le système, malgré ses avantages qui l'on fait adopter pour des applications assez diverses(Saiman, 1959)<sup>51</sup>, ne paraît pas fournir encore une solution idéale. (Ginouvés, 1971).

#### *1.3.3.3 Les années 1970: l'arrivée de l'ordinateur*

Jusque là, l'ordinateur n'a d'intérêt que dans la manipulation de nombreuses données et l'automatisation des opérations de tri, tâches qui peuvent autrement s'avérer longues et répétitives. Les archéologues ont alors essayé d'introduire l'outil informatique afin d'effectuer des opérations logiques complexes que l'approche traditionnelle ou l'utilisation du principe de tri à aiguilles ou le tri optique ne permettaient pas. Cela a permis d'éviter l'essentiel de ces difficultés, en donnant en même temps à l'analyse préalable à la mise en mémoire une autre forme, moins étrangère aux habitudes des archéologues. Il a facilité ainsi l'induction de modèles de restitution, celle-ci étant toutefois toujours dépendante d'un raisonnement opéré par le chercheur. Celui-ci impose les critères de sélection et examine les résultats pour, ensuite, pouvoir inférer et reconstituer mentalement, graphiquement ou virtuellement. L'ordinateur a constitué, à ce niveau, une «manœuvre intellectuelle», qui ne visait pas à se substituer à l'intelligence, mais une manœuvre appropriée, qui ne peut que contribuer à la libérer. (Ginouvés, 1971).

Dans les années 1970, l'informatique fait réellement son entrée en archéologie. Ce sont surtout les universités qui se sont dotées d'ordinateurs, en France comme en Amérique ou en Allemagne. Seul un petit nombre d'archéologues peut donc se lancer dans la découverte de cet outil, sélection aggravée par le fait que l'usage de ces ordinateurs est assez compliqué: il faut en particulier savoir se servir d'un langage de programmation spécialisé, abstrait et rébarbatif pour pouvoir communiquer et

---

<sup>51</sup> p. 260-272.

échanger avec ces machines. Néanmoins ces ordinateurs permettaient en archéologie quantitative de résoudre «[...] les problèmes de typologie, d'identification culturelle, de sériation, de caractérisation physico-chimique, d'analyse spatiale, de modélisation de systèmes culturels, etc. [...]» (Djindjian 1996)<sup>52</sup>. Dans le même temps, l'archéologie va orienter sa recherche différemment en privilégiant le travail sur le quotidien et non plus sur le bel objet comme jusqu'ici. Cette recherche va surtout s'effectuer par l'intermédiaire de fouilles, de sauvetages ou de grands travaux. Ces fouilles vont conduire à manipuler de grandes quantités de matériaux qui ne pourront plus être traités simplement par des méthodes manuelles.

C'est à cette époque qu'apparaît pour la première fois la notion de banques de données. «*Le développement du concept de "banques de données" est apparu, en informatique, dans les débuts des années 1970 pour désigner la possibilité offerte par les ordinateurs de stocker de grandes quantités d'information et d'en permettre la recherche par un langage d'interrogation à partir d'un terminal distant*» (Djindjian 1986/1987)<sup>53</sup>.

Une littérature sur les banques de données en archéologie apparaît alors accompagnant une série de colloques, de tables rondes, ... Les titres des articles et des interventions dans cette littérature révèlent clairement, dans l'ensemble, cette volonté nouvelle et collective du traitement de la question documentaire par l'informatique pour les données archéologiques, leur archivage, leur gestion, ...: essais pour la constitution d'une banque de données ..., problèmes posés par la constitution d'une banque de données ..., premiers éléments d'une expérience ..., projet de code pour l'analyse d'une collection.

#### *1.3.3.3.4 Les années 1980: la micro-informatique*

Les années 1980 sont une véritable révolution dans l'utilisation de l'informatique en archéologie puisque c'est à ce moment que les micro-ordinateurs apparaissent sur le

---

<sup>52</sup> p. 1259

<sup>53</sup> p. 17

marché. Chaque équipe de fouille et chaque archéologue vont pouvoir avoir leur propre matériel. On voit se développer un nombre considérable de banques et de bases de données, dans tous les domaines et sur tous les sujets. Ce développement est à associer à l'augmentation des budgets de la Culture et de la Recherche. Pour preuve le nombre important d'articles publiés dans ces années qui présentent l'aboutissement de bases de données utilisables. Il suffit d'ouvrir le tome 83 numéro 10 du Bulletin de la Société Préhistorique Française, 1986, pour constater cette révolution. En fait cette diversité, apparemment anarchique s'explique de deux façons: d'abord, des financements importants ont été alloués au développement des bases de données, les équipes se sont donc multipliées. Ensuite, les archéologues se sont mis à se former par eux-mêmes, en effectuant des essais plus ou moins concluants. Cette auto-formation a cependant eu un effet pervers, elle a isolé une partie des archéologues des grands courants documentaires de l'époque. Aujourd'hui encore, il subsiste une forme de carence générale des archéologues en termes de compétence dans le domaine des bases de données.

Les résultats présentés ne sont pas toujours satisfaisants et d'ailleurs la plupart de ces bases ou banques de données ne sont plus exploitables aujourd'hui (non suivies dans le temps, donc fichiers devenus illisibles, problèmes de compatibilité avec les systèmes actuels, ...).

Pour créer certaines de ces bases, l'archéologue fait appel aux informaticiens et on se rend compte de l'impossible dialogue entre un archéologue qui veut que l'ordinateur l'aide dans sa démarche de recherche et l'informaticien qui veut faire un objet techniquement satisfaisant même s'il ne permet pas de simplifier le travail de l'archéologue.

#### *1.3.3.3.5 Les années 1990: les nouveaux logiciels*

L'évolution entamée lors des années 1980 se poursuit grâce à la baisse des coûts du matériel, à l'augmentation de la vitesse des ordinateurs et de leur capacité de mémoire, grâce aussi au développement d'une industrie des logiciels qui débouche sur des standards de plus en plus ergonomiques à des prix de vente de plus en plus bas. Les bases de données se développent donc de manière exponentielle. Tout le monde a

sa base de données souvent créée pour un besoin spécifique, publication, thèses, ..., sans réel intérêt pour l'échange avec d'autres bases existantes. L'archéologie est «*le secteur scientifique le plus riche dans ce domaine (des bases de données): 12 % des bases tous secteurs confondus soit 1/4 des sciences humaines et sociales à lui seul*». (Cacaly, 1986), p. 148.

Dans le même temps, une nouvelle révolution atteint l'archéologie par l'intermédiaire d'un nouvel outil informatique: le système d'information géographique. «*Dans un SIG, une base de données est couplée à un fonds de carte numérisé, et forme avec lui un système de cartographie informatique. Ce système conjugue les possibilités d'interrogations et de tris des bases de données avec la visualisation et la répartition spatiale cartographique*». Le SIG, pensait-on, allait permettre de tout faire, de résoudre tous les problèmes. À partir de ce moment toute base de données n'étant pas présentée sous forme de SIG ne valait pas la peine d'être prise en compte. Petit à petit cet engouement va s'atténuer et le SIG commence aujourd'hui à reprendre sa place d'outil de présentation des données et des résultats, comme peut l'être un tableau ou une courbe.

#### ***1.3.3.4 Banques de données, bases de données et systèmes d'information archéologique: définitions***

Les archéologues font une distinction entre les termes bases de données et banques de données. Ce dernier terme fut le premier à être utilisé en archéologie. Il rassemblait au départ toutes les applications informatiques gérant des données aussi bien des tableurs que des traitements de texte. Cette distinction semble toujours d'actualité, puisqu'elle se trouve encore reprise dans les derniers ouvrages de méthode en archéologie comme dans le Guide des méthodes de l'archéologie (Demoule, 2002)<sup>54</sup>.

François Giligny définit une base de données comme «*un ensemble des informations, fichiers, ou sous-fichiers générés par un corpus, un site ou un projet archéologique [...]*» et une banque de données comme «*une base de données gérée par un système documentaire constitué d'un ordinateur (ou serveur) et d'un logiciel, permettant une*

---

<sup>54</sup> p. 136-137

*interrogation à distance par le biais d'un réseau de communication depuis un poste informatique».*

En fait aujourd'hui, lorsque l'on se penche sur les définitions de ces deux termes on se rend compte qu'elles se recouvrent. En effet les bases de données rassemblent de plus en plus de données et des types de données de plus en plus diverses, puisque les données bibliographiques, graphiques, photographiques et autres éléments multimédia y sont associés.

Leur définition s'oriente donc vers celle que l'on peut donner des banques de données. Il ne manque plus que l'étape de l'interrogation à distance mais pour certaines, comme ArchéoDATA, cela est possible même si ce n'est pas exploité. D'ailleurs dans quelques années toutes les bases de données importantes devraient être accessibles par internet. La distinction banque/base de données porte en réalité seulement sur le point de l'utilisation.

J'organise mes données, je fais une base de données. Je fournis mes données à un système collectif et je retire de ce système des données pour mon propre usage, je contribue à ou j'exploite une banque de données.

Depuis quelques années, le terme de système d'information archéologique (SIA) a fait son apparition. Un SIA serait l'association d'un outil d'analyse à une base de données. Néanmoins la plupart des bases de données d'aujourd'hui intègrent déjà ce genre d'outils aussi bien par l'intermédiaire de l'aide à l'interprétation, l'aide à la rédaction des rapports, l'aide à la constitution de graphiques, tableaux, courbes, ... Cela fait partie de l'évolution logique de l'usage de l'outil informatique par l'archéologue grâce surtout à l'évolution des logiciels.

Une base de données se définit donc comme un ensemble d'informations hétérogènes, organisées et évolutives susceptibles de répondre rapidement et sélectivement à une demande spécifique. *«L'idée fondamentale d'une base de données est de définir, décrire et gérer les données indépendamment des programmes particuliers à chaque traitement»* (Rouet, 1991). On pourrait ajouter à cette définition de Rouet le terme «associer» les données. Les types de bases de données sont innombrables, mais il s'agit quel que soit ce type de classer des informations selon une structure définie. La

structure la plus courante est celle qui distingue attribut et valeur ou autrement dit un nom de champ [terme fixe] (le nom de la rubrique) et une valeur de champ [terme variable] (la description de la donnée à saisir dans la rubrique).

#### *1.3.3.4.1 Types de base*

On pourrait presque dire qu'il existe une quantité infinie de types de bases de données en archéologie ou plutôt qu'il existe autant de types que d'actes archéologiques (J. Gardin, 1958). La plupart des chercheurs et chaque administration vont mettre en place des bases de données, un carnet d'adresses, la gestion de personnel, la gestion financière, ... On trouvera aujourd'hui, dans chaque bibliothèque d'archéologie, un fichier de recherche informatisé, et on peut consulter sur internet des catalogues de bibliothèques qui regroupent les fichiers informatisés de plusieurs bibliothèques. C'est, pour les sciences de l'Antiquité, le cas de FRANTIQ (Fichier de Recherche en sciences de l'antiquité) qui est une coopérative de Centres de recherches du CNRS, des Universités et du Ministère de la culture, mettant en commun des bases de données bibliographiques sur les sciences de l'Antiquité, de la Préhistoire au Moyen-âge. Les bases de données de collections d'objets sont le plus souvent traitées par les musées. Les photothèques, quant à elles, peuvent aussi rassembler les photographies, diapositives et autre photos numériques d'un chercheur, d'un thème ou d'un centre de recherche, d'une institution, ...

À côté de ces bases thématiques, on peut définir des bases de données prenant en compte les données de fouilles. Que ce soit des bases de données de gestion de la documentation permettant le classement des données issues d'une fouille, des bases de données d'archivage et d'aide à la publication, ou toutes autres mentions que l'on peut leur donner, ces bases sont composées de fichiers qui permettent de gérer des données primaires, des données traitées, de la documentation de terrain, de la documentation bibliographique ...

Ces bases de données répondent le plus souvent aux objectifs suivants:

- Recueillir les références de toutes les données et la documentation issues de la fouille suivant des codes d'inventaires uniques pour chaque donnée.

- Organiser ces données et cette documentation, les décrire, ...
- Traiter ces données et cette documentation pour pouvoir réaliser des tables de comparaisons, des recherches, ...
- Proposer une aide à l'interprétation (datations, regroupements d'unité stratigraphique, ...) et une aide à la publication.

#### *1.3.3.4.2 Le problème de l'homogénéité*

Le premier objectif d'une base est donc de recueillir les références de toutes les données et de la documentation issues de la fouille suivant des codes d'inventaires uniques pour chaque donnée. Mais il faut aussi pouvoir décrire ces données de manière identique pour chaque type: couches, objets en métal, photographies, études analytiques de la céramique, minutes de terrain, ... De même, lors de cette description, il faut toujours utiliser le même langage pour désigner une même chose. Cette homogénéité est primordiale et évidente dans une même base de données, ne serait-ce que pour l'exploiter, mais elle devrait l'être aussi entre toutes les bases de gestion des données de fouilles.

##### *1.3.3.4.2.1 L'homogénéité de l'unité documentaire*

L'unité documentaire est le plus petit élément d'étude auquel tout est lié et à partir duquel tout se regroupe. Ce peut être une unité de lieu et/ou de temps ou de moment et/ou d'objet. En archéologie cette unité documentaire est bien sûr l'unité stratigraphique ou quelque autre nom que l'on puisse lui donner. C'est une unité de lieu et de moment, une unité stratigraphique est une donnée qui se trouve en un même lieu et qui regroupe d'autres données qui déterminent une action (volontaire ou non) qui s'est déroulée au même moment.

Il est évident que, si toutes les bases de données en archéologie ne sont pas structurées autour de la même unité documentaire, les échanges entre les bases ne seront pas possibles.



#### ***1.3.3.4.2.2 L'homogénéité des codes d'inventaires***

Pour pouvoir retrouver chaque donnée et l'identifier, il faut lui attribuer un code unique au moins au sein de la base de données. Ces codes peuvent être numériques ou alphanumériques, peu importe, l'important c'est qu'ils répondent à une logique d'unicité.

#### ***1.3.3.4.2.3 L'homogénéité des descriptions***

Pour pouvoir décrire ce que l'on trouve au moment de la fouille puis, au moment des études, il faut créer un outil qui permette de décrire:

- toutes les périodes: on ne décrit pas de la même manière un trou de poteau protohistorique et une élévation Renaissance ;
- toutes les fonctions: on ne peut pas décrire une nécropole comme un atelier de bronzier;
- tous les lieux géographiques: on ne trouve pas à la même époque, le même type d'objet dans le sud ou le nord de la France. Néanmoins la plupart des bases de données actuelles se limitent à une aire géographique spécifique ;
- et le temps. Toutes les fouilles ne sont pas programmées et plus le temps de saisie est court, plus l'archéologue de fouilles de sauvetage aura de temps à consacrer à la fouille. Il faut donc prévoir une base de données spécifique pour les deux types de fouilles ou une base qui contienne une description minimale par donnée et la possibilité d'approfondir cette description en fonction du temps dont on dispose.

Bien évidemment pour pouvoir utiliser la base, il faut que toutes les données d'un même type, couches, objet céramique, objet en métal, photographies, ..., soient décrites de la même manière et suivant toujours le même protocole au travers de champs de saisie identiques.

#### ***1.3.3.4.2.4 L'homogénéité du langage***

Les variables pouvant être numérisées et cataloguées sont autant des documents archéologiques matériels (fragments, éléments constructifs ou ornementaux, artefacts,...) que des sources textuelles ou figuratives (descriptions, publications,

relevés de fouilles, images d'archives, indices épigraphiques ou iconographiques,...), ou encore que des données immatérielles (contextuelles ou structurelles). La possibilité de les stocker peut être presque indéfiniment étendue par la multiplication des disques durs, permettant ainsi l'abolition de toute limite de nombre pour les collections de documents. À cette fin, les théoriciens de la documentation ont proposé deux types de solutions (Ginouvés, 1971):

- Augmenter la masse d'informations mises en mémoire pour chaque document, en ajoutant aux mots qui constituent les «coordonnées primaires» (contenus dans le titre et le résumé) d'autres mots, formant les «coordonnées secondaires», qui étalent les premiers selon de nouveaux paramètres, ce qui complique inévitablement les procédures d'enregistrement.
- Ou bien, au contraire, laisser à l'enregistrement sa forme la plus élémentaire, et développer la question en amplifiant le nombre des mots clés.

Les solutions pratiquement utilisées cherchent en général à combiner les deux techniques, en accordant la préférence à la seconde, pour des raisons d'encombrement évidentes (car le nombre des informations mises en mémoire est, dans bien des champs de la documentation, très supérieur à celui des questions prévisibles). (Ginouvés, 1971).

Le fait de pouvoir exploiter et partager un ensemble de critères communs permettant l'analyse des documents est un atout évident. Pour cela, il paraît essentiel d'employer un même langage utile à la fois pour les opérations de saisie et pour la recherche.

- La saisie consiste à établir une sorte d'équivalence entre la donnée ou le document et les descripteurs destinés à l'identifier,
- La recherche, à l'opposé, engage le chercheur à regrouper un ensemble de descripteurs pour définir la donnée ou le document recherché.

Ranger et chercher un document ou une donnée par l'intermédiaire de sa description sont deux démarches d'esprit et de nature différentes. Dans le premier cas, le document est immédiatement visible, dans le deuxième, il est immergé dans le fonds documentaire.

L'équation de recherche conditionne et garantit, si elle est correctement effectuée, un taux de réponse pertinent. Ce taux est directement proportionnel à l'adéquation entre les descripteurs ayant servi à la saisie et ceux qui sont employés pour la recherche.

Ces deux opérations doivent donc avoir pour base un dispositif palliant les variations que l'on peut constater lorsqu'elles résultent de l'emploi du langage naturel, c'est-à-dire de la langue de tous les jours: multiplication des bruits ("*documents non pertinents par rapport à la question*" (Lemaître, Dmitriev, & Gonneau, 1996) et des silences ("*documents pertinents existants non retrouvés*" (Lemaître, et al., 1996)) ... En effet, le langage naturel évolue avec le temps, la mode et l'usage. La signification des mots n'est jamais définitive mais partie prenante de la réalité vécue et des conceptions culturelles différentes des utilisateurs. Le procédé de classement par langage naturel a des avantages: il est souple, peu contraignant et se traduit par une économie du coût de l'indexation. Par contre, il conduit à une augmentation du coût de la recherche, conséquence des bruits et des silences provoqués lors de l'interrogation.

Le problème est que l'archéologue n'a pas un vocabulaire défini et stable, et il pourra très bien décrire comme un plat creux ce qu'il nommera dans la description suivante une assiette. L'utilisation d'un langage contrôlé et en l'occurrence de listes de termes de vocabulaire semble donc indispensable pour le bon usage d'une base de données et pour nommer chaque objet de la même manière.

La création de repères, signes, symboles ou mots, introduit donc la notion de langage contrôlé, fondé sur un accord entre les membres d'un groupe quant à leur signification. Le langage contrôlé permet une normalisation de la description car il codifie les descripteurs et leurs relations entre eux. Ainsi le recours à ce langage favorise le contrôle du sens, supprime l'équivoque, limite la polysémie (pluralité du sens et de la valeur des mots), car il spécifie l'usage des descripteurs dans la saisie comme dans la recherche.

Ceci implique, forcément, un travail préliminaire considérable d'analyse documentaire ; l'objet archéologique devant être décomposé en séquences obligatoires d'éléments ou de caractères, selon une formule de description normalisée ; et ces

éléments ou caractères doivent être définis dans un vocabulaire lui aussi normalisé, distribué dans un «thésaurus» à descripteurs reliés et hiérarchisés. (Ginouès, 1971).

Un problème de vocabulaire récurrent et majeur se pose au niveau de ces listes de termes de vocabulaires: on les appelle souvent des thesaurus. Mais aujourd'hui le mot thesaurus est utilisé un peu à tort et à travers pour désigner des listes très diverses tels que des listes de valeurs, des index automatiques des mots saisis dans un champ, des listes de mots-clés, des aides à la saisie, ... Cependant le terme thesaurus désigne quelque chose de tout à fait précis dans l'univers des bases de données, car il est conçu avant tout pour l'indexation.

Un thesaurus est un vocabulaire de termes contrôlés d'indexation, structuré de manière à ce qu'il mette en évidence les relations a priori entre les concepts. Comme une liste de mots-clés, c'est un instrument qui utilise une terminologie normalisée et contribue à aider l'utilisateur à sélectionner de manière logique des occurrences dans une base de données.

Un thesaurus se distingue d'une liste de termes par les points suivants:

- il permet de regrouper les termes d'un même domaine à l'intérieur d'une hiérarchie, et de les mettre en relation avec des termes d'autres domaines ;
- la relation hiérarchique permet d'accéder à des concepts plus larges ou plus étroits à l'intérieur d'un même domaine ;
- lorsque plusieurs termes peuvent rendre compte d'un même concept l'utilisateur est guidé vers le terme préférentiel choisi par l'indication des autres termes possibles dans le champ "employé pour" ;

Malgré la complexité de sa mise en œuvre, un thesaurus présente des avantages certains sur une simple liste de mots-clés. Ainsi il permet en particulier d'améliorer la qualité de la sélection et d'éliminer les données récurrentes par l'utilisation de sa structure hiérarchique et relationnelle ; il permet aussi à un groupe d'utilisateurs de se servir d'un même système d'indexation quel que soit le niveau de précision requis par leur recherche.

Les concepteurs ou utilisateurs de bases de données doivent donc veiller à la juste désignation des listes de vocabulaires contrôlés qu'ils construisent (figure 13).

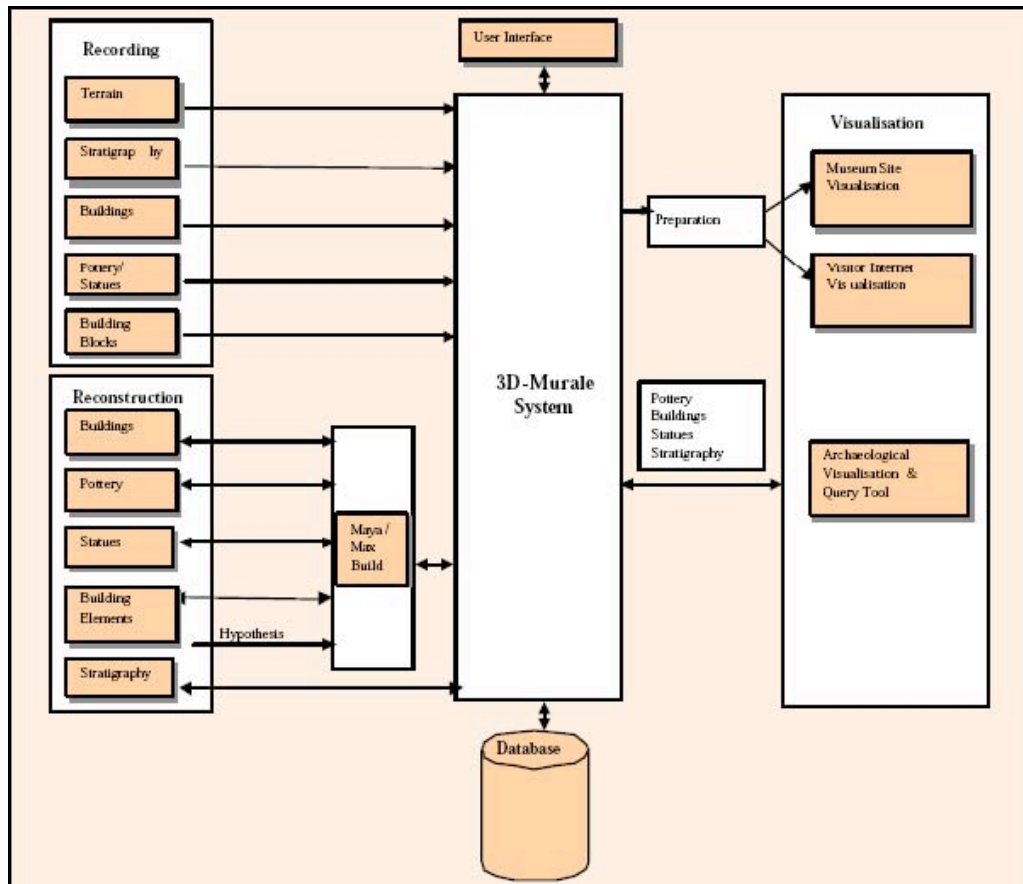


Figure 11: Système axé sur une base de données regroupant modèles 3D et données issues de l'enregistrement des vestiges archéologiques afin de faciliter leur recouplement. (3D Murale)

Exemple de projets:

- Pompey Project, University of Warwick
- Projet ICONIC, Université Montaigne de Bordeaux, Institut Ausonius
- 3D Murale, Brunel University

### ***1.3.3.5 Les bases de données des modèles paramétrés: exemple du VRML***

Le VRML<sup>55</sup>, ou «Virtual Reality Modeling Language», propose un environnement virtuel destiné, non seulement à des fins de présentation, mais surtout à un support à la réflexion en tant qu'outil facilitant la réalisation virtuelle d'expériences de restitution.

En transmettant à un logiciel de visualisation une suite d'informations sur les éléments à afficher, il permet une présentation des résultats sous la forme de scènes constituées de modèles tridimensionnels.

Relié à des bases de données, le système peut simuler une restitution d'édifices en rassemblant virtuellement des connaissances ou des modèles 3D préétablis (pouvant être des fragments relevés ou des formes géométriques restituées), selon différents types de relations (géométriques, topologiques,...). Ces relations étant automatisées, il devient possible de générer diverses combinaisons de données.

Si l'ordinateur est suffisamment puissant pour fournir un résultat en temps réel, il intervient de façon dynamique dans le cycle même du processus de restitution et il est possible de parler d'une création interactive de modèles de restitution.

Lorsque un module permet de passer des données aux modèles 3D et vice-versa, les connaissances, structurées et organisées à travers des relations diverses, peuvent être plus facilement mises au service de la restitution virtuelle des édifices.

La navigation entre des banques de sources documentaires ou de modèles 3D disponibles (des éléments architecturaux ou ornementaux par exemple) et des espaces virtuels de restitution se fait selon des liens préétablis mais suffisamment souples pour permettre de proposer plusieurs scènes à partir des mêmes données ou objets modélisés et, par là-même, vérifier visuellement des hypothèses de restitution.

En outre, le but premier du langage VRML étant de permettre la présentation d'univers interactifs virtuels, cette méthode se prête particulièrement bien à la

---

<sup>55</sup> «Langage de modélisation de la réalité virtuelle: ensemble de codes utilisés pour écrire des fichiers destinés à des programmes de réalité virtuelle, en trois dimensions»  
<http://www.awt.be/web/ser/index.aspx?page=ser,fr,lex,000,000&alpha=V>

dissémination des connaissances et la mise en valeur du patrimoine à travers divers supports multimédias (figure 14).

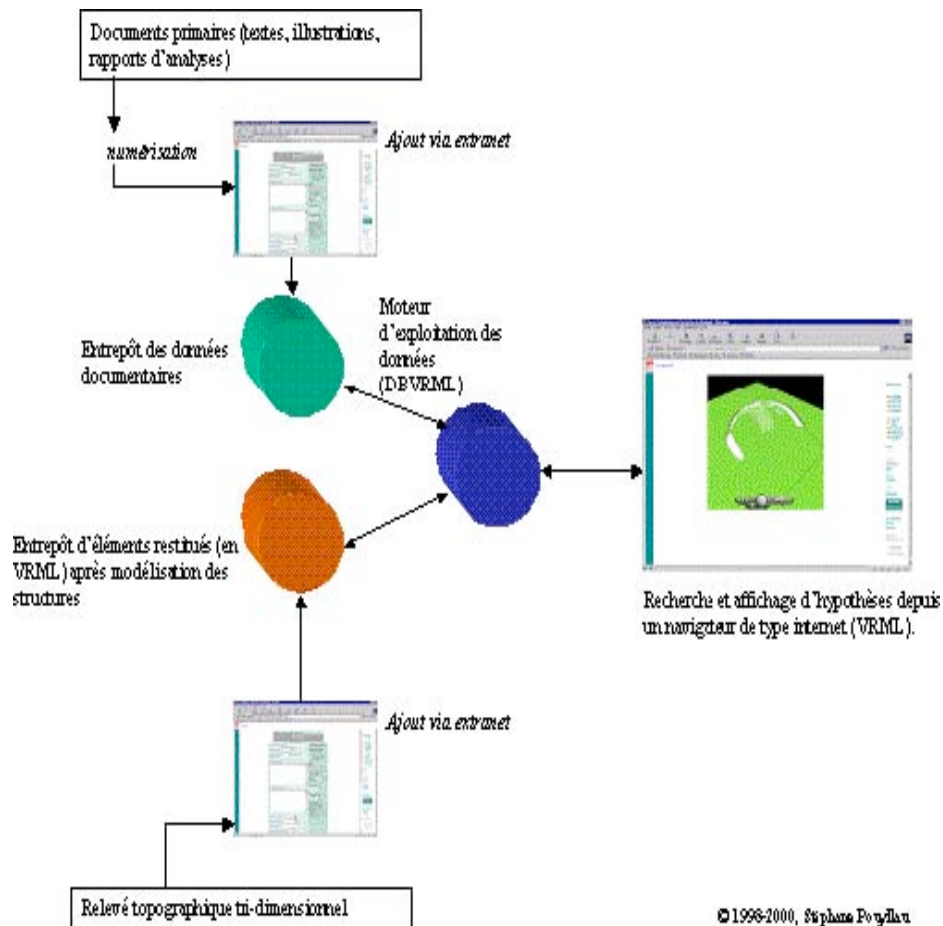


Figure 12: Structure informatique des environnements VRML

Exemples de tels projets:

- *Maison d'Africa d'El Jem / capitolé d'Oudhna / capitolé de Dougga / programme ARKIW*, UMR 694 MAP GAMSAU
- *Visualising Roman Canterbury*, University of Kent, Computer Science Department
- *Projet sur la maison forte du Boisset*, Université Montaigne de Bordeaux, Institut Ausonius

### **1.3.4 La modélisation des processus et du savoir-faire en Archéologie**

#### ***1.3.4.1 Introduction générale***

À la différence des autres, cette approche ne vise pas la modélisation d'un résultat mais des actions qui les ont produits. En effet, le phénomène à modéliser est considéré comme «*un processus d'actions permettant de produire des caractéristiques visibles d'une solution*» et la modélisation sera envisagée ici comme un moyen susceptible de permettre «*la production de différentes figurations d'une solution architecturale*». Une action est considérée comme «*ce que fait une personne et par quoi elle réalise ses intentions.*» (Tidafi, 1996).

Ce savoir-faire peut autant appartenir aux bâtisseurs du passé qu'aux scientifiques actuels tentant de restituer les réalisations des premiers. Dépendant d'une multitude de paramètres, actions et procédés inter-reliés d'un système complexe (ou processus), ce savoir est normalement propre à des experts humains.

#### ***1.3.4.2 Stratégie informatique d'approche***

##### *1.3.4.2.1 Les technologies mises en œuvre*

Les technologies développées ont, comme dans le cas des systèmes d'information, recours à des bases de données permettant de gérer les connaissances accumulées jusqu'alors, à des logiciels de modélisation pouvant créer des formes géométriques 3D et à un module permettant de définir des relations entre données et modèles de restitution. La différence tient dans l'usage de langages de programmation aptes à transcrire en algorithmes des actions relatives aux modes de conception, construction ou compréhension d'un édifice ; ainsi que dans la mise au point d'un module permettant d'organiser de manière appropriée les données et les actions. Il n'est plus seulement question de rassembler des données pour créer des scènes, il s'agit principalement d'étudier le savoir-faire qui les a produites afin de transcrire les actions qui le définissent et pouvoir, ainsi, simuler différentes configurations générant chacune un ou plusieurs modèles.



#### 1.3.4.2.2 *Principes méthodologiques*

Qu'il s'agisse de simuler les actions d'individus ayant dans le passé édifié un bâtiment ou la pensée de scientifiques cherchant à redécouvrir les actions de leurs prédécesseurs, le même schéma s'applique:

- Les variables initiales correspondent aux connaissances acquises sur un édifice et son contexte (par exemple des blocs).
- Les algorithmes appliqués constituent les règles permettant possiblement l'agencement de ces variables (comme des règles d'assemblage de blocs issues d'un savoir-faire ancien ou d'un mode d'assemblage établi par un chercheur).
- Un programme compilant ces variables et algorithmes permet de simuler la série d'opérations à suivre pour aboutir à un résultat (la reconstruction possible d'un mur). Ce programme peut être répété et reproduit alors que les variables ou leurs valeurs sont modifiées. Cette modification des paramètres permet de générer différentes solutions possibles et d'ajuster le modèle au plus près de la réalité passée. Il existe ainsi une sorte de dialogue entre le système et l'utilisateur.
- La mise en avant de l'une ou l'autre des propositions découle de la visualisation en 2D ou en 3D des résultats, de leur comparaison et d'un choix opéré par un chercheur.

D'une certaine manière, il est possible de mettre ces simulations virtuelles d'actions en parallèle aux travaux menés dans le cadre de l'archéologie expérimentale. À partir de données matérielles disponibles et de connaissances ou d'hypothèses relatives à des modes de conception architecturale, on peut espérer reconstruire virtuellement ou physiquement un édifice. Du fait de la complexité des phénomènes du passé, dont il n'existe parfois guère de traces, ni de preuves incontestables, l'expérimentation est l'un des rares moyens, aux côtés des approches analytiques, dont disposent les archéologues pour comprendre les processus qui ont abouti aux vestiges archéologiques et pour induire, déduire ou infirmer des hypothèses de restitution.

L'intervention de l'ordinateur permet de simuler des systèmes très complexes et de s'affranchir des limitations qu'imposent de véritables expériences (coûts en temps, moyens et énergie...).

À travers cette dernière méthode, l'intervention des nouvelles technologies permet la mise en pratique, virtuellement bien sûr, des savoir-faire complexes attachés à la conception, l'étude et la restitution des monuments du passé. L'approche ne dépend plus seulement d'un travail visant à générer et à vérifier des hypothèses, mais vient elle-même contribuer à l'induction de nouvelles connaissances. Toutefois, l'aspect cognitif attaché à ces savoir-faire est souvent difficile à exprimer, ces derniers restant partiellement sous l'emprise des individus à l'origine du projet. Cette condition intervenant dans tous les processus concernant les phénomènes humains, la conception d'édifices et la construction du savoir lui-même, aucune technologie informatique ne peut encore prétendre arriver à les simuler dans leur intégrité. Dans le cas des chercheurs, le travail est facilité par l'emploi de l'informatique, mais leur présence restera nécessaire tant que l'ordinateur demeurera dans l'incapacité d'intégrer les aspects les plus subjectifs du comportement humain.

#### ***1.3.4.3 La modélisation de savoir-faire: simuler des techniques de construction ou simuler des processus cognitifs***

Il est possible de distinguer deux types de recherches ayant pour but de simuler des processus liés à des savoir-faire, selon que les algorithmes traduisent des modes de construction ou des paradigmes scientifiques. Dans les deux cas, le chercheur doit réfléchir aux moyens éventuels de décrire en un langage codé ces processus et de compiler ces algorithmes avec l'ensemble des données connues, et doit se donner une méthodologie scientifique. La démarche généralement adoptée est plutôt de type hybride, mettant en corrélation des processus de conception, de construction, et même l'utilisation d'un édifice avec des processus reflétant une approche scientifique.

- **Simuler des techniques de construction:** Un bâtiment est plus qu'une structure visible par l'œil, il est aussi le témoin de techniques, de règles de construction, de coutumes et de savoirs disponibles à une époque. Le travail de modélisation

d'un édifice peut être l'occasion de s'interroger sur les habitudes et les connaissances qui ont à l'origine présidé à sa conception, mais aussi d'élaborer des méthodes autorisant une mise en forme virtuelle similaire à celle passée, bien réelle. En encodant ces savoir-faire par le biais de la programmation informatique, il est possible de les simuler et d'obtenir des modèles visuels laissant transparaître leur mise en œuvre (figure 15).

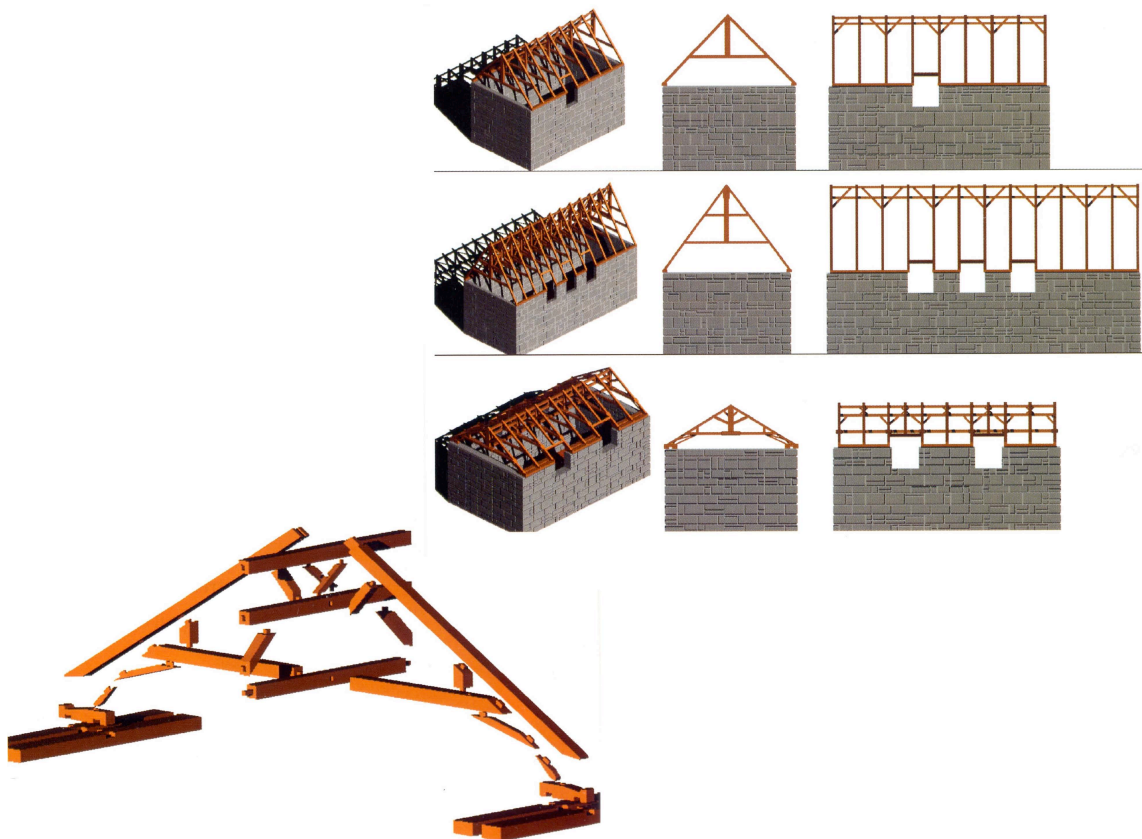


Figure 13: Maquettes virtuelles de charpentes, résultats d'une analyse des savoir-faire, de leur traduction en langage informatique et de leur modélisation (projet Nouvelle-France, GRCAO) (Charbonneau, 2005), pp.21-28.

- Simuler des processus cognitifs La méthode n'est pas seulement confinée à la prise en considération de processus constitutifs d'un phénomène, mais concerne aussi les modes de compréhension et d'acquisition du savoir, des paradigmes conceptuels. Ces processus cognitifs peuvent être simulés à

condition de disposer d'une réelle réflexion épistémologique et d'avoir compris la série d'opérations ou actions nécessaire à la démarche de restitution. C'est à ce titre que les TICS sont à la source d'un renouveau épistémologique dans le travail de restitution: pour espérer reproduire un raisonnement scientifique, il faut déjà avoir compris celui-ci comme un processus conforme à l'observation et l'organisation de données en un système par un sujet connaissant et imbriqué dans un contexte spécifique (Jean-Claude Gardin, 1991).

Étant donné qu'il s'agit de reproduire un savoir ou de simuler une démarche scientifique, par exemple rechercher à partir des fragments connus des possibilités d'assemblage, plusieurs chercheurs ont adopté les notions de "systèmes experts" ou "d'intelligence artificielle" pour qualifier les systèmes mis au point, créant ainsi une certaine confusion sémantique. Ces expressions sont en fait utilisées pour simplement désigner des programmes informatiques capables d'optimiser l'utilisation de banques de données en les associant à des énoncés traduisant des procédures complexes ou des discours et raisonnements émanant à l'origine d'un expert.

Exemples de tels projets:

- *Projet Philon / projet Nouvelle-France / projet Karnak / projet Byblos...*,  
Université de Montréal, GRCAO
- *Projet Talatat*, Université Montaigne de Bordeaux, Institut Ausonius

#### **1.3.4.4 Les systèmes experts**

Plusieurs chercheurs ont adopté une approche analytique pour tenter de résoudre les problèmes de reconstitution archéologique. Ils ont essayé de décomposer et de diviser le travail de l'archéologue, afin de transformer son expertise informelle en une sorte de formalisme exigé par un programme machine pour qu'il puisse fonctionner (Stutt & Shennan, 1992). La modélisation analytique consiste à diviser chacune des difficultés à examiner, en autant de parcelles nécessaires pour la résolution du problème (discours de la méthode, Descartes) (Wilcock, J., 1990; Dufay, B, 1987; Wielinga & Breuker 1986; Bylander & Chandrasekaran 1987; Gammack & Young 1985; Boose 1985; Boose & Bradshaw 1987; Eshelman, Ehret, Mcdermott & Tan 1987; Clancey 1985; Ennals & Brough, 1982; Kendall, 1971; Doran, 1971). Les

différentes tentatives ont donné naissance à plusieurs modèles de comportement qu'on a essayé de traduire à l'aide des systèmes experts. L'idée d'appliquer l'intelligence artificielle pour la résolution de problèmes archéologiques est utilisée en premier par Kendall, Hodsan et Doran, et le premier vrai système expert pour l'archéologie est apparu en 1982. Ce système utilisait le langage naturel logique «micro-PROLOG» pour la génération d'un livre de référence à partir des informations archéologiques.

#### *1.3.4.4.1 Étude de cas: Le projet «Les talatates d'Akhenaton: un cas d'étude pour l'analyse de restitutions iconographique»*

Il s'agit dans cette partie de présenter le projet «*ICONOS*» dirigé par l'archéologue Robert Vergnieux et l'informaticien Michel Gondran. Nous allons étudier les différentes approches adoptés par cette équipe afin de mettre à profil l'outil informatique pour la restitution virtuelle de parois antiques, dans le cadre des recherches archéologiques concernant le gigantesque puzzle des *talatates* de Karnak. Toute cette partie sera essentiellement basé sur le document «*Aménophis IV et les pierres du soleil: Akhenaton retrouvé*» écrit par Robert Vergnieux et Michel Gondran (Robert Vergnieux & Gondran, 1997)

##### *1.3.4.4.1.1 Introduction*

Il s'agit d'un travail de développement et l'utilisation dans le travail d'assemblage d'un système expert systématisant et optimisant une partie de processus. La méthode utilisée pour la programmation d'un tel outil d'aide à l'assemblage des *talatates* est fondée sur l'interprétation des divers éléments iconographiques composant leur décor, exactement comme le ferait un égyptologue en présence des quelques 12000 photographies constituant sa base de travail (Figure 16).



À partir de l'enregistrement de la description du décor de chaque talatate, le programme est conçu pour reproduire pat à pat le raisonnement d'un archéologue: répartition des pierres par petit lot à forte probabilité d'assemblage, puis extension des amorces d'assemblage ainsi formé. Les photographies des pierres ne sont utilisées que pour la validation des résultats.

Trois procédés furent conjointement utilisés pour rendre compte de la description du décor de chaque talatate. Tout au long du traitement de la recherche, des méthodes différentes seront également appliqués.

#### *1.3.4.4.1.1.2 Les trois représentations des talatates: L'exemple de la volière*

##### ***1.3.4.4.1.1.2.1 Une représentation photographique:***

À partir de la photographie de chaque talatate, les clichés sont tous mis à la même échelle et sont utilisés sous deux formes:

- La numérisation en noir et blanc pour toutes les manipulations et les essais d'assemblages sur l'écran d'ordinateur,
- La photographie en couleur originale pour la validation finale de l'assemblage.

Les autres représentations proposent des descriptions formelles de la scène décorant la talatate. Leur intérêt est que, tout en restant lisible pour l'homme, elles autorisent un traitement automatique par la machine. C'est le langage de communication entre le chercheur et la machine. Ces descriptions, qui peuvent être aussi précise qu'on le désire, permettent ainsi à la machine d'utiliser chaque caractéristique iconographique de l'élément observé.

##### ***1.3.4.4.1.1.2.2 La représentation descriptive par les unicos***

Il a été établi une liste, par mots clefs, des différents objets de la scène correspondant aux unités iconographiques (noté «unico»). La talatate T225 (figure 17) , par exemple, est décrite par les unicos: «oie», «colonne», «porte», «homme» et «bâton». Chacune de ces unicos étant représentables par un hiéroglyphe, nous pouvant les reproduire avec cinq hiéroglyphes, comme l'aurait fait un scribe égyptien. Les corrélations entre unicos sont porteuses de sens et vont permettre la reconstitution des scènes.



Figure 13: La talatate T225

#### ***1.3.4.4.1.1.2.3 La représentation des faits: les relations entre unicos***

La troisième représentation permet de décrire les relations entre les unicos jusqu'au niveau de détail désiré. Par exemple, la talatate T225 sera représenté formellement par description suivante de: *« de gauche à droite, on trouve d'abord deux oies franchissant une porte, puis six oies, puis un homme tenant un bâton dont on ne voit que la tête, le buste et le bras droit, puis deux colonnes l'une au dessus de l'autre, puis trois colonnes dont on ne voit que les chapiteaux, enfin une oie entière et une oie dont on ne voit que la partie inférieur.» elle sera représenté formellement par la «base de faits».*

Ces faits correspondant à des phrases de type sujet + verbe + complément. Ainsi, par exemple, l'expression T225 comprend oie (2) et la représentation formelle de la phrase, en langue naturelle, *«la talatate numéro 225 comprends deux oies»*. Cette expression (ou ce fait) a presque la même lisibilité que la phrase en langue naturelle mais, contrairement à celle-ci, elle pourra être utilisé par la machine. L'expression T225.oie accolé au fait précédent dont T225 comprend oie (2): T225.oie correspond à un étiquetage de cette phrase. Cette étiquette sera utilisée par la suite dans le fait T225.oie franchie T225.porte. Celui-ci affirme que ce sont bien ces deux oies précité qui franchissent la porte de la talatate numéro 225 ; T225.porte, correspondant à la porte de la talatate numéro 225, est un étiquetage du fait T225 comprends porte (figure 18).

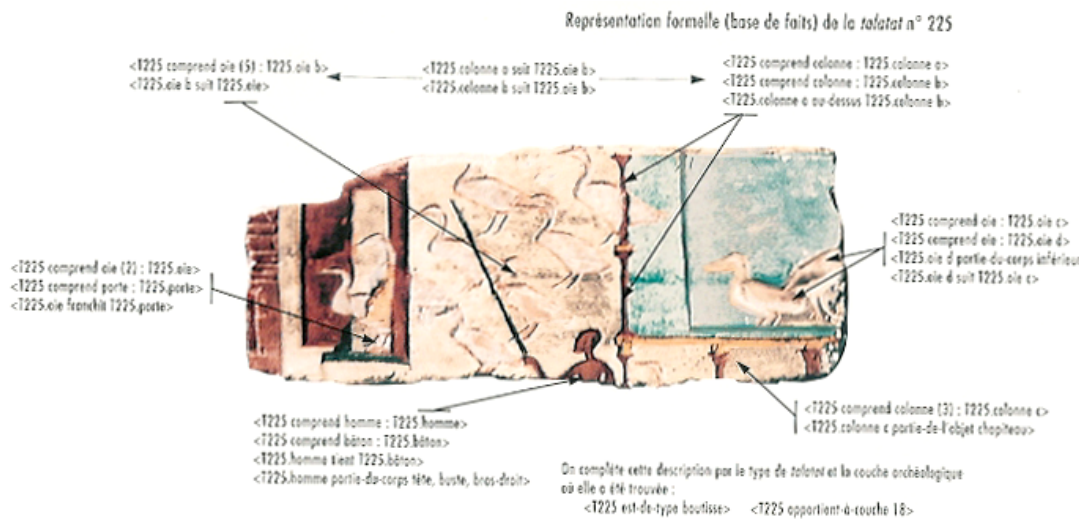


Figure 13: Représentation formelle (base de faits) de la talatate n°225 (Vergnieux and Gondran 1997)

La description de chaque talatate a été obtenue automatiquement à partir de la base de données de Karnak, après une analyse syntaxique et sémantique des descriptions iconographiques contenue dans cette base de données. Un premier système expert composé d'une base de 90 règles produisit une base de faits contenant désormais la description de l'ensemble des talatates à traiter. Plus de milles termes furent utilisés dans la description: 250 unicos (qui correspondent au sujet des phrases et certains compléments), 24 types de relations (qui correspondent aux verbes des phrases), 750 objets ou concepts (qui correspondent aux compléments des phrases).

Ce nouveau descriptif, comme nous l'avons vu pour la talatate numéro 225, offre l'immense avantage de fournir une matière numérique, il est loisible de travailler comme si l'on était face aux images. Par exemple, on peut savoir:

- Quelles sont les unités iconographiques apparaissant simultanément sur plusieurs pierres ;
- Quelles sont les actions accomplies par le roi ;
- Quels sont les objets spécifiques à une action définie ;
- Quelles sont les unités iconographiques visibles derrière, au-dessus, ou devant, ou sous le roi ; de même pour la reine ;
- Si des unités iconographiques ne sont jamais simultanément présente.



Ces propriétés sont utilisées pour associer, non des mots, mais des pierres, qui étaient voisines dans leur paroi d'origine. Avant de passer aux étapes d'assemblage de puzzle, remarquant que l'on peut décrire graphiquement, de manière synthétique, le décor d'une talatate par une base de faits en signes hiéroglyphiques (figure 19).






Ainsi  correspond aux deux oies traversant la porte,  correspond à l'oie dont ne voit que la partie inférieure du corps,  correspond à l'homme dont ne voit que la tête, le buste et le bras droit, qui tient  au bâton .



Figure 13: Représentation par hiéroglyphes de la talatate n: 225 (Vergnieux and Gondran 1997)

#### ***1.3.4.4.1.2.4 Amorces d'assemblage***

Le travail de répartition des talatates par groupes puis sous-groupes, considéré comme une tâche longue et fastidieuse pour l'égyptologue, est effectué assez rapidement par le système. L'automatisation assure une parfaite exhaustivité et permet de ranger une pierre dans plusieurs groupes si nécessaire.

Pour la recherche des groupes, l'équipe a mis au point une description simplifiée de la pierre qui n'utilise au départ que la seconde représentation, c'est à dire les seuls mots clefs correspondant aux unités iconographiques (unicos). Ainsi pour le talatate numéro 225, ils ont utilisés comme représentation les cinq unicos «oie», «colonne», «porte», «homme» et «bâton». On recherche alors d'associations pouvant être

significatives de scènes particulières. Par exemple, l'association homme/sol n'aura aucun sens, parce que figurant sur la plus part des pierres. Par contre, une association du type bâton/bœuf est caractéristique d'une scène de transport de bœufs sur le Nil.

Le principe utilisé est de recherche des couples d'unicos significatifs, c'est à dire dont le nombre d'occurrence dans la base n'est ni faible, ni trop élevé, puis de rechercher les unicos fréquemment liés à ces couples. On obtient ainsi un certain nombre d'unicos représentatif d'un thème. On regroupe alors les talatates présentant au moins une combinaison de deux de ces unicos. Le groupe ainsi obtenu est cohérent. Le nombre de pierres par groupe est compris entre 10 et 100 (figure 20 ).



Figure 13: Exemple de pierres obtenues dans un groupe (bateau/jarre/oiseau) et (cage/cordage)

Comme des scènes types sont fréquemment représentées sur les talatates (ainsi des scènes de préparation des offrandes ou des scènes de navigation), les regroupements obtenues contiennent souvent non pas une, mais plusieurs scènes du même type. Dans ce cas, la restitution des scènes suppose la subdivision des groupes en sous-groupes.

Cette subdivision des scènes peut reposer sur des éléments de jonction (sol, mur de séparation), des échelles différentes, des orientations différentes des sujets dans l'espace. Notons que l'équipe utilise pour ce tri une partie de ; la troisième représentation de la talatate (base de faits) en plus des seuls mots clefs.

Appliqué sur les 6 668 talatates de la base de travail, cette méthode a donné une centaine de groupes. Chaque groupe donne lieu à plusieurs sous-groupes, un sous-groupe contenant généralement l'amorce d'un assemblage.

Les photographies des talatates étant stockées sous forme numérisée sur disque optique, la réalisation de «planches» contenant les photographies des pierres de chaque groupe permet la visualisation immédiate des résultats. A partir de ces documents, la détection des premiers assemblages est aisée. Le tri ainsi effectué sur les 6 668 talatates simule celui qu'on peut faire par simple examen des photographies.

La validation scientifique des résultats est effectuée en dernière instance par l'égyptologue. La position relative des pierres est vérifiée à l'aide d'une grille reproduisant la maille structurelle de construction. L'analyse des liaisons reliant les pierres adjacentes nécessite parfois des vérifications sur la pierre elle-même. Ce travail est lourd, mais indispensable, car c'est sur lui que repose la suite des opérations. De la pertinence de ces ébauches d'assemblage dépend évidemment l'efficacité de leur parachèvement ultérieur.

#### *1.3.4.4.1.3 Recherche des talatates complétant un assemblage*

Par analyse visuelle d'un assemblage incomplet, il est possible pour l'expert de déduire des caractéristiques des pierres manquantes en fonction des pierres jointives présentes. La recherche des pierres de la base de données vérifiant une combinaison de ces caractéristiques fait l'objet d'une requête formelle.

Là encore, l'IA a permis de formuler automatiquement ces requêtes à base de données. Le travail d'un système expert, pour l'ensemble des pierres manquantes d'un assemblage, consiste à en définir d'abord les caractéristiques archéologiques et iconographiques en fonction des pierres jointives présentes et de la scène générale, puis à proposer les talatates vérifiant ces caractéristiques en formulant les requêtes correspondantes dans la base de données. Si les connaissances nécessaires pour l'interrogation de la base de données sont seulement de nature informatique, la recherche de la caractéristique de la pierre manquante nécessite par contre une connaissance de type égyptologique qui doit être accessible au système. Une telle connaissance porte sur un domaine de l'égyptologie spécifique à l'organisation de

l'espace sous Aménophis IV et est introduire progressivement en fonction des résultats obtenus. Elle sera représentée par une base de faits.

Supposons, par exemple, que nous connaissons l'assemblage illustré ci-dessous (figure ..), composé des talatates n:225 et 512, et nous recherchons les caractéristiques de la talatates inconnues Tx.

Pour ce faire, on examine une à une les entités iconographiques présentes sur les talatates adjacentes à l'emplacement à combler (ici T225 et T512) (figure 21). A l'aide des connaissances sur la forme et la composition de chacune, des règles en déterminent le complément ou la continuité. À priori, on peut se baser sur deux classes de règles: celles qui utilisent la présence d'éléments partiels et celles qui exploitent des éléments transversaux.



Figure 13: Assemblage de talatates T225 et T512 par la méthode de complétion

#### ***1.3.4.4.1.3.1 Recherche d'un talatate à partir d'éléments partiels***

Les éléments partiels se retrouvent sur un ou plusieurs pierres adjacentes, dont la partie gravée est complémentaire. Sur la talatate numéro 225, par exemple, nous voyons la tête, le buste et le bras d'un homme. Le système utilise alors une règle qui va chercher dans la talatate inférieur un homme (dont on voit la partie basse), grâce aux procédés informatiques en déduction décrit ci-dessous (figure 22).

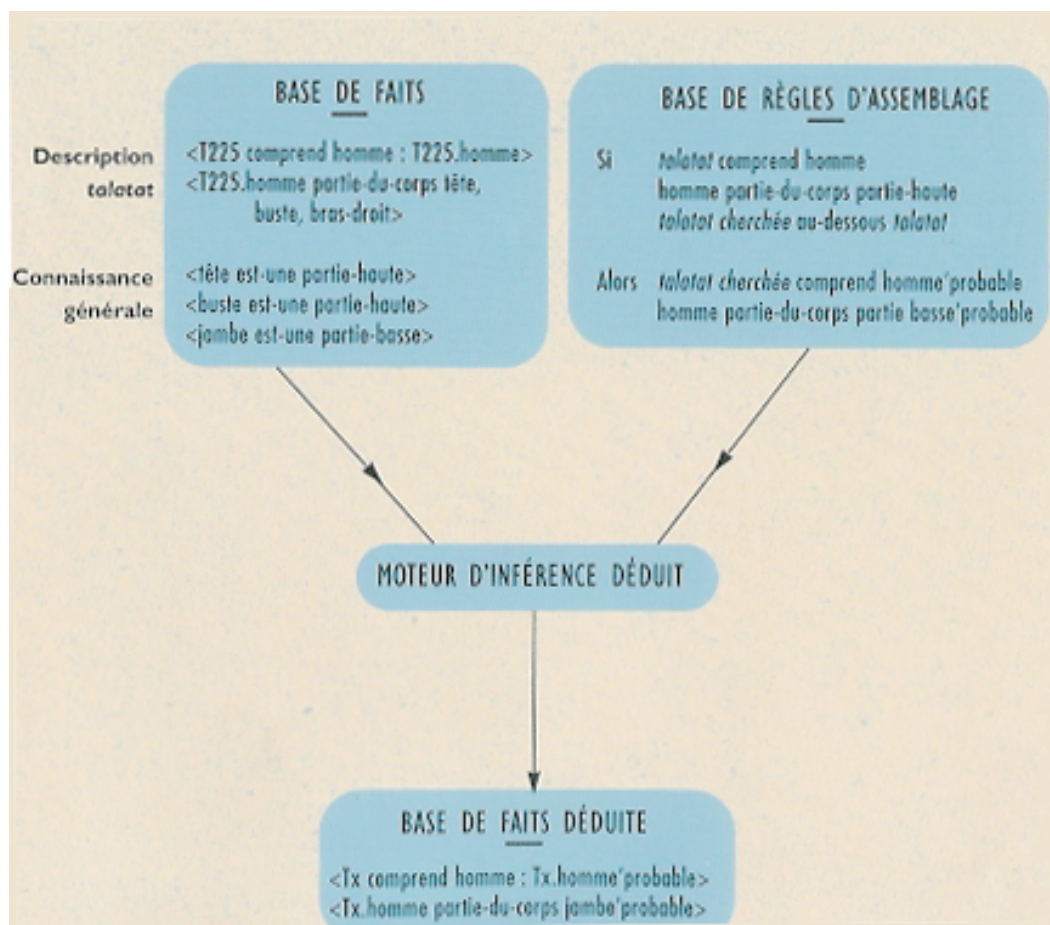


Figure 14: Recherche déductive à partir d'éléments partiels

#### 1.3.4.4.1.3.2 Recherche d'une talatate à partir d'éléments transversaux

Nous appelons éléments transversaux les prolongements verticaux ou horizontaux (mur, colonne, sol, ligne d'eau..) qui se trouvent respectivement sur les pierres situés à coté, puis au-dessus et au-dessous (figure 23).



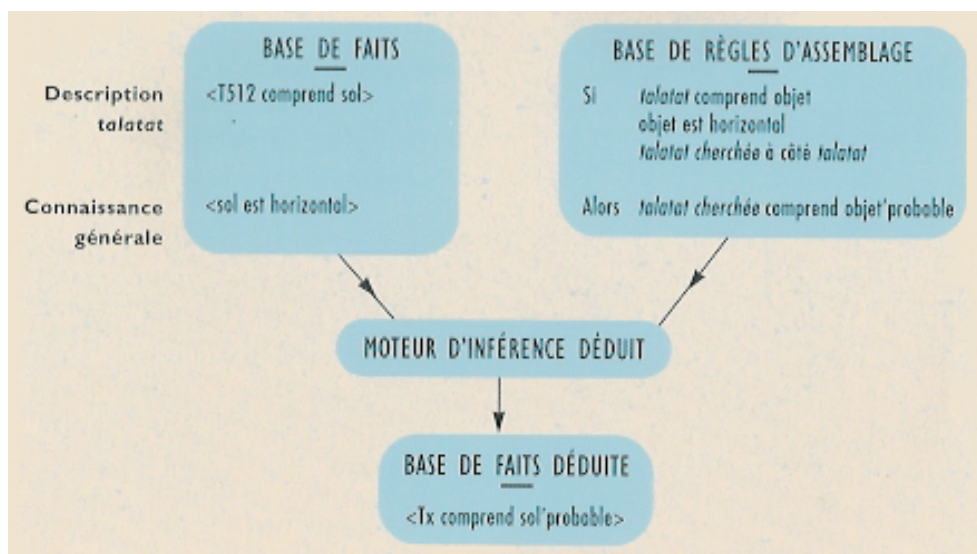


Figure 15: Recherche de talatates à partie d'éléments transversaux

De la même façon, le prolongement du fût de la colonne permet de déduire automatiquement les deux faits (figure 24): «Tx comprend colonne: Tx.colonne'probable» et «Tx.colonne partie-de-l'objet fût'probable»

Finalement nous devons une pierre en «carreau» qui contient probablement les trois unicos («homme»,»colonne» et «sol»); un homme dont on voit probablement la jambe et la pagne et une colonne dont voit probablement le fût. Une base de règle rédige alors automatiquement les requêtes à la base de données, en partant du plus particulier vers le plus général.



Figure 15: L'ordinateur a rapidement proposé la pierre manquante dans l'assemblage de la volière (Vergnieux and Gondran 1997)

Sur les 6 668 talatates de la base de travail, près de 2000 ont été classées sûrement dans les 150 assemblages dont le nombre de pierres évolue entre 3 et 84. Parmi ces assemblages, 65% ont été repérés par l'utilisation du système expert, le reste par interrogation directe de la base de données (figure 25).

L'objectif initial a été atteint, à savoir la mise au point d'un outil et d'un processus permettant l'automatisation de la partie fastidieuse de la recherche, tout en assurant une meilleure exhaustivité (interface tenant compte de connaissances égyptologiques pour interroger automatiquement une base de données).

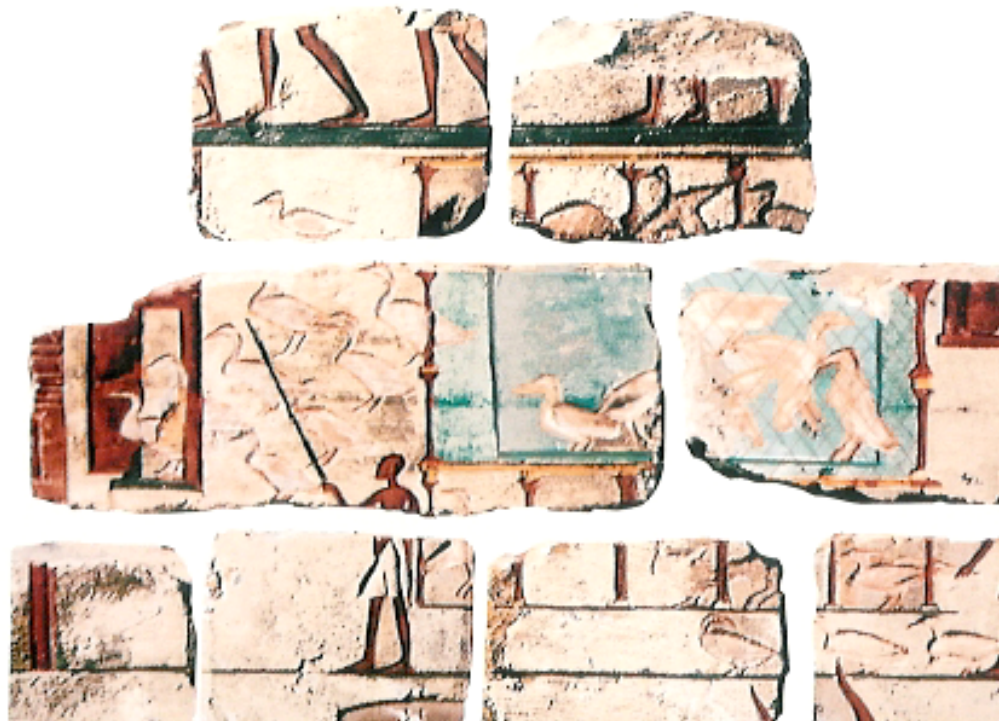


Figure 15: Une partie de l'assemblage a été retrouvé: il représente une «volière» (Vergniew and Gondran 1997)

#### 1.3.4.4.2 Conclusion

Cette approche constitue une des meilleures que nous avons pu rencontrer lors de l'étude des projets de reconstitution utilisant les TICs. Effet, et à la différence des autres, Vergniew et son équipe ont entrepris une approche globale qui tient compte

de toutes les étapes du processus: depuis le relevé jusqu'à la validation. Les résultats obtenus attestent de la rigueur et la fiabilité des méthodes adoptés mais plusieurs procédés restent sujets à discussion:

- Vergnieux a délibérément choisie de n'adopter qu'une démarche iconographique dans la restitution des talatates. Ce choix limite énormément les travaux entreprises dans la mesure où la tâche à accomplir est très complexe et se limiter à une seule vision des choses diminuent considérablement les chances d'une exploitation maximale des données.
- Un temps très important est alloué à la description des éléments iconographiques de chacun des blocs. En effet, et du moment où toutes les connections ne sont établie que sur la base de la discontinuité du dessin aux abords des blocs, les acteurs sont dans la nécessité de décrire l'ensemble des éléments iconographiques contenues dans chaque bloc (et transmise ainsi dans la base de connaissance) pour pouvoir appliquer les règles qui permettent de simuler le raisonnement de l'égyptologue.
- La démarche de ce travail visait la modélisation et la mise en forme du raisonnement égyptologique et parmi les étapes qui constituent à formaliser ce raisonnement une place importante est accordée à l'interprétation. En effet, La position de chaque bloc dans une scène dépend de l'interprétation et du sens qu'on accorde aux liens entre les éléments iconographique présents sur leur interface. Ainsi, à partir de certaines règles qui découlent des observations, le système traduit les relations décrites et propose un ensemble de blocs qui sont le résultat d'une déduction.

Les systèmes experts ont été utilisés avec succès pour le traitement quantitatif des informations, mais ils se sont avérés peu utiles en archéologie, sauf dans des domaines hautement structurés (WILCOCK, J,1990). En effet, l'expertise archéologique se prête très mal à la structuration nécessaire pour de tels systèmes.

*«Much archeological expertise may indeed to be fuzzy and unstructured, to be encapsulated by the present technology. There are obvious limitations to the*



*techniques, particularly in unstructured fields where archeologists have yet to agree on common procedures to their studies.» (Wilcock, 1990)*

Trois principaux problèmes surgissent de l'étude des systèmes experts en archéologie:

- Le problème de formalisation qui consiste en l'« utilisation d'un modèle inadéquat dans le domaine d'archéologie en particulier... le degré de formalisation nécessaire pour construire un système expert est une forme de réductionnisme. En effet la traduction d'un savoir implicite à un savoir explicite implique inévitablement la perte d'éléments dans le processus...» (Huggett, 1985) p. 135,
- Le problème de fossilisation, qui consiste à considérer le savoir d'un domaine contenu dans un système expert comme étant fixe et complet... les systèmes experts présentent un risque additionnel potentiel de fossilisation d'un "cadre conceptuel particulier" qui était en vigueur pendant l'abstraction... le savoir archéologique est un flux constant: sa systématisation peut avoir de sérieuses implications sur son futur développement. (Huggett, 1985) p. 135,
- Le problème de la nature partiellement non-déductive du raisonnement archéologique: le raisonnement formel et fondamentalement déductif d'un système expert peut être inapplicable pour le traitement des problème archéologique (Huggett, 1985) p. 135.

Ainsi, en adoptant une approche analytique pour la modélisation des tâches archéologiques dans le domaine de la reconstitution architecturale, on a supposé que le système des actions de l'archéologue peut être fixé et réduit à un modèle fermé. La systématisation du modèle de raisonnement non-déductif de l'archéologue s'est heurtée alors à un ensemble de problèmes de réalisation, de fossilisation, de mise en place, et à son rejet par les spécialistes qui étaient supposé l'utiliser: on s'est retrouvé, en fin de compte, avec un modèle encore plus complexe.

### **1.3.5 En résumé**

L'examen des projets de restitution qui intègrent les TICs met en évidence une stratégie de mise en contribution de l'outil informatique qui est globalement partagée entre une culture de la représentation et un esprit de compréhension.

Une stratégie de représentation vise la concrétisation, à travers des modèles informatiques, des états disparus d'un édifice dans le but de faciliter aussi bien la compréhension de l'apparence de ces ruines à un moment de leur histoire que la diffusion des résultats de l'entreprise à des professionnels ou même aux amateurs. Mais cette philosophie d'approche ne permet, en aucun cas, de mettre en contribution les TICs pour assister les archéologues dans la formation et la validation des hypothèses de reconstitution.

La modélisation des actions et des processus qui sont à l'origine de ces actions offre une nouvelle opportunité autant pour les chercheurs afin de valider ou vérifier les hypothèses de restitution d'espaces antiques. Elle constitue un moyen de reproduire ces processus complexes et de traduire dans la réalité sensible tous les acquis relatifs à un bâtiment et à son contexte. Le chaînage entre des données et des objets modélisés en 3D, par le biais de bases relationnelles, d'espace virtuel de manipulation et de création, ou encore d'algorithmes transcrivant des mécanismes réels en un langage codé, facilite la formulation et la vérification d'hypothèses, ainsi que la construction même de modèles éventuels. Les modèles résultant d'une telle juxtaposition de données traduisent en quelque sorte une synthèse de l'état des connaissances actuelles sur un édifice et donnent à voir le passé sous toutes ses facettes, y compris celles silencieuses.

## **1.4 La complexité de la mise en contribution des TICs dans les projets de reconstitutions archéologiques<sup>56</sup>**

D'un adjectif à son substantif, du complexe à la complexité, nous commençons par nous interroger sur cette complexité qui se restaure comme approche scientifique

---

<sup>56</sup> Les arguments utilisés par Mr. Mahoudou dans sa thèse (Mahoudeau, 2004) nous grandement aidé à démontré la complexité de cette alliance dans cette partie.

depuis près de 50 ans. Notre recherche met en évidence certains traits constitutifs de notre champ d'études: la multiplicité des acteurs, la multiplicité des processus en jeu, leurs interrelations, etc. Les constats et observations empiriques nous conduisent à chercher à travailler plus en profondeur sur les phénomènes d'interactions, d'interrelations, de rapport comportement/finalité des acteurs et processeurs en jeux et plus particulièrement sur la façon dont on pouvait se les représenter de manière intelligible. En la matière, la modélisation systémique de phénomènes perçus comme complexes est une démarche scientifique des plus riches. Elle constitue une approche aujourd'hui suffisamment solide et bien étayée pour être à même d'apporter d'importants éclairages dans le cadre de notre recherche. Enfin, puisque l'orientation du travail en est venue à viser une étude transversale proposant de mieux connaître un phénomène, il apparaît nécessaire de chercher comment il était possible, à partir de notre projet de recherche, de légitimer les connaissances que nous entendons produire et mettre en jeu, autrement dit de répondre à l'injonction épistémologique.

Cette impérieuse nécessité d'observer les apports de la modélisation systémique, de la complexité et des épistémologies constructivistes nous permettront d'envisager ces dernières comme une matrice permettant d'orienter la réflexion vers des voies que n'auraient pas autorisées les disciplines naturelles du domaine de recherche.

#### **1.4.1 Pluridisciplinarité, interdisciplinarité ou transdisciplinarité**

Nous nous proposons en premier lieu de présenter rapidement des éléments de réflexion sur les différentes visions et interprétations portant sur la multiplicité des domaines impliqués dans les projets de reconstitutions archéologiques aux moyens des TICs. En effet, nous avons essayé de mettre en évidence dans les parties précédentes la multiplicité des domaines et des disciplines qui sont impliqué dans notre projet de recherche. Une question se pose alors: est ce que nous devons considérer les projets de reconstitutions archéologiques aux moyens des TICs dans un cadre disciplinaire, interdisciplinaire, pluridisciplinaire et/ou transdisciplinaire ?

Envisageons rapidement ces catégories.

Une discipline a été définie comme:

*«Une catégorie organisant la connaissance scientifique: elle y institue la division et la spécialisation du travail et elle répond à la diversité des domaines que recouvrent les sciences. Bien qu'elle soit englobée dans un ensemble scientifique plus vaste, une discipline tend naturellement à l'autonomie par la délimitation de ses frontières, par le langage qu'elle se constitue, par les techniques qu'elle est amenée à élaborer ou à utiliser, et éventuellement par les théories qui lui sont propres.»* {MORIN, 1990. #1655}

Cette définition cloisonne notre champ d'étude et le place comme une *«discipline strictement scientifique»* {MORIN, 1990. }. Très nombreuses sont les recherches qui ont mis en évidence l'intérêt existentiel des méthodes dites *«scientifiques»* pour protéger la véracité des données recueillies, stockées et manipulées. Mais cela ne nous permet point de parler de discipline, et surtout *«quel intérêt peut avoir cette catégorisation appliquée à une démarche qui par nature transcende les cadres disciplinaires ?»* (Mahoudeau, 2004)

La pluridisciplinarité concerne *«l'étude d'un objet d'une seule et même discipline par plusieurs disciplines à la fois.»* (Mahoudeau, 2004). La démarche pluridisciplinaire dépasse le cloisonnement des disciplines mais sa finalité reste inscrite dans le cadre de la recherche disciplinaire. L'approche pluridisciplinaire semble ainsi fonctionner sans que soit défini un véritable principe intégrateur des connaissances mises en mouvement. Cette approche ne semble pas adaptée dans notre projet de recherche.

L'interdisciplinarité semble mieux adaptée à notre domaine de recherche. En effet, la pratique interdisciplinaire *«permet des approches et méthodologies nouvelles à travers l'échange de concepts, de modèles, de techniques d'analyses.»* (Mahoudeau, 2004). En effet, notre domaine d'étude impose par nature une approche au moins interdisciplinaire, à la croisée de trois domaines immédiatement apparents: l'informatique, l'archéologie et l'architecture. Il s'agit en effet de relever, transcrire, stocker, manipuler et interpréter les données archéologiques, de maîtriser les règles de construction d'époque et de savoir manipuler les technologies numériques et leur panoplie d'outils.

Les approches transdisciplinaires reposent sur le constat selon lequel:

*«La prolifération actuelle des disciplines académiques et non-académiques conduit à la croissance exponentielle d'un savoir compartimenté et rend impossible tout regard global sur les phénomènes observés ... Le cloisonnement disciplinaire est un obstacle à une meilleure compréhension du monde, et l'interdisciplinarité seule ne suffit pas à contourner cet obstacle.»*  
(Mahoudeau, 2004)

En ayant comme objectif de construire en commun des projets de recherche et les outils de pensée que ceux-ci requièrent, l'approche transdisciplinaire *«fait émerger de la confrontation des disciplines de nouvelles données qui les articulent entre elles ; elle ne recherche pas la maîtrise de plusieurs disciplines, mais l'ouverture de toutes les disciplines à ce qui les traverse et les dépasse.»*. La clef de voûte de cette approche réside alors dans *«l'unification sémantique et opératoire des acceptions à travers et au delà des disciplines»*. Elle présuppose une rationalité ouverte, par un nouveau regard sur la relativité des notions de *«définition»* et *«d'objectivité»*. En outre, il faut bien remarquer qu'un très grand nombre de secteurs scientifiques et de chercheurs reconnaissent aujourd'hui trouver dans l'approche transdisciplinaire une nouvelle manière de concevoir non seulement leurs projets de recherche mais aussi *«les outils conceptuels permettant de mieux les articuler»*.

Par ailleurs, l'approche transdisciplinaire entérine l'idée selon laquelle la distinction classique entre *«recherche fondamentale»* et *«recherche appliquée ou finalisée»* n'est plus opératoire. Nous le savons maintenant, bien que les différents champs de savoir ne se développent jamais *«isolément»*, *«hors contexte»*. Ils entretiennent toujours *«des relations étroites avec des savoir-faire, des moyens de production, des lieux et des intérêts multiples qui contribuent à les modeler et à orienter leur développement»*.

Notre recherche doit alors être considérée comme une démarche qui dépasse les cadres imposés par les cloisonnements disciplinaires (dans notre cas l'Archéologie, l'architecture et l'informatique). Aucune de ces trois disciplines étudiées ne peut à elle seule fournir l'appareil conceptuel nécessaire pour essayer de construire un regard

global sur le phénomène étudié. En effet, chacune de ses trois branches fonctionne selon des logiques, des référentiels et des contextes propres, aucune ne permet de s'ouvrir à ce qui la dépasse pour appréhender le phénomène dans son ensemble. Par ailleurs, la juxtaposition de concepts issus de ces trois branches disciplinaires ne suffit pas non plus à dégager des outils pertinents pour rendre compte correctement de toute la complexité de notre domaine de recherche.

#### 1.4.2 La complexité

E. Morin propose de fonder une nouvelle méthode de pensée scientifique et humaniste. Ce besoin part du constat que les pensées scientifiques classiques sont, la plupart du temps, incapables de rendre compte de la complexité du réel, étant historiquement fondées sur une vision disjonctive et analytique. La complication, conçue comme enchevêtrement élément de la complexité, elle aussi d'interactions, de rétroactions, est incapable d'en rendre pleinement compte:

*«Le paradigme de simplicité est un paradigme qui met de l'ordre dans l'univers et en chasse le désordre. L'ordre se réduit à une loi, à un principe. Le principe de simplicité soit sépare ce qui est lié (disjonction), soit unifie ce qui est divers (réduction)». (Edgar Morin, 1990)*

E. Morin a cherché à travers la Complexité à produire un nouveau paradigme qui permette de mieux comprendre le monde réel tel qu'il nous apparaît aujourd'hui. Trois termes émanent de cette immense œuvre:

- La *complexité* elle-même, sorte de «caméléon conceptuel» qui oscille entre nouvelle science, méthode fondamentale de la réflexion et de l'action, caractère irréductible du réel. Pour E. Morin, *«est complexe ce qui ne peut se résumer à un maître mot, ce qui ne peut ne se ramener à une loi, ce qui ne peut se réduire à une idée simple» (Edgar Morin, 1990).*
- L'organisation: les travaux d'E. Morin ont permis de montrer le caractère fondamental de l'organisation au sein de la complexité. Mettant en avant des jeux dialogiques entre ordre et désordre, l'organisation active, qu'E. Morin se

propose d'appeler organisation, recouvre un triple paradigme: la ré-organisation, qui exprime la transformation diachronique, l'auto-organisation, qui exprime l'autonomie et l'éco-organisation, qui exprime le fonctionnement synchronique ouvert dans l'environnement. L'organisation se substitue à la structure, issue des méthodes analytiques. L'organisation est une forme organisée de l'action suffisamment stable pour être perçue dans l'exercice de cette action et susceptible d'être productrice d'elle-même. L'organisation étant un processus, elle ne peut s'entendre que dans le temps irréversible de l'action. C'est en cela qu'elle se distingue de la structure comprise comme charpente, squelette relativement stable. L'organisation est ce qui agence en un tout des éléments hétérogènes.

- La reliance: ce néologisme repris par E. Morin est situé au cœur de la réforme de la pensée. Il met en avant le besoin de rapprocher ce qui jusqu'à présent était conçu de façon disjointe. La reliance implique l'entrée en action de trois principes: le principe de la boucle récursive ou autoproductive qui rompt avec la causalité linéaire ; le principe dialogique (qui articule complémentarité et antagonisme) ; le principe hologrammique, qui stipule que non seulement la partie est dans le tout mais aussi que le tout est dans la partie.

Dans le cadre de notre recherche, la reconstitution archéologique aux moyens des TICs en tant que domaine de recherche peut être perçue comme complexe. En effet, c'est un domaine géré par une multitude d'acteurs (Archéologues, architectes, historiens, scientifiques, organismes de recherche, amateurs, etc.). Il subit de plein fouet des processus technologiques et sociologiques aux impacts profonds ( réseaux, gestion de l'information, démocratisation technologique, etc.), touchant en ces objectifs (préservation des héritages culturels) à des mécanismes cognitifs divers (appréhension et manipulation des connaissances au travers des interfaces, ergonomies, interactivités, etc.), des modalités d'accès (remplacement de la linéarité par la consultation séquentielle), des contextes d'utilisation (scientifiques, touristiques, scolaires, familiaux), des usages et des types de publics (avec une réduction des frontières entre scientifique/grand public). Aucun des trois domaines impliqués dans notre recherche (archéologie, architecture et informatique) ne peut à lui seul fournir l'appareil conceptuel nécessaire visant à construire un regard global

sur le phénomène étudié. En effet, chacun de ces trois domaines fonctionne selon des logiques, des référentiels et des contextes qui lui sont propres, aucun ne permet de s'ouvrir à ce qui le dépasse pour appréhender le phénomène dans son ensemble. Par ailleurs, la juxtaposition de concepts issus de ces trois branches disciplinaires ne suffit non plus à dégager des outils pertinents pour rendre compte correctement de toute la complexité de notre domaine de recherche.

Il nous semble donc que la Complexité peut légitimement être un guide conceptuel important au sein de notre recherche. Elle nous enjoindra de ne pas nous contenter de l'analytique, d'essayer de décrypter les liens complexes qui se tissent entre les éléments du phénomène et de chercher à voir si un processus d'organisation est à l'œuvre.

### **1.4.3 La modélisation systémique**

Dans diverses disciplines, on cherche, de différentes manières, des schémas de raisonnement permettant de concevoir un phénomène donné comme un «tout» et d'expliquer pourquoi et comment le comportement de l'ensemble des éléments qui constituent ce phénomène est autre que celui de chacun de ces éléments, pris séparément. Dans un certain nombre de domaines, il devient de plus en plus clair qu'analyser un phénomène donné en termes de ses composants est tout aussi inefficace sur le plan conceptuel qu'opérationnel. C'est dans ce contexte qu'émerge l'idée nouvelle de la théorie des systèmes: pour comprendre le tout, il faut comprendre les relations. C'est donc au départ une pensée holistique, c'est-à-dire qui considère des globalités.

Mais la systémique naît en fait progressivement au cours de trois ou quatre décennies dans des branches variées des sciences et des techniques. Dans les années 1950, le biologiste austro-américain Ludwig von Bertalanffy<sup>57</sup> (Bertalanffy, 1980), proposait une Théorie du système général, souvent traduite à tort «Théorie Générale des Systèmes». Ce dernier était convaincu de la nécessité d'identifier les règles qui

---

<sup>57</sup> Von Bertalanffy développa les éléments de « la théorie générale des systèmes » dès 1932, mais ne pu les publier, en raison de la guerre, qu'en 1950, pour écrire un texte plus complet en 1955, repris dans sa forme définitive en 1968: "General System Theory".



«organisent les relations dans les interactions entre les parties des organismes», et qui font que «les comportements de ces éléments sont différents quant ils sont étudiés en isolation ou à l'intérieur de l'organisme». Avec Norbert Wiener naît en 1948 la Cybernétique, à partir du rapprochement entre neurologie et physiologie d'une part et mathématique et ingénierie d'autre part. Se définissant très généralement comme la science de l'information et de la commande, la Cybernétique a apporté la maîtrise de plusieurs notions dans des schémas cohérents: information, énergie, processus de feed-back (rétroaction), processus de contrôle. La Théorie de l'Information et de la communication de E. Shannon et W. Weaver (Weaver & Shannon, 1949), diffusée en 1949, est une théorie essentiellement mathématique qui montre l'analogie entre l'organisation d'un système de signes que constitue un message et l'organisation d'un système quelconque. Cette analogie permet de généraliser le concept de quantité d'information et d'en faire la mesure de la complexité d'un système. Le chaos, dont l'idée est en fait très ancienne, émerge comme théorie avec Edward Lorenz à propos des phénomènes météorologiques.

Réexaminé par Edgar Morin (Edgar Morin, 1977), le chaos est un concept permettant de mettre en avant les relations permanentes entre désordre, ordre et organisation dans des boucles génératrices de systèmes complexes. De la physique et des mathématiques, la systémique retient les notions de totalité, d'interaction dynamique, de seuil de bifurcation, de structure dissipative, d'ordre et désordre et d'organisation. De la biologie, elle retient les concepts d'homéostasie, de fonctions, de différenciation, de segmentation et de boucle rétroactionnelle. Avec les recherches en science sociales, elle s'ouvre à l'hyper-complexité. Dans les années 50-60, la *première* systémique, d'abord centrée sur les concepts de structure, d'information, de régulation et de totalité, émerge donc comme telle autour de toutes ces recherches. Une deuxième systémique apparaît plus tard, dans les années 70-80. Elle intègre alors deux autres concepts essentiels: celui de communication et celui d'autonomie ou d'auto-organisation.

Ainsi, la systémique essaie de dégager des outils de pensée qui soient aussi pertinents pour les sciences dites dures que pour les sciences humaines, puisque basés sur l'étude de ce qui leur est commun, mais n'est étudié dans son entier par aucune d'entre elles: c'est la notion de système. A l'origine des démarches systémiques se

trouve donc l'idée selon laquelle dans nombre de disciplines, les causalités classiques sont trop simples pour rendre compte et interpréter des phénomènes perçus comme de plus en plus complexes. Elles relèvent du besoin de dégager des causalités mieux adaptées à la saisie d'interdépendances instables, en proposant une hypothèse: à partir d'un certain seuil, l'étude d'un secteur étroit de la réalité perd de son efficacité si ce secteur n'est pas réintroduit dans des ensembles plus vastes. Elles répondent à la nécessité de théorisation ouverte capable d'intégrer certains paradigmes, capable de réagir au découpage de la réalité en champs et sous-champs disciplinaires, sans pour autant vouloir constituer une macro théorie.

La modélisation systémique propose que pour représenter intelligiblement un système, il faut non seulement en étudier les composants, les interrelations entre ces composants, mais il faut *surtout* voir les caractères propres au système, ceux-ci ne pouvant être dérivés des caractères propres aux composants ni de leur interactions prises isolément. La systémique nous propose aujourd'hui un cadre conceptuel qui tente de rendre compte d'un phénomène en l'intégrant dans ce dont il fait partie, en permettant d'ordonner des observations à partir de quelques principes générateurs.

- Essayer de travailler à bien penser, pour chercher à comprendre les relations comportements/finalités des processeurs en jeu plutôt que de penser en terme de cause à effet.
- Intégrer la tendance de l'objet/élément à se dissoudre au profit de la notion d'organisation des relations comme principe central.
- Comprendre que le tout est plus que la somme des parties.

E. Morin est incontestablement l'un de ceux qui est allé le plus loin dans la description des propriétés d'un système, et ses travaux constituent en la matière un approfondissement épistémologique fondamental, avec quatre réflexions majeures:

1. L'un des problèmes majeurs devient celui-ci: *tout est-il système ?* Tout ce qui était objet devient système, qui prend sa place, en étant réfractaire à la réduction en ses éléments. Le problème posé par E. Morin est de savoir s'il existe des principes systémiques à la fois fondamentaux, originaux, non triviaux, et si ces principes présentent un certain intérêt pour l'appréhension de systèmes particuliers.

2. La mise en avant de la dynamique *interaction-organisation-système*: E. Morin introduit entre système et environnement une notion médiatrice cruciale, celle d'organisation. Considérée comme l'agencement de relations entre les éléments, l'organisation est ce qui produit une unité complexe (système) dotée de qualités inconnues au niveau de ses éléments.
3. Les relations du tout et des parties. La complexité fondamentale d'un système est d'associer en lui deux caractères antagonistes et contradictoires: l'unité et la multiplicité. E. Morin montre que le tout est plus que la somme des parties, et dénomme *émergences* les qualités ou propriétés d'un système qui présentent un caractère de nouveauté par rapport aux qualités ou propriétés des éléments considérés isolément. De même, des contraintes propres au système font que des propriétés des parties considérées isolément disparaissent au sein du système.
4. La dialogique complémentarités/antagonismes. L'un des caractères fondamentaux de l'organisation est de transformer la diversité en unité, sans annuler cette diversité. E. Morin montre que la complémentarité organisationnelle peut s'instituer de diverses manières, et cela est tout particulièrement important dans la perspective d'une systémique opérationnelle. Morin énonce le principe d'antagonisme systémique: l'unité complexe du système à la fois crée et refoule l'antagonisme. La distinction système actif / non actif devient essentielle. Les systèmes actifs peuvent «pomper» dans leur environnement, de l'énergie, de l'information, de l'organisation réparatrice, ce qui leur permet de lutter contre l'effet désintégrateur des antagonismes.

C'est ainsi que E. Morin montre que le système doit être conçu à partir d'une *configuration conceptuelle* qui permettra de rendre compte de ses formes complexes, configuration déclinée selon 4 problématiques:

1. *Le Tout n'est pas tout*. La Totalité, envisagé comme autonome et différente de l'agencement des éléments, ne peut pourtant par contenir à elle seule la complexité inhérente au système, qui ne se réduit pas à elle.
2. *L'organisation de l'organisation*: passer directement du système aux interrelations, c'est mutiler le concept même de système. L'organisation lie et

transforme les éléments en un système, le produit et le maintient. L'organisation ne doit pas se confondre avec la structure, qui tend à s'identifier avec l'ensemble des règles d'assemblage, de liaison, d'interdépendance, de transformation, c'est-à-dire aux invariants formels d'un système. Elle ne peut rendre compte des relations complexes entre organisation et anti-organisation.

3. *Le système et son environnement*: L'organisation est ce qui empêche le système de se dissoudre dans son environnement. Les systèmes ouverts procèdent à des échanges avec leur environnement pour se transformer sans cesse.
4. *La relation du système à l'observateur/concepteur*: L'isolement du concept de système est une abstraction opérée par l'observateur. Les limites et distinctions entre différents termes ne sont pas toujours évidentes, et sont toujours dépendantes des intérêts, choix, décisions du concepteur, facteurs qui dépendent eux-mêmes de détermination socioculturelles dans lesquelles se trouve placé l'observateur. Il faut ainsi concevoir que système et observateur sont en interaction, ce qui oblige l'observateur à s'efforcer de connaître sa connaissance. Morin débouche sur une définition du système beaucoup plus élaborée qui n'est pas selon lui une définition à proprement parler, mais une recension de traits conjoints et articulables nécessaires pour que le concept de système puisse servir de guide de lecture pour l'ensemble des phénomènes d'organisations.

E. Morin montre que le système devient l'unité complexe parce qu'il n'est pas réductible à des unités élémentaires. La pertinence du concept de système tient en ce qu'il exprime à la fois unité, multiplicité, diversité, totalité, organisation et complexité.

Les démarches systémiques issues des sciences dites dures ont pu être des sources d'inspiration conceptuelle utiles en science sociale, des voies à explorer pour traiter des questions d'ordre, de désordre et d'organisation dans les systèmes et phénomènes sociaux. Elles ont au moins apporté un matériel conceptuel qui a le mérite d'articuler de manière dialectique des concepts que les sciences sociales opposaient irréductiblement: équilibre/déséquilibre, entropie/néguentropie, ordre/désordre, incertitude/déterminisme, ouverture/fermeture. Elles ont permis d'étendre

considérablement un espace mental qui préexistait, permettant de saisir de manière moins réductrice la complexité d'un phénomène étudié, avec toutes les précautions nécessaires dans ce genre de transfert. Certains courants de pensée sont apparus pour chercher à modéliser les phénomènes sociaux qui transcendent toujours les cadres disciplinaires.

Dans le cadre de notre recherche on est en droit de se demander en quoi l'on peut légitimement convoquer ici la démarche systémique. En effet, le phénomène étudié, la reconstitution archéologique au moyen des TICs, présente a priori un grand nombre de traits retrouvés dans les phénomènes étudiés par la modélisation systémique tels que:

- la multiplicité des domaines (archéologie, informatique, architecture, histoire), des acteurs (producteurs, utilisateurs, gestionnaires de l'information, scientifiques, grands publics, industrie culturelle, aménageurs du territoire, industrie touristique), des processus en jeu (gestion de l'information scientifique, démocratisation technologique et culturelle, etc.)
- les interrelations complexes, entre les acteurs, les domaines, les processus.
- le comportement global différent du comportement des éléments pris isolément

#### **1.4.4 La modélisation**

Modéliser correspond à l'action intentionnelle de construire, par composition de concepts et symboles, des modèles susceptibles de rendre plus intelligible un objet ou un phénomène perçu complexe, et ce faisant, d'amplifier comme le précise J.-L. Le Moigne, «*le raisonnement de l'acteur projetant une intervention délibérée au sein de cet objet ou de ce phénomène*» (Le Moigne, 2001). Ainsi, modéliser, c'est à la fois identifier et formuler quelques problèmes sous la forme d'énoncés et chercher à résoudre ces problèmes en raisonnant par simulations. Le modèle est un *système artificiel* qui agence des symboles.

En matière de modélisation des systèmes complexes, les travaux de J.L. Le Moigne sont les travaux de référence, qui réintègrent les réflexions épistémologiques de d'E.Morin sur les notions de complexité, d'action, de système. Dès 1934, G. Bachelard<sup>58</sup> (Bachelard, 1934) appelait à une épistémologie non cartésienne. La réflexion de Jean-Louis Le Moigne sur les systèmes est intimement corrélée à son œuvre de réhabilitation des épistémologies constructivistes. Pour le constructivisme, la connaissance est construite par le modélisateur qui en manifeste le *projet*, dans ses interactions permanentes avec les phénomènes qu'il perçoit ou qu'il conçoit. Ce processus actif de construction de la connaissance est au cœur du processus de modélisation de phénomènes ou systèmes perçus comme complexes.

J.-L. Le Moigne propose un schéma du modèle du système général (Le Moigne, 1990), où ce dernier est vu comme représentation d'un phénomène actif identifiable par ses projets dans un environnement actif, au sein duquel il fonctionne et se transforme téléologiquement. Le modèle du système général est une matrice. Un système complexe est donc un modèle d'un phénomène perçu complexe que l'on construit par modélisation systémique.

Modéliser un système complexe, c'est modéliser un système d'action, en tenant compte de l'hypothèse de base selon laquelle nous raisonnons sur des *faits*, des actes, non sur des *choses*. La modélisation systémique est fondée sur l'unité active, les fonctions, les transformations, l'organisation, le processus, et raisonne plutôt en termes de projet, de système, d'organisation, de projectivité. La modélisation systémique se distingue de la modélisation analytique se distingue par des évidences objectives indépendantes de l'observateur, auxquelles ont accès par décomposition successive, c'est-à-dire par analyse, et qui raisonne alors essentiellement en termes d'objet, d'élément, d'ensemble, de structure, d'objectivité.

L'ambition de cet appareil conceptuel et symbolique est de permettre une représentation sans mutilation a priori des phénomènes complexes. «*Si l'intelligibilité du compliqué se fait par simplification et donc par mutilation, l'intelligibilité du*

---

<sup>58</sup> «Rien ne va de soi, rien n'est donnée, tout est construit». BACHELARD, Gaston

*complexe devrait se faire par modélisation*». Mais comment modéliser le complexe ? Pour Morin, si l'exercice de décomposition en éléments d'un phénomène pris comme système demeure une caractéristique fondamentale de l'esprit scientifique, elle ne doit plus être la seule et ne doit pas avoir le dernier mot.

Par ailleurs, la modélisation systémique postule que le fait de modéliser n'est pas neutre et que la représentation du phénomène n'est pas disjoignable de l'action du modélisateur. L'idéal de la modélisation ne sera plus dès lors l'objectivité du modèle, mais la *projectivité* du système de modélisation. Il tiendra à la capacité du modélisateur *d'explicitier ses projets de modélisation*, c'est-à-dire les finalités qu'il propose au modèle d'un système complexe. La modélisation se comprend donc comme exercice autofinalisant en ce sens qu'il élabore ses projets, il est projectif. La tâche la plus importante d'un modélisateur ne sera pas de résoudre un problème présumé déjà bien posé mais à formuler le ou les problèmes qu'il s'avèrera pertinent de chercher à résoudre. J.-L. Le Moigne écrit ainsi: *«il faut apprendre à résoudre le problème qui consiste à poser le problème»*(Le Moigne, 2001).

La modélisation systémique présente un triple intérêt:

- décrire le plus essentiellement possible à un moment T donné un ensemble, en choisissant de représenter les variables les plus révélatrices du système du point de vue du modélisateur.
- apprécier le changement de comportement du système dans le temps.
- rechercher les interprétations qui semblent rendre intelligibles ces changements.

#### **1.4.5 Analyse épistémologique**

Chercher à connaître un phénomène dans sa globalité implique de s'interroger sur sa propre connaissance, sur la façon dont on construit la représentation artificielle du phénomène que l'on cherche à comprendre, c'est-à-dire reconnaître la prééminence de la question épistémologique. *L'épistémologie* est le nom de la discipline qui *étudie la façon dont on connaît*. Elle essaie de comprendre comment fonctionne la production de connaissances ou de savoirs, qu'ils soient techniques, éthiques, religieux,

symboliques, scientifiques, etc. L'épistémologie est donc au cœur de la question du *statut* et de la légitimation des connaissances scientifiques. Elle n'est pas un exercice gratuit: sa connaissance a des effets sur la manière dont on voit son champ de recherche et sur la manière dont on l'enseigne.

L'épistémologie contemporaine s'intéresse à la notion de représentation (comment se représente-t-on quelque chose qu'on connaît?)<sup>59</sup> notion capitale mais souvent déformée. Sa fonction est de tenir la place de la chose représentée. Une représentation propose un discours organisé et des symboles articulés autour de ce qui est représenté. En définissant les signes et les concepts qui servent à représenter, on structure une certaine vision de ce qui est à représenter. La représentation est ainsi toujours un modèle interprétatif et simplificateur du réel. Les sciences sont des cas typiques de connaissances représentatives. Les sciences sont des constructions de représentations standardisées et plus ou moins fiables du monde. Un savoir représentatif est un support matériel qui remplace du complexe par du plus simple, rend «traitable» des phénomènes, des contextes, des situations. Mais les représentations ne sont jamais neutres idéologiquement. La construction du savoir étant toujours *contextualisée*: c'est à partir de notre contexte que nous regardons, à partir de nos propres projets que nous décidons si une représentation est appropriée ou non. Les représentations sont marquées par la position physique et sociale de ceux et celles qui les construisent.

Encore une fois, les travaux de référence en la matière sont ceux de deux auteurs majeurs déjà cités: Jean Piaget (Piaget, 1967) et Jean-Louis Le Moigne (Le Moigne, 2001). Le constructivisme, entendu comme *un discours sur les fondements de la connaissance scientifique, ou théorie générale de la connaissance*, trouve son origine en mathématiques (L. Kronecker, L. J. Brouwer) pour caractériser une conception des «fondements des mathématiques». En science de l'éducation et en psychologie clinique, le constructivisme est réhabilité par E. von Glaserfeld et P. Watzlawick (Glaserfeld & Watzlawick, 1988 ). Plus profondément, Gregory Bateson (Bateson, 1980), Herbert A. Simon (SIMON, 1990 ), H. von Foerster, Edgar Morin sont autant de bâtisseurs d'une épistémologie constructiviste renouvelée, qui s'inscrit dans une

---

<sup>59</sup> Voir l'analyse de la mimésis par RICOEUR, Paul, Temps et récit. 1. L'intrigue et le récit historique, Paris, Edition du Seuil, coll Points, série Essais, 1983.



histoire en fait très longue, d'Héraclite à G. B. Vico, de Léonard de Vinci à Paul Valéry, de Gaston Bachelard à Ilya Prigogine. (Mahoudeau, 2004)

Le constructivisme se bâtit différemment du positivisme, que celui-ci soit logique, formaliste, behavioriste, analytique ou structuraliste. Positivisme dont Auguste Comte fut le héraut le plus éminent. En simplifiant grossièrement, le positivisme se caractérise par un double objectif: un objectif idéologique, «*délimiter les frontières des sciences contre toute incursion de la métaphysique*», et un objectif méthodologique «*fixer une fois pour toutes les principes et les méthodes des sciences elles-mêmes*». Le positivisme, qui entraîne avec lui une vision analytique, réductionniste, causalité, objet, syllogisme, déterminisme, vérification, linéarité, explication, s'est imposé comme option épistémologique dominante. Le positivisme postule la possibilité d'une connaissance objective, la pierre angulaire de la méthode scientifique étant le postulat de l'objectivité de la nature.

Jean Piaget va ouvrir une brèche en cherchant à caractériser le constructivisme dialectique, qui s'exprimera notamment par l'épistémologie génétique. Travaillant au départ à renouveler le structuralisme analytique, il portera une nouvelle attention aux *interactions de l'objet et du sujet*, dont la compréhension s'articule toujours autour d'un projet, et par laquelle Piaget se propose de représenter la genèse structurante des connaissances humaines. L'apport fondamental est de *resituer objet et sujet sur les mêmes plans conceptuels multiples*, leur séparation n'étant que de méthode et non de nature. A partir des années 70, et à la suite des travaux de nombreux auteurs déjà évoqués, le constructivisme épistémologique est devenu «de fait sinon de droit un grand paradigme scientifique respectable» (Le Moigne, 2001). A la différence du positivisme comtien «apparu de pied en cap tel Athéna», le constructivisme se construit pendant trente ans dans l'expérience scientifique exceptionnelle de développements en des branches variées de la pensée scientifique. Cette construction se caractérise par un pragmatisme méthodologique qui se retrouve dans toutes les grandes contributions aux épistémologies constructivistes. J.-L. Le Moigne propose d'envisager le constructivisme non comme une doctrine figée, mais comme un *archipel*, dont les îles sont faites des œuvres des penseurs déjà évoqués. Parmi celles-ci, les trois tomes que Jean-Louis Le Moigne consacre au constructivisme (Le Moigne, 2001; Le Moigne, 2002 2003), sont les travaux les plus explicitement aboutis

permettant d'envisager à l'heure actuelle l'épistémologie constructiviste comme l'une des bases les plus solides de la connaissance scientifique.

A la suite d'Edgar Morin et de Jean-Louis Le Moigne, le terme *d'enracinement* exprime plus complètement que le terme de «*fondement*» la recherche des dynamismes producteurs de la connaissance humaine et la quête de leur légitimation. Le constructivisme est empreint de pragmatisme méthodologique parfois empirique couplant la réflexion et l'action. Il cherche à réduire les frontières traditionnelles entre théorie et pratique, entre science fondamentale et science appliquée, s'appuyant sur les conjonctions et les articulations plutôt que les disjonctions disciplinaires. Le constructivisme cherche à «*explicitement loyalement les renouvellements des conventions épistémologiques légitimant la formation et l'enseignement des connaissances, ici et maintenant*». La présentation par Jean-Louis Le Moigne de ces enracinements prend la forme de 10 réflexions distinctes, qui sont autant de recherches et de présentations très convaincantes, parmi lesquelles:

- La question de l'autonomie de la science: Les sciences peuvent-elles produire elles-mêmes leurs propres fondements épistémologiques ?
- Les fondements épistémologiques des nombreuses nouvelles sciences émergentes (sciences de l'information et de la communication, cybernétique, science de gestion, science de la computation, science de la décision, science de l'artificiel, etc.)
- La co-construction du constructivisme renouvelé et des sciences de l'artificiel et des systèmes, dans lesquels on rencontre nombre de matériaux constitutifs du constructivisme.
- L'examen de l'hypothèse téléologique, qui s'oppose à l'hypothèse déterministe (ou de la causalité efficiente) en dehors de laquelle, selon le positivisme, il n'est pas de connaissance scientifique. La téléologie concerne l'étude de la finalité. Elle propose d'interpréter un comportement en le rapportant à quelques finalités qui est au moins aussi bien raisonné qu'en le réduisant à un effet qu'explique une cause certaine.

- L'examen des fondements de la systémique comme l'un des tournants épistémologiques marquants du XXème siècle.
- L'examen des défis de la complexité, qui permet d'identifier des repères sous la forme de quelques axiomes articulant les composantes du constructivisme dialectique.
- L'examen de la «méthode de complexité», exercice récursif par construction qui impose pour concevoir la complexité de complexifier l'intelligence de la conception.
- L'examen de la modélisation systémique, dont les fondements épistémologiques peuvent être construits en s'aidant de l'expérience développée par les sciences de la computation symbolique (l'intelligence artificielle).

De cet aperçu rapide, on comprend bien que le constructivisme s'appréhende non au travers d'une doctrine dogmatique délivrée telle quelle, qu'il s'agirait d'appliquer ou de vénérer, mais comme un chemin à construire soi-même à partir de quelques repères fondamentaux légitimes.

L'élément majeur de l'épistémologie constructiviste reste à notre sens la réintroduction du sujet dans le processus de connaissance scientifique et une nouvelle articulation de l'interaction objet/sujet au sein d'un projet. Ce que Jean-Louis Le Moigne nomme «*le projectivisme*» permet en effet de reconnaître dans la recherche scientifique un *projet de connaissance* et non plus un *objet* à connaître séparé de son expérimentateur. Ce mouvement propose corrélativement une nouvelle légitimité des connaissances scientifiques (définies comme «énoncés enseignables») qui sont produites, enseignées et «*actionnées*».

#### **1.4.6 En résumé**

Notre entreprise visant à produire une étude transversale afin de mieux connaître un phénomène ne peut légitimement ignorer une théorie générale de la connaissance qui apparaît aujourd'hui particulièrement solide. Elle constitue pour ainsi dire le seul fondement scientifique d'une telle recherche (fondement dont nous avons rappelé

qu'il ne peut être trouvé dans les seules disciplines de départ -archéologie, informatique, architecture- ni dans leur seule juxtaposition). Le projet de reconstitution archéologique aux moyens des TICs trouve donc dans le constructivisme de solides enracinements pour penser correctement ce phénomène complexe.

Ces enracinements eux-mêmes sont suffisamment bien ancrés pour être utiles dans la recherche. Ils nous enjoindront dans l'approche des phénomènes étudiés de:

- Former un projet de connaissance relatif à la reconstitution archéologique aux moyens des TICs (postulat de projectivité) et non chercher à établir des connaissances sur ce domaine en tant qu'objet (postulat d'objectivité). Concrètement, nous cherchons non seulement à comprendre et décrire comment se déroule le projet de reconstitution aux moyens des TICs mais aussi les liens et interrelations qui s'établissent entre ces composants. La connaissance ainsi acquise ne sera valide que du point de vue qui est le nôtre (qui se veut situer à l'interface des acteurs en jeu), et non objectivement pour tous les acteurs.
- Rechercher dans l'expérience concrète les éléments de la réalité connaissable. (Hypothèse phénoménologique plutôt qu'ontologique). Le cadre concret de déroulement de la recherche a été le terreau au sein duquel se sont dégagés les éléments entrant en jeu dans la réflexion.
- Préférer une approche dialectique et systémique à une approche analytique. Cela signifiera d'une part chercher, dans les phénomènes et processus observés, les interrelations et interactions et d'autre part les produits spécifiques de ces liaisons complexes.
- Reconnaître le principe d'irréversibilité: les phénomènes et processus s'inscrivent dans le temps et se conçoivent donc irréductiblement dans le concept d'évolution, c'est-à-dire de transformation dans la durée. Aucun des éléments étudiés (acteurs, processus en jeu, phénomènes, technologies, etc.) ne peuvent se concevoir comme élément figé dont la configuration est donnée une fois pour toutes.

- Être attentif aux conséquences méthodologiques du constructivisme: préférer:
  - l'interactionnisme (articuler le projet de connaissance) au réductionnisme (décomposer et analyser un objet),
  - la rhétorique (argument, discussion, conception, invention) à la syllogistique (déduction, démonstration, vérification),
  - la récursivité (boucle auto-organisatrice et auto-productrice) à la linéarité (causalité déterministe),
  - la compréhension (en référence au projet du chercheur) à l'explication (production d'énoncés scientifiques vérifiés).

## 1.5 Conclusion

Nous avons présenté dans cette partie les différentes approches de restitution adoptées dans les projets de reconstitution archéologiques et ceci dans ses différentes phases. Nous avons dégagé deux principales directions: une première qui vise exclusivement la «représentation» des résultats des projets et une seconde qui vise la modélisation de ce processus afin d'assister l'archéologue dans les différentes phases du projet de reconstitution.

Dans le premier cas, une mise en relation dynamique et structurée des données et objets préconçus est établie à travers des environnements virtuels. Le modèle est élaboré par le biais d'une interaction entre individu et ordinateur, assez vive pour être propice à l'itération d'alternatives successives. Cette méthode s'avère particulièrement attractive pour la représentation des résultats des projets à des fins de diffusion vers les gens du domaine et le grand public dans une perspective de mise en valeur du patrimoine et d'une plus large diffusion des connaissances les concernant.

Le public a pu visiter virtuellement des édifices et sites d'un autre temps en accédant facilement à un ou plusieurs modèles enregistrés dans la base de données, si des liens ont été aménagés à cette fin. D'un point de vue méthodologique, ces modèles ne constituent en aucun cas une aide à la prise de décision lors de l'assemblage des pièces existantes, ni à l'évaluation des hypothèses formulées sur les parties disparues par rapport à celles encore en place. Enfin, ces modèles traduisent des instantanés de l'état de l'édifice à un moment donné, alors que la problématique historique porte sur la succession et l'imbrication des événements.

L'outil informatique ne s'avère dans ce cas qu'un outil de représentation et non un assistant qui pourra contribuer aux différentes étapes du projet. Un autre danger réside dans la fiabilité des modèles présentés. En effet, ceux-ci sont toujours présentés, non pas comme une hypothèse de l'état de l'édifice à un moment de son histoire, mais comme une vérité que les gens admettront comme absolue (dans la grande majorité) et qu'ils pourront utiliser alors comme référence dans d'autres projets, ce qui augmentera le risque d'erreurs et démunira la véracité des résultats obtenus.

Dans le second cas, les façons même de construire ou reconstruire un édifice sont formalisées. Ce n'est plus le produit final qui est restitué, mais le savoir-faire qui a permis, dans le passé, d'arriver à ce résultat. Ce ne sont plus tant des formes géométriques, mais des actions qui sont modélisées. Cette dernière approche coïncide avec une tendance actuelle de l'archéologie: la mise en valeur de la contextualisation des vestiges du passé et de la complexité de leur environnement initial. L'édifice est replacé dans son contexte d'origine et est reconstruit selon le réseau complexe des données, actions et interactions qui ont influé lors de sa réalisation. Plus les données sont nombreuses, plus il y a d'éléments du contexte qui sont recoupés, plus la compréhension d'un phénomène est susceptible d'apporter des explications tangibles.

En fait, chacune des deux approches traduit une manière différente de mettre à profit l'outil informatique. Contrairement à la première approche qui mise plutôt sur la possibilité de calcul (aspect matériel) et sur l'ergonomie visuelle offerte par l'outil (environnement humain) afin de présenter des images et des animations qui représentent les résultats des études entreprises, la deuxième profite des différents aspects que l'outil informatique peut et pourra offrir. En effet, la modélisation des processus et des actions, comme nous l'avons déjà démontré, manipule des bases de données (possibilités de stockage) en modélisant des actions et des processus à travers des interfaces et des langages de programmation (aspect fonctionnel) qui utilisent les capacités de calcul de ces outils (aspect physique) afin de simuler les différentes hypothèses des résultats obtenus qui sont communiqués à l'utilisateur à travers des interfaces (environnement humain). C'est donc la deuxième approche qui combine et met à sa disposition toutes les possibilités que l'outil informatique pourra offrir.

En effet, la deuxième approche vise le développement de moyens susceptibles d'assister l'archéologue dans les différentes phases de sa démarche en mettant à disposition tout ce que l'outil informatique pourrait apporter afin de, non pas de remplacer les acteurs, mais de les assister. Le chercheur pourra désormais combiner ses connaissances à l'intérieur d'un ensemble cohérent, d'un modèle, qui utilise aussi bien des données matérielles ou immatérielles que des hypothèses, tout en rendant sensible une masse conséquente d'informations inhérentes à un édifice. La production des modèles n'est plus seulement reproductive ou illustrative, elle devient démonstrative.

D'autre part, cette «alliance» entre l'informatique et l'archéologie a apporté une multitude de solutions intéressantes pour le domaine archéologique. Mais les solutions apportées sont en grande partie partielles et ne tiennent pas compte du caractère global de la démarche archéologique ni de la complexité de cette «alliance». Les équipes impliquées dans ce genre de projets travaillent en fonction de l'outil et non en fonction de celui qui va l'utiliser. Ceci est en grande partie due à la réticence des archéologues à accepter et à adopter ces nouvelles solutions. En effet, les projets que nous avons présentés (le projet de R. Vergineux, du 3D Mural), bien qu'ils cloisonnent en quelque sorte l'archéologue et le poussent vers une interprétation hâtive de ses données et donc vers des voix exploratoires qui peuvent fausser les voies entreprises si nous ne restons pas vigilants, représentent des approches que nous pensons très intéressantes, mais non suffisantes.

Toutes ces conclusions nous amènent dans la troisième partie, et dans le but de légitimer les connaissances que nous entendons produire et mettre en jeu, à démontrer la nature systémique et complexe de la mise en contribution des TICs dans le domaine de la restitution archéologique. La multitude des acteurs, la multitude des moyens utilisés ainsi que la multitude des objectifs envisagés dans les projets de reconstitution archéologique requièrent l'exploration d'une nouvelle approche qui tient compte de cette complexité. Cette partie nous a emmené à énoncer ainsi les balises méthodologiques qui doivent nous guider à atteindre nos objectifs.

La démarche à explorer se doit d'être globale et entreprise en fonction des besoins réels des acteurs, de sa démarche et des moyens offerts. Sans cela, l'archéologue trouvera toujours les raisons pour retourner à ses méthodes de travail «habituelles». Afin d'y parvenir, nous proposons d'étudier de très près la démarche archéologique dans un contexte de reconstitution de l'archéologie monumentale, ce qui fera l'objet de notre prochaine partie.





## **CHAPITRE 2 : Nature et spécificités de la démarche archéologique dans les projets de reconstitution**

Dans la première partie, nous avons mis en évidence la nature systémique et complexe du domaine de la restitution archéologique aux moyens des TICs. La réticence des archéologues à adopter l'outil informatique comme un outil de travail a été principalement démontré par la façon dont ils l'utilisaient. La grande majorité des acteurs de ce domaine utilisent l'outil informatique comme un outil de représentation et non pas de réflexion. Cet outil intervient principalement pour illustrer, avec un aspect «moderne» et «high-tech», les résultats d'une étude menée avec des moyens «traditionnels».

La deuxième catégorie des projets vise la modélisation des processus. Ils ont amené des solutions ponctuelles à une ou à quelques étapes de la démarche. Ces solutions, bien que pertinentes par rapport à la problématique pour laquelle elles ont été développées et desquels plusieurs leçons doivent être tirés, n'apportent que des solutions partielles à la problématique globale et systémique de la démarche archéologique dans les projets de reconstitution.

Ainsi, l'approche que nous devons adopter afin d'atteindre notre objectif, qui vise à explorer un système informatique d'aide aux projets de reconstitution archéologiques, doit impérativement émaner de la particularité de la démarche pour laquelle elle a été développée et c'est ce que nous avons essayé d'étudier dans la deuxième partie.

Nous allons adopter une approche dialectique et systémique afin de comprendre et décrire comment se déroule le projet de reconstitution, mais aussi les liens et interrelations qui s'établissent entre ces composants. Il s'agit de rechercher dans l'expérience concrète les éléments de la réalité connaissable, cela signifiera d'une part chercher, dans les phénomènes et processus observés, les interrelations et interactions et d'autre part les produits spécifiques de ces liaisons complexes.

## **Objectif**

Il s'agit dans cette deuxième partie de notre recherche d'étudier la nature de la démarche archéologique dans les projets de reconstitution. En effet, l'exploration d'un système informatique d'aide aux projets de reconstitution archéologiques doit impérativement passer par la compréhension du mode d'acquisition, de traitement et de manipulation des données par les archéologues afin qu'on puisse détecter son mode de raisonnement et donc ses réels besoins.

Nous allons commencer en premier lieu par étudier la démarche archéologique ainsi que ses différentes composantes. Nous passerons ensuite aux différents modes de réflexions qui animent ce domaine. La dernière partie portera sur une étude des raisonnements archéologiques à travers les publications savantes publiées et validées par la communauté archéologique dans le contexte du temple de Karnak.

### **1.1 Introduction**

Depuis que l'archéologie n'est plus seulement une passion de collectionneurs avertis, mais une science qui tente de comprendre l'évolution de l'homme, des temps les plus reculés jusqu'à nos jours, diverses compétences sont devenues nécessaires à l'étude des sites archéologiques. La présence de géomorphologues, par exemple, est indispensable sur le terrain pour comprendre l'évolution géologique d'un site depuis son abandon jusqu'à sa fouille. Le naturaliste et l'écologue identifient les restes animaux et végétaux dans le but de reconstruire le milieu de vie des hommes. Le géochimiste céramologue analyse les propriétés physico-chimiques des tessons, ce qui lui permettra de déterminer, par exemple, leur lieu de fabrication. L'anthropologue s'attache, lors de l'étude des nécropoles, à décrire les pratiques funéraires. L'ethnologue étudie les populations actuelles pour mieux cerner les comportements anciens au travers des traits matériels et sociaux qui ont perduré jusqu'à nos jours. L'archéologue recherche toute information susceptible d'étayer l'interprétation (Auda, 1997).

L'archéologie est l'étude du comportement culturel passé, du commencement de l'espèce humaine jusqu'aux événements qui se sont produits hier, à travers les restes matériels, ou les objets que les gens ont laissés (Gamble, 2001). L'archéologie est une

branche de l'anthropologie parce qu'elle étudie les individus et leurs différentes cultures, même si elle est limitée au passé. L'archéologie est également une partie de l'histoire. Elle diffère de l'histoire, qui est une interprétation du passé basée sur des écrits anciens, particulièrement par les méthodes qu'elle utilise. Elle peut aider à la compléter en offrant des études sur des matériaux qu'on pourra, par la suite, comparer aux documents pour avoir une idée plus claire de la façon dont l'interprétation a été faite. Ainsi, le document archéologique peut être perçu comme, non pas le résultat d'une construction de la société qui le produit, mais *«le fruit des études faites sur des vestiges plus modestes, des témoins que seul le hasard, et non la volonté des hommes, nous a conservés; qui ne furent pas réunis pour l'édification des générations futures et qui, de ce fait, sont à la fois authentiques et sincères»* (Demoule, 2002).

En l'absence de traces écrites, les archéologues ne disposent, pour la connaissance des sociétés disparues, que de vestiges matériels. F. Djindjian<sup>60</sup> (1991) limite les tentatives de reconstitution, à partir de ces matériaux, par le potentiel d'information de ces vestiges et par les conditions de conservations des sites archéologiques. La situation est bien aggravée, selon lui, pour les sociétés produisant peu de vestiges matériels. J.O Golvin (Golvin, 2005), classe les potentiels d'information d'un site archéologique en trois parties:

PARTIE CONNUE: La partie connue d'un site historique est révélée tout d'abord par les récits de voyageurs, les textes anciens, les épigraphies, l'archéographie, les sculptures, etc. Les sources historiques sont ainsi pour la plupart les seules énonciations verbales dans lesquelles nous pouvons puiser directement pour reconstruire le passé. Les sources non écrites sont de plus en plus prises en compte, on cherche dans ces derniers les indicateurs des hypothèses. De plus, on extrait des sources écrites des faits particuliers, isolés les uns des autres, mais malgré tout collectifs.

PARTIE CACHÉE Rien ne laissant prévoir une reprise des fouilles sur le chantier d'un site archéologique donné, il existerait des éléments architectoniques appartenant à ces vestiges encore ensevelis. Le phénomène

---

<sup>60</sup> Chap. «L'identification culturelle à partir des vestiges matériels» p 43

d'enfouissement s'explique par des facteurs humains, des facteurs géologiques, des phénomènes botaniques ou encore la destruction accidentelle ou volontaire. Les parties cachées ne comprennent pas seulement ces objets enfouis, elles comprennent aussi les parties cachées dans le sens figuratif: un morceau infime d'un objet perdu est considéré comme caché derrière cet indice. C'est grâce à nos connaissances antérieures que nous pouvons le retrouver. Cette partie cachée deviendrait alors connue après un processus de découverte.

PARTIE PERDUE: Malheureusement, cet aspect prend, dans plusieurs sites historiques, une proportion trop élevée par rapport aux parties connues et cachées. Il concerne la forme irrécupérable des vestiges, les éléments architectoniques qui n'existent plus. C'est grâce au raisonnement de l'archéologue opérant dans la partie connue du vestige que nous pouvons dans la plupart des cas la restituer.

Ainsi, et dans le domaine de la reconstitution archéologique, la démarche de l'archéologue commence par la fouille et se termine par une proposition de la reconstitution d'une partie ou de l'ensemble de l'édifice étudié. Bien que les étapes de ce processus fassent une quasi-unanimité parmi les chercheurs dans ce domaine, la nature des relations entre elles fait l'objet d'une divergence qui reflète diverses manières de voir le monde.

## **1.2 La démarche archéologique**

Il s'agit dans cette partie d'étudier la structure de la démarche archéologique ainsi que les différentes étapes qui la caractérisent.

### **1.2.1 Introduction**

La démarche archéologique s'organise en six étapes (Gardin J.-C., 1979. ): La définition des objectifs, la collecte des données, la description des données recueillies, le traitement des données, l'interprétation du traitement et la validation de l'interprétation. Ces étapes peuvent se regrouper en deux grandes étapes (Jean-Claude

Gardin, 1980): d'abord, l'acquisition et la manipulation des objets matériels, ensuite la formulation et la validation des hypothèses.

### **1.2.2 Acquisition et manipulation des objets matériels**

Il s'agit ici des pratiques de fouille utilisées (des méthodes de prospection, des techniques de prélèvements, des méthodes de conservation in-situ ou en laboratoire, etc.) la constitution d'un ensemble de données observées, compilées et enregistrées afin qu'elles puissent être utilisées plus tard à diverses fins (Gardin J.-C., 1979. ). Pour y parvenir, l'archéologue passe par quatre étapes:

1. La définition des objectifs: Il n'y a pas de fouille innocente (Demoule, 2002). Même implicitement, à travers les techniques employées, une fouille s'adapte à la recherche de certains types d'objets et répond à certains objectifs. La fouille stratigraphique vise à retrouver une chronologie, la fouille étendue, dite parfois «ethnologique» par les préhistoriens, vise à retrouver l'organisation d'un site à un moment donné. (Demoule, 2002). Il n'y a donc pas de collecte aveugle de données. Ces objectifs peuvent être à plusieurs niveaux, du plus simple au plus complexe. (Demoule, 2002)
2. La collecte des données: En archéologie, on pense bien sûr à la fouille et l'on vient de rappeler les interactions entre objectifs et méthodes de fouille. Mais il existe un travail de collecte en amont de la fouille comme en aval (travail sur les collections des Théories et interprétations en archéologie, dépôts de fouille et des musées, dépouillements bibliographiques, etc.) (Demoule, 2002). La masse des données disponibles pour l'archéologue le pousse à user de tous les moyens qui lui sont disponibles afin de récolter le plus d'informations possibles sur le sujet étudié. Cette masse littéralement infinie surpasse les capacités de synthèse du chercheur, le submerge et donne lieu dans beaucoup de cas à la paralysie de l'entreprise. Limiter la recherche et privilégier une direction parmi celles disponibles réduit le nombre de données; augmente leur degré de précision et facilite leur manipulation: les données sont alors mieux filtrer et l'archéologue pourra alors concentrer son attention sur les objectifs retenus.

3. La description des données recueillies: La description des vestiges matériels est un facteur commun à tous les archéologues. Cependant la méthode descriptive est spécifique à chaque archéologue (Djindjian, 1991)<sup>61</sup>:
- a) La recherche de fossiles directeurs,
  - b) Le classement selon les typologies de vestiges matériels,
  - c) L'attribution des codes descriptifs généralisés, support à des constructions archéologiques quelconques.
  - d) La description des vestiges utilisable dans un modèle explicatif.

Toute description scientifique suppose un protocole préétabli, de la table des éléments de Mendeleïev à l'arbre des espèces biologiques. En archéologie, de tels protocoles unifiés sont plus indispensables encore depuis l'utilisation de l'informatique (Demoule, 2002). Un débat subsiste entre archéologues: ces typologies ne sont-elles qu'un outil technique commode, en quelque sorte arbitraire, et qui n'a d'autre réalité que les choix de chaque archéologue, ou bien correspondent-elles à des catégories qui avaient déjà un sens pour les populations qui ont fabriqué ces objets ?

Quoi qu'il en soit, une typologie ne saurait être «vraie» dans l'absolu. Elle n'a d'autre intérêt que de permettre la description d'un corpus qui débouche sur des classifications interprétables. Il y a donc, comme entre chacune de ces étapes, d'incessants allers-retours entre la description et ce qu'elle permet (Demoule, 2002).

4. Le traitement des données: Il s'agit dans cette étape de faire apparaître dans le corpus des constantes sans lesquelles chacun des objets serait singulier et irréductible aux autres, et il n'y aurait rien à dire (Gardin J.-C., 1979. ). Quel que soit la complexité des méthodes de classement mises en œuvre, le but est de réunir les données en «paquets», eux-mêmes interprétables ensuite. En lui-même, le traitement des données n'est qu'une étape quasi-automatique,

---

<sup>61</sup> Chap. «Des méthodes aux formalisations des raisonnements en Archéologie», p.331

entièrement tributaire de la description retenue, mais susceptible de la modifier si certains objets apparaissent dans un premier temps comme inclassables. Il est aussi tributaire des techniques utilisées, surtout si elles sont appliquées à mauvais escient. Ces techniques doivent être maniées avec rigueur, mais elles ne sont en aucune façon un gage de scientificité (Demoule, 2002).

### 1.2.3 Formulation et validation des hypothèses

Il s'agit ici des opérations mentales durant lesquelles l'archéologue passe des restes matériels collectés, relevés ou interprétés, etc. à la proposition de diverses hypothèses relatives aux objectifs de l'étude envisagée. Cette deuxième étape de la démarche archéologique peut avoir deux principales ramifications (Gardin J.-C., 1979. ):

1. L'interprétation du traitement: Cette étape est, évidemment, le but même de la démarche archéologique, les précédentes ne faisant que la préparer. En effet, c'est à cette étape que l'archéologue doit recourir à des théories préexistantes sur les sociétés humaines. Le plus souvent, les «paquets» qu'il a reconnus parmi les données sont interprétables, soit en termes de temps (des périodes successives), soit en termes d'espace (des «cultures», des écoles, des «styles», etc.), soit en termes de fonction (des panoplies d'objets de fonctions différentes, des objets attachés à des statuts sociaux distincts selon l'âge, ou le sexe, ou le rang social, etc.). C'est seulement lorsque l'archéologue ne débouche sur aucun résultat interprétable qu'il est en droit de remettre en question les étapes antérieures (Demoule, 2002).
2. La validation de l'interprétation: À défaut d'un mécanisme de preuve, toute interprétation, quel que soit son intérêt, reste dans le domaine de l'hypothèse et n'appartient pas encore à l'ordre du discours scientifique. C'est une fois l'interprétation validée, ou infirmée, que l'on pourra revenir à la première étape, afin de modifier éventuellement les objectifs de départ, et ainsi de suite (Demoule, 2002).



#### 1.2.4 Le modèle conventionnel de la démarche archéologique

Dans l'activité de l'archéologue, la fouille demeure l'acte fondamental qui consiste à dégager les éléments architecturaux (et autres) retrouvés sur les sites afin qu'ils puissent être étudiés dans leur contexte. Les informations recueillies représentent des données brutes qui n'apportent pas, en tant que telles, de renseignements utiles. Elles peuvent, par exemple, être répertoriées dans des fiches ou stockées dans une base de données, mais tant qu'elles ne sont pas exploitées, elles ne peuvent fournir aucune information.

Il est clair que tout au long de son travail, l'archéologue fait appel obligatoirement à un corpus de connaissances puisées dans des contextes extérieurs aux découvertes. L'impasse dans laquelle se trouve l'archéologie aujourd'hui commence par ce point (Djindjian, 1991). De nombreux travaux contestent la mise en évidence de la description des faits archéologiques et de leurs interprétations (J. C. Gardin, 1987).

D'après Gardin (1980), le processus intellectuel suivi par les archéologues dans leur travail de reconstitution archéologique peut être divisé en trois catégories (figure ...):

- La première rappelle que le processus d'acquisition des données est, ou devrait être, déterminé par les hypothèses et l'objectif de proposition P de l'étude (P-A).
- La deuxième correspond aux applications actuelles dans le processus et les techniques d'acquisition et à la manipulation des objets matériels (A-M).
- Enfin, la troisième correspond aux opérations mentales par lesquelles l'archéologue passe de la perception des données collectées à la formulation des hypothèses de reconstitution (M - P).

#### 1.2.5 En résumé

Cette démarche comprend deux niveaux imbriqués en va-et-vient ou en boucle: d'une part entre chaque étape; d'autre part, entre les objectifs (le début) et les résultats (la fin). La figure 26 indique les positions relatives de ces deux stades dans les activités intellectuelles représentées, non pas comme une chaîne linéaire simplifiée de traitement d'informations, mais comme deux catégories d'activités en perpétuelle

interaction: les procédures d'acquisition sont et doivent être basées sur un état de connaissance et de sélection des objectifs de la recherche qui sont eux mêmes le produit d'une stratégie réfléchie. J. C. Gardin nous propose le schéma de ce processus (figure ..) (Jean-Claude Gardin, 1980).

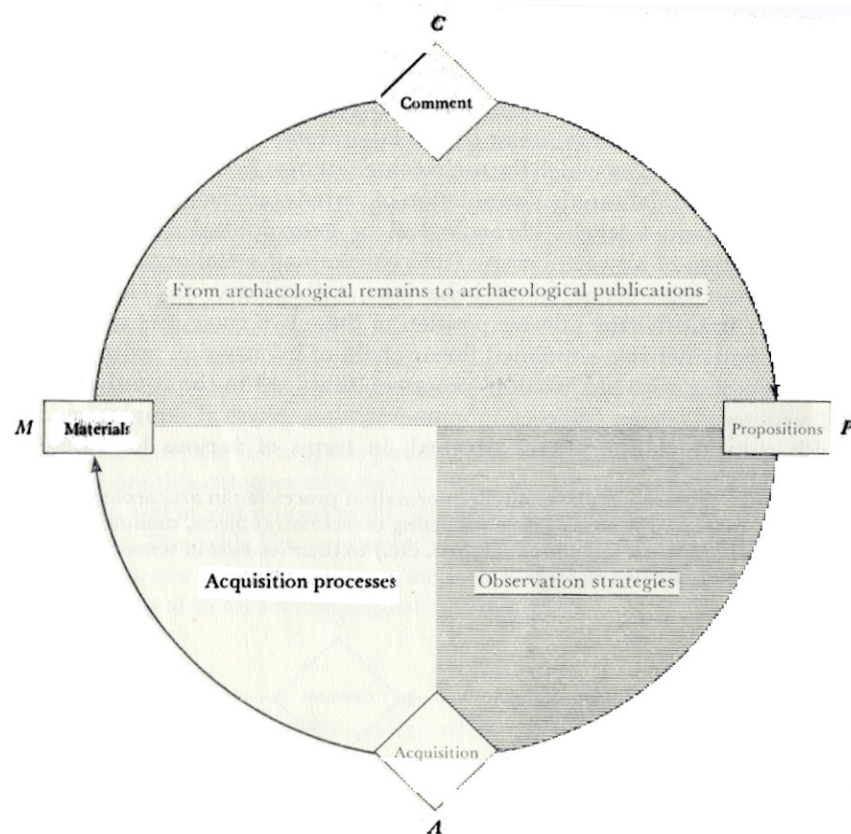


Figure 15: Le processus intellectuel en archéologie (Gardin 1980)

### 1.3 Les limites d'un discours archéologique rationnel

*«Le fait archéologique n'existe que par l'archéologue qui peut l'ignorer ou le mettre en évidence.» (Gardin 1980)*

Dans ses travaux pour une formalisation du raisonnement en archéologie dans *«Méthodes pour l'Archéologie»* F. Djindjian (Djindjian, 1991)<sup>62</sup> classe le contexte institutionnel de l'archéologie, aujourd'hui, en deux principales tendances:

1. La recherche archéologique: qui est une activité tournée vers la résolution d'inconnues archéologiques opérant dans un terrain d'expériences méthodologiques et où les techniques de traitement de l'information jouent un rôle pilote dans les problèmes théoriques de reconstitution.
2. L'archéologie des grands travaux: une activité basée sur l'optimisation des ressources disponibles où les techniques de traitement de l'information jouent par contre un rôle pilote dans l'amélioration de l'efficacité de cette archéologie.

C'est à travers ces visions que nous passerons en revue les limites d'un discours archéologique. Ces limites posent plusieurs problèmes dans la synthèse des données archéologiques pour aboutir à une reconstitution d'un modèle d'un site donné.

#### 1.3.1 Introduction

Il faut discerner dans le discours des archéologues, d'une part le traitement de l'information en archéologie et d'autre part l'interprétation de ces données par les archéologues (Jean-Claude Gardin, 1980). Ainsi, tout travail de synthèse de ces données rencontre des limites spécifiques à chaque catégorie d'information. Pour les premières données il sera question des limites du langage descriptif, pour les secondes de conjecture de la part des archéologues.

Il est important pour nous de bien saisir ces limites et d'étudier les différentes propositions de rationalité de ce discours afin d'essayer de définir sa logique sous-jacente ainsi que la base de toute méthode scientifique de synthèse qui y opère.

---

<sup>62</sup> p.339

Dans son article intitulé «*Archéologie et histoire: la tentation littéraire*», A.Galley<sup>63</sup> reproche aux archéologues d'osciller constamment entre deux types d'activités:

- La mise en évidence et la description de plus en plus méticuleuse et obsessionnelle des faits matériels susceptibles d'être révélées par les fouilles menées sur le site.
- La présentation d'explications anthropologiques et historiques censées rendre compte de tous les aspects de la vie de l'homme d'autrefois.

Il regrette par la suite cette position inconfortable, en démontrant la fragilité des liens unissant les deux étapes jugées comme également indispensables. A. Galley (Galley., 1998) parle même d'un divorce fondamental existant entre la mise en évidence et la description des faits archéologiques et leur interprétation.

Il exprime deux constatations: La première concerne la place ambiguë de l'archéologie par rapport aux sciences et à la littérature, la deuxième, l'état de pauvreté des vestiges, même les plus spectaculaires, par rapport à l'extrême richesse de la société qui les a produits.

### **1.3.2 Représentation des faits et Formalisation des données dans la démarche archéologique**

Le travail de l'archéologue présente deux difficultés résumant toutes les autres: le caractère subjectif de l'interprétation et le caractère relatif de l'évidence en archéologie (Camps & Chenorkian, 1990). Ainsi, un fait, avant même de s'exprimer dans un rapport ou dans une publication et avant de faire jour dans l'esprit du chercheur, passe nécessairement par deux opérations intellectuelles: l'observation de ce fait d'abord et son interprétation ensuite (Jean-Claude Gardin, 1991). La valeur de ces deux opérations dépend largement de la qualité de l'archéologue, de l'acuité de son regard, de sa faculté de raisonnement et encore plus de l'étendu de son expérience et des références qu'il a en mémoire.

---

<sup>63</sup> A. Galley. *Archéologie et Histoire: la tentation littéraire*, École Antique de Mine, Bulletin n°24, 1993-1998

Dans le cas des fouilles, et en dépit des appareils d'enregistrement de plus en plus sophistiqués (photogrammétrie, relevé laser et autres moyens informatiques...), rien ne peut évacuer la subjectivité de la démarche archéologique. C'est une des hantises du fouilleur débutant que de décider de ce qu'il doit retenir, de ce qu'il doit respecter et de ce qu'il peut évacuer. C'est un choix subjectif, bien que raisonné, qui dictera l'enregistrement et fera le tri de ce qui doit être relevé et de ce qu'on peut négliger. La subjectivité augmente quand, du fait, on passe à sa signification, et elle s'élève au fur et à mesure que s'accroît la part de l'abstraction et de la généralisation.

Les approches des archéologues varient selon leurs formations, selon l'ensemble architectural étudié et selon le savoir-faire qu'ils ont acquis dans d'autres projets. Prendre position pour un modèle particulier (comme le fait l'approche analytique) implique la non considération de tous les autres, approche qui ne peut être appliquée dans le domaine archéologique, où tous les éléments sont interdépendants et indissociables.

### **1.3.3 Les faits et leurs représentations**

Nombre de données analysées par les chercheurs en Sciences Humaines ne sont pas constituées par des faits mais par des représentations de ces faits. Les historiens travaillent souvent sur des textes qui ne sont pas toujours une description fidèle des faits mais, pour des raisons littéraires évidentes, une présentation enjolivée. Cependant, même les documents, dont la teneur est très éloignée de la réalité comme les légendes ou les mythes, ne sont pas dénués d'intérêt pour l'historien car ils relatent des événements qui se sont déroulés et qui constituent aujourd'hui un des rares témoignages subsistants. Les faits ne sont dans ce cas appréhendés qu'au travers de leur représentation, ce qui oblige à une certaine distanciation entre les données et les faits qu'elles caractérisent :

*" L'historien analyse des écrits qui sont des symboles, ils ne servent que par les opérations d'esprit qu'ils produisent, par les images qu'ils évoquent. En histoire, on ne travaille jamais que sur des images ..., on ne travaille pas sur des objets réels mais sur des représentations de ces objets ". (Auda, 1997)*

L'idée de différencier les faits de leur représentation est moins présente chez le chercheur qui analyse des données dont il est l'auteur ou lors de la collecte des données qui se fait au travers d'un appareillage auquel la technicité confère un certain caractère d'exactitude.

Notre compréhension n'est jamais constituée d'une collection de faits. Elle est toujours construite autour d'une représentation de la réalité dont l'argumentaire s'appuie sur les faits. De nouveaux faits peuvent bien sûr invalider cette représentation mais ce sera toujours pour en construire une nouvelle. Nous ne pouvons agir autrement car seule la représentation des faits guide nos interprétations. Chenorkian (Camps & Chenorkian, 1990) exprime précisément les raisons conceptuelles qui font que l'analyse de la préhistoire ne sera jamais qu'une représentation de la réalité vécue par les hommes:

*« Ces objets issus des fouilles ne sont nullement directement interprétables. Pour pouvoir les exploiter, il faut d'abord les nommer. Les données archéologiques ne sont donc nullement une réalité issue naturellement des vestiges archéologiques, mais bien une lecture que le préhistorien en réalise, à partir d'un savoir que lui-même et ses prédécesseurs ont établi hors de tout lien direct avec la réalité " palethnologique " définitivement disparue.»*  
(Camps & Chenorkian, 1990)

Les archéologues sont donc conscients que la collecte de toute information ne peut être neutre. Ils sont confrontés à la difficulté de réaliser des enregistrements qui peuvent être interprétables postérieurement par d'autres chercheurs. Les caractéristiques des données qu'ils recueillent sont dépendantes de leurs orientations scientifiques et de leur degré de compréhension du matériel pendant la fouille (Auda, 1997)

### 1.3.4 Formalisation des données

La démarche scientifique conduit à formaliser, à orienter notre perception des faits dans le but de les comparer et d'en construire des représentations explicatives. Parmi toutes les informations qui parviennent à nos sens, cet objectif a conduit à sélectionner celles qui pouvaient apporter une réponse à la question posée. De plus, seule la quantité d'information jugée nécessaire a été retenue. Cette sélection des faits jugés pertinents est primordiale, en particulier en sciences humaines où l'information est multiforme, irrégulière, implicite ... Elle dépend des problématiques de recherche et elle est aussi fonction des écoles de pensée (Auda, 2001).

L'enregistrement d'une configuration spatiale, du nombre de vestiges retrouvés trouve une correspondance simple dans le jargon informatique qui traite le fichier, d'enregistrement et de champ. Cette étape est aujourd'hui bien maîtrisée et elle ne présente pas de difficulté particulière tant que l'étude ne porte que sur une perception pure des faits. Par contre, le décryptage des systèmes symboliques relatifs aux textes, à l'iconographie, aux décors ou à l'architecture pose des problèmes méthodologiques que le chercheur doit résoudre.

### 1.3.5 Les unités du traitement de l'information en archéologie

C'est bien «le langage archéologique»<sup>64</sup> qui est mis en question à ce niveau. Il convient de mentionner dans ce cadre, les travaux de M. Borillo (Borillo, 1969) au sein du centre d'analyse documentaire pour l'archéologie. Il démontre par des observations que le langage archéologique employé dans les travaux analysés, à supposer qu'un lecteur ait entrepris de le restituer, ne permettrait pas de reproduire à coup sûr, une fois restitué, les descriptions de l'auteur en raison des ambiguïtés inhérentes au langage même.

On reconnaît là le fait banal de la « synonymie », au sens large. Le propre des langages scientifiques est de réduire, dans la description de quelques phénomènes que ce soit. M. Borillo remarque, en passant, que le phénomène de la « polysémie » est tout aussi fréquent. Il subsiste en effet dans la terminologie, des mots ou des

---

<sup>64</sup> Selon l'expression de J. C. Gardin

expressions dont l'interprétation objective est laissée à la discrétion du lecteur, sans que la référence implicite au sens commun soit garantie suffisante de l'univocité ici encore désirable. Il conclut qu'il est à craindre que la mise en œuvre d'un tel langage, que ce soit dans le sens de la description, de l'objet aux signes, ou celui du déchiffrement, des sens de l'objet ne donne lieu à des équivoques incompatibles avec la cohérence que l'on s'efforce d'atteindre.

Il n'est pas facile pour les chercheurs traitant de l'information archéologique d'échapper aux inconvénients et difficultés qui résultent de la description archéologique des informations. Dans ses travaux, examen critique d'une classification M.S, Lagrange (Lagrange, 2000) rencontre des difficultés qui se traduisent par des insuffisances de classification étudiées, communes à de nombreux ouvrages en histoires de l'art. Ces difficultés peuvent être expliquées par la forme même des textes auxquels s'attachent tous les agréments et tous les inconvénients d'un langage «naturel». Elle définit ces derniers en deux points:

- Un certain contexte, composé à la fois de connaissances et de jugements d'ordre historique, technique, esthétique, etc., supposé commun à l'auteur et à ses lecteurs, l'auteur s'y réfère de manière constante, irrégulière, implicite, si bien que le texte est incomplet dans ses énoncés, sans présenter nécessairement toutefois un aspect contradictoire. Le lecteur «connaisseur» éprouve ainsi l'agrément que procure l'entente «à demi mot» avec un autre connaisseur.
- Les illustrations graphiques ou photographiques, qui sont présentées à côté du texte écrit, jouent un rôle de pièces à conviction, dispensant l'auteur d'être précis et systématique dans ses analyses descriptives. L'exploitation de ces images procure un plaisir qui n'est pas seulement visuel mais aussi intellectuel, car finalement le lecteur conserve une certaine liberté de les interpréter lui-même, dans la mesure où l'information écrite est défaillante. Faits pour être consultés à vue, ces textes résistent à l'analyse de telle sorte qu'il est extrêmement difficile d'en reformuler le contenu



Elle conclut ses critiques par le fait que les problèmes d'ordre séméiologique influent largement, à son avis, sur les résultats de la connaissance, en Histoire de l'Art comme en Archéologie.

Ginouvès et Guimier-Sorbets (Ginouvès & Guimier-Sorbets, 1978) pensent que les descriptions traditionnelles des archéologues ne conviennent pas à la constitution des données. Les synonymies, les polysémies, les irrégularités de toutes sortes fournissent des descriptions diversement incomplètes qui ne peuvent servir à la constitution des données. Ces auteurs créent un «langage descriptif normalisé» qui se substitue au «langage naturel». Ce nouveau langage autorise une saisie rationnelle de l'information et permet l'automatisation des traitements de données. Cette démarche qui s'est développée dans les années 80, période euphorique où beaucoup pensaient que l'informatique révolutionnerait la pensée archéologique, n'a pas fourni les résultats escomptés. Ce relatif échec est dû à une fausse objectivité liée à ce type d'opération. L'établissement d'un nouveau " langage normalisé " ne remplace pas toutes les descriptions précédentes mais crée un nouveau point de vue avec ses qualités et ses défauts inhérents à tout travail de recherche. Les travaux de Ginouvès et Guimier-Sorbets ne concernent pas la simple saisie des informations selon une procédure neutre, exempte de tout parti pris. Leur constitution des données comprend, par exemple, des sélections sur le mode d'enregistrement des objets qui conditionnent leur traitement ultérieur. Ils ne constituent donc pas des banques de données à l'usage d'un large public mais ils expriment leur point de vue scientifique dans un système informatique structuré. Ils procèdent à ce que nous appelons la formalisation des données. La formalisation est donc une nouvelle représentation des faits dont la codification est totalement maîtrisée (Ginouvès & Guimier-Sorbets, 1978).

Lorsque l'archéologue travaille à partir de rapports de fouilles réalisés par ses prédécesseurs, l'opération de formalisation des données est encore beaucoup plus délicate, car la codification des objets archéologiques a déjà été réalisée une première fois. Elle nécessite donc l'étude des codes employés pour décrire les objets auxquels l'accès n'est maintenant plus possible.

L'information enregistrée par l'archéologue est toujours codée. Implicitement lors d'une description discursive, ou plus consciemment lors de la constitution de données

informatisées. La perception de l'archéologue n'est pas celle d'un observateur ordinaire. Elle est le produit d'un apprentissage.(Auda, 2001)

Le caractère codé d'une observation dépend du centre d'intérêt du chercheur. L'activité du chercheur, lors de la cueillette des données, modifie donc "la nature " des observations. Dans une perception habituelle du monde "réel" qui nous entoure, les objets sont observés sans conscience d'une idée préalable de sélection et de codification des éléments perçus par nos sens. Dans une approche scientifique, l'acquisition des données est planifiée par un protocole. L'information enregistrée change de nature: elle devient "donnée" au sens scientifique du terme. Le protocole permet alors de préciser la quantité, les types et les structures des données à collecter. De facto, il situe les objets archéologiques (ou plus exactement leurs propriétés) dans un environnement spatio-temporel et fonctionnel modélisable par le raisonnement archéologique (Auda, 2001). Gardin (1979) exprime ce point de vue par ces termes:

*" Le propre d'une compilation scientifique par rapport à une œuvre de collectionneur est l'emploi d'un langage de représentation auquel on prête à la fois des mérites théoriques pour l'édification de la science, et des vertus pratiques pour le maniement de la documentation". (Gardin J.-C., 1979. )*

C'est cette perception pensée accompagnée d'une formalisation des données qui donne aux objets leur caractère scientifique et qui les différencie des œuvres d'art. La recherche du système de pertinence non pas des historiens mais des acteurs de l'histoire est également importante quand on cherche à expliquer les motivations des hommes dans le passé.(Auda, 1997)

Connaître le système de pertinence de l'auteur d'une donnée ou plus pragmatiquement conserver la source d'un document pour permettre d'accéder au contexte dans lequel il a été établi est essentiel. Ce conseil est également valide pour des documents récents (Auda, 1997). Les chercheurs qui nous sont contemporains, tout comme l'auteur de ce texte, raisonnent et diffusent une information en fonction de leur système de pertinence. Cette information sera à son tour reprise et réinterprétée en fonction du système de pertinence d'autres chercheurs ou de futurs lecteurs. Il est donc primordial

de toujours conserver le document original à partir duquel nous travaillons et de toujours en mentionner la source lorsque que nous le diffusons. Ne pas le faire serait supposer qu'une donnée est indépendante du contexte dans lequel elle a été collectée. De cette erreur naît la confusion réalisée entre les faits et leur représentation. (Auda, 1997)

### **1.3.6 Le «système de pertinence» en archéologie**

Pour que l'information existe, il faut que cette donnée brute soit associée à la volonté d'un acteur de l'utiliser, de la communiquer ou de l'interpréter. Pour Mucchielli (1995), «*l'information naît de la rencontre de l'intentionnalité d'un acteur et d'une donnée* ». Des bases de données pourraient être constituées sans idée précise sur leur utilisation future et un acteur pourrait, à sa guise, créer de l'information en y puisant des données. Mais toute base de données résulte déjà de la volonté de communiquer d'un acteur qui a réalisé des choix sur les caractéristiques de son contenu. La donnée brute et l'acteur, par ses intentions, forment donc un couple indissociable appelé «donnée». Celle-ci, pour être complète, doit donc obligatoirement porter la mention de sa source comme le conseille Helly (B. Helly, 1990). Son auteur, ou plus précisément sa source, est essentiel dans la constitution puis dans l'interprétation d'une donnée, car le sens qu'il lui attribue est fonction du «*système de pertinence*» de cet auteur (Auda, 1997).

Le système de pertinence d'un individu, comme le définit Mucchielli, est:

*«Un état psychologique de prédisposition. Il dépend de l'ensemble des problèmes spécifiques qui préoccupent l'individu, et de ses projets. À cet ensemble de préoccupations, formant le système de pertinence d'un individu, correspond une vision du monde et, donc, une perception sélective et subjective des éléments qu'il appréhende.»* (Mucchielli, 1995)

Plus que dans tout autre domaine, la prise en compte du système de pertinence est essentielle en archéologie, où la donnée, après un premier enregistrement, peut être, à la suite de réinterprétations successives, retranscrite sous des formes qui dépendent de l'auteur et de l'époque.

La nature, la quantité et la précision des informations recueillies sur les objets dépendent de choix qui conditionnent l'adéquation entre les renseignements susceptibles d'être fournis lors de l'interprétation et les objectifs de l'étude.(Auda, 1997) Les modes d'enregistrement et la nature même des données étudiées ont fortement évolué au fur et à mesure que la connaissance historique progressait.(Auda, 1997). Les particularités des données recueillies dépendent aussi des orientations scientifiques de l'archéologue ainsi que de son degré de compréhension du matériel pendant la fouille. Orton (1993) exprime en ces termes les relations qui unissent la collecte des données et leur interprétation:

*"Archaeological data are not something "given" (the french translation données conveys this idea well), but rather they are what we choose to extract from the incoherent mass of material that I have called archaeological evidence. If this is so, then there are a feed-back from interpretation to record, in that what is recorded is (or should be) what is needed for interpretation and, I would add, what is formally interpretable." (Orton, Tyers, & Vince, 1993)*

La donnée n'existe donc pas indépendamment du chercheur qui l'a recueillie. Elle résulte forcément de l'observation de "data" par le chercheur qui enregistre ce qu'il perçoit. Les "datas", ou "données brutes", ne peuvent donc être vues. Elles sont inaccessibles, car le fait de les recueillir leur attribue le statut de "donnée" tel que nous l'entendons.(Auda, 1997)

Les faits ne sont appréhendés qu'au travers de leur représentation, ce qui oblige à une certaine distanciation entre les données et les faits qu'elles caractérisent. L'idée de particulariser les faits de leur représentation est moins présente chez l'archéologue, qui analyse des données dont il est l'auteur, ou quand la récolte des données se fait à l'aide d'un appareillage auquel la technicité confère un certain caractère d'exactitude. (Auda, 1997)

Notre compréhension n'est jamais constituée par une collection de faits, car elle est toujours construite autour d'une représentation de la réalité dont l'argumentaire

s'appuie sur les faits. De nouveaux faits peuvent invalider cette représentation, mais ce sera toujours pour en fonder une nouvelle. Et nous ne pouvons agir d'une autre manière, car seule la représentation des faits pilote nos interprétations. Chenorkian (1990) exprime clairement les raisons conceptuelles qui font que l'analyse historique ne sera jamais qu'une représentation de la réalité vécue par les hommes:

*«Ces objets issus des fouilles ne sont nullement directement interprétables. Pour pouvoir les exploiter, il faut d'abord les nommer. L'étude typologique, qui demeure toujours à la base de notre travail, est l'exemple parfait de cette démarche normative préalable. Toutes les autres entreprises (mesures, pesées, études de répartition, etc.) procèdent également de cette nécessité de caractérisation de situations exotiques. Les données archéologiques ne sont donc nullement une réalité issue naturellement des vestiges archéologiques, mais bien une lecture que l'archéologue en réalise, à partir d'un savoir que lui-même et ses prédécesseurs ont établi hors de tout lien direct avec la réalité définitivement disparue. Le discours archéologique est donc fondamentalement artificiel.»* {Chenorkian, 1996 #358}

Les progrès scientifiques conduisent donc à des représentations de plus en plus proches de la réalité, mais ils ne parviendront jamais, par essence, à l'identique (Auda, 2001). La définition des traits distinctifs enregistrés lors de cueillette de données résulte d'un raisonnement archéologique. Elle constitue, à notre avis, l'étape la plus importante dans l'enchaînement logique des raisonnements qui conduit l'archéologue de la constitution d'un corpus de données à leur interprétation architecturale et historique. Le choix des caractères et de leur formalisation résulte donc le plus souvent de l'expérience de l'archéologue.

### **1.3.7 En résumé**

Les différentes procédures d'interprétation archéologique nous ont permis d'entrevoir certaines limites d'un discours archéologique rationnel. Les différentes attitudes face à l'interprétation des données archéologiques entraînent une façon différente de choisir les attributs. Nous avons démontré que le simple choix des faits n'est jamais innocent,

il est subordonné à de nombreuses hypothèses souvent passées sous silence. Ces dernières apportent des informations qui ne résultent pas directement des données: celles-ci ne font que les confirmer ou les infirmer.

Identifier les mécanismes qui président à la construction de représentations est fondamental dans toute démarche scientifique, car le raisonnement n'opère que par construction de représentations. Cette démarche est d'autant plus importante en archéologie dans le sens où le travail du chercheur porte sur une série de représentations qui se succèdent dans le temps.

#### ***1.3.7.1 Représentation1: Les traces matérielles et écrites***

La première de ces représentations réside dans les traces matérielles ou écrites laissées par nos ancêtres, qui constituent une représentation de la vie des hommes dans toute la complexité de leurs activités et de leurs propres représentations dont l'art en est une bonne illustration. En effet, les formes d'art les plus anciennes, peintures pariétales, figurines de l'époque néolithique, apportent la preuve que l'homme depuis les époques les plus anciennes a fabriqué des représentations de son vécu et de son imaginaire. Et c'est peut-être une de ses caractéristiques intrinsèques qui le différencie de l'animal.

#### ***1.3.7.2 Représentation2:La représentation des faits***

La seconde représentation dépend du travail du chercheur. Elle est constituée par la simple perception des faits qui sont, par voie de conséquence, inaccessibles puisque la simple action de les observer leur ôte le statut de fait et leur confère celui de représentation que nous appelons habituellement donnée. Cette construction de la donnée est souvent essentielle dans les sciences du passé, car son enregistrement ne peut pas être renouvelé. Rappelons qu'en histoire, elle est l'œuvre des auteurs des textes et qu'en archéologie, elle correspond, par exemple, aux rapports de fouille.

#### ***1.3.7.3 Représentation3: La formalisation des données archéologiques***

La troisième représentation est obtenue par une formalisation contrôlée des données qui est toujours réalisée par l'historien, et qui n'est indispensable à cette étape pour l'archéologue que quand il travaille sur des informations recueillies par ses prédécesseurs. Quand l'archéologue étudie les données recueillies par ses soins, la

formalisation intervient avant la collecte des données, car elle est tributaire de la définition du protocole de fouille.

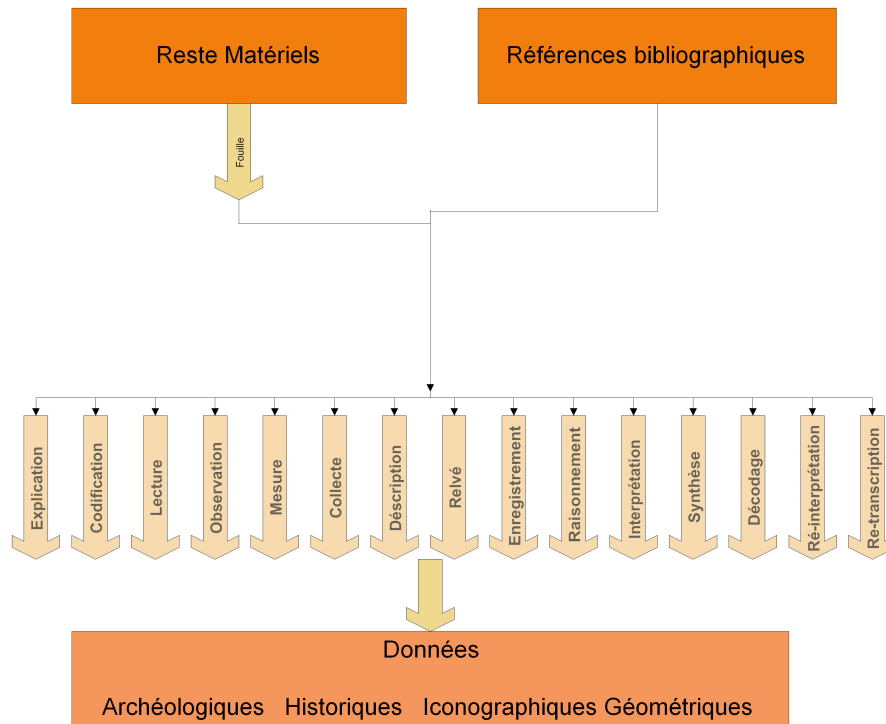


Figure 16: La formalisation des données

Comme aucune de ces représentations ne peut être neutre car toutes sont conditionnées par le système de pertinence de chacun de leur auteur respectif, la tâche de l'archéologue et de l'historien est donc de décortiquer, pour mieux comprendre, l'ensemble de ces représentations imbriquées pour en construire une nouvelle qui leur appartient en propre et qui parle sur les faits, objet de leur étude, mais qu'ils ne peuvent atteindre directement (figure 27).

#### 1.4 Les limites des conjectures et des hypothèses archéologiques

Il s'agit dans cette partie d'explorer la deuxième phase du processus de reconstitution archéologique. Nous commençons par dresser un premier tableau général de ses

différentes composantes et mécanismes et nous allons passer ensuite à explorer les différents types de raisonnement utilisés par les archéologues. Notre objectif est d'explorer les assises théoriques des différents modèles d'Explication en archéologie.

#### **1.4.1 Introduction**

Les différentes procédures d'interprétation archéologique nous ont permis d'entrevoir certaines limites d'un discours archéologique rationnel. Les différentes attitudes face à l'interprétation des données archéologiques entraînent une façon différente de choisir les attributs. Nous avons démontré que le simple choix des faits n'est jamais innocent, qu'il est subordonné à de nombreuses hypothèses souvent passées sous silence. Ces dernières apportent des informations qui ne résultent pas directement des données: celles-ci ne font que les confirmer ou les infirmer.

À cette étape, l'archéologue ne dispose pas encore de toutes les données nécessaires et il doit alors construire au delà de ce qu'il a observé. Cette «anticipation de l'expérience» que Claude Barnard a qualifié d'«idée préconçue» consiste à exposer et à expliciter les conséquences d'une hypothèse et à prévoir quelle sera leur traduction dans le corpus que constituent les vestiges archéologiques étudiés. L'importance du raisonnement est plus cruciale lorsqu'il s'agit de vérifier si, à partir des données observables, on retrouve la traduction des conséquences prévues. Il faut pour cela, revenir au corpus des données retenues et aux différentes relations qui les unissent à travers une stratégie bien établie qui vise à organiser l'ensemble des opérations permettant le contrôle souhaité et donnant des résultats clairs.

Pour rendre compte de nouvelles observations, il faut passer des faits aux idées, des observations aux propositions qui peuvent la justifier, des indices aux différentes hypothèses qui les expliquent. Une fois le problème retenu et l'hypothèse émise, il reste alors à la vérifier. Cette démarche implique que l'archéologue revienne des idées aux faits, dans les meilleurs des cas, par un raisonnement déductif ou une phase «Hypothético-déductive». Faute de démonstration directe, il s'agit de vérifier l'hypothèse avancée à posteriori en s'appuyant sur son efficacité logique ou sa valeur heuristique.



Ainsi, on revient aux idées à travers une nouvelle induction et, une fois l'hypothèse vérifiée, elle devient, ce qu'on appelle dans le contexte scientifique, une «loi» et dans un contexte historique un «fait historique». D'après Salmon and Salmon <sup>65</sup> (1979), Une loi est:

*“is simply a statement of regularity concerning the observed “linkage” or concurrence of an event and the circumstances always cooccurrence of the event and its surrounding the event. If such an event and its surrounding circumstances always coocure, are always linked, then the statement of regularity is a universal law.”* (M. Salmon & Salmon, 1979)

Cette recherche de vérification implique impérativement que l'hypothèse soit formulée de façon claire précise. Elle doit être simple et connexe à la vraie évidence. Le problème est alors: quelle hypothèse doit-on tester ? Il est important de formuler des hypothèses d'une manière correcte et selon une méthode bien définie qui pourrait facilement confirmer ou pas la validité de la thèse.

#### **1.4.2 Modèles de compréhension**

Le caractère artificiel de nos constructions explicatives des phénomènes que nous étudions existe dans toutes les disciplines sous des formes différentes. En histoire, d'éminents historiens ont cherché à valider des théories d'organisation de la société humaine par des événements historiques. Pour plusieurs historiens, le marxisme fournit les clefs qui permettent de comprendre l'évolution historique de notre société au cours des deux derniers siècles (Vilar, 1982). Cette conception est pour nous aujourd'hui, éminemment artificielle et a le mérite de l'être car elle permet de séparer ce qui est de l'ordre du fait, de sa représentation. Les théories de l'Idée développées par Hegel puis reprises par Humbold sont un autre exemple de la recherche par l'historien d'une représentation que nous pouvons concevoir avec nos référents actuels comme une pure construction de l'esprit. Le concept de l'Idée postule l'existence

---

<sup>65</sup> (M. Salmon & Salmon, 1979)

d'entités métaphysiques sous-jacentes à nos observations que le philosophe ou l'historien doit rechercher pour progresser dans la connaissance. (Auda, 1997)

De même, le caractère artificiel de la démarche explicative est complètement conscient en sciences exactes où le formalisme associé aux modèles démontre qu'une construction produite par notre raisonnement ne peut pas être considérée comme la réalité.

Les modèles de compréhension de nos objets d'étude sont donc de pures constructions abstraites dont les vertus simplificatrices des phénomènes modélisés ne cachent pas qu'ils sont fabriqués par l'homme. Et c'est l'une de leur qualité car, en supposant que cela soit possible, un modèle qui reproduirait à l'identique en utilisant les mêmes éléments constitutifs les objets étudiés n'aurait aucune vertu simplificatrice indispensable à une meilleure compréhension. Si les modèles simulaient à la perfection les phénomènes étudiés, le hasard que nous pouvons considérer comme la part de l'information qu'ils ne peuvent expliquer n'existerait pas. Il est aisé de comprendre que de tels modèles seraient d'une complexité effroyable.

Cette impossibilité conceptuelle de comprendre l'ensemble des choses en quelque domaine que ce soit ne doit pas cependant conduire à rejeter l'activité scientifique qui est la seule, à notre avis, qui fournisse une compréhension de plus en plus grande de notre monde bien qu'elle ne puisse être jamais ni totale, ni parfaite. Comme Bouveresse l'a dit:

*" Prétendre qu'il n'y a pas du tout de vérité simplement parce qu'il n'y a pas de vérité définitive, revient à épouser implicitement le préjugé caractéristique des conceptions fondamentalistes et absolutistes de la vérité, que l'on prétendait dénoncer ". (Bouveresse, 1984)*

Afin de progresser dans notre analyse, nous ne devons pas nous détourner de la démarche scientifique qui a évolué et qui seule peut se renouveler. Nous ne devons pas oublier que toute connaissance est une construction produite par l'homme, c'est-à-dire artificielle. Si toutes les sciences recourent à une part de l'imaginaire et s'appuient sur des constructions de l'esprit, pourquoi certaines sciences sont-elles plus gênées par

cette impossibilité d'accéder à la vérité. Les sciences humaines nourrissent ce complexe d'imperfection comme en témoignent quelques ouvrages sur la crise de certaines disciplines (Noiriel, 1996).

### 1.4.3 Le modèle d'explication en archéologie

Après une période où beaucoup d'espoir a été mis sur le fait que les philosophes étaient capables de reformer l'explication archéologique, beaucoup d'archéologues ont été désillusionnés, bien que l'échange entre archéologues et philosophes ait stimulé la recherche sur la possibilité et la nature des lois archéologiques et aussi sur des modèles alternatifs d'explication, ce qui a permis de prendre conscience de la complexité du problème d'explication en archéologie.(Wylie, 2002)

Les archéologues et les philosophes conçoivent le problème de deux manières différentes (Wylie, 2002):

- Les philosophes se sont intéressés surtout à la structure formelle de l'explication scientifique.
- Les archéologues étaient (et sont toujours) intéressés aux aspects plus substantifs du problème.

Ces deux approches d'explication, et le fait que les différences n'ont pas été toujours reconnues explicitement, ont été des sources de confusion et de déception dans le dialogue entre les archéologues et les philosophes. En effet, une grande partie de cette confusion a émané de l'expression «modèle d'explication» conduisant vers deux sens distincts et égaux: un préféré par les archéologues et l'autre par les philosophes. (Wylie, 2002)

Dans le vocabulaire philosophique, un modèle d'explication fait référence à «*un ensemble de critères d'adéquation de n'importe quelle explication scientifique par rapport à un sujet particulier*» (Wylie, 2002). Le modèle d'explication dans ce sens ne prend en compte que des considérations empiriques générales, comme la véracité de l'explication prétendue. Au lieu de cela, ils se concentrent sur les aspects formels de l'explication, comme les relations logiques, la description des événements à expliquer et les explications avancées. Un ensemble particulier de critères est proposé, pour ensuite être testé afin de vérifier si les explications, qui paraissent intuitivement

satisfaisantes, vérifie ces critères ou non. Afin de développer une théorie d'explication «adéquate», un philosophe doit avoir assez d'informations empiriques pour reconnaître et comprendre les explications qui sont considérées aussi réussies par les praticiens dans les diverses disciplines scientifiques. Mais ceci ne constitue qu'un point de départ car les principes, grâce auxquels ces explications sont considérées réussies, ne sont pas faciles à discerner. C'est pourquoi un travail philosophique de nature non empirique doit être effectué pour les faire ressortir.

Pour les archéologues, le terme «modèle d'explication» est surtout utilisé en référence à «*un modèle empirique qui présente une structure ou un contexte dans lequel des phénomènes incomplets ou mal compris peuvent être placés*» (Wylie, 2002). Quand les archéologues parlent de sélectionner un modèle d'explication, ils sont concernés par un problème substantif: Quelle structure empirique générale permet de mieux représenter, organiser, comprendre et décrire correctement les phénomènes en archéologie ?

Les archéologues croient que ce genre de questions va trouver une réponse, si une réponse existe, par une accumulation et une réponse attentive des données empiriques, et non pas par la considération des types utilisés par les philosophes.

#### **1.4.4 L'explication scientifique en archéologie**

Deux intuitions ont guidé une grande partie des discussions sur les explications scientifiques en archéologie:

- D'après la première, «The inferential conception», donner une explication scientifique à un phénomène revient à construire un argument qui montre que l'événement à expliquer était attendu sur la base des faits explicatifs. C'est la conception que Hempel avec d'autres philosophes de la science ( incluant R. B. Braithwaite (1953), Ernest Nagel (1961) et Karl Popper (1959)) ont défendue et élaborée.
- D'après la deuxième, «The causal conception», donner une explication scientifique revient à identifier les facteurs causals qui ont produit l'événement à expliquer. Cette conception a donné naissance à plusieurs critiques du

modèle de Hempel (Scriven 1975, Wright 1976), et à certaines critiques du modèle S-R (Cartmill 1980, King 1976, Lehman 1972).

En appliquant soigneusement des techniques scientifiques dans les fouilles et dans l'analyse de leurs résultats, les archéologues essayent de reconstruire les anciens modes de vie et de comprendre le développement et l'évolution des différentes sociétés.

Une des méthodes favorites proposées par les nouveaux archéologues est la méthode hypothético-déductive (figure 28). Celle-ci est constituée fondamentalement de trois phases:

1. la formulation d'une hypothèse
2. La déduction d'une certaine prévision,
3. Par l'observation, cette déduction sera considérée vraie ou fausse. Si la prévision est vraie, l'hypothèse est confirmée, si non, elle est infirmée.

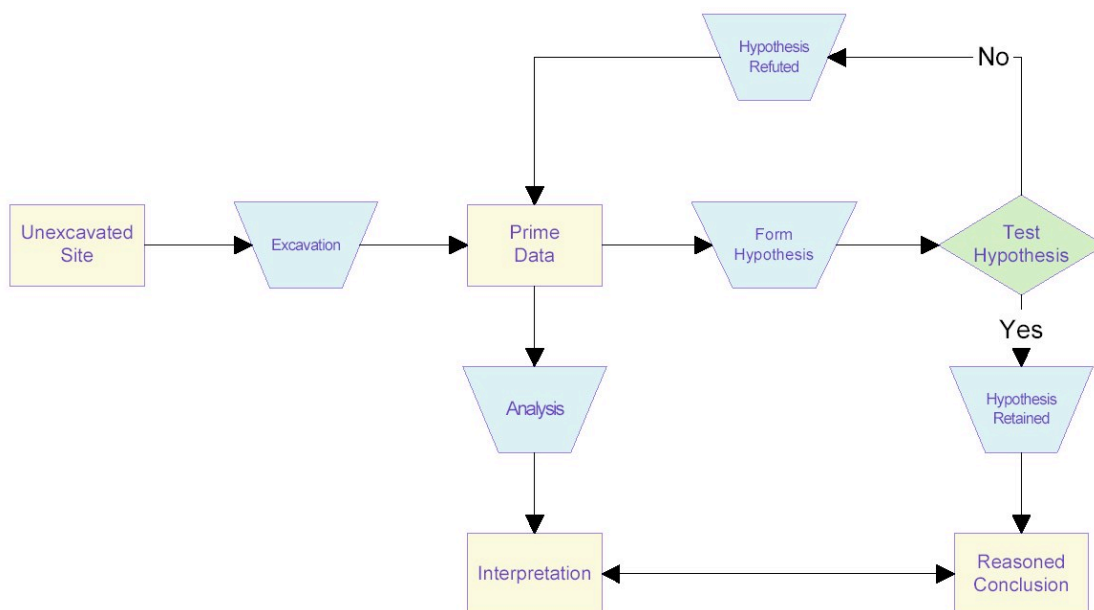


Figure 17: La méthode hypothético-déductive (C. J. Lyes, 1998)

Cette méthode semble être insatisfaisante pour certains archéologues puisqu'elle emploie essentiellement l'hypothèse statistique et cette méthode produit, en utilisant des hypothèses, d'autres statistiques qui doivent être considérées. Le résultat perd de la simplicité et présente une possibilité importante d'erreur. Cette méthode est cependant importante pour la partie la plus scientifique de l'archéologie, moins quand des comportements humains sont considérés.

#### **1.4.5 Explication fonctionnelle**

Les archéologues définissent la fonction des objets pour expliquer leur présence dans les enregistrements archéologiques. La définition de la «*fonction*» peut changer de la signification du travail pour lequel un objet a été conçu et le but pour lequel il a été employé, consciemment ou pas. Cette approche a pour but de trouver la fonction afin d'expliquer que l'évidence, vient de l'anthropologie et a été adaptée dans l'archéologie. Les archéologues emploient souvent des explications fonctionnelles qui sont valables pour leur travail mais ils ont, dans beaucoup de cas, une certaine crainte à l'admettre. Le problème est qu'il y a trop d'explications possibles. Hempel a indiqué pour cette raison, que les explications «*fonctionnalistes*» sont en réalité des explications partielles ou peut-être elles ne sont pas des explications du tout (Carl Gustav Hempel, 1965, 1966).

##### **1.4.5.1 Le modèle «Déductif-Nomologique»**

Parmi les modèles philosophiques employés dans la science pour expliquer des faits et des choses, il y a le modèle «Déductif-Nomologique». Il a été défini par Barbara Ann Kipfer<sup>66</sup> comme:

*«A formal method of explanation based on the testing of hypotheses derived from general laws. A general law is established, the ramifications are deduced, the ramifications are then deduced,, and the ramifications are then used to explain a specific set of data.»*

---

<sup>66</sup> Encyclopedic Dictionary of Archaeology, Springer, 2000

Ce modèle se compose de quelques affirmations préliminaires et d'une conclusion qui est la description du phénomène à expliquer. La relation entre ces deux éléments est déductive. Ce modèle exige que des lois universelles soient énoncées dans les lieux, mais il n'est pas très efficace puisque avec un argument légèrement plus compliqué, il donne seulement une explication partielle. (Smith, 1982)

#### ***1.4.5.2 Le modèle «statistique-inductif»***

Hempel a ensuite proposé le modèle «statistique-inductif» qui a sa différence principale dans l'emploi des lois statistiques comme les affirmations. Le résultat, cependant, ne change pas. Beaucoup d'archéologues ont accepté ces deux modèles d'explication, mais en tant qu'explications défectueuses (M. H. Salmon, 1982).

L'essai de Hempel-Oppenheim (1948) annonce explicitement le fait qu'il existe une explication scientifique pour les «statistical sort». La première tentative sérieuse de développer une théorie systématique de l'explication statistique a été offerte par Hempel (Carl G. Hempel, 1962b; Carl Gustav Hempel, 1965). Une coquille de cette théorie a été présentée dans (Hempel 1962b), et la théorie a été raffinée en 1965 (Carl Gustav Hempel, 1965). Les propos majeurs de la conception «inférentielle» de l'explication scientifique reconnaît l'existence d'une explication statistique et donne une assise philosophique à ce schéma. Le modèle inductif-statistique est le résultat. Hempel n'a jamais prétendu que toutes les explications scientifiques acceptables doivent se conformer au schéma du modèle D-N.

De la transition des explications D-N vers les explications statistiques fait ressortir les différences fondamentales entre la conception causale et inférentielle.

#### ***1.4.5.3 Le modèle «statistique-probabiliste»***

Ce modèle a été défini par Salmon comme suit:

*«If the cooccurrence of the event and its surrounding circumstances is anything less than 100%, the statement describing their linkage is a statistical or probabilistic law» (M. Salmon & Salmon, 1979)*

Les lois statistiques ou probabiliste ne sont pas forcément exprimées sous forme numérique; elles peuvent aussi être exprimées en utilisant des phrases «inspécifiques» comme: préférable, plus fréquents...(Smith, 1982)

Salomon nous donne plusieurs clarifications sur le rôle des lois et des simili-lois dans le raisonnement archéologique: Si les affirmations ne peuvent être considérées comme vraies, elles sont appelées des affirmations «simili-lois» (lawlike statements).

Il est évident (en prenant en considération la définition de Salomon de la loi en archéologie) que l'explication archéologique va continuer à inclure des généralisation des «simili-lois» statistiques ( statistical-lawlike generalisation).

#### ***1.4.5.4 Modèle de «pertinence-statistique»***

Après ces critiques, W. C. Salmon (M. H. Salmon, 1982) a proposé le modèle de «pertinence-statistique» (statistic-relevance). Ce modèle ne voit pas les explications comme des arguments. Un argument est un ensemble d'affirmations, où certaines des affirmations, des lieux qui fournissent de l'évidence pour la vérité d'un autre rapport: la conclusion. En introduisant le temps dans l'analyse, la conclusion devient une prévision. Ceci se produit quand les affirmations se sont produites avant la conclusion et tous les deux ont eu lieu certainement selon l'évidence matérielle. Les affirmations du modèle dans ce cas-ci constituent les affirmations et la conclusion qu'ils établissent après une relation de cause à effet entre eux. Ce modèle exige des informations sur les facteurs statistiquement appropriés, qui parfois ne peuvent pas être fournis.

Mis au point par Wesley Salmon (W. Salmon, 1971) afin de surmonter les difficultés de la logique fondamentale dans les modèles D-N et le I-S (inductif-statistical), le modèle S-R est basé sur l'idée que les faits explicatifs ou les circonstances qui les entourent doivent déterminer l'occurrence ou la non-occurrence de l'événement à expliquer au lieu de considérer l'événement hautement probable comme dans le D-N et le I-S.(Smith, 1982)

Plus spécifiquement et d'après Wesley Salmon:



*«According to the statistical-relevance model of scientific explanation, an explanation is an assemblage of factors that are statistically relevant to the occurrence of the event to be explained, accompanied by an associated probability distribution.»(M. Salmon & Salmon, 1979)*

Sous le modèle S-R, un événement est expliqué à travers une comparaison contrôlée, d'une part des situations avec les circonstances qui l'entourent et dans lesquelles l'événement se produit et d'autre part des situations avec les circonstances qui l'entourent et dans lesquelles l'événement ne se produit pas.(Smith, 1982). Les faits explicatifs sont ceux qui «font la différence entre l'occurrence ou la non-occurrence de l'événement à expliquer»(M. Salmon & Salmon, 1979)

#### **1.4.6 La limite des explications archéologiques**

L'archéologue essaye de rendre des lois archéologiques plus scientifiques. Il essaye d'expliquer ces lois en tant qu'affirmations qui décrivent les raccordements persistants et significatifs parmi des régularités observées. L'idée selon laquelle chaque événement, qui se produit, peut être inclus dans une certaine loi universelle s'appelle le déterminisme. La vérité, ou non vérité, du déterminisme a été discutée longuement par d'autres chercheurs avec différents résultats. L'essentiel pour l'archéologue est de ne pas considérer ces lois comme une vérité absolue et infaillible, qui ne peuvent être modifiées: il peut employer des lois statistiques sans prétendre produire les lois universelles qui de toute façon seraient limitées. Ceci n'empêche pas la considération de l'archéologie comme science. La Science se base sur des lois. La considération que l'archéologie n'est pas une science parce qu'elle n'applique aucun modèle identifié a été défendue par le fait que chaque science étudie un sujet différent et donc pourrait employer un modèle différent. Le fait que les archéologues peuvent employer des lois scientifiques est une preuve que l'archéologie peut être également une science. (M. H. Salmon, 1982)

N'importe quel rapport dans l'archéologie, comme les lois, doit être confirmé. Une fois que la confirmation est interprétée comme relation entre les affirmations, on fait

appel à la logique. La logique permet d'atteindre une confirmation que la vérité d'un certain rapport peut garantir la vérité des autres. La logique fournit également les directives qui nous permettent de rejeter quelques affirmations sur la base d'autres. Le raisonnement déductif est important dans l'archéologie, mais c'est le raisonnement inductif qui est le plus important pour les archéologues puisque le problème de confirmer des affirmations au sujet du passé sur la base de l'évidence matérielle dans le présent est un problème de la logique inductive. Mais les arguments inductifs fournissent dans leur conclusion plus d'informations que dans leurs lieux et ceci signifie qu'ils pourraient être faux même si tous leurs lieux sont vrais. (M. H. Salmon, 1982)

La preuve a été considérée longtemps comme impossible en archéologie puisque, contrairement aux autres sciences sociales, les acteurs des civilisations anciennes n'étaient, par définition, plus questionnables pour des fins de vérification et que, contrairement aux sciences de la nature, on ne pouvait recommencer indéfiniment les mêmes expériences sur les mêmes matériaux. Appuyer de telles affirmations c'est ignorer que, dans les sciences sociales, ce que nous disent les acteurs sociaux n'est pas nécessairement le plus important. C'est plutôt, comme le savent bien psychologues ou sociologues, ce qu'ils ne nous disent pas (Demoule, 2002).

Même dans les fameux sondages d'opinion qui, en dehors de leur fiabilité statistique et de la façon dont sont posées les questions, sont sujets à des interprétations fort variables, les sondeurs ne cessent de «corriger» les résultats, les électeurs de tel ou tel parti n'osant pas toujours avouer leur choix. Ce que l'ethnologie produit, ce n'est pas l'opinion d'une société sur elle-même, ce sont des modèles abstraits d'agencement des mythes ou des coutumes dans des systèmes cohérents mais inconscients. Quant aux sciences de la nature, leurs objets sont muets et toutes ne peuvent pas non plus recommencer leurs expériences: c'est le cas, entre autres, de l'astrophysique qui, travaillant sur des objets éloignés et disparus au moment de l'observation, n'est pas sans certaines analogies avec l'archéologie. (M. H. Salmon, 1982)

Une démarche scientifique a pour propriétés générales d'être répétable d'une part, prédictive de l'autre - c'est-à-dire qu'elle doit permettre de prédire un résultat.

L'archéologue doit donc se placer dans des situations qui lui permettent d'adopter cette démarche (Demoule, 2002). Il ne s'agit en aucun cas de recettes préétablies: chaque cas implique forcément une démarche qui lui est propre et qui sera « *à la fois la mieux adaptée au but poursuivi et la plus rentable en fonction de l'importance du problème posé* ». Chaque technique doit être jugée suivant son efficacité, sa pertinence et la clarté des réponses obtenues.

Dans beaucoup de cas, les archéologues deviennent trop attachés à leurs hypothèses et s'obstinent à ne pas reconnaître leurs faiblesses: c'est un piège très commun

*«L'idée n'est donc pas, ..., d'être pour ou contre le recours aux hypothèses, aux «idées préconçues» et à la subjectivité: il faut être pour dans un premier temps, contre dans un second. La question n'est pas non plus d'être pour ou contre l'induction ou la déduction: il faut d'abord utiliser l'induction, puis pratiquer la déduction et revenir enfin à l'induction.»*

À la fin de ce processus, si l'hypothèse est infirmée, elle doit être remplacée ou modifiée et confrontée encore une fois à l'observation. Les faits établis sont rarement considérés comme une certitude absolue: ils sont généralement évalués en termes de probabilités.

*«L'archéologie, ..., ne se distingue guère ... des autres sciences: ce sont les idées, beaucoup plus que les faits, qui d'un bout à l'autre font la valeur des méthodes qu'elle emploie.»*

C'est ainsi que l'archéologie prend la plupart de ses hypothèses dans des domaines de la méthode analogique, de la méthode expérimentale et finalement des investigations des autres sciences, notamment de l'anthropologie<sup>67</sup>.

De ce fait, on s'aperçoit que l'exigence de style et la limite des explications fournies dans le discours archéologique constituent des points faibles en conduisant à des reconstructions elliptiques, laissant dans l'ombre bien des étapes du raisonnement. Ces

---

<sup>67</sup> Z. Vasicek. L'Artheolosk, Phirtoire, k parse; p. 110

modèles d'explication ont été souvent l'objet d'analyse et de discussion entre archéologues et philosophes.

#### 1.4.7 En résumé

Dans une démarche historique, O. Guillaume avance dans son livre<sup>68</sup> que les conclusions sont tout d'abord choisies. Ceci est confirmé par M. J. Dhondt qui écrit:

*«On voit bien que l'historien avant d'étudier les données, aboutit finalement à une conclusion dans un sens ou dans l'autre et l'on voit bien surtout qu'une fois la conclusion atteinte, il organisera les données en fonction de la conclusion».* (Dhondt, 1963)

Z. Vasicek<sup>69</sup> aboutit à cette même limite d'interprétation archéologique en s'appuyant sur les travaux de Binford et Sabloff qui affirment:

*«Étant donné que ceux qui voient le monde d'un œil paradigmatique ont développé des conventions différentes en ce qui concerne le transfert des observations faites sur le matériel archéologique vers la conception descriptive des cultures anciennes, et vu que ces cultures anciennes ont été considérées comme des cultures ethnographiquement connues, il n'est pas étonnant que ces techniques et méthodes de classification aient été désignées pour servir d'informations culturelles, car elles conviendraient à l'idée que les archéologues se faisaient de la culture».* (Sabloff, 1990)

En effet, dans son livre l'auteur se pose la question de la méthode. Il aborde ainsi le difficile problème de la subjectivité dans la description des données, problème dû à un usage inapproprié de la méthode comparative, qui est la base de notre raisonnement il mentionne la remarque de E. Leach

*«La méthode de distinguer et comparer différents types de structures a trois défauts majeurs: a) elle n'a pas de limite logique, elle peut toujours continuer; b) elle est tautologique, elle remet en avant du déjà connu sous une forme*

---

<sup>68</sup> 113. O. Guillaume, idem

<sup>69</sup> Z. Vasicek, idem, p 108

*légèrement modifiée ; c) le choix du cadre de référence est difficile à expliquer» (Leach, 1969)*

Comme en convient O. Guillaume dans sa démarche intellectuelle, l'historien oublie vite que les propositions sur lesquelles il fonde ses reconstructions ont le statut d'hypothèses. Il a tendance à les considérer comme des vérités bien établies dont il déduit des conclusions vraies. Il ne se soucie guère des problèmes de vérification. Il affirme que tant que les reconstitutions historiques seront présentées- comme elles le sont - sous forme de récits, on ne pourra guère espérer quelques progrès. L'historien a tendance à noyer les problèmes. Il affirme qu'en prétendant raconter les événements tels qu'ils se sont passés, l'Histoire fait peser plusieurs incertitudes sur les restitutions proposées. Ainsi en voulant enchaîner tous les faits dans la linéarité du récit, O. Guillaume exprime la crainte d'aboutir, à la fin du récit, à une reconstruction qui n'aura qu'un lointain rapport avec la réalité.

Il serait intéressant, à cette étape, d'évoquer les conclusions de F. Djindjian<sup>70</sup> (Djindjian, 1991) par rapport aux formalisations des raisonnements en archéologie. Les discussions vigoureuses entre les partisans des approches empirico-inductives et ceux des approches hypothético-déductives font que, aujourd'hui, le débat est largement engagé entre plusieurs positions épistémologiques sur l'archéologie:

1. La première position considérant que l'archéologie n'est que la projection d'une idéologie contemporaine sur le passé, refuse en conséquence toute scientificité au discours archéologique, et donc rejette tout recours à un cadre méthodologique.
2. La deuxième position considère qu'il ne peut y avoir d'archéologie sans théorie préalable sur l'archéologie. Dès lors, chaque archéologie définit son propre cadre méthodologique et technique.
3. La dernière position croit à la possibilité d'une information des raisonnements archéologiques indépendante des théories, et à l'élaboration d'un cadre général commun méthodologique et technique. Chaque théorie n'apporte qu'un

---

<sup>70</sup> p10

éclairage particulier dont la diversité ne peut que renforcer finalement la scientificité de l'entreprise

Les limites certaines d'un discours archéologique rationnel, évoquées dans les parties précédentes, nous mènent à adopter une attitude de méfiance vis-à-vis de toutes conjonctures et hypothèses émises dans un discours archéologique se rapportant aux travaux pouvant être pris comme référence dans notre corpus d'étude. Nous avons démontré comment, dans les projets de reconstitution, les archéologues peinent à aboutir à un «modèle» en dépit de toutes ces limites. L'élaboration d'une méthodologie pour une reconstitution architecturale scientifique s'avère nécessaire pour dépasser la reconstitution archéologique. Il est évident que cette méthodologie cherchera tout d'abord à se préserver des problèmes posés par le discours archéologique à savoir la limite de traitement de l'information par les archéologues ainsi que la conjecture et des hypothèses émises par ces derniers lors de leurs reconstitutions. D'où, toute l'importance l'enjeu de la méthodologie de reconstitution qui n'est pas uniquement de l'ordre de la connaissance, mais aussi de l'ordre de son application.

L'élaboration du modèle sera l'objectif de la partie suivante.

### **1.5 Établissement du modèle de raisonnement dans les projets de reconstitution archéologique**

Dans notre étude des moyens informatiques susceptibles d'assister l'archéologue dans les projets de reconstitution, nous nous limitons aux projets de reconstitution relatifs à l'architecture monumentale en Égypte et particulièrement dans le cadre du temple de Karnak.

À travers une revue de littérature des publications savantes publiées et reconnues par la communauté égyptologique, Mr Jean Revez<sup>71</sup> a présenté les raisonnements d'ordre architectural et épigraphique, appliqués par les égyptologues pour restituer des

---

<sup>71</sup>Membre actif au GRCAO, Professeur au département d'histoire à l'UQAM; boursier postdoctoral du Fonds Québécois de la Recherche sur la Société et la Culture [FQRSC] (2001-2003), puis du CRSH, (2003-2005).

monuments, à travers le cas complexe du temple d'Amon-Rê à Karnak. Plus précisément, l'entreprise avait comme objectif de:

- a. Rassembler cette argumentation souvent dispersée à travers la littérature égyptologique et l'ordonner selon le type de restitution recherché (emplacement, configuration, fonction et mode de construction d'une bâtisse, voire seulement d'une partie de bâtiment).
- b. Évaluer le bien-fondé de cette argumentation et noter éventuellement les contradictions.

Nous allons nous appuyer sur ce rapport afin d'analyser les raisonnements qui y sont consignés suivant le protocole d'analyse des raisonnements de la méthode «logiciste», proposée par J.C. Gardin (Jean-Claude Gardin, 1980) dans le but de dégager les méthodes et les stratégies adoptées dans ces projets (Annexe I). Cette analyse devra nous situer dans ce domaine et surtout nous aider à élaborer notre propre méthodologie pour proposer, en fonction des connaissances et des moyens disponibles, un modèle exploratoire de la démarche archéologique dans les projets de reconstitution archéologiques. Ce modèle nous aidera ensuite à explorer une approche informatique susceptible de mieux assister les acteurs impliqués dans les projets de reconstitution archéologique.

### **1.5.1 Présentation générale du temple de Karnak**

Il s'agit dans cette partie d'argumenter le choix du temple de Karnak comme laboratoire d'idées pour l'analyse, le développement et l'expérimentation de notre approche.

Le temple d'Amon-Rê de Karnak a été retenu dans le cas de notre étude pour la longévité de son histoire et l'importance des modifications architecturales que cet ensemble monumental a connues. Choisir le temple de Karnak comme champ d'étude présente un intérêt certain, car cet ensemble monumental a connu de multiples transformations tout au long de ses deux millénaires d'histoire, tant sur le plan architectural que décoratif. Nombre de chapelles, cours et autres structures ont été démantelées afin de faire place à de nouvelles constructions, bâties souvent à partir de blocs provenant de monuments plus anciens, une pratique répandue dont il faut tenir

compte dans notre étude visant à proposer un ensemble d'outils informatiques susceptibles d'assister l'archéologue dans ses projets de reconstitution architecturale du patrimoine bâti. (Revez, et al., 2004)

Plus que toute autre civilisation de l'Antiquité, les Égyptiens ont associé l'iconographie et l'épigraphie à l'architecture. En effet, les parois du temple sont recouvertes d'inscriptions et de bas-reliefs dont la thématique, qui répond dans une large mesure à des conventions connues, sert de base à la restitution de pans significatifs de l'architecture du temple.

#### ***1.5.1.1 Évolution historique et architecturale de l'édification du temple de Karnak***

Le site de Karnak, le plus grandiose et le plus complexe des ensembles religieux de l'Égypte ancienne comprend trois ensembles principaux (figure 29): l'enceinte du dieu faucon Montou au nord, celle d'Amon et, au sud, celle de la déesse Mout, son épouse. À cela s'ajoutent les édifices isolés situés à l'intérieur comme à l'extérieur de la grande enceinte ainsi que le temple de Louxor, le "harem méridional".



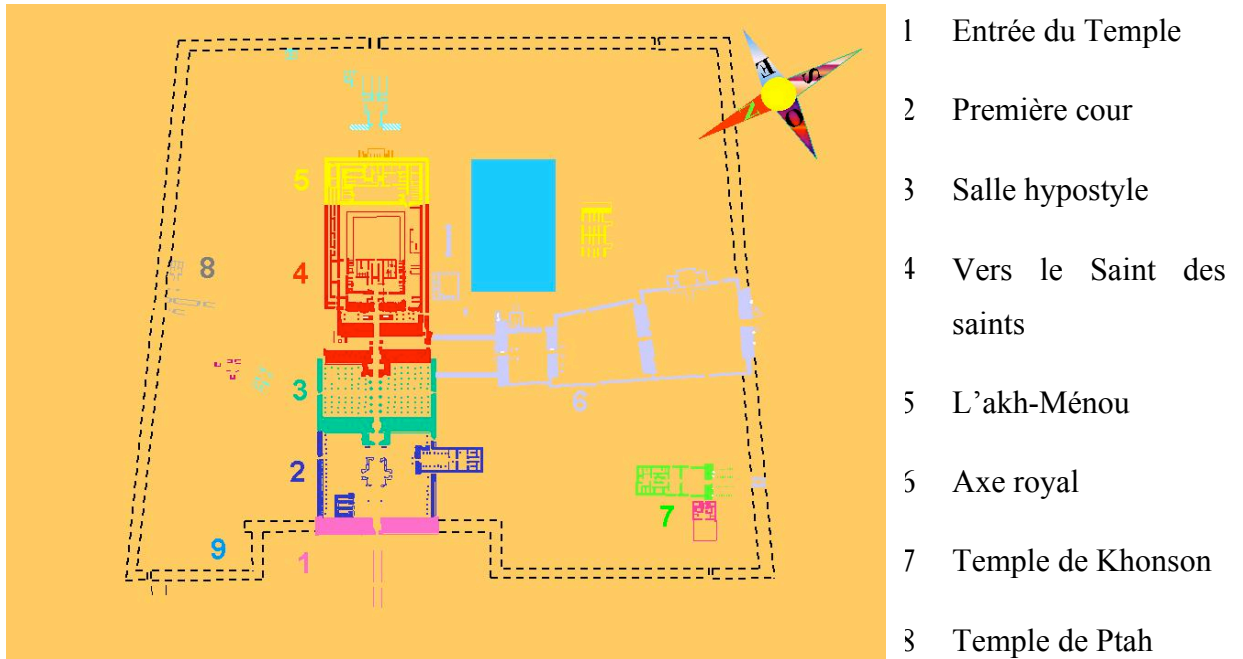


Figure 17: Plan général du Temple de Karnak

L'axe principal du temple d'Amon, perpendiculaire au fleuve, se développe à partir du Saint des saints à l'est jusqu'au Nil à l'ouest, respectant l'orientation traditionnelle des temples égyptiens. Un autre axe secondaire nord-sud conduit au complexe sacré de la déesse Mout.

Le temple s'est agrandi au fil des siècles à partir du sanctuaire initial dans une succession de portails, cours, salles hypostyles tant vers l'ouest que vers le sud.

Ainsi, en pénétrant dans le temple à partir du premier pylône, le visiteur remonte progressivement le temps jusqu'à la partie la plus ancienne, le Saint des saints, au cœur de l'immense édifice.

La construction du temple de Karnak s'étendit sur près de deux millénaires, de la XI<sup>e</sup> dynastie à la fin de l'époque ptolémaïque. Chaque pharaon se devait d'apporter sa contribution à l'édification, l'agrandissement et l'embellissement de temple, détruisant pour cela certaines parties ou réemployant diverses structures précédentes. Il est donc naturel que le vaste champ de ruines actuel donne au visiteur moderne une impression de grande complexité.

Le temple de Karnak a connue de multiples transformations architecturales tout au long de son histoire à un point où des structures architecturales complètes ont été progressivement démantelées pour laisser leur place à de nouveaux monuments. Des dizaines de milliers de blocs et fragments provenant de ces anciennes constructions ont été réutilisés pour la construction d'autres nouvelles ou sont rangés d'une manière aléatoire et dans un ordre quelconque sur des banquettes élevées partout dans le temple d'Amon-Rê.

Dès l'Ancien Empire, le site abritait le culte d'une divinité locale, Montou. L'existence du temple d'Amon est attestée sous Antef II sous le nom de "demeure d'Amon". Mais c'est sur les parois de la "chapelle blanche" de Senousret Ier que la dénomination traditionnelle d'Ipet-sout, "celle qui recense les places" est attestée pour la première fois.

Le sanctuaire d'origine constitue le noyau autour duquel s'est développé cet immense ensemble vers l'ouest et, concurremment, vers le sud. Vraisemblablement situé à

l'emplacement de la salle des fêtes de Thoutmosis III et du sanctuaire de la barque de Philippe Arrhidée, il devait comporter trois chambres alignées d'ouest en est.

Sous Thoutmosis Ier le temple est englobé dans une première enceinte fermée par le cinquième pylône, constituant une cour entourée d'un péristyle. Le tout est enfermé dans une seconde enceinte reprenant le quatrième pylône devant lequel le pharaon fait élever deux obélisques dont seul celui du sud est parvenu jusqu'à nous.

La deuxième phase importante des travaux remonte au règne d'Hatchepsout qui fait construire des chambres d'offrandes, un sanctuaire de la barque sacrée, "la chapelle rouge" ainsi que deux obélisques de granit rose d'Assouan, en avant du cinquième pylône. Un seul est toujours debout. C'est probablement elle qui entreprend également l'édification du temple de Mout. Elle remplace également le septième pylône de briques par une construction en pierres.

Thoutmosis III s'occupera de défaire ou de modifier ce qu'avait fait Hatchepsout. Il enferme les deux obélisques de la reine dans un caisson de grès d'où ne dépassent que les pointes, triple la colonnade de Thoutmosis Ier, élève le sixième pylône où il fait figurer son triomphe lors de la bataille de Meggido, construit un vestibule entre le quatrième et le cinquième pylône et fait également aménager le lac sacré ainsi que l'enceinte du sanctuaire. À l'est, il construit un temple de régénération, l'Akh-menou, ainsi qu'un reposoir de barque en granit rose, aujourd'hui détruit mais que Philippe Arrhidée reproduisit exactement. Dans l'axe nord-sud, il fait élever le septième pylône, précédé de deux colosses de part et d'autre de la porte ainsi que deux obélisques maintenant disparus.

À l'est de l'enceinte il fait bâtir un petit sanctuaire au centre duquel Thoutmosis IV placera le "tekhen wâty", un obélisque isolé que l'on peut voir encore de nos jours à Rome devant Saint-Jean-de-Latran et qui, avec ses 33 mètres de haut, est le plus grand obélisque connu.

Au nord, contre l'enceinte, il élève un temple au dieu Ptah. Amenhotep III élève la colonnade du milieu de la salle hypostyle ainsi que le troisième pylône, ferme l'allée processionnelle vers le temple de Mout en élevant en brique le dixième pylône qu'Horemheb reconstruira en pierre.

Durant la période amarnienne, Amenhotep IV élève à l'est un temple en l'honneur d'Aton. Celui-ci fut détruit lors de la période de réaction qui suivra et ses talatates serviront à remplir les trois pylônes construits ultérieurement par Horemheb.

La célèbre et monumentale salle hypostyle appelée "le temple de Séthi-Mérenptah est lumineux dans la demeure d'Amon" est construite par Séthi Ier et sera achevée par Ramsès II. Ce dernier aménage un dromos de criosphinx qui mène au quai-débarcadère où Séthi II élève deux obélisques. Séthi II construit également un reposoir destiné à recevoir les trois barques de la triade thébaine. De l'autre côté de l'axe, Ramsès III en construit un également.

Chéchonq Ier ferme la cour devant le deuxième pylône. Taharqa construit un kiosque au centre de cette cour. Le premier pylône inachevé et l'enceinte actuelle remonte à la XXXe dynastie.

L'histoire architecturale du temple d'Amon prend fin au début de la période ptolémaïque après 2.000 ans ou presque de travaux ininterrompus.

Le site est redécouvert au début du XVIIIe siècle par le capitaine Norden et le révérend Poclocke mais c'est l'expédition de Bonaparte et la Description de l'Égypte puis la visite de Champollion et les relevés et croquis de B. Cronstrand, D. Roberts, N.L'Hôte et H. Horeau qui le font connaître.

Sous Mehemet Ali, le site servit de carrière tandis que les paysans venaient y prendre le sebach destiné à fumer leurs terres. De plus, dès l'époque romaine, des éléments du temple quittent le pays: ainsi, la Chambre des Ancêtres et l'obélisque de Louxor aboutissent à Paris. En 1858, avec la création du Service des Antiquités, Auguste Mariette commence le dégagement des temples. Le grand nombre de touristes visitant ce site aujourd'hui, ajouté aux conditions naturelles particulièrement ardues du sud égyptien, augmentent considérablement le risque de dégradation de ces blocs qui, s'ils ne sont pas étudiés, réassemblés ou bien conservés dans les plus brefs délais, disparaîtront à jamais et avec eux disparaîtra une grande partie de notre histoire.

## **1.5.2 Étude des raisonnements archéologiques dans les projets de reconstitution archéologique dans le temple de Karnak d'après la méthode «logiciste»**

Nous proposons dans cette partie de comprendre, à travers les publications savantes des projets, le mode de raisonnement dans les projets de reconstitution archéologique.

Après une première partie où nous allons proposer quelques définitions préliminaires, nous présenterons le protocole d'analyse de raisonnement retenu. Il s'agira d'énoncer les principes méthodologiques que J.C. Gardin a proposé dans sa méthode, dite logiciste, pour analyser les constructions archéologiques à travers des publications savantes.

Il s'agira ensuite de présenter les résultats de cette analyse à travers des familles de raisonnement qui nous aideront à mieux comprendre la nature des constructions archéologiques et d'élaborer en conclusion notre modèle de raisonnement des archéologues dans les projets de reconstitution archéologique.

### ***1.5.2.1 Définitions préliminaires des raisonnements***

#### *1.5.2.1.1 L'Hypothèse*

Une hypothèse a été définie par F. Fortin comme un «*énoncé formel qui prédit la ou les relations attendues entre deux ou plusieurs variables. C'est une réponse plausible au problème de recherche. L'hypothèse de recherche énonce les relations attendues entre les variables.*» (Fortin, 1996). Elle est générée par des théories formulées en rapport à des observations: «*Ce sont des propositions qui doivent être vérifiées (acceptée ou rejetée) par une étude*» (Jenicek, 1985). La différence entre une théorie et une hypothèse est que l'hypothèse, en plus d'indiquer la ou les relations entre les variables, prédit les résultats attendus. Cette «anticipation de l'expérience» que Claude Bernard a qualifiée de «*idées préconçues*» consiste à exposer et à expliciter les consignes d'une hypothèse et à prévoir quelle sera leur traduction dans les vestiges archéologiques étudiés.

Une fois le problème retenu et l'hypothèse émise, il s'agira alors de la vérifier. La recherche de vérification implique premièrement que l'hypothèse soit formulée d'une façon claire et précise. À cette étape, l'archéologue ne dispose pas encore de toutes les données de ce qu'il a observé et doit mettre en œuvre des raisonnements afin de vérifier l'hypothèse émise. À cette étape, le raisonnement est d'une importance cruciale car il permettra de revenir au corpus des données retenues et aux différentes relations qui les unissent à travers une stratégie bien établie qui vise à organiser l'ensemble des opérations permettant le contrôle souhaité et donnant des résultats claires.

#### *1.5.2.1.2 Le Raisonnement*

D'après l'Encyclopédie Universalis<sup>72</sup>, un raisonnement est *«une certaine activité de l'esprit, une opération discursive par laquelle on passe de certaines propositions posées comme prémisses à une proposition nouvelle, en vertu du lien logique qui l'attache aux premières : en ce sens, c'est un processus qui se déroule dans la conscience d'un sujet selon l'ordre du temps.»* Il s'agit en effet d'un ensemble d'opérations de la pensée qui vise à transformer un ensemble de données par des actions à travers une *«suite de propositions liés les unes aux autres selon des principes déterminés et aboutissant à des conclusions»*. Raisonner revient donc à *«concevoir et employer des arguments pour convaincre, confirmer, prouver ou réfuter»* ("Le petit Robert: dictionnaire de la langue française," 1996) à travers des enchaînements logiques et dans le but de tirer des conclusions en rapport avec les objectifs envisagés au départ.

#### *1.5.2.1.3 L'Argumentation*

L'argument a été définie par Gauthier (2002) comme *«l'ensemble articulé d'une proposition et d'une ou de justification(s). Développer un argument, c'est combiner la mise en avant d'un point de vue, d'une thèse, d'un jugement, d'une position ou de toute autre chose semblable, et une ou des raison(s), motif(s), motivation(s) ou toute autre forme de soutien.»* (G. Gauthier, 2002)

---

<sup>72</sup> <http://www.universalis.fr/encyclopedie/P151881/RAISONNEMENT.htm>

Cette définition permet particulièrement le repérage systématique des arguments dans les raisonnements. Il s'agit en effet de cerner les segments d'un discours où «*sont formulées une proposition et une ou des justification(s)*» (Gilles Gauthier, 2008). Mais pour cela, il faut que le discours comporte des indicateurs argumentatifs tout à fait clairs. Dans le cas contraire, quand donc l'argument n'est pas formulé explicitement, il faut appliquer un principe dit «d'interprétabilité» suivant lequel «*il est toujours en théorie possible de déterminer si une proposition et une justification sont exprimées dans un discours*». (G. Gauthier, 2003; Gilles Gauthier, 2008)

### ***1.5.2.2 Définition du protocole d'analyse des raisonnements adopté: La méthode logiciste***

Il s'agit dans cette partie d'énoncer les principes méthodologiques du protocole d'analyse des raisonnements que J.C. Gardin a proposé dans sa méthode, dite logiciste, pour analyser les constructions archéologiques à travers des publications savantes.

#### *1.5.2.2.1 Introduction*

La difficulté de définir une méthode pour «produire des hypothèses» amena l'archéologue Jean-Claude Gardin (1979) à proposer une démarche qu'il dénomma «logiciste». Cette démarche propose de répondre à la question «*Quel processus intellectuel permet de passer d'un ensemble de données archéologiques M à la formulation des hypothèses sous forme de proposition P ?*» (Jean-Claude Gardin, 1980). Cette méthode a pour objectif l'étude du processus intellectuel en archéologie à travers les publications archéologiques. Ces publications représentent:

*«Any written text presented as a distinct unit in the archaeological literature – article, book, lecture, etc. with the appended illustrations- for the purpose of presenting the result of a survey or excavation, the content of a collection, the interpretation of a monument or group of monuments, or the lesson that may be drawn from any such data with respect to the history and ways of life of ancients.»* (Jean-Claude Gardin, 1980)

Autrement dit, Il s'agit d'essayer de mettre à plat de l'arbre, à l'origine plus au moins conscient dans la tête de l'archéologue, des hypothèses possibles en fonction du corpus tel qu'il est décrit, qui amène à reconstituer la logique sous-jacente de la démarche archéologique et à en mesurer aussi la consistance (Gardin J.-C., 1979. ). La multiplication de telles analyses visent à comprendre comment et de quelles manières l'archéologue raisonne.(Demoule, 2002)

Il s'agit dans ce cas de partir des hypothèses théoriques vers leur justification matérielle. L'idée ici est de découvrir les manifestations archéologiques possibles des concepts qui interviennent dans la «fabrication» des constructions archéologiques (Jean-Claude Gardin, 1980).

Dans la «fabrication» de ces constructions, il est toujours question de données: nous partons des données disponibles (initiales) qu'on manipule à travers des actions afin d'obtenir les données envisagés (finales). Donc, d'une part, ce sont les données initiales qui déterminent la nature des données finales à produire et d'autre part, ce sont les données finales qui déterminent les données initiales impliquées et nécessaires. Ce va et vient entre ces deux types données se fait à travers des actions impliqués dans une multitude de types de raisonnements. D'après Gardin (Gardin J.-C., 1979. ), le raisonnement archéologique s'opère de deux manières complémentaire (Figure 30):

#### 1.5.2.2.2 *Le raisonnement déductif: Explanans -> Explanandum*

Le raisonnement déductif a été définie par (Fortin, 1996) comme une « *Opération mentale qui consiste à prendre comme point de départ une proposition de portée générale et à tirer une hypothèse portant sur des cas particuliers.*», c'est un raisonnement rigoureux qui consiste à appliquer un principe général à un cas particulier (Julia, 2002). C'est un raisonnement produisant des particularisations et ou «*les conclusions sont plus spécifiques, ou pas plus générales, que les prémisses. C'est un raisonnement orienté vers l'application des connaissances existantes à des contenus particuliers, vers la production de connaissances à partir d'autres connaissances*» ((Lindsay & Norman, 1980) (Richard, 1995). Le raisonnement déductif est défini aussi comme une opération rationnelle par laquelle on conclut une affirmation à partir de prémisses «*sans avoir recours à l'expérience et selon des procédures formellement arrêtées.*» (Da Silva-Charrak, 2003). Le raisonnement



déductif nous permet de conclure alors que *«ce qui est vrai pour une «population» est vrai pour un échantillon de sujets provenant de cette population.»* (Richard, 1995).

Il s'agit dans ce cas d'avoir comme point départ des hypothèses théoriques qui résultent en leur justification matérielle. L'idée ici est de découvrir les manifestations archéologiques possibles des concepts qui interviennent dans la «fabrication» des explications (Jean-Claude Gardin, 1980).

#### *1.5.2.2.3 Le raisonnement inductif: Explanandum -> Explanans*

Contrairement au raisonnement déductif, le raisonnement inductif opère dans l'autre sens, c'est-à-dire qu'il vise à produire des généralisations: *«les conclusions sont plus générales que les prémices. C'est un raisonnement orienté vers la construction de connaissances.»* à travers des *« Opérations mentales qui consistent à prendre comme point de départ des faits particuliers associés entre eux et à tirer, de ces associations, une proposition générale énonçant la probabilité que de telles associations se manifestent en d'autres occasions.»* (Fortin, 1996). Il s'agit en effet d'une méthode d'acquisition de connaissances à partir d'observations de cas particuliers que l'on généralise à un ensemble plus grand de cas.

Il s'agit dans ce cas de partir des données empiriques vers des affirmations exploratoires. Dans la perspective d'une approche logiciste, les méthodes les plus intéressantes ne sont pas forcément celles qui se terminent par un modèle dynamique d'interprétation. Ce sont plutôt celles qui essaient de rendre explicite tous les liens de la chaîne des inférences qui relient les observations empiriques aux propositions interprétatives. Autrement dit, *«les besoins explicatifs (les besoins pour que les processus explicatifs soient explicites) ne sont pas liés aux différentes écoles de pensées, ils sont applicables à toutes les approches du moment que les actions ou les opérations y soient consignées et explicitées»* (Jean-Claude Gardin, 1980).

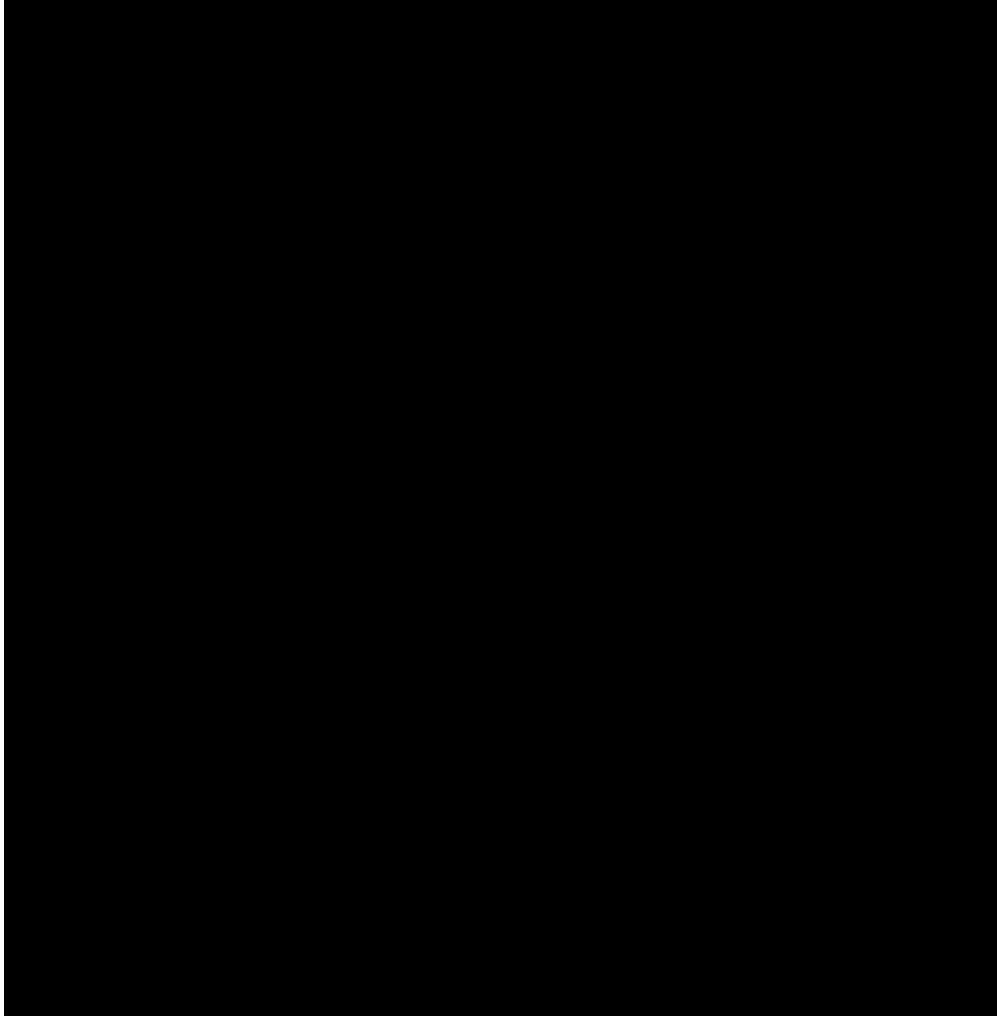


Figure 18: le raisonnement archéologique (Jean-Claude Gardin, 1980)

La grande différence entre le raisonnement inductif et déductif est que le premier part de cas particuliers pour généraliser à la population. Par contre, le raisonnement déductif part de la population pour conclure aux cas particuliers (figure 31). Ces deux sortes de raisonnements, qui sont *«opposables de par leur définition, ne le sont pas en ce qui concerne les mécanismes de traitement que l'individu leur applique. Les mêmes processus sont en jeu dans le raisonnement inductif et dans le raisonnement déductif (ainsi que dans la résolution de problèmes)»* (Richard, 1995).

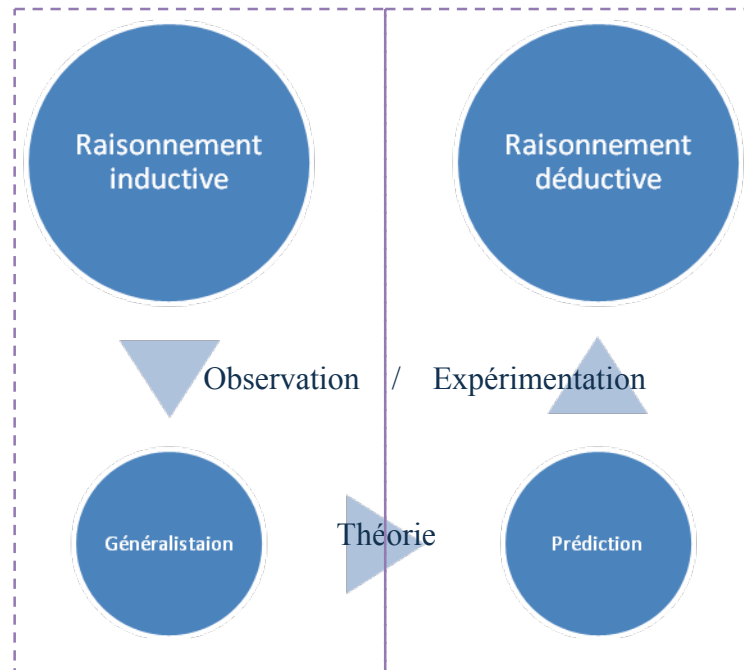


Figure 19: Le raisonnement inductif, déductif

#### 1.5.2.2.4 Méthodologie d'analyse des raisonnements

Essentiellement, le problème consistera à isoler les trois principaux constituants suivants (Gardin J.-C., 1979. ):

1. Le premier ensemble d'objets sélectionnés par l'auteur correspondant à ses objectifs. Ceci correspond à l'étape M du schéma.
2. Les propositions finales retenues par l'auteur (P) qui correspondent aux affirmations de toutes sortes (description, classification...) qui expriment ou généralisent le produit final de la réflexion.
3. Les données et les actions intermédiaires ( $P_0, P_1, P_2, \dots, P_n$ ) impliquées dans le passage ou la transition de l'ensemble des objets de départ M vers la(es) proposition(s) finale(s) P (quand ces données et ces actions peuvent être identifiées). Ceci revient à identifier aussi bien les éléments explicitement cités par l'auteur que les éléments implicites pouvant être déduits.

Les données et les opérations intermédiaires mentionnées dans la dernière étape peuvent être définis, ou bien par l'auteur lui-même, quand il propose explicitement les différentes étapes de sa construction, ou par l'analyse quand la première condition n'est pas satisfaite. Dans ce dernier cas, les résultats de la rationalisation peuvent différer plus ou moins de la vision de l'auteur (Jean-Claude Gardin, 1980).

Ainsi, la démarche logiciste doit nous amener à définir deux aspects capitaux du processus intellectuel en archéologie:

1. D'une part, elle va nous permettre de mieux comprendre la démarche archéologique dans les projets de reconstitution archéologique.
2. D'autre part, elle va nous offrir une méthodologie un protocole d'analyse qui nous permettra de dégager les systèmes d'actions des archéologues et de les situer dans cette démarche.

Ce genre d'analyse permet d'exprimer la nature des différents processus sous forme d'une série d'actions pouvant être modélisés informatiquement. Le diagramme habituel dans ce cas est celui de la «boite noire» (Jean-Claude Gardin, 1980): Comment allons-nous représenter ces actions responsables de la transition des objets matériels M à des propositions P d'une manière abstraite? Ou encore avec quel système d'actions «programmables» pouvant nous passer d'un état, de données de matière ou de savoir,  $Etat_i$  à un autre état  $Etat_n$  sélectionné comme étant le but du processus?

La recherche de la structure ou du sens constitue donc un second temps de l'étude, où l'on confronte la description initiale avec des observations nouvelles, pour aboutir à une autre vision des caractéristiques distinctives du phénomène, dans une acception cette fois technique du terme: *«est distinctif non plus ce qui frappe immédiatement les sens, mais ce qui s'impose indirectement à l'esprit, à la suite de procédures d'observation et de raisonnements plus ou moins complexes.»* (Gardin J.-C., 1979. )

Il existe, en effet, une multitude de façons de concevoir la représentation graphique d'un même édifice, une multitude de manières de doser la part de l'image et la part du discours dans la présentation du monument, et une infinité de textes recevables au titre de sa description, avec des mots (Jean-Claude Gardin, 1988). C'est sur cette

alternative que Pike (Kenneth, 1967) fonde l'opposition désormais passée dans le bagage méthodologique de l'anthropologie culturelle entre ce qu'il appelle les descriptions «-etic» d'une part, issues d'une appréhension primitive des phénomènes, et les descriptions «-emic» d'autre part, subordonnées à des opérations raisonnées - les premières n'entrant dans le champ des constructions scientifiques que dans la mesure où elles aident à la conception des secondes. (Gardin J.-C., 1979. )

Manquent en effet, à cette masse muette de documents, plusieurs catégories d'informations qu'il suffit de mentionner pour éprouver à quel point elles sont inhérentes au projet même de la compilation archéologique (Gardin J.-C., 1979. ) (Jean-Claude Gardin, 1980):

- a) ce sont d'abord les données extrinsèques qui ne se lisent pas sur les objets ni sur leurs reproductions, et qu'il faut bien par conséquent «verbaliser» d'une manière ou d'une autre, comme le nom du site d'origine, le contexte archéologique (niveau stratigraphique, objets associés, etc..), le milieu naturel;
- b) ce sont ensuite certaines données intrinsèques qui ne sont transmises ni par l'image, ni par le moulage, comme par exemple la nature du matériau (ici, le métal de la monnaie), ou le poids de l'objet s'il peut avoir une signification historique,
- c) ce sont enfin les «lectures» plus ou moins interprétatives de l'objet que le compilateur juge utile de donner, avec les références bibliographiques correspondantes, pour fournir l'état des connaissances acquises dans le domaine considéré: lecture des légendes des blocs, au sens propre, mais aussi lecture des motifs iconographiques, au sens figuré, lorsque leur nature et leur signification ne sont pas explicitement indiquées, ou encore lecture des constituants physiques même, lorsqu'ils ne sautent pas aux yeux et qu'il faut mobiliser quelques moyens techniques pour les identifier. (Gardin J.-C., 1979. )

#### *1.5.2.2.5 Variabilité des compilations en fonction des objectifs de l'acteur*

Un bon nombre d'écrits archéologiques sont consacrés à des problèmes de perception ou de «lecture» à caractère parfois cryptographique que revêtent à nos yeux les

vestiges du passé à travers deux types de lectures: une première qui vise à déchiffrer le texte des inscriptions et une deuxième qui vise à repérer des formes signifiantes sur des monuments figurés dont le sens n'est pas immédiat, ou de restituer les parties manquantes d'une fresque, d'un bas-relief, etc.

Gardin explique que, dans un cas comme dans l'autre, l'expérience et le raisonnement s'allient pour montrer qu'il est difficile de séparer l'étape formelle de la construction, où l'on se bornerait à reconstituer sans les comprendre des «signes» matériels tels que la graphie des lettres, le contour des motifs, etc., et l'étape sémantique dont le propre serait de conduire au sens de telle ou telle configuration de signes (Gardin J.-C., 1979. ). Les deux opérations sont le plus souvent interdépendantes, de sorte que « *la reconstitution de l'identité ou de l'intégrité d'un monument tend à se confondre avec l'énoncé d'hypothèses relatives à sa structure, et partant à sa fonction.*» (Gardin J.-C., 1979. ).

Il est clair que les informations fournies ne représentent aucunement la part soi-disant «objective» de ce que tout archéologue perçoit ou reconnaît dans les monuments, mais bien plutôt une sélection de quelques traits distinctifs entre mille autres, dont le moins que nous puissions dire est qu'elle est toujours largement subjective, même lorsque l'on s'efforce de l'assujettir à des règles communes. (Gardin J.-C., 1979. )

En effet, et en examinant de près les descriptions que l'on trouve dans les compilations archéologiques, nous nous apercevons sa variabilité d'un observateur à l'autre, et surtout comme elles portent la marque des connaissances et des visées particulières à chacun d'eux. (Gardin J.-C., 1979. )

Un premier facteur d'hétérogénéité tient à la multiplicité des formes sous lesquelles le compilateur peut choisir de présenter les entités matérielles qui l'occupent. La rédaction de textes descriptifs n'est en effet qu'une de ces formes parmi d'autres: «*on sait le prix que les archéologues attachent aux présentations graphiques (plans, photos, dessins), destinées, avouent-ils non sans candeur, à pallier les incertitudes du verbe.*» (Gardin J.-C., 1979. )

#### 1.5.2.2.6 Conclusion

En résumé, les archéologues perçoivent et décrivent leurs démarches à travers des filtres déterminés par l'usage qu'ils font de ces descriptions. Toute description scientifique est à la fois le fruit de constructions passées, et la source de constructions présentes et futures destinées à enrichir celles-ci ou à les remplacer. Ces filtres peuvent, dans beaucoup de cas, pousser les archéologues à devenir très attachés à leur hypothèse et s'obstiner à ne pas reconnaître leurs faiblesses:

*«L'archéologie, au total, ne se distingue guère (ou du moins, ne devrait guère se distinguer) des autres sciences: ce sont les idées, beaucoup plus que les faits, qui d'un bout à l'autre font la valeur des méthodes qu'elle emploie.»*  
(Gardin J.-C., 1979. )

Vues sous cet angle, les publications archéologiques se ressemblent toutes un peu: *«on n'y saurait décrire un monument sans se référer implicitement à un état des connaissances et à des objectifs de recherche qui déterminent en bonne méthode la substance et la forme de la description; de sorte qu'un catalogue, en particulier lorsqu'on le qualifie de «raisonné», est une construction théorique au même titre sinon au même degré qu'un essai historique quelconque».* (Gardin J.-C., 1979. )

#### 1.5.2.3 Étude des raisonnements suivant la méthode «logiciste»

Il s'agit dans cette partie d'entamer l'analyse des raisonnements archéologiques suivant le protocole établi par la méthode «logiciste». Ces résultats seront présentés à travers des familles de raisonnements qui nous aideront à mieux comprendre la nature et le mode d'élaboration des constructions archéologiques dans les projets de reconstitution archéologiques.

En adoptant la méthode logiciste pour l'analyse des raisonnements, nous avons pu dresser un ensemble de diagrammes (Annexe 1) représentant les objectifs et les résultats de l'entreprise ainsi que les actions intermédiaires. Dans une grande proportion, l'étude des raisonnements a révélé l'existence de deux grandes familles

qui traduisent deux approches différentes mais complémentaires que les archéologues adoptent dans les projets de reconstitution archéologique:

1. Approche de «structuration» de l'ensemble en fonction d'un «fossile directeur»: La première approche repose principalement sur le raisonnement déductif pour le traitement et la manipulation des données. La démarche suivie pour cette approche est en gros toujours à peu près la même: L'archéologue choisie une pièce de son corpus (ou une définition hypothétique d'un bloc qui définit un style bien particulier, une époque bien définie, etc.) qu'il juge pertinente et intéressante (d'après son expérience, la richesse de ses attribues ou ses caractéristiques peut commune) et il essaye d'établir des «parallèles» avec d'autres objet du corpus. Cet objet diagnostique (appartenant ou non au corpus étudié) est considéré comme l'objet de référence ou le «fossile directeur» que l'archéologue étudie afin de procéder à la réorganisation d'une partie ou de tout l'ensemble d'objets étudiés classés, dans un premier temps, sur la base de leurs propriétés intrinsèques (physique, géométrique ou sémiotique) ou y intégrant d'autres types de données à caractère extrinsèque (le temps, le lieu ou la fonction) tenus pour sûrs.
  
2. Approche de «Structuration» de l'ensemble afin d'en faire ressortir des traits communs dans un objectif de généralisation: La deuxième approche de raisonnements repose principalement sur le raisonnement inductif pour le traitement et la manipulation des données, c'est-à-dire des effets à la cause. Partant du postulat que la variabilité des données intrinsèques (PGS) est liée aux circonstances de la fabrication et de l'utilisation des objets (où, quand, qui, pourquoi, comment, etc.), l'archéologue cherche à tirer des données intrinsèques, convenablement structurées, des lumières sur la spécificité des données extrinsèques, à savoir:
  - a. spécificité de fabrication et de mise en œuvre propre à une époque donnée (types T),
  - b. spécificité d'une région ou d'un règne caractérisés par des choix semblables (types L)



- c. spécificité enfin d'un mode de comportement lié à un objectif utilitaire, à une visée politique, à des pulsions religieuses, ludiques, guerrières, etc., et qui s'exprime dans l'uniformité relative de certains monuments (Dieux, outils, habitat, images, etc.: types F).

*1.5.2.3.1 Approche de «Structuration» de l'ensemble en fonction d'un «fossile directeur»: Méthode de rapprochement (déductive)*

***1.5.2.3.1.1 Principe opératoire***

Cette méthode consiste à partir d'une seule unité, un ou plusieurs blocs déjà assemblés, et de chercher dans notre corpus de blocs ceux qui obéissent à la même définition que notre fossile directeur. Pour cela, il faudra en premier lieu bien étudier notre fossile directeur et essayer de déterminer les caractéristiques des blocs complémentaires.

Dans la vérification d'une théorie par la méthode ou le raisonnement déductif, on commence avec la théorie et on progresse vers des observations spécifiques qui permettent d'expliquer et de prédire les relations existantes entre les faits, ce qu'on appelle hypothèse. Le raisonnement déductif consiste à comprendre les implications d'un énoncé et de dériver les implications d'une formulation ou d'une situation. Ce raisonnement vise à produire des particularisations ou les conclusions sont plus spécifiques, ou pas plus générales, que les prémisses.

Cette démarche implique à revenir des idées aux faits par un raisonnement déductif ou une phase hypothético-déductive. Faute de démonstration directe, il s'agit de vérifier l'hypothèse avancée à postériori en s'appuyant sur son efficacité logique ou sa valeur heuristique.

- Généralisation
- Trouver des traits communs

Concrètement, et par rapport à notre objet d'étude, cette méthode consiste à partir d'un ou d'un ensemble de blocs donnés définit au moyen d'un langage de représentation (à préciser et à déterminer), et en partant d'une unité architecturale donnée, déterminer

les parallèles ou les unités architecturales appartenant à d'autres blocs et susceptibles de répondre à la même définition, deux cas peuvent alors se présenter:

1. si les réponses sont trop nombreuses, c'est-à-dire pour une part non pertinentes, c'est que la grille d'analyse est trop lâche (ou la question mal posée);
2. si elles sont au contraire lacunaires, en ce sens que certains objets jugés pertinents n'y figurent pas, c'est que la grille d'analyse est trop fine (ou la question est mal posée).

#### ***1.5.2.3.1.2 Utilisation de cette approche par les archéologues***

- Exemple: À partir de la règle qui stipule qu'il existe une grande probabilité que tous les blocs appartenant à la même assise aient la même hauteur», on effectue une recherche visant à réunir tous les blocs ayant sensiblement ( avec un degré d'erreur) la même hauteur afin de les traiter visuellement ou avec d'autres modules de raisonnement.
- Utiliser les généralisations afin de chercher dans l'ensemble des blocs ceux qui vérifient cette règle
- Dans un ensemble de blocs, il s'agit de retrouver les max de blocs qui partagent les mêmes caractéristiques
- Une fois trouvé, il s'agit d'élargir le champ de recherche avec d'autres indices
- Quand une donnée de type particulier se répète de façon continue, on essaye de la généraliser pour une période donnée
- Établir, si possible des généralisations

Dans R6, D'après les techniques de construction typique des époques tardives et ptolémaïque, les blocs utilisés sont généralement tous de grande taille (un élément qui doit être définie) et de forme rectangulaire pseudo-isodome. Un filtre basé sur deux propriétés intrinsèques (la forme et la taille) a permis d'isoler un ensemble de blocs qui obéissent à cette définition. L'archéologue, et en fonction des résultats du filtre appliqué, a alors émis une hypothèse sur:

1. T: le temps de la construction de la structure architecturale à laquelle ils ont appartenus.
2. L: Le lieu de la construction de la structure architecturale à laquelle ils ont appartenus.
3. F: Leur réutilisation comme bloc de remploi pour la construction d'une nouvelle structure architecturale
  - R7-Emploi du grand appareil trapézoïdal irrégulier, comme technique de construction typique depuis l'Ancien Empire jusqu'à l'époque de Thoutmosis III.
    - ex. 1: la majeure partie de l'Akhménou<sup>73</sup>.
  - Emploi de lancis en appareil rectangulaire irrégulier, comme technique de restauration typique de la Basse Époque.
    - ex. 1: murs périmétraux de l'Akhmenou,
  - R6-Emploi du grand appareil rectangulaire pseudo-isodome, comme technique de construction typique des époques tardives et ptolémaïque.
    - ex. 1: mur nord du magasin nord (SK4) de l'Akhmenou, qui a été reconstruit à l'aide de blocs de remploi, vraisemblablement sous Alexandre<sup>74</sup>.

Dans R7, un filtre basé sur la propriété M (matériaux) et G (géométrie) a permis d'isoler un ensemble de grands blocs en grès. Ces caractéristiques intrinsèques ont été auparavant définies comme une technique de construction typique de l'époque pharaonique et non de l'époque copte. L'archéologue, et en fonction des résultats du filtre appliqué, a alors émis une hypothèse sur:

---

<sup>73</sup> J.-F. Carlotti, L'Akh-menou, p. 105; 176.

<sup>74</sup> J.-F. Carlotti, L'Akh-menou, p. 105.

- T: le temps de la construction de la structure architecturale à laquelle ils ont appartenus (bien que la période avancé est large, le simple fait de pouvoir réduire l'étendu temporel est déjà un résultat très important).
- F: Leur réutilisation comme bloc de remploi pour la construction d'une nouvelle structure architecturale (la structure à laquelle ils appartiennent a été construite à l'époque copte)

Dans R7, un filtre basé sur des caractéristiques intrinsèques comme M (briques crues) et G (un module constant de briques 42-44 cm X 18-20cm X 10-11) a permis d'isoler un ensemble d'unités. Ces caractéristiques intrinsèques ont été auparavant définies comme étant une technique de construction typique de la période de Thoutmosis Ier. L'archéologue, et en fonction des résultats du filtre appliqué, a émis une hypothèse sur:

1. T: le temps de la construction de la structure architecturale à laquelle ils ont appartenus (période de Thoutmosis Ier).
  2. L: Le lieu de la construction de la structure architecturale à laquelle ils ont appartenus (Karnak).
  3. F: Leur réutilisation comme bloc de remploi pour la construction d'une nouvelle structure architecturale
- Ex. 1: module de briques 42-44 cm x 18-20 cm x 10-11 cm est typique de l'époque de la fin de la Deuxième Période Intermédiaire à celle de Thoutmosis Ier<sup>75</sup>.
  - Ex. 2: les salles hypostyles de l'Akhmenou ont des murs plus épais que les sanctuaires ou les chapelles appartenant au même ensemble<sup>76</sup>.
  - Ex. 3: mur épais de deux mètres plus typique des constructions publiques que privées<sup>77</sup>.

---

<sup>75</sup> J. F. Carlotti, L'Akh-menou, p. 171 et 173, note 520, pour les réserves émises par A. J. Spencer, Brick architecture in Ancient Egypt, 1979, p. 147.

<sup>76</sup> J.-F. Carlotti, L'Akh-menou, p. 34.

Dans R11: En fonction de la règle qui stipule que l'axe d'un temple est déterminé par détermination d'après l'azimut du soleil du lever du soleil, l'archéologue a pu en déduire l'Axe du temple étudié.

- Ex. 1: l'orientation de l'Akhmenou<sup>78</sup>.
- Ex. 2: l'orientation du temple de Sésostri Ier à Karnak<sup>79</sup>.

R24: Déterminer le type de matériaux en fonction d'une phrase qui figure sur le bloc

R25: déterminer la date de construction d'une entité d'après la technique de sa construction (mortier en carbonate utilisé dans la période ptolémaïque)

R28: La technique de construction comme moyens de déterminer:

1. G: la longueur de la portée des dalles de plafond
2. F: différencier une salle d'une autre

R 29: Utilisation du module de proportion

R38-39: traces d'incendie sur une partie du monument pour déterminer que cette partie provient d'un remploi

*1.5.2.3.2 Approche de «Structuration» de l'ensemble afin d'en faire ressortir des traits communs dans un objectif de généralisation (inductive)*

#### ***1.5.2.3.2.1 Principe opératoire***

Il s'agit de vérifier la redondance d'un ou de plusieurs descripteurs dans la définition des blocs issus du corpus étudié à travers des filtres qui jouent, plus ou moins, un rôle de structuration pour des fins statistiques qui vise à les inscrire dans un cadre spatio-temporel. Il s'agit par exemple de rassembler un ou plusieurs blocs ayant les mêmes

---

<sup>77</sup> J. Lauffray, 'Abords occidentaux du premier pylône de Karnak. Kemi XXI, 1971, p. 121-122.

<sup>78</sup> J.-F. Carlotti, L'Akh-menou, p. 214-215.

<sup>79</sup> L. Gabolde, GCA, p. 127-131.

caractéristiques physiques (matériaux, martellement, etc.), les mêmes caractéristiques iconographiques (parties humaines, dieux, etc.) ou les mêmes caractéristiques symboliques (nature de la scène, etc.). Il s'agit donc, de déterminer des groupes d'objets dont la distribution présente une certaine homogénéité dans le temps ou l'espace— le plus souvent l'un et l'autre— ou qui manifestent une certaine communauté de fonction — physique, sociale ou symbolique — dans un cadre spatiotemporel déterminé. L'étude des traits distinctifs du corpus des blocs étudiés (en les considérés un par un ou en combinaison), peut nous induire vers la construction de propositions, lesquelles se combinent à leur tour avec des données historiques pour engendrer des propositions plus spécifiques, jusqu'à l'interprétation finale(Gardin)

Nous pouvons alors comprendre cette transformation comme celle qui consiste à passer de certaines propriétés intrinsèques des objets — leur matériau, leur forme, les signes pictographiques qu'ils portent, etc. — à des caractérisations extrinsèques comme la date, l'origine, la destination, etc.

Dans ce cas, le croisement des données impliqués dans ce genre de processus, peut ne pas être immédiatement manifestes et nécessite que l'archéologue mobilise tout un raisonnement pour les déterminer. En étudiant des objets ou des monuments fragmentaires, l'objectif est d'en restituer la forme, le décor, le texte intégral des inscriptions dont ils sont porteurs par un jeu de comparaisons avec des matériaux moins incomplets. Ce type de restitution constitue formellement un acte typologique: il s'agit bien d'affecter les objets à des classes, celles-ci n'étant pas strictement imposées par la description de ceux-là; mais les classes en question sont définies par les propriétés intrinsèques (Forme, Marques, etc.).(Gardin J.-C., 1979. )

L'intérêt de cette approche est qu'elle fournit une représentation formulée à l'aide de traits dont on peut postuler qu'ils possèdent par construction une valeur cognitive ou «explicative» assurée: ils servent en effet, pris un par un ou en combinaison, à différencier des classes d'objets qui ont une signification différente. L'aboutissement de l'exercice est donc un ordre déterminé par la mise en relation de deux ensembles de variables: les variables extrinsèques tout d'abord, qui fournissent les étiquettes des classes proposées (ex.: la poterie néolithique de..., la vaisselle normande à l'époque...,

la céramique funéraire en..., etc.), et les variables intrinsèques; en second lieu, qui expriment le contenu différentiel de ces classes (Gardin J.-C., 1979. ).

Il s'agit dans ce cas de partir des données empiriques vers des affirmations exploratoires. Dans la perspective d'une approche logiciste, les méthodes les plus intéressantes ne sont pas forcément ceux qui se terminent par un modèle dynamique d'interprétation mais, dans un sens plus général, ce sont ceux qui se essaient de rendre explicite tous les liens de la chaîne des inférences qui relient les observations empiriques aux propositions interprétatives. Autrement dit, les besoins explicatifs (les besoins pour que les processus explicatifs soient explicites) ne sont pas liés aux différentes écoles de pensées, ils sont applicables à toutes les approches du moment que les actions ou les opérations y soient consignés et explicités (Jean-Claude Gardin, 1980).

- C'est un raisonnement orienté vers la construction de connaissances.
- Raisonnement produisant des généralisations: les conclusions sont plus générales que les prémisses.

Les projets de reconstitution sont des projets de longue haleine et prennent plusieurs années avant d'aboutir à un résultat (ceci dans le cas où ils aboutissent à un résultat).

On revient par la suite aux idées à travers une nouvelle induction et, une fois l'hypothèse vérifiée, elle devient alors, dans un contexte scientifique, une loi et dans un contexte archéologique, un fait historique.

### 1.5.2.3.2.2 *Utilisation de cette approche par les archéologues*

- Départ: DI
  - On part d'un ensemble de données issues du corpus des objets étudiés, des bibliographies consultées ou des expériences acquises dans d'autres projets similaires.
  - Suivant l'objectif poursuivi, qui dans notre cas est la recherche d'éventuelles hypothèses d'assemblages entre le corpus de blocs étudié, essayer de regrouper les entités ayant des caractéristiques intrinsèques ou extrinsèques communes.
  - Matériaux: en assumant qu'un ensemble de blocs ayant en commun leurs matériaux ont une certaine probabilité d'appartenir à la même structure, nous pouvons effectuer un premier tri afin de les regrouper. Une fois cet ensemble isolé, et suivant le nombre de résultats obtenus, on continue la même opération jusqu'à obtenir des propositions valides. Deux variables peuvent intervenir dans notre raisonnement:
    - Types de données disponibles
    - Types d'actions pouvant être appliqués à ces données
    - Exemple: Tri matériaux
      - Input: matériaux (grès, Calcaire, etc.)
      - Action:
        - Parcourir les fichiers de chacun des blocs en pointant vers la rubrique matériau
        - Regrouper les blocs ayant le même matériau dans une seule liste
      - Output:
        - Liste\_Grès ( bloc 2, bloc-7, ..etc.)
        - Liste\_Calcaire ( bloc 1, bloc-9, ..etc.)
        - Etc.
    - Pour cela, il faut qu'une action Tri soit disponible, que chaque bloc comporte dans sa description une rubrique «Matériau» afin qu'on puisse différencier et regrouper



les entités suivant un critère X qui est dans notre cas le critère «Matériau»

Dans un R8, C'est une interprétation d'une regravure qui a permis de déterminer:

1. T1: le temps du début de construction de la structure architecturale. (règne, pharaon, etc.)
  2. T1: le temps de la fin de construction de la structure architecturale. (règne, pharaon, etc.)
- Ex.1: chapelle d'Achôris trace de surcharge du cartouche d'Achôris sur celui de Psammouthis<sup>80</sup>.

Dans R9 et R10: un filtre basé sur des caractéristiques intrinsèques comme G (orientation et épaisseur des murs) a permis d'isoler un ensemble d'unités. L'archéologue, et en fonction des résultats du filtre appliqué, a émis une hypothèse sur:

- T: homogénéité dans le temps de l'orientation des murs construits dans une même période.
- F: La fonction d'un mur détermine son épaisseur.
- Ex. 1: murs d'une construction monumentale en briques de terre crue orientés comme la rampe de Taharqa<sup>81</sup>.

Dans R12: Dans chacun des raisonnements étudiés, un filtre basé sur les caractéristiques intrinsèques des blocs (G, M ou S) a permis d'isoler un ensemble de blocs sur lesquels l'archéologue a émis une ou plusieurs hypothèses sur leur appartenance à une même structure qui est définie en fonction:

1. T: le même règne, même période de construction, etc.

---

<sup>80</sup> J. Lauffray, La chapelle d'Achôris à Karnak. I. Les fouilles, l'architecture, le mobilier et l'anastylose, 1995, p. 13-14; C. Traunecker & al., La chapelle d'Achôris à Karnak II (texte), p. 45.

<sup>81</sup> J. Lauffray, op. cit. p. 17; 57, et fig. 30b, pl. 50, 6a et b.

2. L:

3. F:

- Ex. 1: pierre de la cour des fêtes de Thoutmosis II, qui est une roche blanche virant au jaune clair au polissage et fonçant sous l'effet de la patine solaire et dont le grain est très fin<sup>82</sup>.
- Appartenance de plusieurs blocs à une même structure d'après l'homogénéité de la gravure.
  - ex. 1: gravure en relief en creux avec signes recouverts d'une peinture jaune ocre pour les blocs de la 'cour des fêtes' de Thoutmosis II<sup>83</sup>.
- Appartenance de plusieurs blocs à une même structure d'après l'homogénéité du genre du décor.
  - ex. 1: talatates du temple d'Amenhotep IV à Karnak<sup>84</sup>.
- Appartenance de plusieurs blocs à une même structure d'après les proportions communes du module du décor.
  - ex. 1: talatates du temple d'Amenhotep IV à Karnak<sup>85</sup>.

R14: un filtre basé sur des caractéristiques intrinsèques des blocs (G: largeur et fruit des blocs) a permis d'isoler un ensemble de blocs sur lesquels l'archéologue a émis hypothèse sur leur appartenance à la même structure:

---

<sup>82</sup> L. Gabolde, Karnak IX, p. 7.

<sup>83</sup> L. Gabolde, Karnak IX, p. 29.

<sup>84</sup> R. W. Smith, D. B. Redford, The Akhenaten Temple Project. Vol. 1: Initial discoveries, 1976, passim; R. Vergnieux, Recherches sur les monuments thébains d'Amenhotep IV à l'aide d'outils informatiques, 1999, passim.

<sup>85</sup> R. W. Smith, D. B. Redford, The Akhenaten Temple Project. Vol. 1: Initial discoveries, 1976, passim; R. Vergnieux, Recherches sur les monuments thébains d'Amenhotep IV à l'aide d'outils informatiques, 1999, passim.

1. T: le même règne, même période de construction, etc.
2. L: structurent à laquelle ils appartiennent
3. F: emplacement du bloc dans la structure ou par rapport aux autres blocs

R17-18: Filtre sur le fruit d'un mur a permis de déterminer:

- F: le fruit des murs diffèrent suivant leur fonction et ainsi un ensemble d'informations sur le bloc (fonction, l'ensemble auquel il appartient, position relative dans cet ensemble, etc.)
- L: emplacement de l'ensemble auquel il appartient

R31: l'étude des proportions des différents éléments architectoniques a permis la généralisation de leur proportion par rapport à l'ensemble architectural auquel ils appartiennent

R33: Fonction d'un monument d'après plusieurs indices de nature «S»

R34: Fonction d'une scène d'après les éléments iconographiques qui y figurent

R35: le type de gravure détermine le style des gens qui l'ont travaillé

R36: prédominance de la symbolique de la scène sur la logique de représentation

#### *1.5.2.3.3 Approche abductive dans raisonnement analogique*

Afin de valider leurs hypothèses, Plusieurs des constructions archéologiques étudiés sont basé sur le raisonnement analogique ou plus généralement sur le raisonnement abductif.

##### *1.5.2.3.3.1 Définition du raisonnement abductif*

Selon le sémioticien et philosophe américain Charles Sanders Peirce (1839-1914), fondateur du courant pragmatiste en sémiologie, il existe un troisième type de raisonnement appelé «l'abduction» et qui est différent de la déduction et de l'induction. L'abduction, tiré du latin «*abductio*», est un type de raisonnement que

Aristote fut le premier à évoquer dans son célèbre ouvrage «*Premiers Analytiques*»<sup>86</sup>. Aristote définie ce raisonnement comme:

*«Un syllogisme dont la prémisse majeure est certaine et dont la mineure est seulement probable: la conclusion n'a alors qu'une probabilité égale à celle de la mineure».*

Une définition plus contemporaine présente le raisonnement abductif comme:

*«the process of inferring certain facts and/or laws and hypotheses that render some sentences plausible, that explain or discover some (eventually new) phenomenon or observation; it is the process of reasoning in which explanatory hypotheses are formed and evaluated.»* (Magnani, 2002)

Afin de mieux comprendre la nature de ce type de raisonnement, nous allons nous baser sur un exemple fort connu dans le domaine de l'intelligence artificielle, et qui différencie de manière très claire les trois types de raisonnement inductif, déductif et abductif:

- La déduction: *«Tout homme est mortel, or Socrate est un homme donc Socrate est mortel (Conclusion)»*
- L'abduction: *«Tout homme est mortel, or Socrate est mortel, donc Socrate est un homme»*
- L'induction: *«Tout homme, que je connais, est mortel, donc tout homme est mortel»*

Dans le cas d'une déduction, la «conclusion» est tirée directement de la «prémisse» alors que le raisonnement abductif consiste à expliquer la «conclusion» par la «prémisse», considéré ici comme une hypothèse explicative. Le sémioticien Umberto Eco a appelé ce procédé la «*méthode du détective*» (figure 32).

---

<sup>86</sup> Les Premiers Analytiques sont un ouvrage d'Aristote et constituent le troisième livre de l'Organon et la première partie des Analytiques. Aristote y développe l'essentiel de sa logique et de la syllogistique qui constitue la naissance de la logique comme discipline formelle.

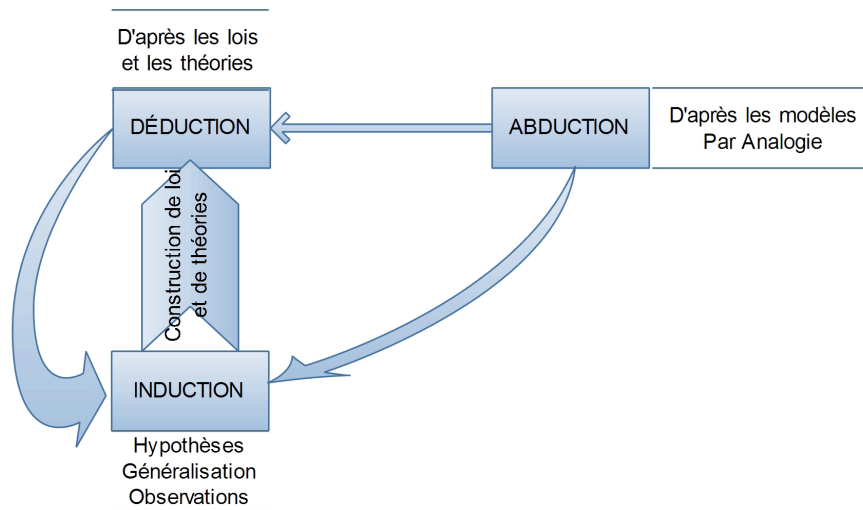


Figure 19: Principe opératoire des raisonnements inductifs, déductifs et abductifs

Selon une vision expérimentale du processus de conception de l'inférence (si nous considérons le mode de recherche et d'obtention de connaissances nouvelles comme un processus de conception), l'induction et la déduction ne sont pas en opposition mais en relations réciproques, elles sont en effet des phases coopératives d'un processus unique de résolution de problème. Dans un deuxième temps, ces deux phases d'induction et de déduction du processus sont complétées par une troisième que Peirce nomme l'abduction. La méthode de recherche peut être alors modélisée selon l'enchaînement élémentaire: (abduction – induction – déduction).

Cette approche signifie que «quelque chose» se comporte probablement d'une certaine manière – phase d'abduction – que «quelque chose» se comporte effectivement d'une certaine manière – phase d'induction et enfin – phase de déduction – nous établissons que «quelque chose» se comporte d'une certaine manière.

L'abduction, hypothèse créatrice et l'induction matérialisent le lien entre les observations expérimentelles et la formulation d'hypothèses elles assurent une mise à l'épreuve. La déduction traduit la pensée réfléchie et structurante en ce qu'elle engendre des habitudes interprétatives comme disposition mentale. Dans cette perspective l'abduction produit des idées et des concepts à expliquer, l'induction participe à la construction de l'hypothèse abductive en lui donnant de la consistance et la déduction à partir de cette construction formule une explication prédictive.

L'abduction rend compte de la spécificité du raisonnement qui va vers l'hypothèse, sa logique est celle de la créativité de l'interprétation et de l'innovation et elle permet en fonction de la flexibilité du concepteur par rapport à ses présupposés d'introduire des idées nouvelles.

#### ***1.5.2.3.3.2 Principe opératoire***

L'aspect le plus utilisé du raisonnement abductif est la similitude, également appelée l'analogie. L'observation des similitudes dans certains aspects des choses permet de déterminer et dégager d'autres similitudes. À partir d'un objet avec un aspect ou une forme particulière, les archéologues déduisent souvent sa fonction en le comparant à d'autres objets qui ont une forme ou une fonction semblable. Ceci peut causer une confusion, du moment que dans beaucoup de cas, c'est un processus mental et pas très bien explicité dans le raisonnement. Ceci provoque des discussions et laisse place à des solutions de rechange qui seront proposées. Au lieu de cela, énoncer clairement qu'une analogie a été trouvée rend la discussion plus simple et plus efficace.

L'analogie peut être utile pour produire des généralisations pertinentes, pour suggérer des hypothèses et pour critiquer d'autres généralisations qui étaient précédemment admises:

*«Il semble que dans l'archéologie, l'utilisation la plus commune et la plus valable de l'analogie est celle d'établir des probabilités antérieures des hypothèses» (M. H. Salmon, 1982)*

Ceci est démontré particulièrement par le travail des ethno-archéologues. Ce type de conclusion, qui peut être établi par n'importe quel argument inductif tel que l'analogie, dépend non seulement de sa forme mais de son contenu qui peut être raffiné avec l'utilisation des probabilités antérieures établies par les analogies.

En effet, les hypothèses simples et qui sont semblables à d'autres réussites sont susceptibles d'être réussites aussi. L'utilisation des méthodes basées sur la distinction de «cause à effet» ne sont pas efficace: il est difficile de distinguer ce qui est la cause et quel est l'effet. Les méthodes alternatives de confirmation sont cependant possibles

et celles-ci sont basées particulièrement sur les connaissances archéologiques et les domaines connexes, l'imagination et l'expérience.

#### *1.5.2.3.3 Utilisation de cette approche par les archéologues*

R15: un filtre basé sur la géométrie des blocs a permis d'isoler un certain nombre d'éléments qui obéissent la définition géométrique proposé (à savoir un bloc avec Boudin) et l'archéologue a utilisé le diamètre des différents boudins afin de déterminer l'emplacement de chacun des blocs dans le mur

R16: la position relative des blocs sur le sol a permis, et en se basant sur l'hypothèse sur laquelle les blocs de la partie supérieures s'écroulent avant ceux de la partie inférieur d'un mur, l'archéologue a déterminé la position des différents blocs dans la structure à laquelle ils appartenaient.

R19-20-21-R22: des caractéristiques intrinsèques d'un texte ont permis de mettre en place et d'exécuter un ensemble d'actions (interprétation du texte, examen des attribues qui y figurent, la nature de la scène, proportion des éléments iconographiques qui composent le texte, longueur de la scène etc.) de complétion. Les Outputs peuvent être de nature intrinsèques (G: dimension du texte manquant, sa proportion, ses dimensions exacte,..) ou Extrinsèques (F: nature de la scène, Thème, etc.)

R32: détermination de l'axe d'un temple en fonction de ses ouvertures, de l'ensemble architectural auquel il appartient et d'après les textes de fondation

## 1.6 Conclusion

Le mode de réflexion et les différents types d'argumentation propres au domaine de la restitution monumentale, souvent dispersés à travers les nombreux ouvrages et articles qui traitent de la question, ont été structurés selon un principe de hiérarchisation précis et détaillé, qui traduit fidèlement la logique employée par les archéologues pour reconstituer le patrimoine bâti ancien.

Le classement des différents arguments par type de raisonnement, en vue de déterminer la configuration d'une bâtisse, nous a permis d'établir un modèle des différentes composantes de la démarche archéologique ainsi que des règles de validation d'hypothèses de restitution utilisées. En effet, nous avons établi que l'archéologue procède à travers des macro-opérations:

- la «représentation» des objets matériels dans un système descriptif particulier;
- la «structuration» des objets en classes ou en séries par des méthodes plus ou moins systématiques appliquées aux symboles de leur description;
- l' «identification» d'une image déterminée (scène peinte, sculpture, graffiti abstraits, etc.) sous forme d'un symbole chargé d'en exprimer la signification, dans un système de référence donné;
- l' «explication» de faits matériels déjà interprétés ou non, dans l'un ou l'autre des sens ci-dessus, par leur mise en relation avec des données tirées d'autres sources (textes littéraires, objets différents, milieu naturel, etc.), pour aboutir à des propositions historiques, sociologiques, etc. (Gardin J.-C., 1979. )

En premier lieu on a les objectifs. La nature de ces objectifs influe sur le cours de toutes les opérations relatives au choix du corpus, à leur description, à leur structuration, à leur interprétation, et à la validation des résultats obtenus. Ils déterminent le choix des matériaux considérés, la manière de les voir, la manière de les classer; la manière de les commenter ainsi que la mesure de la valeur des résultats, dont on saurait juger que par rapport au but de la construction. Il faut aussi souligner le rôle de l'«expérience» dans la détermination des objectifs et ceci dans toutes les étapes de la démarche.



En effet, et suivant les différentes actions que l'archéologue aura à effectuer, nous avons démontré que ses objectifs, couplés avec son expérience, détermineront la démarche qu'il aura à adopter:

- Les données à relever: nous avons démontré qu'il existe une relation entre la nature des objectifs et le choix du corpus. En effet, la masse des données disponibles pour les chercheurs les pousse à recueillir le plus d'informations possible sur le sujet étudié. Cette masse, littéralement infinie surpasse les capacités de synthèse des chercheurs, les submerge et donne lieu dans beaucoup de cas à la paralysie de l'entreprise. Limiter la recherche et privilégier une direction parmi celles disponibles réduit le nombre de données. Le degré de précision est explicitement variable et facilite leur manipulation: les données sont alors mieux filtrées et on pourra alors concentrer notre attention sur les objectifs retenus.
- La meilleure façon de les décrire: En fonction des objectifs de l'entreprise, l'archéologue adopte une stratégie d'observation éminemment sélective, en fonction des objectifs de la construction, qui limite au minimum le nombre de monuments qu'il faudrait faire entrer dans le corpus: cette stratégie minimaliste vise à constituer, sur des bases raisonnées, des corpus aussi restreints que possible pour résoudre les problèmes fixés. Les matériaux sont alors enregistrés sous une forme symbolique qui les permet de se soumettre à des recherches rétrospectives, ou questions, exprimées sous forme de requêtes. Cette base de données dans laquelle les entités sont enregistrées sans ordre a priori est une construction qui s'arrête à la phase «Description». Dans la phase initiale de conception, on envisage successivement différentes formules pour déterminer celles qui établissent des rapprochements jugés bons par le compilateur. Toutes options concevables afin de décider la nature des informations à intégrer sont critiquables, à titres divers, et qu'il serait vain de s'obstiner à chercher un plan qui satisfait tous les intérêts: il faut considérer que chacune d'elle est valable dans le contexte dans lequel elle s'inscrit, mais dont la somme peut constituer un ensemble rationalisé (Clarke, 1968). L'utilisation des constructions consiste ensuite à traduire ces questionnements ou ces requêtes par un procédé informatique afin d'obtenir des réponses aux

questions posées: Il s'agit de l'impérativité de l'acceptation de la relativité des systèmes de représentation par les archéologues marque le progrès d'une méthodologie scientifique qui s'exprime de différentes manières aussi bien dans les compilations que dans les explications.

- La pertinence des constructions à mettre en œuvre: Il s'agit pour l'archéologue de déterminer la pertinence de chacune des actions (d'organisation, de structuration, ou d'interprétation) par rapport aux données dont il dispose et par rapport aux objectifs poursuivis.
  - Les actions d'organisation: Dans les constructions explicatives, la structuration des données descriptives n'a de sens que comme une étape préalable à leur interprétation. Cette étape est une règle généralement suggérée par le constat ou la formation de série, au sens le plus large du mot, dans l'ensemble des données symboliques choisies pour concrétiser les matériaux: la recherche de classes ou de types plus ou moins homogènes est ici l'opération de base, conduite dans l'espoir que les séries obtenues manifesteront des corrélations avec certaines données extrinsèques (lieux d'origine, monuments associés, etc.) où l'on trouvera matière aux inférences voulues.
 

Chaque liste de «parallèles» ou de «rapprochements» équivaut à la formation d'une série, d'une classe dont l'acteur (l'archéologue dans notre cas) s'efforce de tirer un sens. En effet, identifier, par exemple, un monument, établir ses origines, sa fonction ou encore restituer sa forme originale sont tous des constructions qui sont, en apparence, peut classificatoires impliquant ainsi/aussi des opérations de structuration.
  - Les actions de structuration: Le passage de la description à la structuration implique des jeux de combinaisons et d'arrangements variés pratiqués sur les données de l'une pour susciter ou pour fonder les produits de l'autre. Ce sont ces jeux que recouvre ici le terme «Structuration», entendu dans un sens délibérément large: les groupements les plus approximatifs de la méthode comparative traditionnelle y ont leurs places, au même titre que les ordres plus

rigoureux de l'archéologie formelle. Les entités qui visent la structuration peuvent être de toute nature.

L'objectif de la structuration étant dans tous les cas de conduire à des inférences ou à des «preuves» que la seule description des mêmes entités prise une à une ne suggérerait pas. Il faut distinguer trois sortes ou trois temporalités de structuration:

- La structuration des propositions lorsqu'elles entrent dans le fichier (mise en mémoire),
- La structuration des mêmes propositions à l'intérieur de la machine (organisation interne)
- La structuration de tout ou une partie de ces propositions sur les états imprimés ou affichés par la machine en réponse aux demandes des utilisateurs (sortie des informations).

L'objectif ultime est de présenter les données, non pas dans un ordre fixe, mais selon n'importe quel arrangement agréable à l'utilisateur, indépendamment des circonstances de l'enregistrement (l'organisation interne n'étant qu'un moyen de faciliter les conversions désirées entre l'ordre (ou le désordre) initial et les arrangements terminaux.)

- Les actions d'interprétation: La phase «interprétation» est le complément quasi obligé de la phase «structuration». En pratique, les deux opérations sont souvent imbriquées, le choix d'une structuration parmi d'autres étant déterminé par l'intérêt de l'interprétation qu'elle autorise, dans les perspectives fixées par les objectifs de départ.

Une façon d'exprimer cette interdépendance consiste à réunir les deux phrases en une seule: les termes structuration et interprétation désigneraient respectivement la face «formelle» et la face «sémantique». La séparation a été retenue pour rendre compte des cas où la structuration se manifeste seule dans des constructions compilatoires ou taxinomiques dont elle constitue la phase finale, sans interprétation subséquente.

- La validation: cette étape exprime le rôle que doivent jouer les épreuves de vérification après la présentation d'une construction donnée: les tests de

validations véritables ne sont pas ceux que l'auteur décrit comme tel, pour élargir la base empirique de ses vues, mais bien plutôt ceux que d'autres chercheurs seront nécessairement conduits à pratiquer par la suite lorsqu'ils étudieront les faits à travers les filtres compilatoires ou explicatifs de la construction. À la fin de ce processus, si l'hypothèse est infirmée, elle doit être remplacée ou modifiée et confrontée encore une fois à l'observation. Les faits établis sont rarement considérés comme des certitudes absolues: ils sont évalués généralement en termes de probabilités. L'archéologue pourra même, dans certains cas et suivant son expérience, anticiper la phase de validation au moment même où il exécute les différentes actions citées ci-dessus et de là, éviter certains procédés dont il connaît d'avance, qu'au moment de la validation, les résultats obtenus ne soient pas appropriés ou corrects.

Le schéma de la figure 33 exprime non pas la manière dont s'est édifiée la construction, mais son architecture logique, *une fois achevée*. La genèse elle-même est souvent un processus cyclique, par essais et erreurs, au cours duquel l'acteur «expérimente» successivement plusieurs réponses aux questions qui se posent à lui, au titre de la définition du corpus, de la description, de la structuration, de l'interprétation et de la validation, jusqu'à ce que cette dernière lui paraisse satisfaire aux objectifs de l'entreprise. Les constats d'inadéquation relative qui détermine chaque itération relèvent sans nul doute de la validation. L'utilisateur n'étale et ne divulgue que les choix retenus et non de tous ceux qui ont été rejetés.

Il ne s'agit en aucun cas de recettes préétablies: chaque cas implique forcément une démarche qui lui est propre et qui sera «*à la fois le mieux adapté au but poursuivi et la plus rentable en fonction de l'importance du problème posé*» (Gardin J.-C., 1979. ). Chaque technique doit être jugée suivant son efficacité et la clarté et la pertinence des réponses obtenues.

La consignation de ces raisonnements vise à assister l'exploitation des données disponibles. La transcription, par exemple, de la façon dont des actions ont été posées pour la construction d'un mur (appareillage) à une certaine période dans le temps, permettra de fouiller, en fonction de multiples critères, la structure de données établie

en vue de récupérer les pierres datant de cette période et de proposer différentes occurrences possibles d'un mur disparu ou démantelé.

Plusieurs raisonnements pourront alors être combinés pour réduire le nombre de fenêtres de solution possible. On pourra ainsi avoir recours à des modules de raisonnements à la fois d'ordre épigraphique (textuel et phonétique) et constructif, par exemple, mais aussi d'ordre physique ou géométrique si l'information est disponible.

L'originalité de cette consignation de raisonnements est qu'elle est évolutive (peut être augmentée ou modifiée) et que les résultats obtenus pourront alors être traduits par des mécanismes de simulations qui représentent les différentes hypothèses sous forme de modèle informatique communiqué à l'expert au travers des interfaces qui vont l'aider à visualiser les résultats obtenus et ainsi à les réfuter ou à les accepter en fonction de son propre jugement, et ceci, à différents stades de sa démarche de restitution.

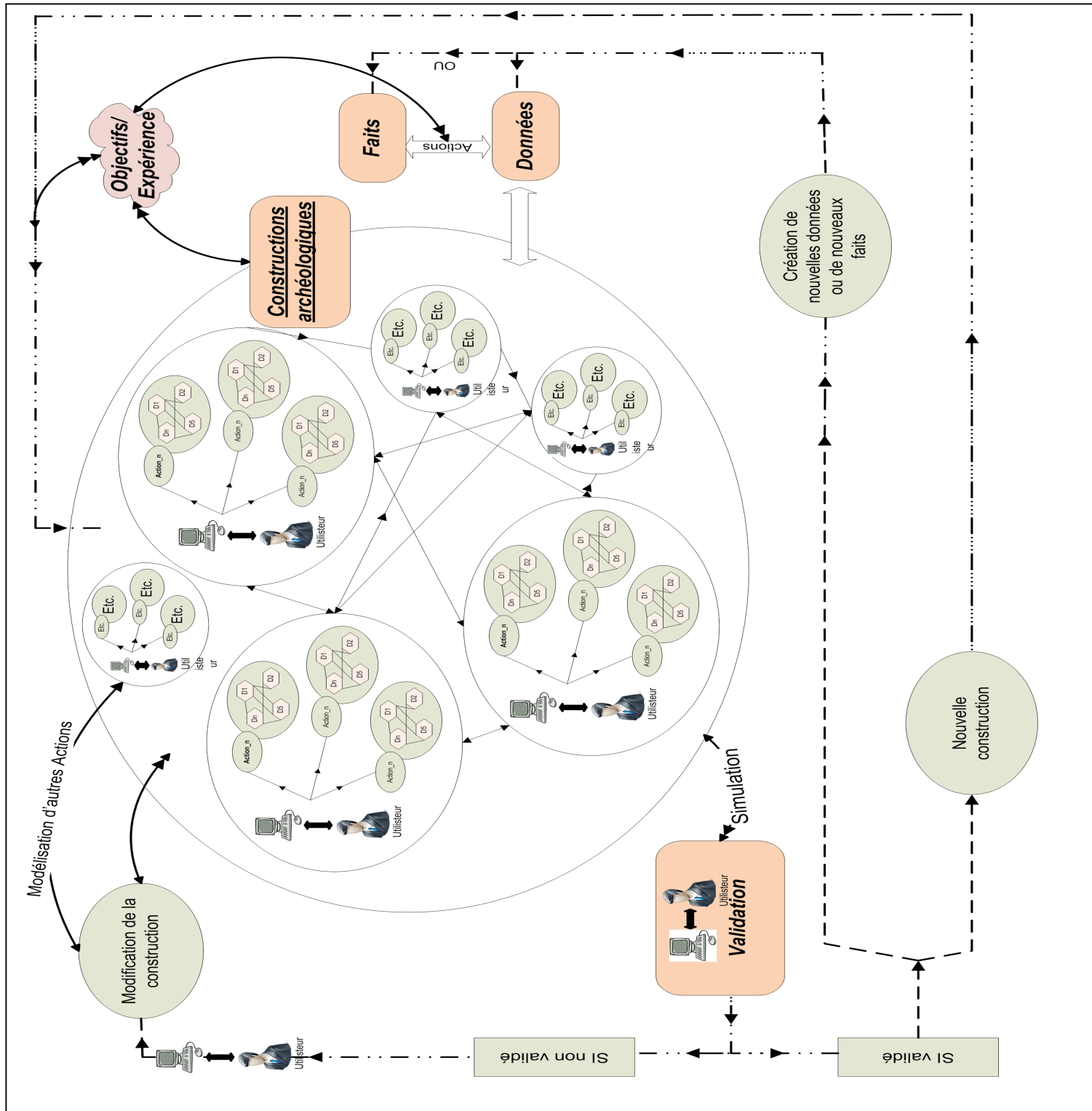


Figure 19: Modèle de la démarche archéologique aux moyens des TICs



### **CHAPITRE 3 : Exploration d'un système d'aide à la restitution archéologique**

Les deux parties précédentes ont porté sur un ensemble de questions relatives à la discordance entre la nature de la démarche archéologique dans les projets de reconstitution archéologiques et les moyens mis en œuvre pour l'assister. Il s'agissait de faire ressortir et de comprendre (1) Les différentes approches que l'archéologie avait adoptées afin tirer profit l'outil informatique dans le domaine de la reconstitution archéologique dans le but de comprendre la nature de l'alliance entre le domaine de la restitution archéologique et les nouvelles technologies de l'information et de la communication. (2) la nature et l'interaction entre les différentes étapes qui caractérisent la démarche archéologique dans un projet de reconstitution archéologique (3) la validité de toutes conjonctures et hypothèses émises dans un discours archéologique.

Cette exploration nous a permis de dégager quatre principales conclusions (1) la complexité de l'alliance informatique et archéologie et ainsi la nature systémique de la démarche (2) la non-adaptabilité des moyens développés au caractère global et systémique de la démarche archéologique (3) le caractère subjectif de la démarche archéologique ainsi que la dépendance directe des moyens et méthodes adoptées avec les objectifs de l'entreprise (4) l'absence d'un modèle fiable de la démarche archéologique qui tient compte des trois conclusions précédentes.

En effet, nous avons démontré que l'exploration d'un moyen informatique d'aide à la reconstitution archéologique aux moyens des TICs passe inévitablement par la compréhension de ce processus et des mécanismes qui le régissent. Ces conclusions nous ont poussé vers les publications savantes en archéologie où nous avons pu dégager un modèle de la démarche archéologique dans les projets de reconstitution et un modèle du raisonnement archéologique que nous allons tester sa validité dans la partie suivante. Pour ce faire, nous allons procéder en deux phases :

1. La première phase portera sur l'exploration d'un système informatique d'aide dans les projets de reconstitution archéologiques. Il s'agit de définir et



d'argumenter nos choix méthodologiques dans les choix de développement et d'implémentation informatique des modules de raisonnements.

2. La deuxième phase portera sur l'exploitation des instrumentations informatiques mises en œuvre dans la première partie afin de tester la validité de notre modèle développé dans le chapitre précédent. Cette validité sera menée à travers une étude de cas précise : le VIIème pylône du temple de Karnak

Nous sommes convaincus que l'outil informatique peut être un excellent assistant aux archéologues s'il est développé en fonction d'une part des besoins réels des acteurs et d'autre part en fonction des objectifs globaux de l'entreprise.

Il s'agit dans cette partie d'explorer les grandes lignes du système proposé et susceptible de mieux assister les archéologues dans les projets de reconstitution architecturale.

Dans la première partie, nous allons explorer, dans ce qui existe, les méthodes d'acquisition et d'enregistrement des données archéologiques utilisés par les spécialistes du domaine dans le domaine égyptologique. Il s'agit de déterminer ceux qui sont susceptibles de nous permettre d'atteindre notre objectif qui vise à explorer un système susceptible d'assister les archéologues dans les projets de reconstitution.

Dans la deuxième partie, nous nous proposons d'entamer le développement et l'implémentation de modules de raisonnement, en termes techniques, des fonctions. Par modules, nous entendons des bouts de processus qui arrivent à dégager des informations nouvelles à partir des données relevées. Un module pourra porter sur l'écriture hiéroglyphique, une façon de disposer des blocs de pierre ou encore une logique de détérioration du physique. C'est l'accumulation et le croisement d'un maximum de ces modules qui sera susceptible de constituer un modèle général d'un système d'aide à la restitution.

## 1.1 Méthodes et moyens informatiques pour l'acquisition et l'enregistrement des données

Dans le cas de notre thèse, nous allons nous limiter aux règles ayant rapport aux aspects bidimensionnels des blocs : iconographie, hiéroglyphe, géométrie, proportions, éléments de décor, etc. L'intégration des aspects tridimensionnels des blocs pourra apporter d'autres données très intéressantes dans le processus de reconstitution architecturale, mais, pour une question de moyens, d'autres chercheurs pourront les considérer afin de compléter cette démarche.

Dans le cadre de notre étude des moyens informatiques à adopter pour l'acquisition et l'enregistrement des données dans le domaine égyptologique, nous avons retenu deux projets :

1. Le projet « *ICONOS* » dirigé par l'archéologue Robert Vergnien et l'informaticien Michel Gondran dans le cadre des recherches archéologiques concernant le gigantesque puzzle des *talatates* de Karnak financée par *Électricité de France*.
2. Le projet recherche « *Méthodes informatisées de relevés et de reconstitution archéologique: le cas du temple d'Amon à Karnak* » développé par le « GRCAO »<sup>87</sup> grâce à une subvention du Conseil de Recherches en Sciences Humaines du Canada (CRSH).

Nous avons délibérément choisi de n'évoquer et de n'étudier que ces deux projets pour plusieurs raisons dont :

- La majorité écrasante des autres projets, et comme nous l'avons démontré dans le premier chapitre, adoptent une philosophie de représentation des résultats comme ligne directrice dans leur manière d'utiliser l'outil informatique; ce qui n'est pas le cas pour notre approche,

---

<sup>87</sup> Groupe de recherche en conception assistée par ordinateur (GRCAO) – École d'architecture, Faculté de l'aménagement, Université de Montréal – C.P. 6128, succursale Centre-ville, Montréal, Qc. Canada H3C 3J7. Site web: [www.grcao.umontreal.ca](http://www.grcao.umontreal.ca).

- Les deux projets retenus pour l'étude adoptent une démarche globale dans leur approche, ils ont été pensés en fonction de la finalité qui nous intéresse et qui est un système d'aide aux archéologues dans les projets de reconstitution.
- Les possibilités d'exploitation qu'offre chacune des deux méthodes dans les différentes phases du projet.
- Les deux projets ont été développés en fonction de la particularité de notre cas d'étude, à savoir le temple de Karnak.

Ensuite, nous allons évoquer rapidement l'approche scientifique pour l'informatisation des données archéologiques du Centre Franco-égyptien des Temples de Karnak. Ce protocole de description est très important, car il nous livre la vision des spécialistes des protocoles établis dans le cadre particulier du temple de Kanak. Pour l'instant nous allons nous limiter à ce protocole pour faire la validation de ce qu'on a proposé, mais en précisant qu'il doit demeurer ouvert à d'éventuels rajouts de nouvelles entrées de données que d'autres modules de raisonnement nécessiteront comme entrée (input) ou sortie (output).

### 1.1.1 Projet « ICONOS »

Cette méthode a été développée dans le cadre du projet « ICONOS » financée par *Électricité de France* et remontant à la fin des années 80. Elle a été conduite par une équipe de recherche, dirigée par l'archéologue Robert Vergnien et l'informaticien Michel Gondran dans le cadre des recherches archéologiques concernant le gigantesque puzzle des *talatates* de Karnak (R. Vergnien, 1996).

A la fin de la XVIII<sup>ème</sup> dynastie le pharaon Aménophis IV, plus connu du grand public sous le nom d'Akhénaton, époux de Nefertiti, donna une impulsion nouvelle à la religion égyptienne. Ces transformations sont connues aux travers de documents datés de la fin du règne. Tous les spécialistes s'accordent cependant pour situer ces modifications au début du règne d'Aménophis IV. Plus de quatre vingt mille documents archéologiques (appelés talatates), proviennent d'un ensemble architectural cohérent

dédié à Aton et construit dans les premières années de ce règne. Ces pierres ont été retrouvées dans les fondations d'édifices postérieurs où ils avaient été remployés comme simple matériaux de construction (Robert Vergnieux & Gondran, 1997).

La principale difficulté archéologique pour le traitement de ces données réside dans le grand nombre de documents à manipuler ce qui équivaut à reconstituer d'immenses puzzles archéologiques dont on ne connaît ni le nombre, ni les modèles, ni le pourcentage des pierres manquantes. De plus, les techniques anciennes de mise en œuvre de ces matériaux interdisait la pose bord à bord, les pierres étaient jointoyées entre elles par du plâtre. Les pièces du puzzle sont donc "flottantes" et à la différence des jeux pour enfants, ne présentent pas de contre dépouilles qui puissent valider les rapprochements.

La méthode développée pour ce projet' connue aussi sous le nom de « la technique de restitution visuelle » (Robert Vergnieux & Gondran, 1997) se décompose en quatre phases distinctes :

- la numérisation des documents permettant de faire des images photographiques des fichiers informatiques,
- l'homogénéisation des documents visant à créer leur unité plastique,
- l'assemblage des talatates, c'est-à-dire le montage sur une même image des différentes pierres,
- la restauration des fragments.

#### ***1.1.1.1 La numérisation des documents (R. Vergnieux, 1996; Robert Vergnieux & Gondran, 1997)***

Photographier les composantes iconographiques du bloc. Ces photos sont ensuite scannées et enregistrés sous un format JPEG ou BITMAP » afin de constituer une base de données numérique des blocs afin de faciliter leur manipulation dans une perspective de reconstitution. L'image est analysée en points successifs prélevés à sa surface (échantillonnage). Ceux-ci sont repérés par une adresse (coordonnées x et y)

sur l'image initiale. A chacun de ses points est associé un signal exprimant une grandeur physique (sa couleur) en valeur numérique.

La qualité de restitution de l'image originale dépend directement du nombre de points prélevés. Dans l'absolu, une qualité maximale s'atteindra par le prélèvement de points plus fins que ceux discernables par nos organes visuels (d'un diamètre inférieur à la minute d'angle). Mais dans la pratique, l'échantillon contiendra moins de points que l'image source. Dans ce projet, l'équipe a travaillé avec des photographies scannées avec une résolution de 300 points par pouce (carré).

La fidélité de l'image numérisée dépend aussi de la subtilité du rendu des couleurs. Les couleurs sont exprimées par un ensemble de trois valeurs, celles de leur trois composantes de base, les couleurs élémentaires, rouge, vert et bleu (codage *RVB*). Chacune de ces trois couleurs peut prendre 256 valeurs ; on pouvait donc obtenir 16,7 millions de teintes différentes par leur combinaison. L'importance du nombre de niveaux de chaque composante conditionne la qualité du lissage des couleurs.

#### ***1.1.1.2 L'homogénéisation des documents (R. Vergnieux, 1996; Robert Vergnieux & Gondran, 1997)***

Les nombreuses photographies à partir desquelles l'équipe travaille présentent d'importantes différences, les raisons en sont multiples :

- en premier lieu la diversité des types de pellicules utilisées - du à l'étalement dans le temps du travail de photographie des talatates,
- différence d'éclairage lors des prises de vue modifiant la qualité de la lumière et ses directions,
- l'irrégularité de l'échelle des talatates, c'est-à-dire la distance les séparant de l'objectif,
- enfin la multiplicité des points de vue ne présentant que très rarement les talatates parfaitement de face.

C'est pourquoi dans un premier temps il est nécessaire d'homogénéiser l'ensemble de ces documents. D'abord modifier la coloration globale des images afin de les faire correspondre à celle d'un document *étalon* - choisi pour sa justesse - en ajustant les proportions de couleur élémentaires pour la totalité des points des images. Puis corriger l'échelle des *talatates* en jouant sur leur taille (par réduction et agrandissement) et leur perspective en les déformant pour en obtenir une vue frontale.

### ***1.1.1.3 L'assemblage des talatates (R. Vergnieux, 1996; Robert Vergnieux & Gondran, 1997)***

Les *talatates* ont été, tout d'abord, isolés de leur fond en les cernant et en sélectionnant la zone ainsi délimitée de l'image. La sélection est ensuite stockée momentanément dans un fichier temporaire. Enfin, les *talatates* sont recopiées du presse papier vers l'image finale. Chacune d'elles est placée à l'endroit lui convenant, c'est-à-dire la place qui lui revient dans le puzzle à reconstituer (Robert Vergnieux & Gondran, 1997). Quelques petits réglages sont souvent nécessaires :

- ajustement de la taille des talatates (scaling),
- rotations des blocs pour adapter leur orientation au reste de l'image.

Il s'agit en effet d'ammorcer des recherches visant à proposer différentes hypothèses d'assemblage par la création de groupes significatifs afin de reconstituer une ou plusieurs parties d'une scène à l'aide d'un moteur de recherche fondé sur la recherche de mots-clés associant des unités iconographiques (iconos) communes. Cette étape est très critique en raison des conséquences qu'elle engendre. En effet, la recherche d'un bloc susceptible d'appartenir à une scène implique parmi les centaines de talatates disponibles peut prendre des heures et implique une certaine prise de position de l'acteur qui pourra, si elle n'est pas bien argumenté, induire toute l'équipe en erreur (Robert Vergnieux & Gondran, 1997).

#### ***1.1.1.4 La restauration des fragments (R. Vergnieux, 1996; Robert Vergnieux & Gondran, 1997)***

Selon la procédure de travail imposée, la restauration proprement dite se décompose en trois étapes principales :

- réparation des blocs endommagés,
- complétion des zones vides de l'image,
- dessin des parties manquantes.

#### ***1.1.1.5 Complétion des zones vides***

Cette opération consiste à compléter les espaces compris entre chacune des pierres par un remplissage à l'aide de matière vierge, c'est-à-dire d'une matière ayant l'apparence du support dans lequel furent taillées les talatates lors de leur traitement en bas-relief. Cette étape est nécessaire car les fragments n'étaient pas posés bord contre bord mais liés par un joint de plâtre aujourd'hui disparu, laissant les talatates flottantes, séparées par des espaces vides, mais aussi parce que de nombreuses pièces du puzzle sont manquantes. (R. Vergnieux, 1996; Robert Vergnieux & Gondran, 1997)

#### ***1.1.1.6 Réparation des blocs endommagés***

Il s'agit ici de faire disparaître les détériorations visibles qu'ont pu subir les blocs de pierre réassemblés au fil des temps. Cet exercice est facilité par l'utilisation d'un outil plastique particulier à l'infographie, le tampon. Son originalité réside dans le fait qu'il s'agit en quelque sorte d'un pinceau utilisant comme médium un morceau d'image sélectionné au préalable. Grâce à lui, on masque brèches, failles et fissures par ajout de pierre neuve comme on l'aura fait avec de la peinture, redonnant ainsi aux fragments un aspect neuf, proche de celui qu'ils eurent à l'époque où ils ornaient les murs de Karnak (R. Vergnieux, 1996; Robert Vergnieux & Gondran, 1997).

Cette dernière étape consiste alors à compléter les espaces compris entre chacune des pierres par un remplissage à l'aide de matière vierge, c'est-à-dire d'une matière ayant l'apparence du support dans lequel furent taillées les talatates lors de leur traitement

en bas-relief. Il s'agit ensuite de dessiner les parties de l'image encore manquantes. Cette opération s'effectue grâce aux nombreux outils mises à disposition par les logiciels de retouche d'image. Le but est de compléter les personnages et le décor qui les accueille (R. Vergnieux, 1996; Robert Vergnieux & Gondran, 1997).

Cette méthode a l'avantage d'aller au-delà de la simple technique de relevé pour envisager également des scénarios de restitution des scènes. Elle est rigoureuse et fiable mais présente une grande lourdeur dans la manipulation manuelle des photographies et ouvre la voie à une multitude d'erreurs pouvant être générés par l'interprétation subjective des espaces vides entre les blocs.

#### ***1.1.1.7 Dessin des parties manquantes***

L'étape terminale de ce travail consiste au dessin des parties de l'image encore manquantes. Cette opération s'effectue grâce aux nombreux outils finement paramétrables mises à disposition par les logiciels de retouche d'image :

- des pinceaux
- des crayons
- des brosses
- des aéroglyphes
- Des tampons et une escadre d'effets assignables aux zones sélectionnées

Le but est de compléter les personnages et le décor qui les accueille. Pour cela, il est nécessaire d'être guidé avec précision afin que l'image ainsi constituée soit de la plus grande rigueur scientifique possible :

- par des connaissances archéologiques partagées par les membres du groupe de travail,
- par l'observation de nombreux documents photographiques de talatate provenant de registres contigus à celui sur lequel l'équipe travaille - talatates contemporaines et certainement fruit du travail des mêmes artisans,

Par la réflexion sur la progression de l'image, qui amène à remettre en cause ou au contraire à valider l'orientation de la procédure de restitution. En effet, la vision du résultat du travail permet de juger avec beaucoup de pertinence de la justesse du fac-



similé, voyant ainsi concrètement l'image des pierres rassemblées. Ainsi ils apparaissent d'importantes incohérences ayant échappé à l'équipe lors des réflexions préparatoires. De même, nous pouvons découvrir par cette observation visuelle de nouvelles orientations à suivre, amenant à revoir l'idée même d'une partie de la restitution.

La principale difficulté de la restitution par le dessin est de rendre avec réalisme et subtilité l'impression de relief caractérisant les talatates. La solution est de jouer avec les effets d'ombre et de lumière - plus simplement de clair et de foncé - pour créer le sentiment de volume, en respectant la direction principale de l'éclairage de l'image. Il est d'ailleurs souvent nécessaire d'effacer puis de redessiner les ombres (portées ou non) de certaines talatates ne respectant pas cette fameuse unité visuelle.

Ce principe est utilisé à la fois pour la réalisation des personnages et pour celle des textes hiéroglyphiques - dont la complétion est elle aussi indispensable.

A tout moment, ce travail a été remis en question, et la décision a été de repartir soit dans une direction nouvelle, soit de revenir en arrière. L'outil informatique a été pour cela très précieux, car il a permis sans contraintes les repentirs et les hypothèses multiples.

- d'abord parce que des fonctions spécifiques aux logiciels utilisés ont pour rôle de permettre l'annulation - répétée - d'un certain nombre d'opérations de traitement de l'image,
- ensuite parce que ils faisaient régulièrement des sauvegardes des images aux différentes étapes de leur réalisation.

Lorsque l'on agit directement sur les documents archéologiques, comme dans les restitutions classiques, on entraîne des modifications irréversibles qui sont évitées avec cette méthode de restitution basée sur la virtualité, c'est-à-dire sur la génération d'images-simulacres.

A la différence des fac-similés traditionnels, on obtient un résultat beaucoup plus réaliste puisque de qualité photographique. L'image proposée possède en cela énormément plus d'impact, notamment auprès du grand public, sensible à cette qualité de lisibilité.

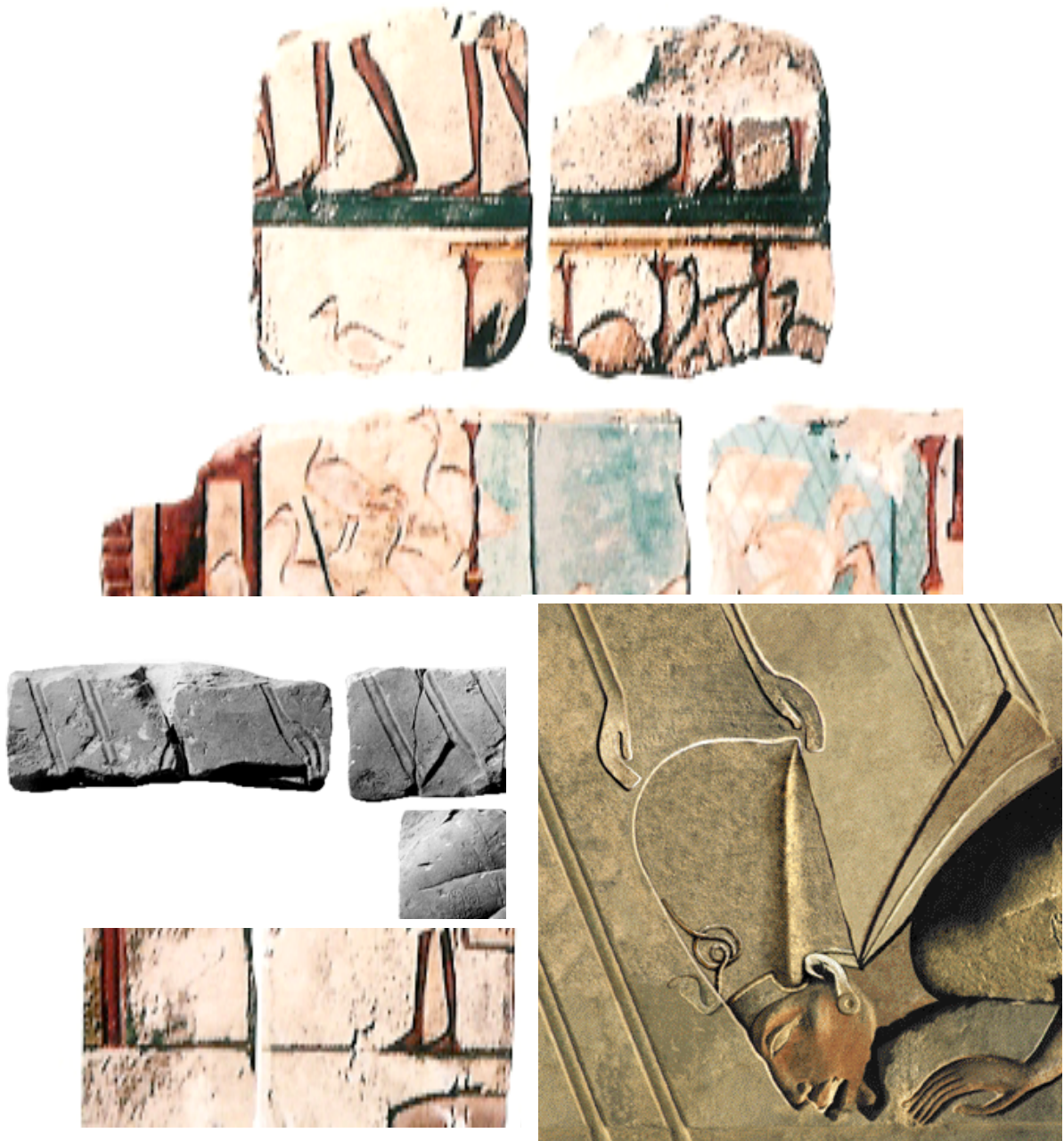


Figure 20: Exemple d'assemblage des Talatates (Vergnieux and Gondran 1997)

## 1.1.2 L'approche du GRCAO

L'approche adoptée par le GRCAO vise à utiliser dans un premier temps un logiciel conçu pour les architectes (en l'occurrence, Autocad), dont deux des principales caractéristiques résident dans sa grande popularité (et donc maniabilité) et la possibilité d'y programmer des fonctions additionnelles qui répondent à des besoins spécifiques. Dans le cas qui nous intéresse, il s'agit d'ajouter des fonctions de saisie, d'enregistrement et de traitement des données qui soient adaptées, entre autres, au relevé épigraphique. En effet, nous aimerions générer des modèles 2-D ou 3-D qui ne servent pas uniquement à des fins de diffusion de résultats, mais puissent également contribuer à mieux comprendre le savoir-faire des architectes et des graveurs égyptiens. Le temps venu, il sera toujours possible de configurer ce programme sur d'autres logiciels, de sorte que notre modèle peut être envisagé sous l'angle d'une « plate-forme » informatique.

### 1.1.2.1.1.1 *Épigraphie : enregistrement de la configuration géométrique des signes hiéroglyphiques*

Le programme vise à enregistrer la configuration géométrique des signes hiéroglyphiques, au fur et à mesure qu'ils sont dessinés. On peut ainsi tracer le contour d'un signe, en faisant appel à un prototype qu'il s'agit ensuite de modifier et d'adapter à l'occurrence que l'on désire tracer (fig. 35).



Figure 21: Relevé épigraphique à l'aide de courbes de Bézier. (Revez, et al., 2004)

La saisie par ordinateur de la configuration géométrique d'un signe permet la constitution de bibliothèques de signes-prototypes et signes-occurrences pouvant déboucher sur des études de paléographie comparative aussi bien sur le plan

diachronique que synchronique, et une meilleure compréhension du mode de répartition des différentes équipes de graveurs de pierre à l'intérieur de l'espace sacré du temple.

#### ***1.1.2.1.1.2 Épigraphe : enregistrement de la valeur phonétique des signes***

Autre volet primordial du projet est l'enregistrement des signes d'après leur valeur phonétique et leur position dans la liste des signes 'Gardiner'. Il est dès lors possible de faire une recherche par mots-clés de termes dont on peut visualiser toutes les attestations dans l'environnement tridimensionnel du modèle restituant le temple. On pourra ainsi faire une étude plus exhaustive du vocabulaire utilisé dans les textes sacrés des anciens égyptiens, en établissant notamment le lien qui existe entre genre littéraire et emplacement du texte dans le temple. De plus, l'orthographe des mots évoluant au fil du temps, il sera ainsi envisageable d'en suivre le cours.

#### ***1.1.2.1.1.3 Enregistrement des divers thèmes iconographiques***

Dans la perspective d'un modèle qui replace le décor pariétal d'un temple dans son contexte architectural, il est possible de structurer et d'enregistrer certaines données pertinentes, comme le type de couronne ou de sceptre porté par les pharaons et les dieux, afin de déterminer par exemple le positionnement relatif des scènes les unes par rapport aux autres. Ce genre d'analyse débouche sur des études abordant des questions aussi variées que la nature et l'orientation des scènes, l'attitude et la gestuelle des personnages, le type de rite représenté et le choix de la tenue vestimentaire et des attributs royaux et divins.

#### ***1.1.2.2 Architecture : enregistrement individuel des blocs***

La saisie et l'enregistrement d'une paroi, pierre par pierre, permet de tenir compte de l'évolution du mode d'appareillage des murs au gré des époques et du caractère hétérogène d'une structure architecturale, dont la construction a pu se faire par étapes successives. Enfin, l'enregistrement individualisé des blocs se prête également fort bien à l'étude du phénomène de remploi, une pratique bien attestée à Karnak.

### ***1.1.2.3 Possibilité de rendus pour tenir compte de la profondeur des signes***

#### *1.1.2.3.1 Extrusion de signe*

À des fins pédagogiques de visualisation, la maquette peut artificiellement créer des zones d'ombrage sur les signes dessinés, afin de reproduire par extrusion une apparence tridimensionnelle de relief dans le creux ou en champlevé, selon le cas. Les signes représentent alors une abstraction de la forme réelle en remplaçant les surfaces courbes et les arrondis, par des changements de niveau brusques.

#### *1.1.2.3.2 Découpage photo*

L'objectif général de ce procédé est de masquer les parties indésirables d'une photo, en blanchissant automatiquement les pixels situés en dehors d'une zone délimitée d'avance. Plusieurs retombées sont possibles : enregistrer la photo de la forme précise d'un signe hiéroglyphique en lieu et place d'un relevé 3-D par balayage laser et, ainsi, diminuer la mémoire requise tout en conservant une information visuelle; comparer les subtilités de gravure entre différentes occurrences d'un même signe hiéroglyphique (fig. 36).



Figure 21: Découpage photo

#### *1.1.2.4 Fonctions de relevé sur surfaces géométriques non planes*

Bien qu'étant une des réalisations architecturales les plus spectaculaires que nous ait légué l'Égypte pharaonique, la salle hypostyle du temple de Karnak n'a pas encore fait l'objet d'un relevé complet. Cet état de chose est en partie imputable au fait que ce type de relevé sur une surface courbe, avec peu de dégagement, est particulièrement difficile; de par leur hauteur, les colonnes figurent aussi parmi les éléments architecturaux les moins accessibles du temple. Signalons enfin que le caractère parfois redondant des bas-reliefs gravés sur les colonnes rend leur étude moins prioritaire que des textes à contenu historique plus dense. Pourtant, malgré les obstacles d'ordre pratique qui rendent leur relevé difficile, les colonnes peuvent fournir une mine de renseignements sur la signification du temple, sa fonction et son histoire<sup>88</sup>.

C'est dans cette optique que Le GRCAO a collaboré avec la mission américaine du Karnak Hypostyle Hall Project de l'Université de Memphis, dans le but de déterminer une stratégie pertinente de relevé de la colonnade<sup>89</sup>. Notre approche incorpore la photogrammétrie pour rendre possible le relevé et l'enregistrement d'inscriptions hiéroglyphes gravées sur des surfaces coniques ou cylindriques propres aux colonnes de temples. Dans un premier temps, on crée un modèle vectoriel tridimensionnel de la colonne, d'après le calcul de points géodésiques répartis sur une série de clichés couvrant la totalité de la surface du fût. Puis, il s'agit de 'dérouler' la surface de la colonne pour y dessiner les hiéroglyphes à plat; ensuite, après redressement des photos, les clichés sont juxtaposés pour obtenir une vue de face de la surface de la colonne<sup>90</sup>. Le but ultime de cet exercice est de pouvoir ensuite faire l'opération

---

<sup>89</sup> Au sujet de cette collaboration, cf. <http://cas.memphis.edu/~hypostyle/> dans la section consacrée à l'épigraphie virtuelle.

<sup>90</sup> Pour de plus amples détails techniques sur cette méthode, voir E. Meyer, P. Grussenmeyer, C. Parisel, T. Tidafi, J. Revez, « Photogrammetry for the Epigraphic Survey in the Great Hypostyle Hall of Karnak Temple : A New Approach », dans *Geo-Imagery Bridging Continents. Proceedings of the XXth ISPRS Congress. 12-23 July 2004, Istanbul, Turkey. IAPRS, XXXV/B5, 2004, 377-382.*

inverse qui consiste à ‘enrouler’ la surface de la colonne épigraphie pour pouvoir ainsi visualiser le décor des colonnes dans leur environnement tridimensionnel (figure 37).



Figure 21: Déroulement ortho-photographique d'une colonne.

### **1.1.3 L'approche scientifique pour l'informatisation des données archéologiques du Centre Franco-égyptien des Temples de Karnak**

Il s'agit dans cette partie de présenter le protocole établi par le centre franco-égyptien d'étude du temple de Karnak pour l'informatisation des données archéologique. Il sera très important de préciser que le terme « informatisation » ne reflète en aucune manière une nouvelle façon intelligible pour la traitement des données archéologique, mais un protocole de consignation de ces données qui aurait permis de passer du support habituel de la « fiche » vers la transcription et le stockage informatique de ces données.

#### ***1.1.3.1 La Banque de données historiques « IPET-SOUT » des opérations réalisées dans le temple de Karnak***

La réalisation du projet a été confiée à M. Azim, architecte qui avait élaboré une « Fiche d'opération » basée sur une subdivision logique de l'information en différentes rubriques afin de la rendre facilement accessible par le langage documentaire et scientifique. La principale difficulté dans ce travail de catalogage résidait dans l'objectivité dans l'analyse du contenant de l'information et la restitution du contenu selon un langage plus ou moins libre. À cette fin, l'équipe a travaillé sur deux

rubriques différentes : des rubriques à "lexique fermé" (langage conventionnel basé sur une liste de mots) et de rubriques à "description libre" (langage naturel), permettant ainsi d'avoir une interprétation objective et subjective, une meilleure précision dans le repérage des unités archéologiques a été obtenue grâce à l'élaboration d'un lexique portant sur la subdivision topographique des temples et la normalisation de la terminologie. L'équipe a aussi donné la possibilité d'associer les données aux images (clichés, relevés, dessins,...). L'enregistrement des images a été effectué sur « microfiches » afin de répondre aux exigences de la recherche et de diffusion de l'information:

- facilement modifiable;
- facilement reproductible;
- facilement diffusable;
- excellent rapport qualité/prix du support de stockage.

Les données sont ensuite enregistrées suivant trois principales rubriques en fonction des différentes phases d'avancement (pour plus de détails, consultez l'Annexe II):

1. Données sur la nature des opérations : nature et date de l'opération, identification et position de l'unité, les responsables, de l'unité, etc.
2. Méthodes et résultats de l'entreprise : description et motivation de l'opération, documentation, datations, interprétations, etc.
3. État après opérations : analyses, restauration, opérations ultérieures envisagées, publications, etc.

### ***1.1.3.2 KARNAK: BANQUE DE DONNÉES DOCUMENTAIRE DU CENTRE FRANCO-ÉGYPTIEN D'ÉTUDES DES TEMPLES DE KARNAK***

Le centre documentaire du C.F.E.T.K., réunit approximativement 28 000 fiches concernant tout le matériel archéologique (céramique, statuaire, blocs, inscriptions,...) provenant des temples. La grande diversité des équipes ayant travaillé dans le temple de Karnak depuis le début du siècle ainsi que les différents objectifs d'études qui les a



motivés a laissé des collections et des supports (fiche de bloc, fiche suiveuse d'objet, etc.) extrêmement hétérogènes.

La fiche Type utilisée était subdivisée en deux parties : la première réservée au cliché photographique et la seconde contient une brève description du sujet et de sa localisation.

Cette prépondérance donnée à l'image dans les documents a été jugé comme altérant *« sensiblement le rapport analyse/image au détriment de la partie factuelle. Ce déséquilibre prive le public des scientifiques des "outils" indispensables pour parvenir aux documents recherchés. L'information est présente et elle est "visible" mais difficilement accessible par un langage documentaire ou scientifique. »*. Des tentatives visant à pallier cette insuffisances ont été entreprises principalement par Mme Le Saout à travers des index manuels permettent l'accès à l'information selon certaines clés et suivant la méthode décimal de Dewey et dans la quelle une numérotation décimale permet d'affiner la recherche, en passant d'un niveau "générique" à un niveau plus "spécifique" et ceci suivant deux objectifs principaux :

a) Approfondir l'analyse des clichés photographiques comme un document scientifique et non limiter la recherche au simple "contenu externe" du cliché. Le développement, dans la fiche de renseignements, d'une partie réservée à l'analyse factuelle du matérielle, a permis de rééquilibrer le rapport analyse-image. Dans les données factuelles, notre étude a intégré les données bibliographiques et graphiques en général. Une distinction trop nette aurait causé la perte d'une partie importante de l'information.

b) ouvrir le fond documentaire au public des scientifiques. La décision d'adopter pour le C.F.E.T.K., un modèle documentaire déjà expérimenté, dans notre cas le support d'information de la banque Égypte du musée du Louvre, a été prise en fonction d'objectifs divers:

1. profiter d'une expérience concrète de plusieurs années dans le secteur de la recherche documentaire en égyptologie afin d'éviter des chemins sans issue et contribuer, avec des innovations, à l'avancement des travaux dans ce domaine;
2. favoriser l'ouverture du centre documentaire et favoriser la diffusion de l'information au public des scientifiques.

3. L'adoption d'un même support de l'information permettra le partage et le transfert des données vers d'autres centres.
4. L'homogénéisation des rubriques et des terminologies permettra une meilleure organisation de la recherche en évitant aux scientifiques l'apprentissage d'un nouveau langage documentaire.

Cette banque de données a été organisée suivant trois grandes rubriques (pour plus de détails, consultez l'Annexe III):

1. Références et origine objet : numéro de référence, numéro d'inventaire, provenance, lieu de conservation, etc.
2. Analyse objet : nature de l'objet, commentaire nature, forme ou décor, matière, technique, dimensions, datation, état de conservation, restauration, etc.
3. Analyse du texte : écriture, contenu du texte, noms propres, transcription du texte, traduction du texte, etc.
4. Documentation : cliché et rédacteur

### ***1.1.3.3 En résumé***

Cette partie a mis la lumière sur les différentes méthodologies utilisées dans le temple de Karnak pour l'enregistrement des données. Les rubriques, que nous avons transposées directement à partir des documents que les responsables du centre franco-égyptien ont publiés, ont mis en évidence la masse littéralement infinie de données pouvant être recueillis et que les archéologues cherchent à en acquérir le plus possible afin de pouvoir les cataloguer, et ceci, pour différents objectifs. Mais cette masse, littéralement infinie, surpasse les capacités de synthèse des chercheurs, le submerge et donne lieu dans beaucoup de cas à la paralysie de l'entreprise. Nous pensons que les archéologues doivent se limiter aux données qui les aideront dans la réalisation de leurs objectifs.

La nature des données issue du relevé est aussi un élément très important à tenir en compte. En effet, les rubriques de description doivent refléter d'une part la méthode

de relevé mise en œuvre, et d'autre part les moyens de traitement et de manipulation qui entreront en jeu.

#### **1.1.4 Conclusion**

Nous avons présenté dans cette partie deux méthodes de relevé des données archéologiques au moyen des TICs. L'avantage de ces approches est que le processus de dessin est plus rapide; le travail sur photo permet en outre de travailler chez soi, réduisant par la même occasion la nécessité de consacrer du temps indu sur le terrain. En effet, vu la distinction parfois arbitraire à établir entre le creux des signes hiéroglyphiques et les anfractuosités naturelles de la pierre causées par l'usure du temps, il est appréciable de pouvoir faire le relevé épigraphique des parties lisibles d'un bas-relief avant d'aller sur le terrain, quitte à ne vérifier sur place que les zones endommagées.

Le relevé adopté dans le projet ICONOS a l'avantage d'aller au-delà de la simple technique de relevé pour envisager également des scénarios de restitution des scènes. C'est une démarche qui nous semble très intéressante, mais qui reste cloisonnée dans la seule perspective d'une démarche de restitution iconographique. À cela s'ajoute la grande lourdeur dans la manipulation manuelle des photographies et la multitude d'erreurs pouvant être générés par l'interprétation subjective des espaces vides entre les blocs

Le relevé du GRCAO est plus fiable car le redressement informatiquement basé sur la technique de l'orthophoto nous permet d'obtenir une image de la paroi comme si elle avait été prise face au plan réel. Les résultats obtenus pourront ensuite être exploités de diverses manières en fonction des objectifs de l'entreprise. Cette approche représente aussi un potentiel d'exploitation beaucoup plus important dans la mesure où elle permet de consigner aussi bien les caractéristiques iconographiques et symboliques du bloc que les différentes données géométriques qui lui sont associées. Nous retiendrons cette méthode comme outil de relevé pour notre système informatique d'aide aux projets de reconstitution archéologiques.

## **1.2 Les langages informatiques**

L'objectif de cette partie est d'explorer la modélisation informatique des actions qui définissent certains aspects du processus intellectuel en archéologie comme moyen de, non pas d'informatiser ce processus, mais de l'assister informatiquement. Pour le faire, il s'agira de déterminer quel langage informatique nous permet, par sa définition et sa structure, de mieux représenter le système d'actions à modéliser.

### **1.2.1 Introduction**

En informatique, on peut représenter soit le résultat ou la façon d'obtenir ce résultat. Notre approche vise la modélisation de certains raisonnements dans le processus de restitution et non celle des objets à restituer. On ne cherche pas à représenter d'abord des choses, des objets, des éléments finis, des organes, comme on le fera en modélisation analytique. Nous visons plutôt la modélisation d'un système d'actions à l'origine d'un objet physique particulier, et susceptible d'en produire plusieurs autres différents en fonction de diverses hypothèses de départ (Le Moigne, 1990; Tidafi, 1996). Un édifice donné est considéré comme étant une des traces possibles de l'exécution d'un système d'actions (Tidafi, 1996). Il ne s'agit donc pas de recréer un objet archéologique, mais de reconstruire un raisonnement à partir d'un corpus de connaissances formé par des éléments architecturaux retrouvés lors de la fouille, selon les règles de construction de l'époque, etc.

Depuis l'invention en 1947 par M.V. Wilkes du premier code alphanumérique permettant de transmettre des instructions à une machine, de nombreux langages ont été mis au point (Birrien, 1990; Tidafi, 1996). Parmi ces langages, plusieurs ont été orientés vers les problèmes et sont appelés langages évolués. Ils permettent de concevoir des logiciels et d'assurer une interface entre une personne et la machine. C'est parmi ces langages qu'il est possible de trouver un langage symbolique susceptible de convenir à la modélisation d'actions (Tidafi, 1996).

En informatique, on peut distinguer trois familles de langages : Les langages impératifs, les langages logiques et les langages fonctionnels (Liard, 1999).

## **1.2.2 Les langages impératifs**

La programmation impérative est basée sur l'affectation (on parle souvent d'effet de bord, ce qui correspond à un changement de l'état d'une zone de mémoire). Ainsi, dans ce style de programmation, on part d'un système dans un état initial pour aboutir (pour ce même système) à un état final. Ces effets de bords (ces changements d'états) peuvent porter sur des éléments de granulosités très diverses : données élémentaires (entiers, flottants, ...) ou agrégats (ensembles de sous-données élémentaires ou non). Si l'on analyse les langages impératifs de plus près on peut les classer en deux catégories : d'un côté les langages procéduraux, de l'autre les langages orientés objets. La différence essentielle entre ces deux langages réside dans le fait que l'on intègre ou non les comportements à la donnée. Pour certains langages, comme par exemple C++, les deux modes de programmation suivants sont proposés (Liard, 1999) :

### ***1.2.2.1 Les langages procéduraux***

Le langage C et le langage Pascal sont deux exemples de langages procéduraux. De tels langages permettent de baser l'écriture du programme sur l'algorithmique : méthode qui permet de transformer une donnée initiale en une donnée finale permettant l'achèvement du processus de calcul. On raisonne donc sur le processus de calcul dans sa totalité, et on définit donc une succession d'appel de procédures ou de fonctions. Les données passent alors au second plan (Liard, 1999).

### ***1.2.2.2 Les langages orientés objets***

Avec des tels langages, la réflexion à mener pour aboutir à l'écriture du programme change radicalement. On ne cherche plus à définir un processus de calcul, mais on tente plutôt de définir les différentes entités (les objets) entrant en jeu dans la résolution du problème. A partir de cette analyse, il ne reste alors plus qu'à déterminer quels vont être les différents mécanismes de communications qui vont lier ces objets et les faire évoluer (ce qui, globalement, va faire évoluer le système). Ces mécanismes de communications sont toujours rattachés à une donnée (un objet). Le langage Java ou encore le langage Eiffel sont deux exemples de langages orientés objets. Comme mentionné précédemment, le langage C++ permet aussi ce style de programmation,

cependant, il permet aussi d'écrire de façon procédurale, voire de mixer les deux styles(Liard, 1999).

### 1.2.3 La programmation logique

Toujours basée sur des résultats mathématique, ce mode de programmation est certainement celui qui est le moins utilisé (Liard, 1999).

### 1.2.4 Les langages fonctionnels

Les langages fonctionnels se différencient des langages dits procéduraux par le fait que l'appel et la définition de fonctions sont des objets du langage : le résultat d'une fonction peut être une fonction (qu'on pourra plus tard appeler). Il en découle tout naturellement que ces langages ne peuvent être complètement compilés (un résultat de type fonction dépend des paramètres d'appel de la fonction génératrice : son code ne peut être connu qu'à l'exécution). Ces langages sont donc généralement interprétés (bien que des techniques de compilation avancées résolvent les problèmes)(Liard, 1999). Il s'agit dans ce cas de langages développés à la fin des années cinquante et dont le langage LISP est l'ancêtre(Tidafi, 1996).

Ce sont les langages fonctionnels qui sont les mieux adaptés à la description de processus (Tidafi, 1996). Abelson *et al.* écrivent que le langage LISP « *a été inventé ... comme un formalisme pour raisonner sur l'utilisation de certains types d'expressions logiques, appelées équations récursives, qui forment un modèle de calcul* » (Abelson, Sussman, & Sussman, 1989). Autrement dit, les langages fonctionnels ont été conçus pour permettre le raisonnement sur des modèles (mathématiques) pouvant avoir une propriété récursive.

Ce qui distingue fondamentalement les langages fonctionnels des autres langages de programmation c'est la priorité accordée à un mode de pensée. La récursivité fait partie de ce mode de pensée. En effet, avec les langages fonctionnels, un programme informatique est réalisé sans avoir à considérer des affectations de mémoire comme cela est courant en programmation informatique. Une personne qui décrit une action

est amenée à réfléchir sur comment cette action est réalisable plutôt qu'aux instructions qui vont permettre à un ordinateur de traduire un résultat pour cette action (Tidafi, 1996).

Le langage Lisp est un langage fonctionnel qui offre également :

*«La possibilité pour certaines fonctions de retourner comme valeurs des fonctions »* (Perlis, 1989). Une fonction, en programmation fonctionnelle, est la traduction informatique d'une action. Chaque fonction, lorsqu'elle est évaluée par un ordinateur retourne un résultat (Tidafi, 1996). Dans le langage Lisp, ce résultat peut représenter *« ... soit un état soit une nouvelle action permettant d'obtenir un autre état ou une nouvelle action. Cette indifférenciation quant à la nature des résultats pouvant être produits par une fonction fait que la description d'une action peut instruire une autre action soit en lui fournissant des substrats, comme des objets produits, soit en lui indiquant une nouvelle façon de se produire, ce qui peut être avantageux dans le cas où les conséquences de certains phénomènes ne sont pas prévisibles au moment de la description de ces actions »* (Tidafi, 1996).

### **1.2.5 Conclusion**

Nous avons présenté dans cette partie les principes opératoires des langages de programmation qui sont susceptibles de mieux traduire informatiquement les actions dans le domaine de la reconstitution archéologique. Chaque langage présente des caractéristiques opératoires qui leur permettent de traduire mieux que d'autres une partie du processus. Nous pensons que le choix du langage à utiliser et à mettre en œuvre doit traduire les objectifs de l'entreprise, le temps nécessaire et le domaine de compétence des acteurs.

Il s'agit dans la prochaine partie de présenter notre algorithmique général de traitement informatique.

### **1.3 Principe opératoire et développement informatique des modules de raisonnements**

Il s'agit dans cette partie de présenter l'algorithmique adopté pour le développement théorique et pratique des modules de raisonnement. Il s'agit de traduire, en fonction des familles de raisonnements établies dans le chapitre précédent, quelques exemples de modules de raisonnements qui pourront intégrer proposition de système informatique d'aide aux projets de reconstitution archéologique.

#### **1.3.1 Approche Géométrique de restitution: Exemple d'un module d'aide à la reconstitution géométrique des objets 2D**

Considérant le grand nombre de blocs que les archéologues manipulent dans les projets de reconstitution archéologique, il sera extrêmement difficile pour les archéologues de dégager visuellement des complémentarités formelles et géométriques parmi les caractéristiques des blocs étudiés. L'outil informatique pourra apporter dans ce cas une aide considérable.

L'objectif principal de ce module de raisonnement est de présenter un outil d'aide à la recherche d'éventuelles complémentarités géométriques parmi les caractéristiques des blocs relevés. En effet, il s'agit d'un outil qui pourra assister l'archéologue à dégager, parmi la masse de données disponibles, des sous-ensembles manipulables en se basant sur leurs caractéristiques géométriques.

##### ***1.3.1.1 Problématique***

La pierre, l'objet fondamental d'un mur, est constitué de faces et de lignes définissant les limites de ces faces et de points définissant les extrémités de ces lignes. Ces données sont fondamentales pour coder les relations de voisinage des blocs car ils représentent les seuls paramètres d'adjacences fiables.

Chaque bloc est enregistré individuellement, et en utilisant la méthode de relevé adoptée (méthode du GRCAO), sous deux formes (figure 38 et 39):

- Le contour des blocs : ceci correspond au relevé minutieux du contour réel du bloc. Ce contour réel sera enregistré sous forme de points de contrôles que



nous avons déjà définie dans la présentation de la méthode de relevé du GRCAO.

- Le min-max du bloc : ceci correspond au polygone englobant la surface utile du bloc. Ce contour est enregistré sous forme de coordonnées des points de contrôles.

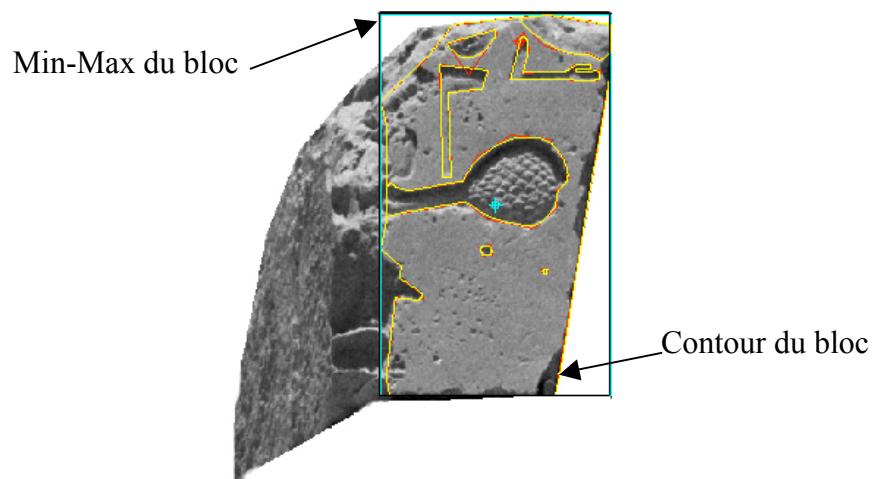


Figure 21: Relevé d'un bloc épars avec la méthode du GRCAO

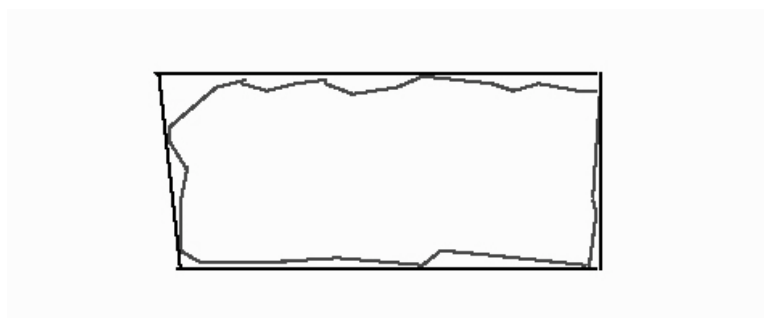


Figure 22: Isolation des polygones qui définissent le bloc

La topologie générale des points de contrôle définissent les arêtes de l'observation de manière à donner (par exemple par le décor).

est basée sur les points qui définissent la direction des rôles aussi) de haut et « bas ».

Tous les objets doivent donc être observés du même côté.

Les attributs des faces relevés représentent donc les informations qualitatives comme par exemple leur orientation, leur sens d'exposition (lisse et traité quand elle est visible aux spectateurs et non-traité quand elle n'est pas visible). Elle peut être déterminé aussi par les inscriptions qu'elle porte et ceci à deux niveaux : iconographique (les figures, les ornements et les inscriptions) et sémantique (l'interprétation et de la compréhension des éléments iconographique).

Donc, chaque objet est spécifié par un ensemble des caractéristiques et qui sont :

- un ensemble de faces **Fi**.
- un ensemble d'arêtes **Ai**.
- un ensemble de sommets **Si**.
- un ensemble de liens entre :
  - Les faces.
  - Les arêtes.
  - Les sommets.

Il y a des conditions qui doivent être vérifié pour qu'un objet puisse être manipulé :

- Les surfaces doivent être :
  - fermées et limitées.
  - Connectées.
  - Orientables.
  - sans auto-intersection.
- Les faces de l'objet doivent vérifier :
  - chaque bloc est défini par un nombre fini des faces.
  - toutes les faces du bloc définissent exactement sa frontière.
  - les faces sont des sous-ensembles (ou surfaces restreintes) des surfaces.

- une face est d'aire finie.

### ***1.3.1.2 Environnement informatique du Module***

Afin de mener à termes les objectifs fixés, nous avons entamé une recherche sur les différents environnements informatiques susceptibles de nous présenter le maximum des outils nécessaires dans un environnement informatique adéquat. Notre priorité était, et pour des raisons fonctionnelles vu que nous ne sommes pas des spécialistes en informatique et nous ne tendons pas à l'être, c'est de choisir l'environnement dans lequel nous pourront trouver les méthodes mathématiques choisies déjà implémentées. Cela nous a beaucoup aidé car nous n'avons pas eu à entrer dans des considérations qui pouvaient nous dériver du but de cette présente étude. Donc, et pour des raisons purement fonctionnelles, nous avons choisi l'environnement MATLAB.

#### ***1.3.1.2.1 L'Environnement de développement : MATLAB<sup>91</sup>***

MATLAB, contraction de « Matrix Laboratory », a été développé depuis les années 1970. C'est un environnement propriétaire de calcul numérique associé à un langage de programmation édité par la société The Mathworks (Biran & Breiner, 2000). Il est utilisé pour résoudre des problèmes de calcul scientifique plus rapidement qu'avec les langages de programmation traditionnels, tels que C, C++ et Fortran.

MATLAB possède une panoplie complète d'objets graphiques qui permettent, d'une part d'afficher les résultats de calculs sous des formes variées (point, courbe, surface, graphique) et d'autre part, de créer des interfaces graphiques (GUI) permettant à l'utilisateur d'interagir avec le programme. Il constitue un système interactif et convivial de calcul numérique et de visualisation graphique qui a été destiné au départ aux ingénieurs et aux scientifiques. Cet outil intègre des centaines (voire des milliers, selon les versions et les modules autour du noyau Matlab) de fonctions mathématiques et d'analyse numérique (calcul matriciel, traitement de signal, traitement d'images, visualisations graphiques, réseaux de neurones, etc.).

---

<sup>91</sup> Adrian Biran et Moshe Breiner, *MATLAB pour l'ingénieur : Versions 6 et 7*, Pearson Education, 2000

MATLAB<sup>92</sup> est un langage de calcul scientifique de haut niveau et un environnement interactif pour le développement d'algorithmes, la visualisation et l'analyse de données, ou encore le calcul numérique.

Il présente une multitude de fonctionnalités dont<sup>93</sup> :

- Un langage de haut niveau pour le calcul scientifique,
- Un environnement de développement pour la gestion du code, des fichiers et des données,
- Des outils interactifs pour l'exploration itérative, la conception et la résolution de problèmes,
- Des fonctions mathématiques pour l'algèbre linéaire, les statistiques, l'analyse de Fourier, le filtrage, l'optimisation et l'intégration numérique,
- Des fonctions graphiques 2-D et 3-D pour la visualisation des données,
- Des outils pour la construction d'interfaces graphiques personnalisées,
- Des fonctions pour l'intégration d'algorithmes développés en langage MATLAB, dans des applications et langages externes, tels que C/C++, Fortran, Java, COM et Microsoft Excel.

### ***1.3.1.3 Organisation théorique***

Il s'agit dans cette partie de présenter l'approche théorique du module. Par approche théorique nous voulons parler des objectifs de départ que nous nous sommes fixés en fonction :

- De la problématique à résoudre,
- Des actions que ce module devra accomplir et leurs adaptabilités aux besoins et aux attentes des utilisateurs potentiels de ce module (principalement les archéologues et les architectes),

---

<sup>92</sup> <http://www.mathworks.fr/products/matlab/description1.html>

<sup>93</sup> <http://www.mathworks.fr/products/matlab/description1.html>

- De l'adaptation et la faisabilité de ce module en fonction des types d'utilisateurs qui sont supposés l'utiliser.

Il s'agit de répondre à une multitude de questions tels que :

- Que va faire le module par rapport aux utilisateurs ?
- Quels sont les ressources et les moyens qui sont employées ?
- Quelle va être l'architecture générale de ce système ?

À partir de différents fichiers sources dans lesquels les données du relevé sont enregistrées, ce module se propose d'offrir, dans une première étape, à l'utilisateur des actions permettant de corriger la géométrie et de construire le modèle topologique correspondant. Ce travail préliminaire se fait en deux étapes :

- **La première** consiste en une étape de contrôle et de modification géométriques. Après l'extraction de toutes les informations disponibles dans les données initiales, l'ensemble non ordonné des segments obtenus doit être contrôlé et éventuellement modifié pour corriger les problèmes géométriques.
- **La seconde** partie concerne la reconstruction topologique de polygones non-fermés afin de respecter les relations face-lignes-points que nous avons déjà évoqués plus haut.

Il s'agit d'un ensemble d'actions semi-automatiques susceptibles de permettre à l'utilisateur de finaliser la topologie de l'ensemble des blocs traités en éliminant les incohérences géométriques restantes.

#### *1.3.1.3.1 Traitement préliminaires des incohérences : Méthode de la reconstruction topologique des bâtiments*

En essayant la méthode de relevé du GRCAO pour relever les limites et les inscriptions sur le bloc, nous avons remarqué que si on ne suit pas les instructions de façon méticuleuse, les contours relevés ne représentent pas de polygones fermés et leur exploitation à des fins de recherche de correspondances topologique devient impossible. Nous avons donc pensé que le module doit impérativement comporter des

fonctionnalités de corrections de ce type d'imperfection afin de permettre un traitement homogène et uniforme des différents blocs relevés.

### 1.3.1.3.1.1 *Présentation de la méthode de « Reconstruction topologique de bâtiments »*

Cette méthode a pour objectif la reconstruction géométrique et topologique 3D de bâtiments à partir des plans vectoriels 2D (figure 40). Elle est basée sur deux étapes :

1. Dans un premier temps, un filtrage est appliqué aux arêtes du plan afin de réaliser un nettoyage qui vise à supprimer les arêtes confondues et gérer les intersections.
2. Ensuite l'ajout d'une structure topologique pour déduire les relations d'incidence et d'adjacence entre les arêtes et former des faces sur le plan 2D.

La gestion des environnements architecturaux d'intérieur est un problème récurrent pour de nombreux corps de métiers. Le plus souvent, les modèles produits par les architectes sont réalisés en deux dimensions sans informations topologiques : les relations entre les différentes composantes ne sont pas définies.

Cette méthode repose sur un premier traitement ayant pour objectif de détecter toutes les incohérences géométriques des plans 2D et de les corriger. Elle permet de construire une subdivision spatiale 2D comportant les informations d'incidence et d'adjacence entre les sommets, les arêtes et les faces.

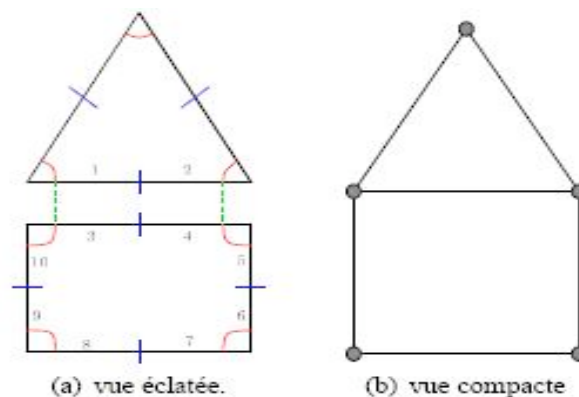


Figure 23: Représentation d'un objet 2D

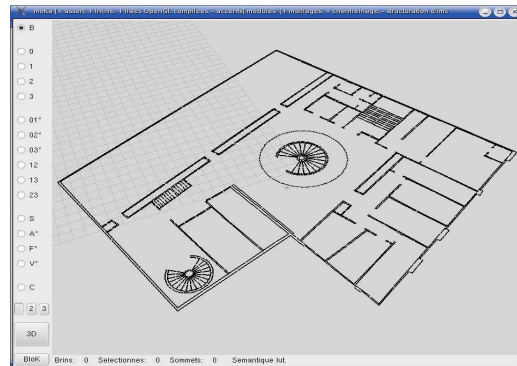


Figure 24: Plan 2D reconstruit. Exemple de reconstruction de bâtiment existant

De nombreux travaux portant sur la reconstruction d’environnements urbains sont proposés dans la littérature (figure 41). Par exemple, le laboratoire MATIS de la section recherche de l’Institut de Géographie Nationale (IGN) réalise une élévation à partir de photographies aériennes ou satellitaires. La reconnaissance est basée sur la détection des symboles verticaux et horizontaux. Il existe peu de méthodes de reconstruction topologique à partir de listes de polygones. La subdivision produit un ensemble de régions appelées *cellules*, séparées par des ouvertures. La seule topologie définie correspond à des relations d’adjacence entre les cellules.

D’autres modèles topologiques permettant de subdiviser l’espace ont aussi été proposés dans la littérature. On trouve par exemple des structures à base de graphes d’adjacences, des modèles 2D basés sur les arêtes ou des modèles de dimensions supérieures.

#### ***1.3.1.3.1.2 La reconstruction géométrique***

Les informations géométriques présentées dans les fichiers sont définies par des balises prédéfinies. Il est possible de retrouver les figures géométriques utilisées lorsque l’archéologue a relevé le contour réel ou le min-max du bloc.

Lors de la conception, l’archéologue ne peut contrôler de façon continue les incohérences géométriques. L’ensemble des segments peut comporter de nombreuses erreurs (segments disjoints, superposition d’arêtes, etc.). Après avoir retrouvé toutes

les données géométriques, le polygone est contrôlé et corrigé si nécessaire, afin de prévenir d'éventuels problèmes lors de la reconstruction topologique.

Nous avons défini pour cela un seuil d'erreur  $\varepsilon$ . Cette valeur minimale est utilisée par exemple lors du calcul testant si deux arêtes sont confondues.

### ***1.3.1.3.1.3 Opérations de correction***

En moyenne, plus de 90% des incohérences géométriques sont supprimées lors du traitement automatique du plan.

Toutefois, il reste d'autres problèmes non résolus automatiquement (des imprécisions géométriques supérieures au seuil fixé). Pendant la reconstruction topologique automatique de la scène, les liaisons  $\alpha_1$  de ces brins sont reconstruites telles que pour un brin  $b$  on a  $\alpha_1(b) = \alpha_2(b)$ . Ces arêtes sont désignées comme arêtes *pendantes*.

Pour éliminer ces incohérences, plusieurs opérations permettent à l'utilisateur d'éditer le modèle. Des opérations de bas niveau sont disponibles : couture, suppression. À partir de ces opérations de base, plusieurs opérations semi-automatiques de plus haut niveau sont développées pour accélérer et faciliter la finalisation du plan (couture de plusieurs segments).

#### ***1.3.1.3.1.3.1 Opération de couture***

Une opération de couture pour deux arêtes agit entre une ligne *pendante* et une autre ligne cible (sur laquelle l'intersection est réalisée). Les différents cas sont présentés dans la figure. Pour chaque arête *pendante*, l'arête cible la plus proche est automatiquement sélectionnée pour la couture. Si l'utilisateur sélectionne uniquement des arêtes *pendantes* l'ensemble des arêtes cibles est automatiquement composé de toutes les arêtes du polygone (figure 42).





Figure 25: Différents cas de figures pour une opération de couture de deux arêtes.

### 1.3.1.3.2 Reconstitution topologique des polygones : La méthode elliptique

Une fois la vérification des polygones terminés avec la méthode de la « reconstruction topologique des bâtiments », nous allons commencer à développer les actions d'assemblage correspondant aux deux cas usuels suivants:

- Condition de Dirichlet :  $h u = r$
- Condition généralisée de Neumann :  $\vec{n} \cdot (c \nabla u) + q u = g$

$\vec{n}$  Est le vecteur unitaire normal à la frontière  $\partial D$  dirigé vers l'extérieur.

$h$ ,  $r$ ,  $q$  et  $g$  sont des fonctions définies sur  $\partial D$ .

#### 1.3.1.3.2.1 Architecture fonctionnelle du Module

Le module développé a pour but de proposer des hypothèses d'assemblage des différents blocs relevé en se basant seulement sur leurs propriétés géométriques. Il s'agit de reconstruire un objet géométrique (le mur dans notre cas) à l'aide d'une méthode mathématique. L'utilisateur suivre les étapes suivantes :

- 1- Effectuer le relevé des blocs suivant la méthode du GRCAO.
- 2- Importer ces données.
- 3- Choisir la méthode mathématique (parmi celle qu'on a présentée au début de cette partie) qui permette la reconstruction de l'objet.
- 3- Exemple de la méthode elliptique

La méthode elliptique se trouve dans l'environnement de programmation MATLAB. Mathématiquement, elle est basée sur des conditions aux limites et une équation aux dérivées partielles que nous devons résoudre dans le domaine  $D$  se présente sous la forme suivante :

$$-\nabla \cdot (c \nabla u) + a u = f .$$

$\nabla$  Représente l'opérateur vectoriel gradient

$u$  :est la fonction inconnue ;

$c, a, f$  :sont des fonctions complexe des coordonnées  $X$  et  $Y$  dans  $D$ ;

$f$  :fonction sources .

Les conditions aux limites que sont imposées sur la frontière  $\partial D$

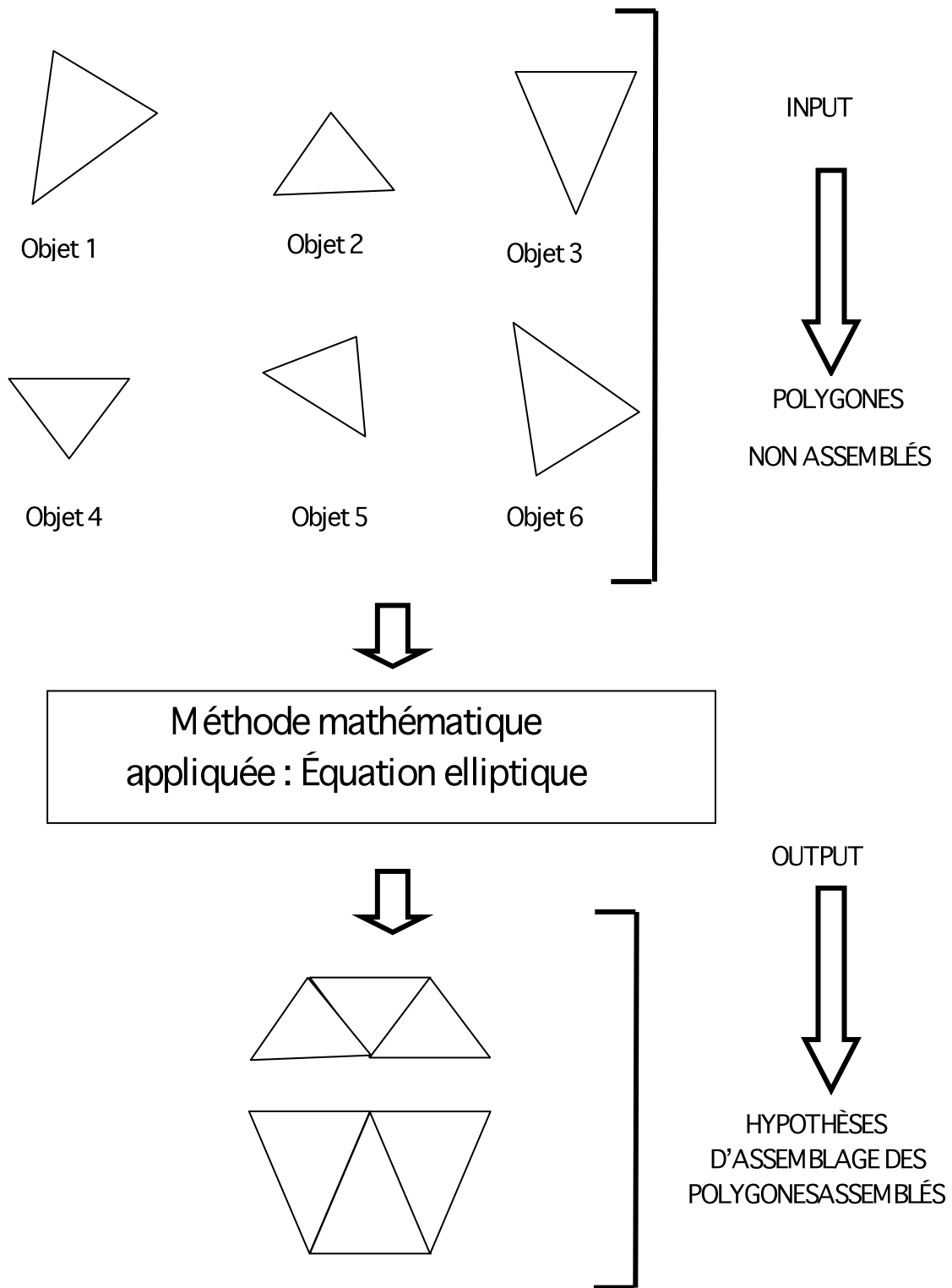


Figure 26: Principe opératoire de la recherche d'assemblages avec la méthode elliptique

Les étapes qui ont suivre pour définir la solution de l'équation elliptique sont (figure 43):

1. Description de la géométrie du domaine  $\mathcal{D}$  et des conditions aux limites associées.
2. Construction d'un maillage triangulaire du domaine  $\mathcal{D}$ . On utilisera des fonctions spécifiques pour la génération automatique du maillage aussi bien que pour son raffinement. Le maillage sera décrit par trois matrices de format fixe contenant l'information des nœuds, des segments de la frontière et des éléments triangulaires.
3. Discrétisation de l'équation différentielle et des conditions aux limites pour obtenir un système linéaire  $\mathbf{K}u = \mathbf{F}$  où le vecteur  $u$  contient les valeurs de la solution approximative sur les points du maillage ;  $\mathbf{K}$  est construite à partir des coefficients  $c$ ,  $h$ ,  $a$  et  $q$  est le second membre  $\mathbf{F}$  contenant, essentiellement, les moyennes de  $f$  autour de chaque point du maillage et les contributions provenant de  $g$ .
4. Solution du système linéaire  $\mathbf{K}u = \mathbf{F}$  et exploitation des résultats. Dans notre cas, les paramètres importants de l'écoulement tels que la fonction de courant, les vitesses ou la pression seront obtenues à partir de  $u$  et de ses dérivées.

Pour résumer:

- Mailler le domaine.
- Obtention de la forme faible :
  - En pondérant par une fonction-test quelconque.
  - En intégrant par parties avec les conditions aux limites.
- Approximation des variables et des dérivées au sens éléments finis.

- Calcul des fonctions d'approximations
- Discrétisation de la forme intégrale et calcul des matrices et vecteurs
- Résoudre le système.
- Post-traiter :
  - Tracer la solution.
  - Calculer les variables dérivées : flux (thermique), contrainte.
- Phase d'assemblage :
  - Après calcul de toutes les contributions élémentaires.
  - La phase d'assemblage consiste à « assembler » :
    - Toutes les matrices élémentaires en une seule matrice globale  $[K]$ .
    - Tous les vecteurs élémentaires en un seul vecteur global ("Le petit Robert: dictionnaire de la langue française,")(figure 44).

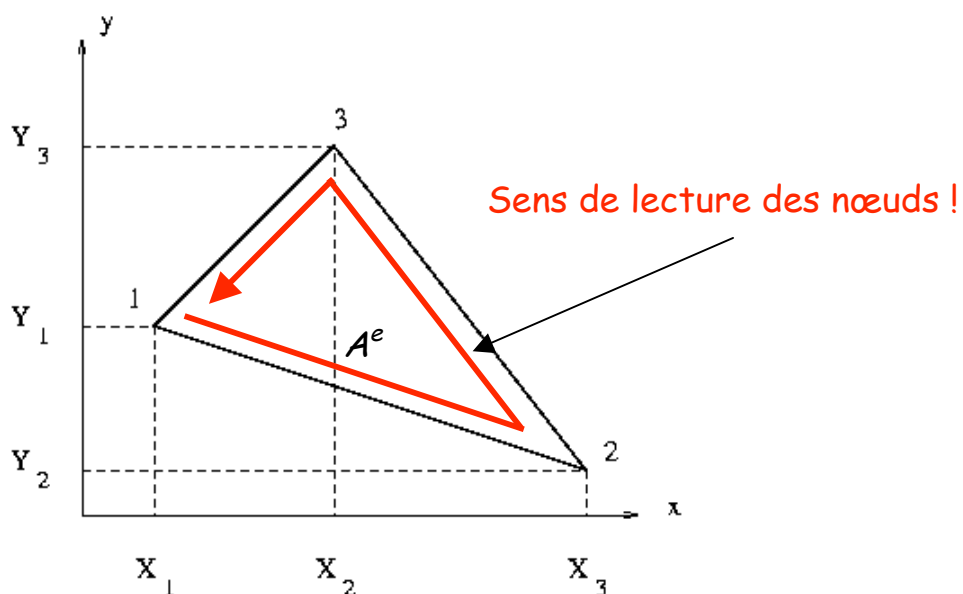
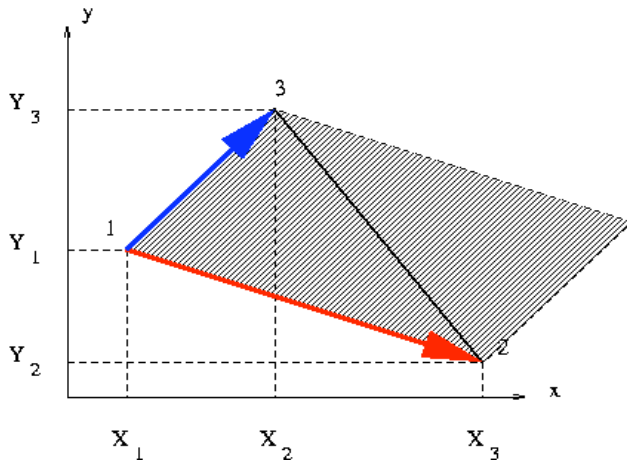


Figure 27: Sens élémentaire du vecteur global

- La surface élémentaire d'un triangle quelconque se calcule à l'aide d'un simple produit vectoriel



$$\begin{aligned}
 (\vec{X}_2 - \vec{X}_1) \wedge (\vec{X}_3 - \vec{X}_1) &= \begin{vmatrix} x_2 - x_1 & x_3 - x_1 \\ y_2 - y_1 & y_3 - y_1 \end{vmatrix} \\
 &= (x_2 - x_1)(y_3 - y_1) - (x_3 - x_1)(y_2 - y_1) \\
 &= 2 \times A^e
 \end{aligned}$$

Figure 27: Calcul élémentaire de la surface du triangle

### Assemblage

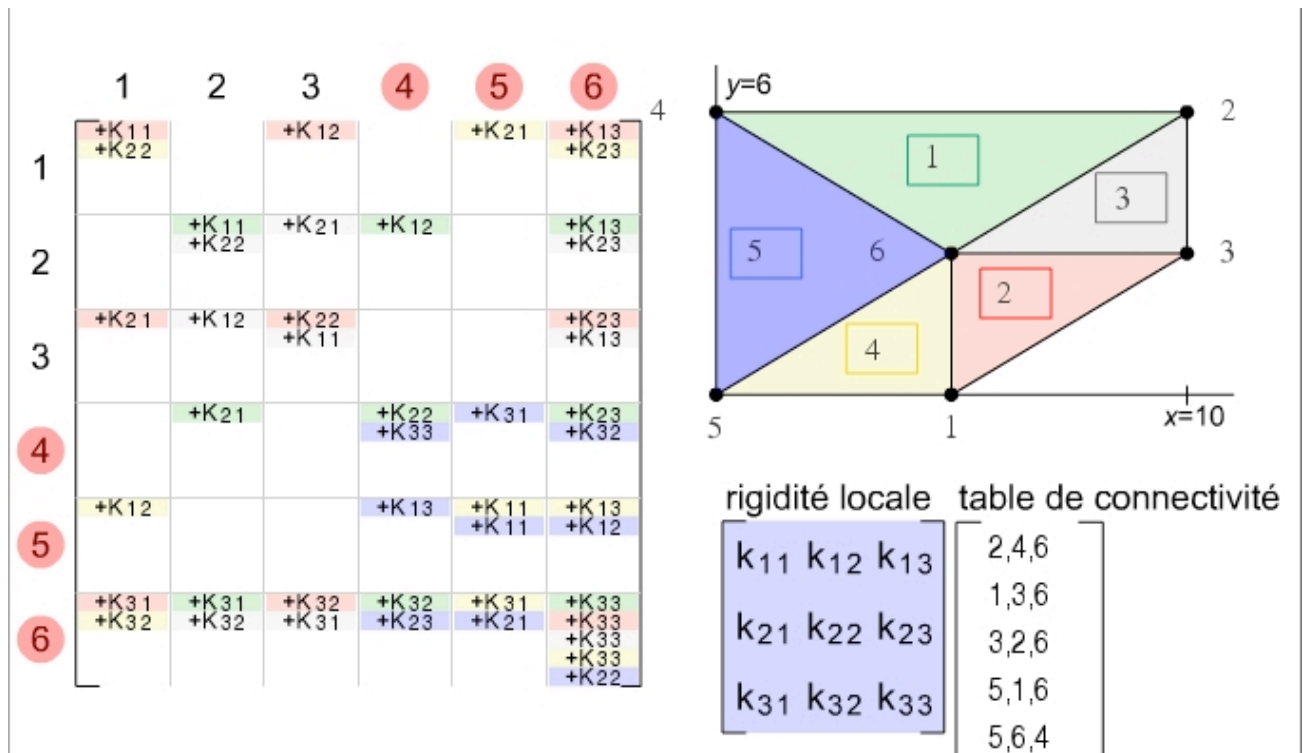


Figure 27: Calcul des assemblages

### 1.3.1.4 Principe Opérateur du module : Interface et procédures de traitement

Il s'agit dans cette partie de présenter le principe opératoire du module géométrique de raisonnement ainsi que du principe théorique des différentes interactions établies entre le système et l'utilisateur sous forme des flux changées entre eux.

Les procédures de traitement du module ont été organisées suivant cinq phases (figure 47):

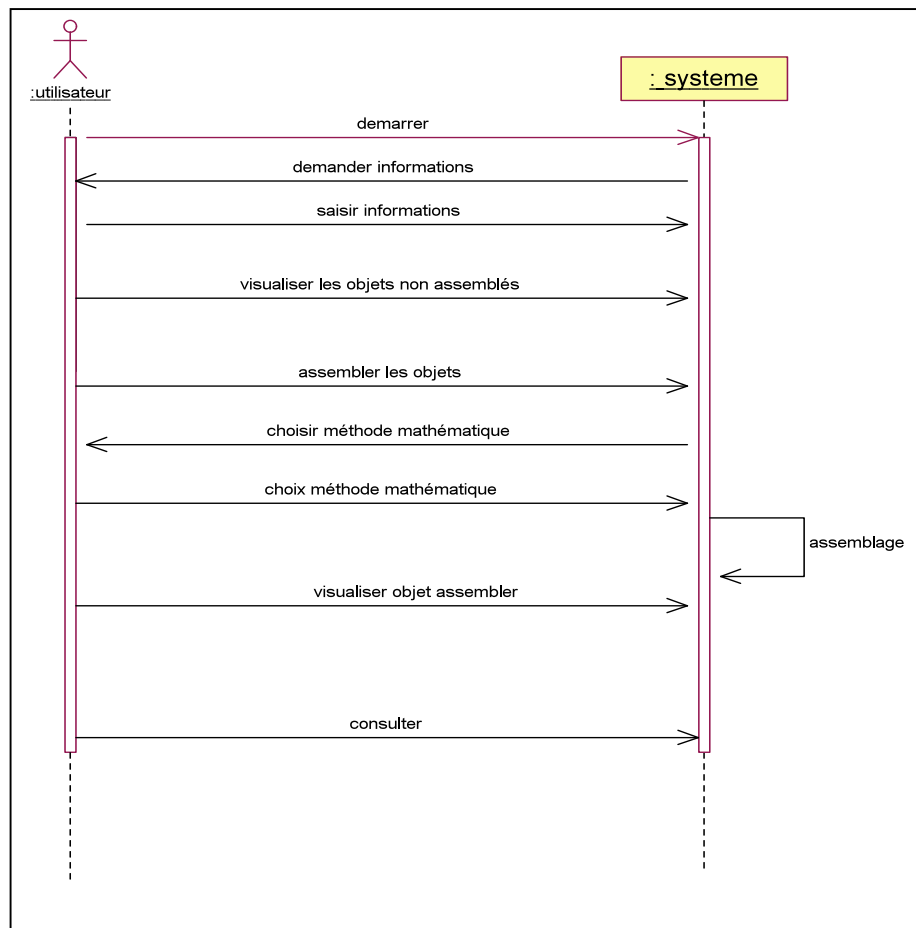


Figure 27: principe opératoire du module géométrique de raisonnement

Phase 1 : Importation les données relatives au relevé des blocs à partir des fichiers dans lesquels elles ont été enregistrées. L'utilisateur doit indiquer le chemin d'accès aux fichiers qui vont être traités à travers une le menu principal de l'application (Figure 48)

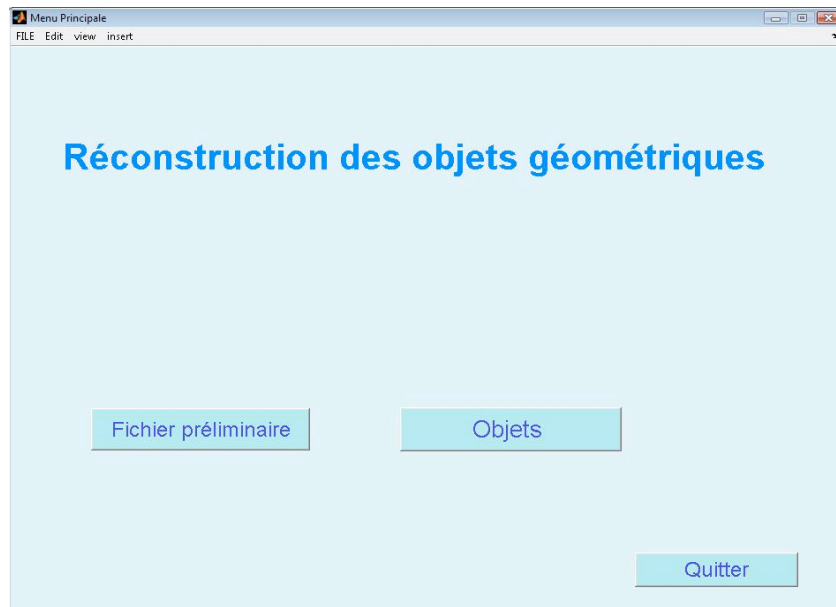


Figure 28: Fenêtre 1 « Menu principal »

Cette fenêtre permet d'ajouter et de supprimer des objets. Pour ajouter un objet l'utilisateur doit saisir le numéro d'objet ainsi que les différentes mesures de chacun, et pour supprimer un objet il peut donner le numéro uniquement (Figure 49). L'utilisateur a aussi la possibilité de faire appel à la commande «Visualiser» pour la visualisation des objets non assemblés (Figure 50).



Figure 28: Fenêtre 2« Objets géométriques »



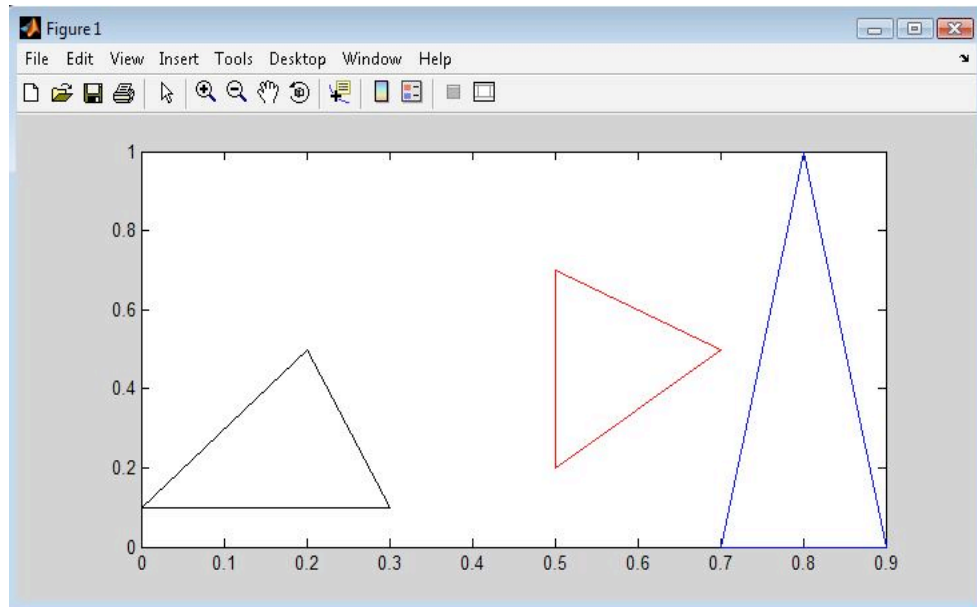


Figure 29: Fenêtre 3 ou interface de visualisation des objets géométriques non assemblés.

Phase 2 : Interrogation de l'utilisateur sur les actions à déclencher. Il s'agit dans cette phase de donner la possibilité à l'utilisateur de choisir la méthode mathématique à utiliser dans la reconstruction des objets. Elle permet aussi de modifier la méthode mathématique et de faire appel à la fenêtre d'assemblage des objets (figure 51).

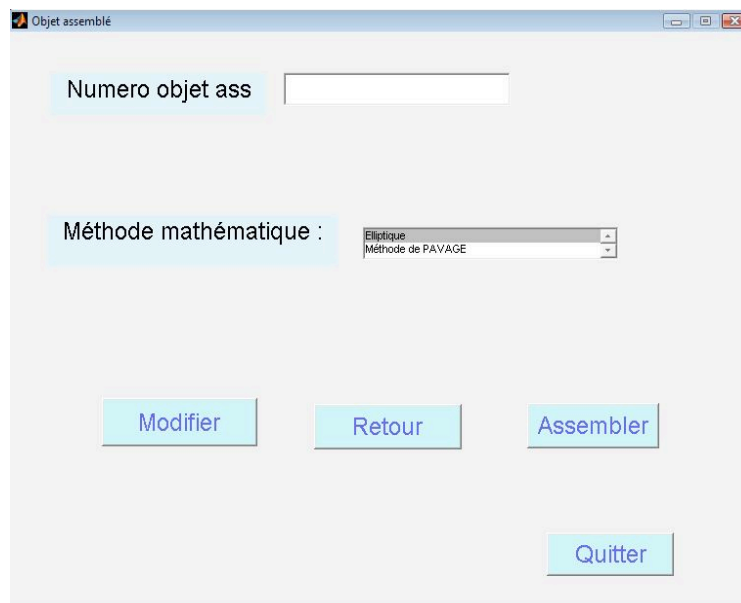


Figure 29: Fenêtre 4. Choix des méthodes mathématiques de traitement

Phase 3 : Les actions commandées par l'utilisateur seront exécutées et les résultats obtenus seront affichés progressivement et de manière individuelle afin qu'il puisse les visualiser, les vérifier et déterminer leurs degrés de véracité. L'utilisateur aura toujours la possibilité d'éditer les solutions obtenues (figure 52).

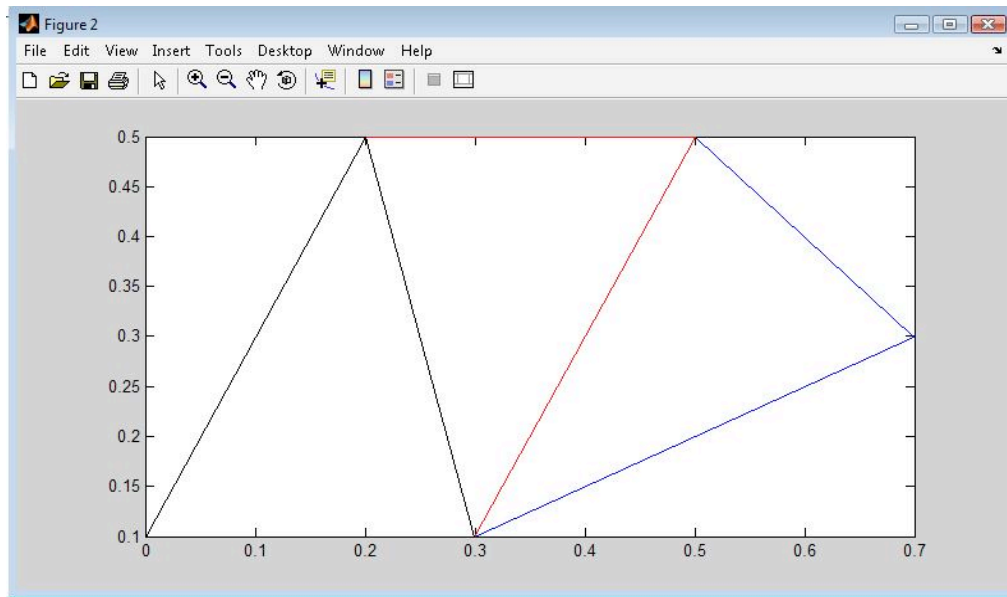


Figure 29: Affichage des résultats

Phase 4 : Retour d'information de l'utilisateur sur les solutions proposées :

- Si acceptés par l'utilisateur:
  - Résultat final (objets assemblés);
  - Passer à l'ensemble suivant des solutions.
- Si refusés par l'utilisateur:
  - proposer une approche différente de l'action ou proposer de passer à l'ensemble des solutions suivantes.

Phase 5 : Consulter les exemples déjà travaillés.

Les deux dernières étapes permettent à l'utilisateur d'éditer et d'accepter ou de refuser les résultats obtenus. Il pourra ensuite passer à la consultation d'autres résultats ou des exemples antérieurs de traitement

#### **1.3.1.5 Conclusion**

Bien que ce module de raisonnement soit basé sur des modèles mathématiques très complexes, l'utilisateur n'aura, en aucun cas, à les manipuler. Tous les calculs seront faits en arrière plans et l'utilisateur n'aura à manipuler que des « objets » dont il a l'habitude de traiter.

Nous avons démontré, à travers cette exploration d'un module d'aide à la restitution topologique 2D des blocs, la pertinence d'une telle approche et la facilité quasi relative de la traduction informatique des actions que ce raisonnement peut comporter.

Ce module reste, et respectant nos objectifs de départ, ouvert à l'implémentation d'autres actions (inscrites dans la même logique bien sure). En fonction des objectifs de départ et des méthodes que l'archéologue adopte, une équipe spécialisée pourra se charger de traduire informatique les actions qu'il souhaite entreprendre et de pouvoir ainsi optimiser l'apport que pourra apporter l'outil informatique dans la réussite des projets de reconstitution architecturales.

#### **1.3.1.6 Application**

Plusieurs exemples peuvent illustrer la pertinence de telles actions dans le processus de reconstitution architectural.

(Goyon et al., 2004) dans leur livre « la construction pharaonique » indiquent que :

*« Après la XXème dynastie, l'évolution de la structure du pylône semble suivre celle des murs car elle se traduit par une régularisation des assises et un meilleur liaisonnement de la maçonnerie intérieure avec les parements ... Sous la XXXème dynastie, les assises sont parfaitement régulières, les lits d'attentes horizontas et l'édifice est bâti à l'aide de gros blocs (1er pylône Karnak fig 325, 326 et 342) » (Jean-Claude Goyon, 2004)*

Donc, et dans un cas général, les blocs appartenant à une même assise doivent avoir sensiblement (et avec un certain degré d'erreur) la même largeur. Donc, il s'agirait de chercher parmi les blocs relevés ceux ayant sensiblement la même largeur et les étudier de façon indépendante. Ceci donnera à l'archéologue une quantité « gérables » d'informations à traiter et lui permettra de dégager plus vite des résultats.

Exemple 2 :



Figure 29: Blocs provenant de la 2ème rangée du VIIème pylône à Karnak

Les blocs de la figure 53 ont toutes les deux des arrêtes non régulières. Chercher parmi tous les blocs à traiter ceux qui ont des arrêtes irrégulières constituera un ensemble gérable de données que l'archéologue pourra manipuler plus facilement.

Une multitude d'exemples pourront être données afin de démontrer la pertinence des actions que ce module pourra offrir à l'archéologue.

### 1.3.2 Module Topologique et Géométrique de restitution

L'objectif principal de ce module de raisonnement est de présenter un outil d'aide à la recherche d'éventuelles complémentarités typologiques et géométriques parmi les blocs relevés. En effet, et vu le grand nombre de blocs que les archéologues manipulent dans ce genre de projets, dégager visuellement ce genre de

complémentarité visuelle relève de l'impossible. Il s'agit pour ce module de présenter des actions que l'archéologue utilisera afin de dégager des sous-ensembles de blocs qui sont susceptibles ou qui présentent un degré élevé de probabilité qu'ils appartiennent à une même structure. Plusieurs exemples peuvent illustrer la pertinence de telles actions dans le processus de reconstitution architectural.

### ***1.3.2.1 Module iconographique de restitution***

Dans cette partie, nous allons définir certains aspects de l'iconographie égyptienne qui nous aideront à mieux comprendre ses fondements et de pouvoir ainsi proposer des outils susceptibles de mieux assister les acteurs dans la réussite des projets de reconstitution. Les règles de compositions qui régissent l'iconographie ont fait l'objet de plusieurs études et d'innombrables publications. Nous ne voulons en cas, dans cette partie, présenter une étude détaillée de tous ses aspects. Notre objectif principal est de dégager, à partir des innombrables particularités de l'iconographie égyptiennes, quelques unes qui ont servis à la construction d'un raisonnement ayant servi à des archéologues dans les projets qu'ils ont menés.

### ***1.3.2.2 Introduction***

Plus que toute autre civilisation de l'Antiquité, les Égyptiens ont associé l'iconographie et l'épigraphie à l'architecture. En effet, les parois du temple sont recouvertes d'inscriptions et de bas-reliefs dont la thématique, qui répond dans une large mesure à des conventions connues, sert de base à la restitution de pans significatifs de l'architecture du temple.

R.A Schwaller de Lubicz (Schwaller de Lubicz, 1999) a introduit une technique qui permet d'étudier les clefs de lecture des scènes à travers la disposition de leurs éléments iconographiques constitutifs. Il d'agit de déceler les différents modes d'expression de ce qu'il a définie comme « *un langage iconographique* », qui une fois combinées ensembles, pourront donner un début de sens aux scènes étudiées. Les trois modes d'expression utilisés par ce langage sont :

- le vocabulaire figuratif : c'est un langage qui pourra englober tous les éléments iconographiques susceptibles d'appartenir aux différentes scènes connues ainsi que les éléments qui leurs sont associés.
- les procédés de disposition : adjonction et encadrement d'éléments iconographiques
- les figures de style

Il s'agit de déceler le langage de l'image à travers la lecture et le déchiffrement des arrangements formels et subtils que les égyptiens ont inventé. Ces arrangements complexes sont régis par les principes mathématiques qui conditionnent la structure même de la scène. Une première approche consistera donc à mettre à profil ces règles de compositions à travers un module de raisonnement. Ce sera l'objet de notre première approche.

Un autre élément très important à considérer dans la structure et dans la composition générale d'une scène: la « continuité du thème ». En effet, chacun des blocs qui composent cette structure comporte une partie de l'ensemble.

Notre deuxième approche consistera donc à considérer une scène que comme un assemblage d'éléments iconographiques. Ces éléments, une fois réunis, pourront éventuellement donner un sens à l'ensemble (registre, paroi, salle, etc). Il s'agit donc d'étudier la typologie de cette continuité et de proposer un module de raisonnement qui pourra assister les archéologues dans ce type d'entreprises.

### ***1.3.2.3 Première approche : les aspects métriques de l'iconographie égyptienne***

Notre présente introduction aux aspects métriques de l'iconographie égyptienne est basée essentiellement sur les travaux de (Robins G., et al., 1994) , (Donovan L., 1986) et (Carlotti, 1995).

Les architectes égyptiens construisaient leurs monuments en suivant des règles qui respectaient des normes de proportion définies généralement selon le type d'espace à bâtir, qu'il s'agisse de cours, de pylônes ou de colonnes (Carlotti, 1995). Restituer un monument d'après les unités de longueur employées communément en Égypte

pharaonique, en faisant appel tantôt au système métrologique digital (pour l'architecture) ou oncial (le décor sur les parois), s'avère une piste de recherche digne d'être explorée.

Les représentations iconographiques sur les parois des temples n'échappent pas à cette règle et obéissent à une technique dites « La Mise à Carreaux » basée sur les canons de proportions. En effet, les mesures des différentes parties d'une œuvre d'art égyptienne, et particulièrement les décors muraux, étaient définies les unes par rapport aux autres de manière précise et rigoureuse. Les bases de ce « Canon » se fondaient sur les proportions du corps humain. La reconstitution moderne de ce canon de proportions repose surtout sur l'étude des lignes directrices en partie conservées sur les murs et les statues. Les données des unités de mesure mais aussi les règles de leur utilisation par les artistes égyptiens sont aujourd'hui encore controversées.

Des chercheurs, de Prisse d'Avennes à Iversen, en passant par Lepsius, ont élaboré différentes théories où le doigt, le pied ou la coudée étaient tour à tour module de base de la construction de l'image. Parmi eux pourtant, seul Lepsius maintient, dans l'ouvrage qu'il consacre aux mesures humaines, que ces modules n'ont pas de corrélation avec la réalité, et ne représentent que des mesures relatives, et non absolues. Ces modules ne sont donc qu'un système de construction sans rapport réel avec les dimensions du corps humain (Robins G., et al., 1994) (Carlotti, 1995).

Pendant les années 80, Gay Robins a mené des études en Égypte, et en s'aidant de centaines de photos, il a pu accomplir d'énormes progrès sur le sujet. En effet, l'analyse fine des différents paramètres dégagés de l'observation de centaines d'exemples, l'histoire du style est devenue un critère supplémentaire de datation. Ces travaux ont démontrés qu'il existe, selon les époques, différents types de grilles et de ligne-guides pour élaborer l'image égyptienne. Ces grilles comportent un nombre fixe de carrés en hauteur, mais il peut varier selon la position du personnage représenté, assis, agenouillé, accroupi, etc. De plus, des différences entre les représentations féminines et masculines existent à certaines époques, affinant des détails comme la carrure, l'épaisseur de la taille, la hauteur de la chute des reins ou la longueur des jambes (Robins G., et al., 1994).

C'est A. Badawy qui a été le premier à émettre des hypothèses sur le rôle primordial de la technique de « mise à carreaux » dans la conception et l'élaboration des projets architecturaux ainsi que des reliefs qui les ornent. Cette mise à carreaux constitue la grille qui contrôle « *les lignes principales du projet et facilite la mise en place des espaces les uns par rapport aux autres. Elle définit ainsi, dans une certaine mesure, des proportions entre eux.* »(Carlotti, 1995).

Le canon égyptien a été maintenu pendant des siècles grâce à une technique appelée « Grille système » ou technique de « mise à carreaux » (Figure 54).



Figure 29: Traces de la mise à carreaux dans le musée de plein air à Karnak

#### 1.3.2.3.1 La technique de « Mise à carreau »

La mise à carreau d'une paroi consiste à « *y tracer à l'encre rouge un quadrillage qui facilitera le dessin des sujets.* » (Jean-Claude Goyon, 2004). Cette méthode a permis de dessiner n'importe quel objet sur n'importe quel endroit de la scène (même des personnages de différentes échelles) à travers un système de proportions qui a évolué avec le temps. En effet, les sources égyptiennes en matière de dessin de la figure humaine nous fournissent une grille de proportion à partir du Moyen Empire. Celle-ci « découpe » la silhouette en 18 carreaux de la plante des pieds à la racine des cheveux. Dans la première moitié de la 18<sup>e</sup> dynastie, cette organisation en 18 carreaux est conservée (fig. 55-1) en allongeant toutefois la proportion de la jambe qui



occupe 10 carreaux, de la plante des pieds à la base de la fesse, soit plus de la moitié de la hauteur par rapport à l'ensemble. Au cours du règne d'Amenhotep IV/Akhenaton, ce canon de proportion a été augmenté de deux carreaux rajoutés dans la zone du bas-ventre et celle du cou. Toutefois, la hauteur totale de la jambe, qu'elle se maintienne à 10 (fig. 55-2), ou qu'elle soit réduite à 9 (fig. 55-3), conserve la ligne de genoux à 6. C'est pourquoi le mollet, inférieur à présent au tiers de la hauteur totale, nous apparaît bien plus court. Grâce à ce stratagème, l'artiste égyptien, dans le cas de la figure amarnienne, met davantage l'accent sur la plénitude du ventre.

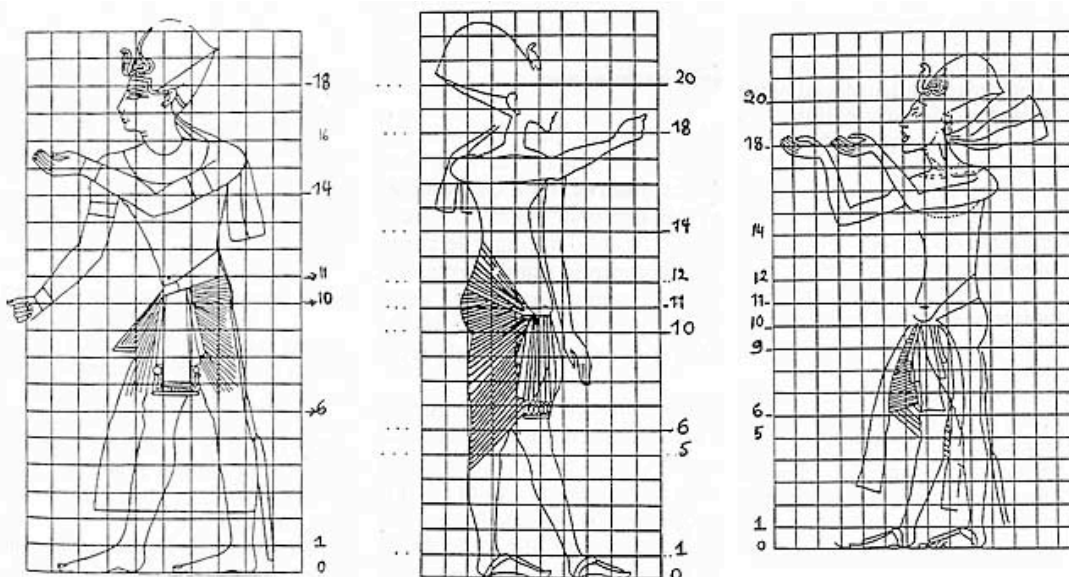


Figure 29: Évolution de la technique de mise à carreaux et les proportions du corps humain suivant les périodes

#### 1.3.2.3.2 Les études métrologiques de J.F Carlotti dans le temple de Karnak

Cette partie est, en grande partie, basé sur les études entreprises par J. F. Carlotti et dont l'objet a été l'étude des principes de proportion des temples égyptiens à travers l'analyse métrologique de certains monuments du temple d'Amon-Rê Karnak. Cette étude a été publiée dans son article « *Contribution à l'étude métrologique de quelques monuments du temple d'Amon-Rê à Karnak* » apparue dans Karnak X (Carlotti, 1995).

#### ***1.3.2.3.2.1 La recherche du « Module »***

Le module ou recherche de l'unité, appelé « commodulatio » par les romains et « symmetria » par les Grecs, représente la convention de base adoptée pour la construction du bâtiment (Carlotti, 1995). La recherche du module requiert la transcription du relevé métrique du bâtiment en unité employée pour la construction à travers une étude métrologique. Ce module sera ensuite utilisé afin de déterminer la « proportio » ou « la notion de proportion et les rapports qu'entretiennent entre eux les différents éléments de la composition architecturale » et ceci suivant les trois types de proportions établies par les pythagoriciens :

- La proportion arithmétique
- La proportion géométrique
- La proportion harmonique

Nous nous limitons, dans cette partie, à l'étude du tracé arithmétique sur lequel J.F Carlotti a basé toute son étude métrologique du temple de Karnak

#### ***1.3.2.3.2.2 Le tracé modulaire arithmétique***

Le tracé modulaire arithmétique est constitué suivant deux conditions préalables : la constitution du module de base de composition et la recherche des proportions entre les différents éléments de la composition architecturale.

Les proportions sont toujours dans des rapports simples de nombres entiers établis grâce à des rapports fractionnaires, la valeur décimale d'un nombre et le zéro étant inconnus des sociétés antiques du bassin méditerranéen. Ainsi, le caractère commun à tous ces traces est d'être révélé par un quadrillage dont chaque carré mesure un module de coté, les dimensions des éléments du dessin pouvant s'exprimer suivant un nombre entier de module. Le problème majeur est donc de connaître les lignes principales ou directrices sur lesquelles se sont appuyés les concepteurs initiaux du projet. Malheureusement les traces modulaires ont été peu étudiés, bien qu'il s'agisse de la technique la plus appropriée à l'étude des monuments antiques'.

### ***1.3.2.3.2.3 L'étude des proportions appliquées aux monuments de l'Égypte pharaonique***

J.F. Carlotti a entrepris une étude métrologique de quelques éléments architecturaux du temple d'Amon-Rê à Karnak afin d'étudier les principes de compositions et de proportions de l'architecture pharaonique. Afin d'atteindre son objectif qui consistait à « lever un coin du voile sur les systèmes de proportions de l'ancienne Égypte » (Carlotti, 1995). J.F. Carlotti n'a pu trouver un site aussi riche que le temple de Karnak qui a subi, tout au long de son histoire, une multitude de remaniements et de transformations qui lui confère un statut idéal pour l'étude de l'évolution chronologique des canons de proportions sur une période aussi étendue et une typologie aussi variée. Le choix des éléments qui ont servi de base à cette étude était en nombre de trois :

1. Les grands ensembles architecturaux : Ce sont les grands espaces homogènes du temple de Karnak qui ont, pour la plupart d'entre eux, été construits sous un même règne ou tout au moins sous une même dynastie. Il s'agit de :

- a. la grande cour ;
- b. le temple reposoir de Sethi II ;
- c. le temple reposoir de Ramsès III
- d. la grande salle hypostyle ;
- e. la cour du Moyen Empire ;
- f. l'Akh-menou.

2. Les reposoirs de la barque sacrée et chapelles jubilaires : Seuls les reposoirs et chapelles simples ont été pris en compte, et uniquement le reposoir proprement dit quand existait un péristyle. Cette restriction a été principalement voulue, pour apporter un soin plus grand à l'étude d'un petit espace qui émit certainement avec les naos, l'un des espaces les plus sacrés du temple et donc l'un des plus codifiés géométriquement. Il s'agit de :

- a. la Chapelle blanche de Sésostri Ier;

- b. la Chapelle d'albâtre d'Amenhotep Ier ;
- c. la Chapelle rouge d'Hatchepsout;
- d. la chapelle reposoir de Thoutmosis III du Lac sacré;
- e. la chapelle reposoir en calcite de Thoutmosis IV ;
- f. le kiosque de Taharqa;
- g. le sanctuaire de Philippe Arrhidée.

3. Les éléments d'architecture : Les deux éléments d'architecture étudiés sont le pylône et la colonne car ce sont certainement les éléments les plus caractéristiques de l'architecture égyptienne. Il s'agit de :

- a. Pylônes
  - i. du I" au X' pylônes ;
  - ii. le pylône du temple reposoir de Ramsès III.
- b. Colonnes
  - i. les colonnes du temple reposoir de Ramsès III ;
  - ii. la colonne du portique bubastide de la Grande Cour ;
  - iii. la colonne du kiosque de Taharqa ;
  - iv. les deux types de colonnes de la grande salle hypostyle ;
  - v. la colonne de la salle des fetes de l'Akh-menou ;
  - vi. la colonne de la salle du jardin botanique de l'Akh-menou ;
  - vii. la colonne des salles sokariennes de l'Akh-menou ;
  - viii. la colonne-iwn de la salle nord-est de l'Akh-menou.

Cette étude a été entreprise suivant deux étapes :

1. Recherche de la valeur métrique de l'étalon : Il s'agit dans cette étape de transformer les différentes dimensions métriques en d'autres exprimés en coudées, palmes et doigts.
2. Déterminer le module : Il s'agit dans cette étape de déterminer le rapport fractionnaire (ou module) entre deux dimensions afin d'arriver à un rapport de proportion propre pour l'espace étudié en plan ou en coupe.

L'objectif de cette étude est de pouvoir dégager des deux étapes précédentes et pour les trois dimensions de l'espace étudié, les grilles de proportions dont chaque carré vaut un module. Dans ses recherches, J. F. Carlotti a suivie une méthodologie très stricte qu'il a clairement énoncée suivant les 3 principes suivants:

- l'ensemble des monuments étudiés a été relevé sauf lorsqu'il existait un plan cote de l'édifice dans lequel on pouvait avoir toute confiance (relevé topographique, etc.), les dimensions ont été toutes contrôlées, exception faite du plan topographique du temple d'Amon-Rê.
- Toutes les dimensions ont été prises le plus près possible du sol sans prendre en compte les banquettes ou d'autres détails architecturaux de ce type, les cotes s'entendent donc de mur à mur.
- Pour les dimensions externes des monuments, la configuration avec soubassement sur lequel repose le bâtiment proprement dit est la disposition la plus fréquente, il a donc été décidé de négliger la dimension totale au profit de la dimension à l'axe des tores au point de rencontre avec le soubassement.

#### *1.3.2.3.2.4 Le calcul*

L'auteur a transformé les cotes exprimées en mètres en cotes exprimées en coudées et ceci en établissant un tableau de 1 à 1 500 doigts et en indiquant les différents multiples du doigt, palme, coudée sacrée, coudée-remen, petite coudée et coudée royale. J.F Carlotti d'est ensuite fixé une fourchette admissible de la valeur métrique de la coudée royale 0,52 m à 0,54 m, soit une valeur métrique du doigt situé entre : 0,018571 m et 0,019285 m. Enfin, il a, et façon systématique, divisé chaque dimension de chaque monument par ces deux dernières valeurs. Pour un même

monument, Carlotti a ensuite confronté les différentes valeurs obtenus afin d'harmoniser la valeur métrique de la coudée correspondante.

C'est en traduisant chacune des dimensions récoltés en doigts et coudées que J.F Carlotti a pu établir une grille de composition permettant de déterminer un rapport de proportion, et ceci pour l'ensemble des monuments étudiés.

#### *1.3.2.3.2.5 Les erreurs admissibles*

En suivant la méthode qu'il a présenté, l'Auteur n'a pas pu avoir, et de manière systématique, des résultats qui correspondent exactement à la réalité. C'est la raison pour laquelle il a établie une certaine marge d'erreur qu'il a codifiée en pourcentage:

- Dimensions inférieures a 2,5 m = erreur inférieure a 4 %.
- Dimensions entre 2,5 m et 5 m = erreur inférieure a 3 %.
- Dimensions entre 5 m et 7,5 m = erreur inférieure a 2,5 %.
- Dimensions entre 7,5 m et 10 m = erreur inférieure a 2 %.
- Dimensions entre 10 m et 5 m = erreur inférieure a 1,5 %.
- Dimensions entre 15 m et 20 m = erreur inférieure a 1 %.
- Dimensions entre 20 m et 50 m = erreur inférieure a 0,5 %.
- Dimensions supérieures a 50 m = erreur inférieure a 0,2 %.

#### *1.3.2.3.3 Application*

L'analysé iconographique du VIIème pylône a révèle un thème traditionnel qui représente la scène du « massacre des ennemis ». Cette scène a été reprise dans plusieurs structures pharaoniques. Dans une approche de restitution par complétion, et en se basant sur la scène complète représentée sur le pylône temple « Medinet Habou », notre objectif est de déterminer les éléments manquants et ainsi de compléter la scène étudié.

Nous nous sommes basé sur l'étude de J.F Carlotti (1995) afin de déterminer le module de proportion utilisés dans le VIIème pylône à Karnak (figure 56). En fonction de sa période de construction, nous avons pu avoir une valeur approximative du module utilisé dans la scène qui figure sur le pylône de « Medinet Habou ».

Étape 1 : Détermination de la valeur du module de proportion du VIIème pylône à Karnak

*Le VII<sup>e</sup> pylône (pl. XXII)*

Valeur métrique de la coudée : 0,526 m.

Module : 5 coudées royales.

	Cotes réelles	Coudées	Cotes restituées	Modules
l	10,56 m	20'	10,52 m	4
L	63,17 m	120'	63,12 m	24

Rapport :  $l/L = 1/6$ .

Figure 29: Valeur métrique du module de proportion du VIIème pylône à Karnak (J.F. Carlotti 1995)

Étape 2 : Relevé de la représentation du pharaon sur le mur du VIIème pylône et sur le pylône du temple « Medinet Habou » avec la méthode du GRCAO (figure 57).

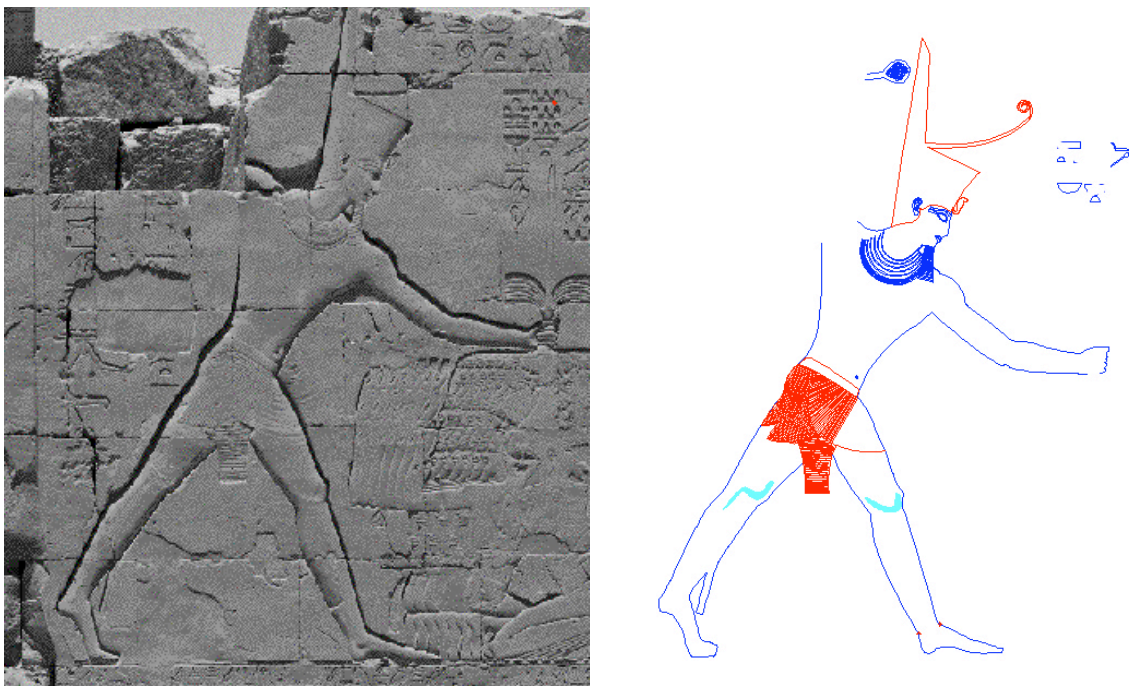


Figure 29: Relevé de la représentation du pharaon sur le mur du VIIème pylône avec la méthode du GRCAO

Étape 3 : Pratiquer la technique de mise à carreaux pour chacun des deux relevés et leur superposition (figure 58).

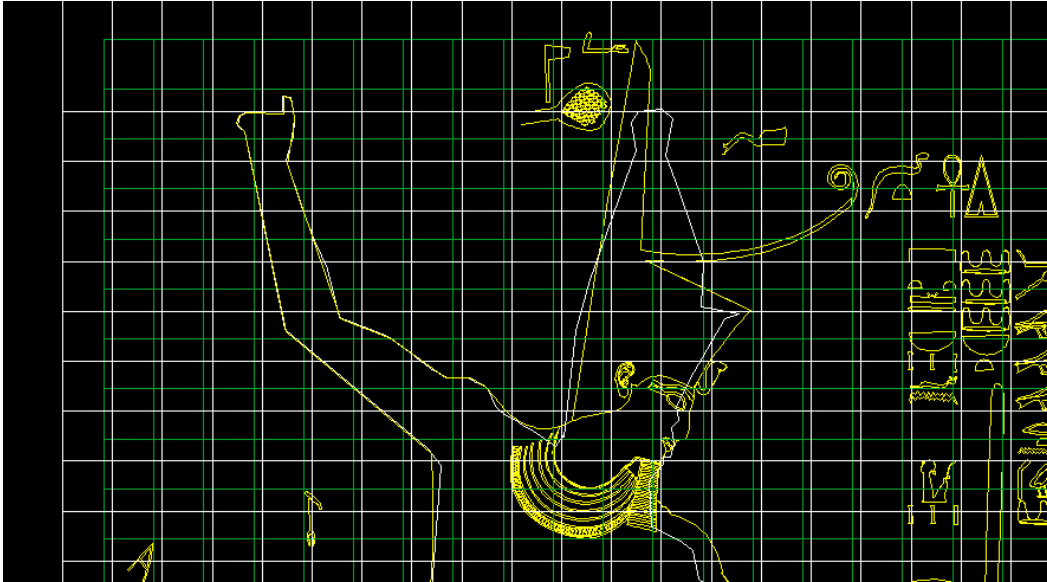


Figure 30: Superposition des deux relevés



Étape 4 : Complétion de la scène manquante (figure 59)

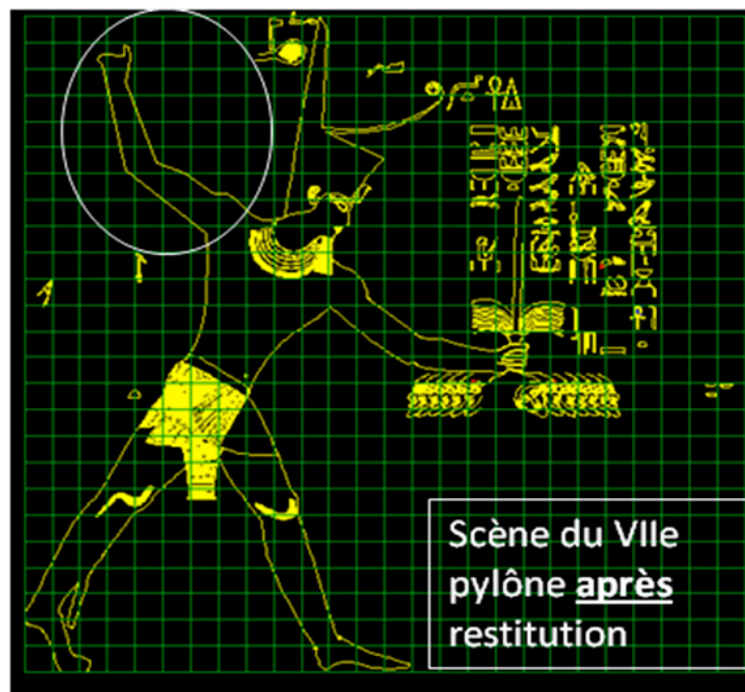
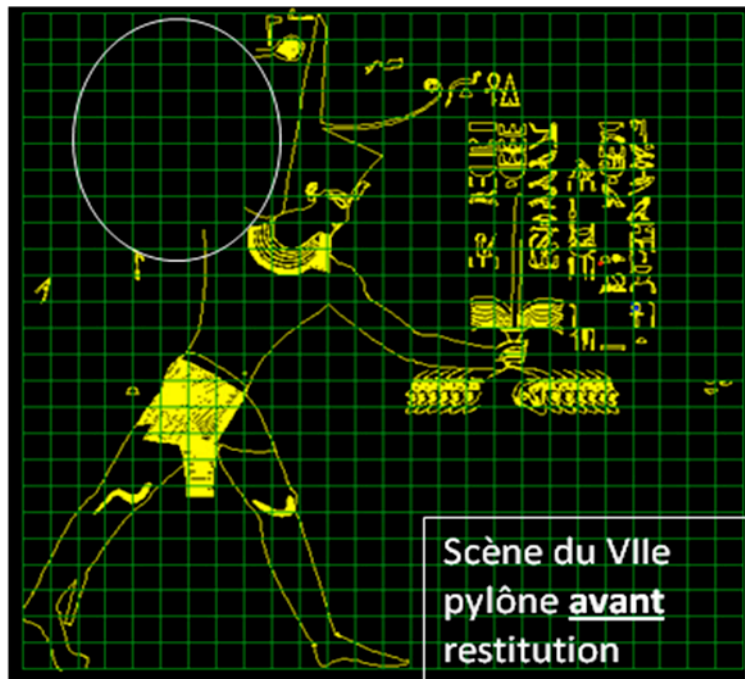


Figure 31: Complétion de la scène manquante

Autre applications : Restitution de la liste toponymique du VIIème pylône d'après le texte analogue gravé sur le VIème pylône (figure 60)

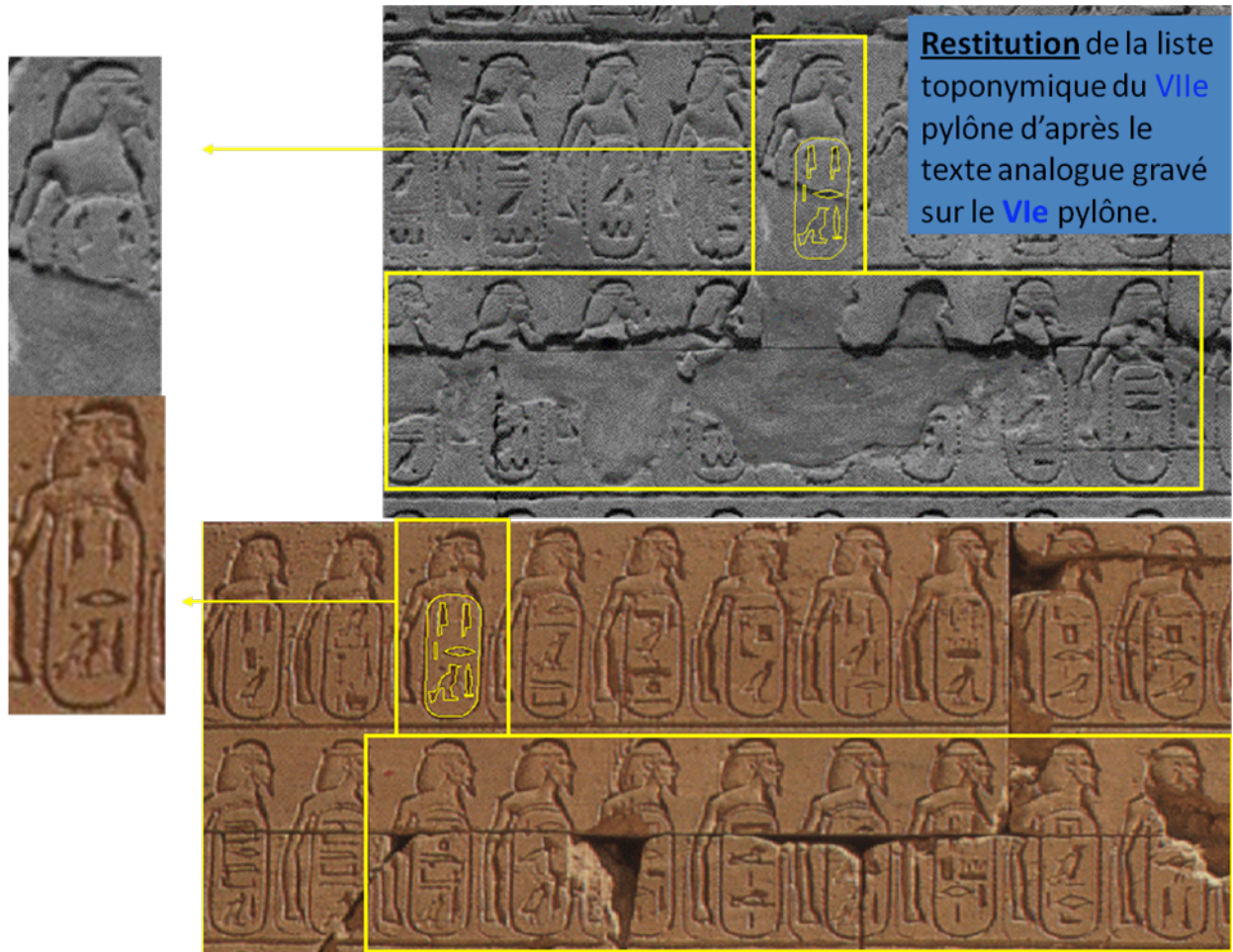


Figure 31: Restitution de la liste toponymique du VIIème pylône d’après un texte analogue

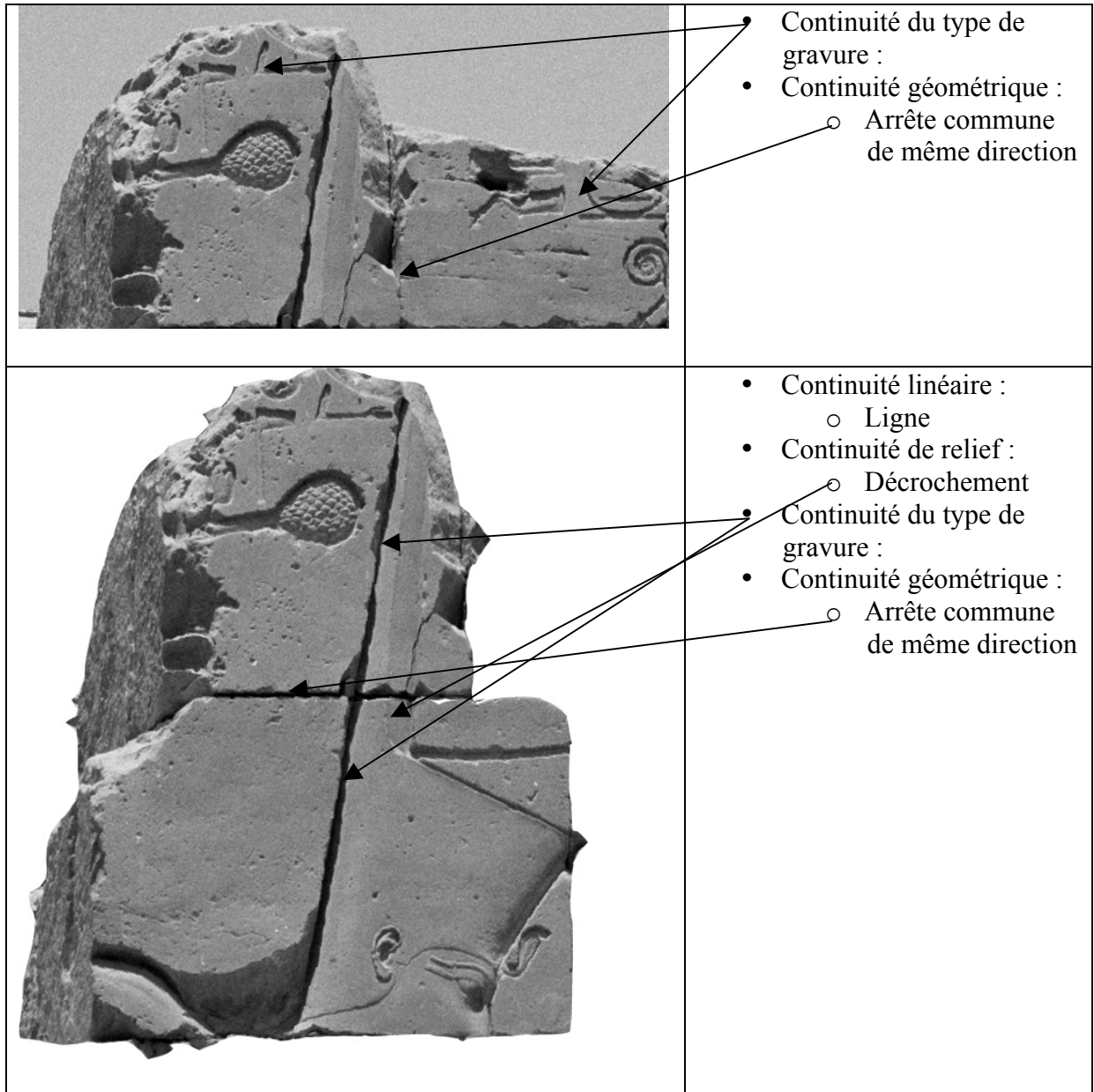
#### 1.3.2.4 Deuxième approche : Typologie des connexions iconographiques

Afin d’étudier de près la continuité iconographique, nous avons effectué une analyse de voisinage de chacune des connexions entre les blocs qui composent le VIIème pylône (figure 61) et (Annexe IV). Notre objectif est d’étudier leur typologie ainsi que leurs différentes variantes. Notre analyse nous a permis de dégager 8 types de continuités entre les blocs étudiés

- Continuité linéaire :
  - Ligne

- Double ligne
- Ligne courbe concave
- Ligne courbe convexe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
  - Signe hiéroglyphique
  - autre
- Continuité de relief :
  - Décrochement
  - Différence de niveau
- Continuité du type de gravure :
  - Continuité de texture :
    - Martelage
    - Signe particulier
- Continuité de texte :
- Continuité géométrique :
  - Même Min-Max
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Texte
  - Cartouche
  - Humain
  - autre

- Continuité de zone :
  - Texte
    - Horizontal
    - Vertical





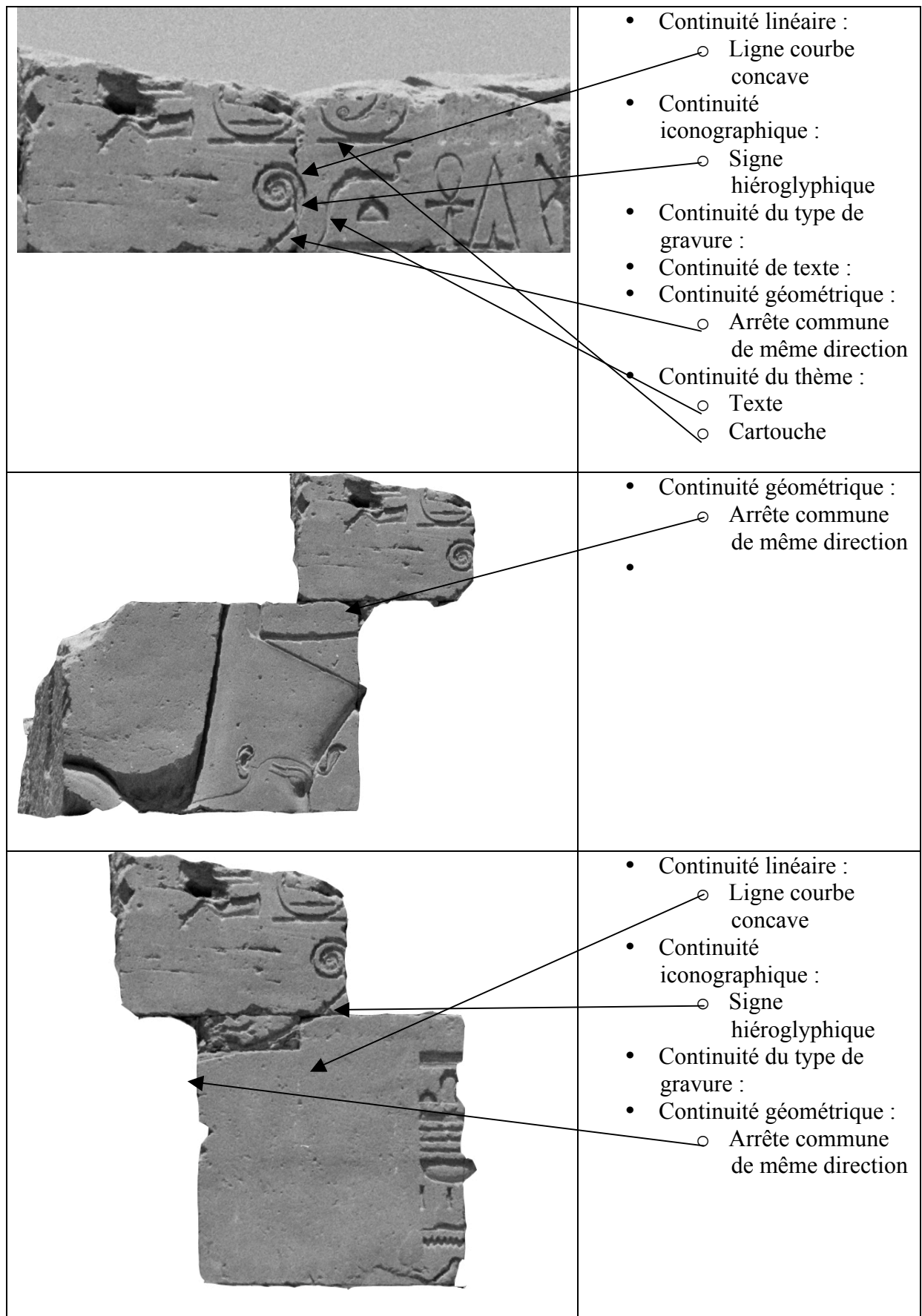


Figure 32: Étude de la continuité iconographique du VIIème pylône du temple de Karnak

D'autres éléments de description peuvent être ajoutés suivant la compétence de l'acteur et le degré de précision envisagé. En effet, et en s'inspirant des travaux de R.A Schwaller de Lubicz (1991), Mr Jean Revez a dressé, dans le cadre du projet Karnak, une liste de mots-clés pouvant servir à décrire les scènes d'offrande sur les blocs et les murs (Annexe V). Ces scènes d'offrande sont relativement homogènes sur le plan typologique et sont attestées à maints endroits dans le temple. L'élaboration d'un vocabulaire descriptif assez précis paraissait donc une piste intéressante à explorer. L'auteur s'est essentiellement appuyé sur les planches contenues dans le volume de planches de la Chapelle Blanche à Karnak, publié par P. Lacau et H. Chevrier. Les scènes qui figurent sur ce monument sont tout à fait typiques des tableaux d'offrande que l'on retrouve dans les temples. En voici quelques exemples<sup>94</sup> :

- Liste des offrandes les plus courantes
  - produits offerts par le roi : onguent, ensens, jarre, etc.
  - Produits offerts par le dieu : pilier, sceptre, etc.
- Personnages
  - Orientation: combinaisons possibles.
    - Orientation personnage seul : gauche, droite
    - Orientation personnages par paire : (gauche gauche), (gauche droite) etc.
    - Etc.
  - Attitude: stations les plus fréquentes.
    - Station (personnage seul) : debout, droite, penché, etc.

---

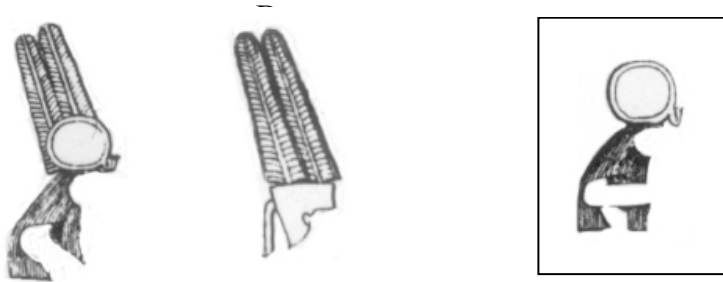
<sup>94</sup> Pour plus de détails, veuillez consulter l'Annexe 4



Figure 33: Exemples de postures dans les scènes égyptiennes

- position de la tête : orientée vers l'avant, orientée vers l'arrière
- bras devant : long du corps, semi-replié, etc.
- bras arrière : long du corps, derrière vers le haut, etc.
- position de la main : ouverte/fermée, tenant un objet, etc.
- position par rapport à un autre personnage :
- Position du pied avant:
- Position du pied arrière :
- Position du haut du bras arrière (en degrés, utile pour les raccords de blocs) : 0-20, 21-40, etc
- Position du haut du bras avant (en degrés).
- Position du bas du bras arrière (en degrés).
- Position du haut du bras avant (en degrés).

- Types de coiffe les plus fréquents : Dieu



Couronne à plumes (LC SI, pl. 25, sc. 28, Amon)

Couronne à disque solaire avec plumes (LC SI, pl. 16, sc. 10)

Couronne à disque solaire (LC SI, pl. 16, sc. 9)

Figure 33: Exemples de couronnes

- Types de coiffe les plus fréquents : Roi



couronne rouge (LC SI, pl. 16, sc. 10, roi)

blanche (LC SI, pl. 12, sc. 1, roi)

perruque ronde avec uréus (LC SI, pl. 21, sc. 20)



double couronne (pschent) (LC SI, pl. 17, sc. 12)

nemes (LC SI, pl. 41, sc. 29')

Figure 33: Types de coiffes les plus fréquentes du Roi

- Pagnes les plus fréquents :





Pagne court (LC SI, pl. 12, sc. 1)



Pagne chendjyt  
(LC SI, pl. 15, sc. LC  
SI = Lacau, Chevrier,  
Sésostris Ier  
8)

Figure 33: Pagnes les plus fréquents

Toutes ces descriptions peuvent être inscrites dans les cadres qui déterminent les différents axes de composition de la scène. Il s'agit d'une norme décrivant l'organisation des éléments iconographiques dans le bloc établie et utilisée par CH. Favard-Meeks intitulée pour la reconstitution du temple de Behbeit el-Hagara (Favard-Meeks, 1991). L'objectif de cette démarche est de préparer, pour un éventuel travail sur le site, des parois contenant toutes les projections théoriques des parties manquantes. Il s'agit d'élaborer, sous forme de fiche (figure 66) et pour chacun des blocs pris en photo, une proposition hypothétique des éléments iconographiques complémentaires en partant d'un certain nombre de critères proposés essentiellement par le tableau d'offrande. La moindre inscription (tableau, dédicace, etc.) est enregistrée en prenant compte tous les éléments réunis à partir des éditions antérieures ou des documents d'archives. La mise en page de la fiche tient compte de :

- La position du texte de l'offrande
- Du type de titulature royale (à deux cartouches, avec serekh, avec disque solaire, vautour, faucon, etc.)
- L'information concernant la réponse divine (qui souvent se trouve éclatée en deux ou trois éléments) est codifiée de façon telle que l'on puisse en identifier la position (devant la divinité et/ou au dessus d'elle)

- Les colonnes sont codifiées avec la description du tableau (sans finalité du rite, avec finalité (divine), avec finalité (royale), avec double finalité)

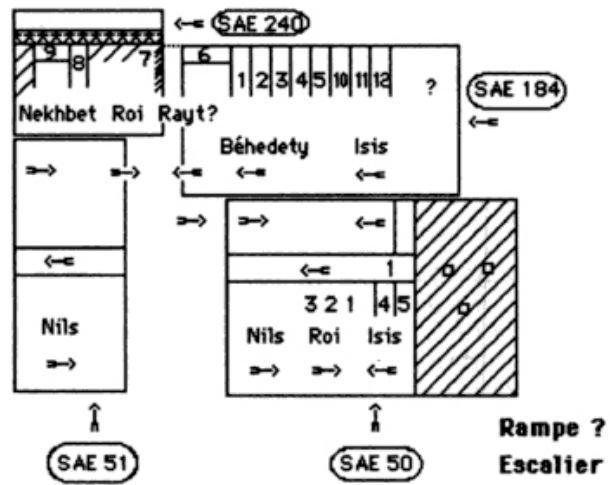


Figure 34: Fiches relatives à l'aile Nord-Ouest (Favard-Meeks 1991)



Figure 35: Étude de connexion iconographique (1)



Figure 35: Étude de connexion iconographique (2)

#### 1.3.2.4.1 *En résumé*

Ainsi, il s'agit de ne pas décrire le bloc en tant qu'une unité globale mais éclaté en autant d'éléments le constituant. C'est-à-dire qu'il faut offrir à l'utilisateur la possibilité d'indiquer les zones de texte vertical, les zones de texte horizontal, les frises, les corps humains, etc. (figure 69) Un module de raisonnement basé sur cette approche pourra donner à l'archéologue des outils supplémentaires pour chercher, par exemple, toutes les zones de textes ayant une largeur  $x$  ou un complément de signe tronqué, etc. Ce module est basé donc sur des fonctionnalités visant à conjuguer les thèmes iconographiques aux aspects géométriques des signes et des symboles. Il représente un outil susceptible d'assister les acteurs du domaine dans les études des connections possibles entre les blocs à reconstituer. Plusieurs contraintes doivent être respectées :

- La terminologie de description et le choix des descripteurs;
- Il faut pouvoir noter, en relevant, les éléments de connexion entre les différentes parties d'une même unité iconographique;
- Il faut retenir, en tenant compte d'une certaine marge d'erreur possible, la distance de connexion entre deux parties d'un même signe. (Établissement de la marge de valeurs pour certains paramètres, réduction de la zone de recherche);
- Sens de description;
- Description par coté;
- Décrire les corps humains;
- Décrire la forme de la pierre;
- Mécanisme d'application d'un raisonnement sur les données relevées ;
- Etc.

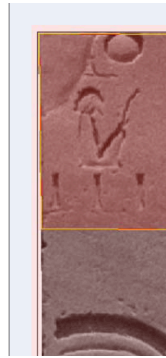


Figure 36: Décomposition hiérarchique des éléments de description d'un bloc

## 1.4 Exploration de l'algorithmique de l'implémentation et du développement informatique des modules de raisonnement: Cas du VII<sup>ème</sup> pylône à Karnak

Il s'agit dans cette partie d'expérimenter une approche globale de restitution pour la validation de notre modèle. Il s'agit de mettre à l'épreuve notre approche à travers une étude de cas : le VII<sup>ème</sup> pylône du temple de Karnak. Le choix de ce cas d'étude découle directement de la disponibilité des données. En effet, le VII<sup>ème</sup> pylône a constitué un prétexte pour l'expérimentation des fonctions de relevé pour le projet « Karnak-1 » au GRCAO. Nous avons effectué un découpage de l'ensemble de la structure en fonction des blocs qui le constitue (figure 70).

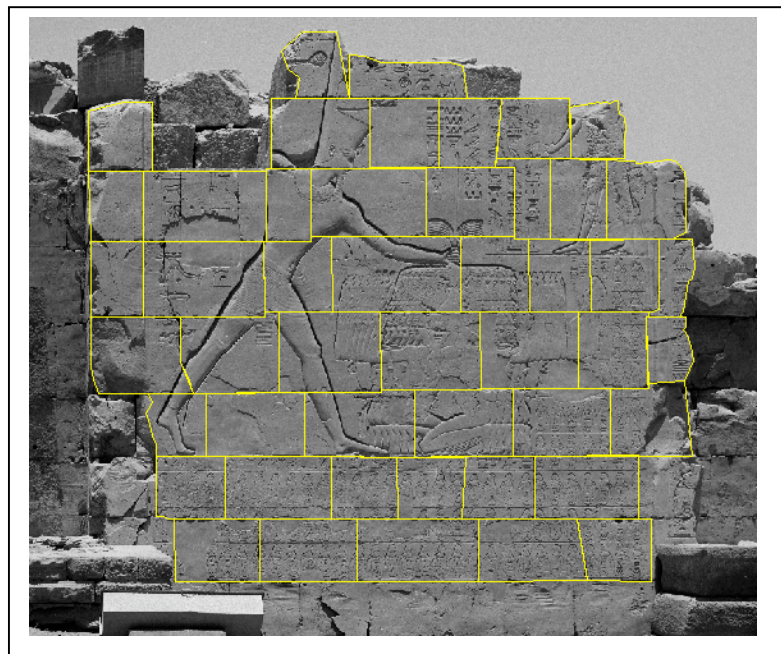


Figure 36: Découpe du VII<sup>ème</sup> pylône

### 1.4.1.1 Objectif

Notre objectif vise à assigner, à chacun des blocs du corpus, sa place dans le plan général de la structure étudiée. Il s'agit d'un ensemble de blocs épigraphié et de dimensions variables. Nous savons que ces blocs appartenaient à des parois (pylônes, murs..).

Lorsque le corpus des blocs à traiter est très important, il est nécessaire de pouvoir trouver les moyens nécessaires afin de diviser le tout en des ensembles manipulables et ceci à travers une multitude d'actions qui visent à identifier les blocs ayant une ou plusieurs caractéristiques communes. Les données pouvant être utilisées afin d'identifier la position relative d'un bloc par rapport à un autre sont diverses. En partant des attributs géométriques, iconographiques ou autres, l'objectif est de relever, de manipuler et/ou de mettre en relation et de recréer ces attributs dans l'espoir de découvrir des indices qui nous serviront à argumenter une ou plusieurs hypothèses sur la position relative d'un bloc par rapport aux blocs voisins dans une approche d'assemblage globale de toutes les pièces du puzzle.

#### ***1.4.1.2 Le relevé et description des blocs***

Nous avons utilisé la méthode du GRCAO pour le relevé des blocs. Le choix de cette méthode a été argumenté au début du troisième chapitre (figure 71).

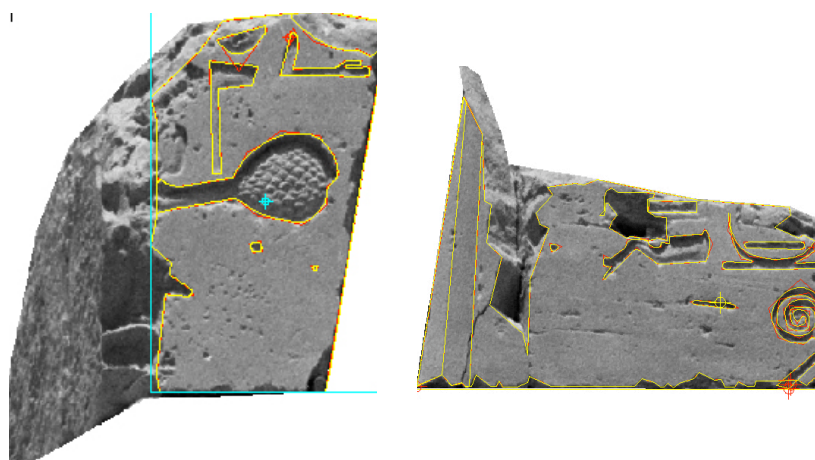


Figure 36: Exemple de relevé des blocs avec la méthode du GRCAO

Pour la description de chacun des blocs, nous avons organisé les données en fonction des objectifs de l'entreprise. Nous allons présenter une liste exhaustive, mais non complète, des données pouvant être considérées au moment du relevé et de l'enregistrement. Ces données sont organisées suivant quatre rubriques :

##### ***1.4.1.2.1 Rubrique 1***

Il s'agit d'une rubrique incluant les informations générales du bloc. Les rubriques proposées et pouvant être incluse dans ce volet sont les suivantes:

(NOM)	; Numéro d'inventaire de cette pierre
(FORME-BLOC)	; type de bloc et nombre de faces (Lexique fermé)
(LIEU)	; in situ/épars/en réemploi (Lexique fermé)
(MATÉRIAU)	; type de matériau (Lexique fermé)
(CONSERVATION)	; état général de conservation (Lexique fermé).
(PHOTO)	
(PHOTOS)	; Fichier de la photo
(ORTHO-PHOTOS)	; paramètres de transformation et fichier de la photo redressée

Autres informations pouvant être adoptés à partir de l'article « *Une politique scientifique pour l'informatisation des données archéologiques du Centre Franco-égyptien des Temples de Karnak* », écrit par Alessandro Sturla et Robert Vergnieux, sont:

- Publications: indique tous les rapports et publications liés directement à ce bloc.
- Provenance: indique selon les lexiques terminologiques de la base Égypte la provenance de l'objet. Elle permet de préciser la provenance générique (ex. Karnak est), jusqu'à un terme spécifique, le carroyage (VII.N.23) ou la structure concernée (ex. Porte Est). (Lexique ouvert)
- Lieu de conservation: Localisation géographique du lieu de conservation avec le nom de l'édifice s'il existe. (Lexique ouvert)
- Renseignements divers: description libre permettant de compléter les informations générales concernant les références et origine de l'objet et l'étude en cours (nom du chercheur responsable de l'étude).
- État de conservation: indique l'intégralité de l'objet et son état de conservation. Intact: l'état d'un objet qui n'a subi aucune cassure. Entier: l'état d'un objet dont on dispose de tous les morceaux, mais qui a été recollé.



- Commentaire état de conservation: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente.
- Restauration: on indique ici dans l'ordre, l'importance de la restauration, l'endroit de la restauration, la technique utilisée et la date de l'opération.

(PUBLICATION)  
 (PROVENANCE)  
 (CONSERVATION  
 (ÉTAT DE CONSERVATION)  
 (LIEU)  
 (COMMENTAIRES)  
 (RESTAURATION)

Il s'agit d'une rubrique incluant les informations géométriques et se rapportant à l'organisation des éléments iconographiques dans le bloc. Les rubriques proposées et pouvant être incluse dans ce volet sont les suivantes:

(Glaserfeld & Watzlawick) ; Données relevées au laser si elles existent  
 (VOLUME) ; modèle tridimensionnel si il existe  
 (CONTOUR ; décrit le polygone de délimitation  
 (MIN-MAX) ; volume englobant

(SOMMETS point point) ; coordonnées des points

(QUALITÉ valeur) ;0 ou 1

(FACES

(NOM) ; peut être dessus/face1/face2/etc.

(TYPE-FACE); plane/brute/dressée/décorée/cassée

(TRACES) ; types de traces )

(DÉGRADATION ; comprends les polygones de dégradation relevés

(Zone 1 )

(MINMAX) ; minmax

(SOMMETS point point) ; coordonnées des points

Zone ... ) )

(MARTELAGE ;idem pour le martelage

(Zone 1

(MINMAX) ;minmax

(SOMMETS point point) ;coordonnées des points )

Zone ... ) )

(REGRAVURE ; idem pour la regravure

(Zone 1

(MINMAX) ;minmax

(SOMMETS point point) ; coordonnées des points)

Zone ... ) )

(FORME-DÉCORS ; distribution du décor

- Dimensions: indique les différentes mesures (selon le volume capable) de l'objet et permet la recherche sur des classes de dimensions.

(DIMENSIONS)

Remarques : Il est important aussi de considérer des éléments géométriques de l'époque comme le cadra, les proportions harmoniques et autres.

- Le contour de la pierre : dans certains cas, on ne peut se fier au min-max pour déterminer le voisinage, car la forme peut être irrégulière. Il faudra prévoir des exceptions de ce cas dans la description
- La texture de la pierre : il faut établir une typologie de surface, car cela peut être un élément déterminant dans les connexions vu que l'état des pierres n'est pas toujours bonne et les zones de dégradation sont multiples et variées.

(Textures ; idem pour chaque texture dans la pierre  
 (Texture 1  
 (MINMAX) ;minmax  
 (SOMMETS point point) ; coordonnées des points  
 )  
 Texture ... ) )

#### 1.4.1.2.3 Rubrique 3

Il s'agit d'une rubrique ou on va inclure tout ce qui concerne l'iconographie du bloc dans un sens large (signes, figures humaines, frises, décor et encadrement).

(DÉCORS) ; gravures tridimensionnelles  
 (ÉPIGRAPHIE) ; comprends les fichiers des hiéroglyphes  
 relevés  
 (SCENE) ; comprends les fichiers des scènes relevées

Remarque :

- Les figures humaines (Pharaon, dieu, ...) C'est aussi un élément très important dans la recherche des connexions, mais il faut établir un code de description suivant la position du pharaon, les parties présentes sur le bloc et les parties susceptibles de le compléter dans les directions logiques.
- Les accessoires que portent les figures humaines : cela peut être un collier, un bâton dans la main ou même son habit qui peut constituer un indice majeur.

(SCÈNES
(PHARAONS)
(ACCESSOIRES)
(DIEUX)
)

- Il y a aussi les éléments comme les frises et les éléments d'encadrement qui doivent être séparés et précisés lors du relevé. Ils constituent des indices de continuité et de connexion extrêmement précieux lors du travail de reconstitution.

#### 1.4.1.2.4 Rubrique 4

Il s'agit d'une rubrique incluant les éléments sémantiques issus d'une interprétation et pouvant être notés lors du relevé et même après. Les rubriques proposées et pouvant être incluse dans ce volet sont les suivantes:

(DESCRIPTION)
(DATATION); Estimation de l'âge de ce bloc*

Autres informations pouvant être adoptés à partir de l'article « *Une politique scientifique pour l'informatisation des données archéologiques du Centre Franco-égyptien des Temples de Karnak* », écrit par Alessandro Sturla et Robert Vergnieux, sont:

- Écriture: indique les caractères avec lesquels est rédigée l'inscription. (Lexique fermé)
- Commentaire écriture: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente.
- Contenu du texte: indique le sujet développé dans le texte. (Lexique fermé)
- Commentaire texte: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente.
- Noms propres: indique les noms propres, titres, relations familiales contenues dans le texte. ( Lexique fermé)
- Commentaire noms: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente.
- Transcription du texte: indique la transcription selon les normes internationales adoptées par le "Comité Égyptologie et Informatique".
- Traduction du texte: indique la traduction suivie du texte.
- Commentaire traduction: description libre permettant de compléter les informations des deux rubriques précédentes.
- Datations: indique l'intervalle chronologique en siècles ou en phases culturelles qui couvre l'ensemble de l'unité archéologique ainsi que les arguments qui ont conduit à la datation.
- Technique: indique la ou les techniques de réalisation de l'objet: mode de fabrication (ex. bloc épannelé / décor en léger relief). (Lexique fermé)
- Datation: indique l'attribution chronologique de l'objet selon la dynastie et le nom du pharaon. (Lexique fermé)
- Commentaire datation: description libre permettant de développer l'argumentation de la datation.
- Datation en siècles: indiquée en chiffre permettant la recherche selon des tranches chronologiques. (Lexique fermé)

### ***1.4.1.3 Application des modules***

#### *1.4.1.3.1 Approche de structuration*

Plusieurs approches peuvent être adoptées, nous nous limitons à quatre applications.

Objectif 1 : Rechercher tous les blocs avec un coté qui fait plus que 10 degrés avec la verticale

Il s'agit pour ce raisonnement de trouver tous les blocs qui présentent une ou plusieurs arêtes non verticales. En appliquant le module géométrique, nous avons eu 6 blocs qui correspondent à cette définition. Comme le résultat est manipulable, l'utilisateur pourra visualiser les résultats et simuler les connexions à l'écran et décider de la validité des assemblages (figure 73 et 74)



Figure 36: Assemblage d'après la méthode de structuration des données

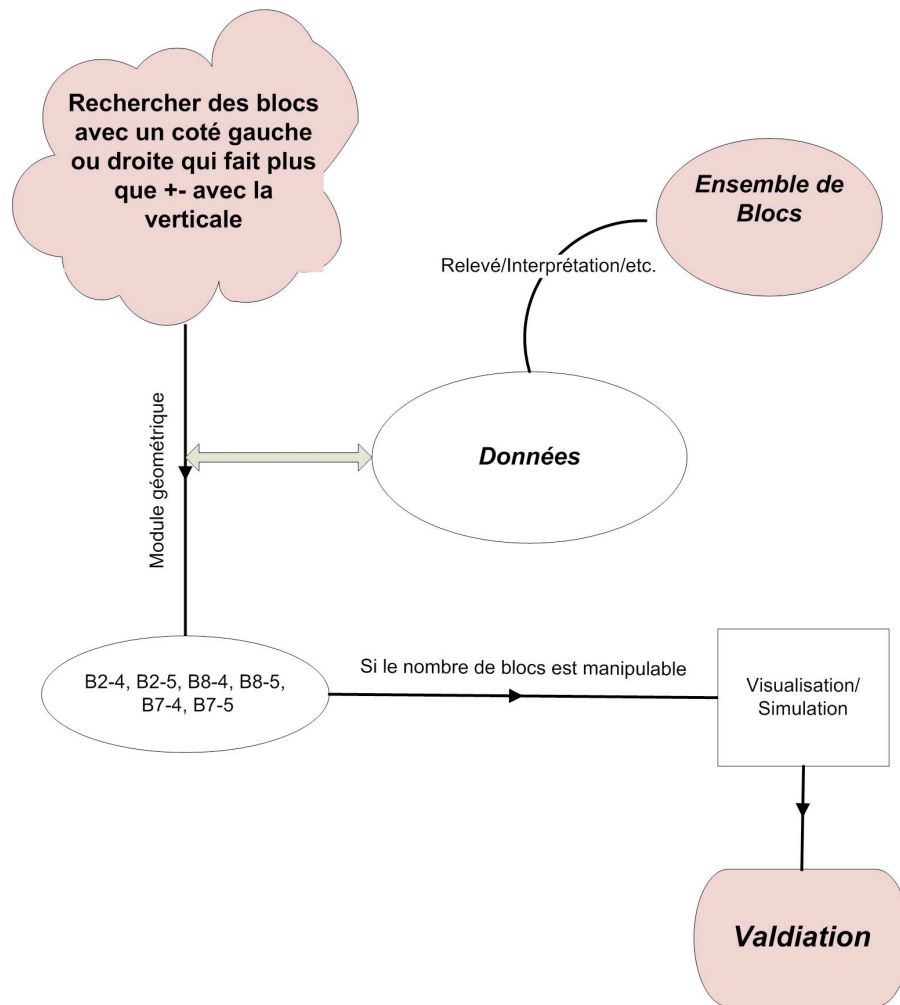


Figure 37: Organisation des actions pour l'objectif 1

Objectif2 : chercher tous les blocs qui présentent des signes de martelage à leur surface.

Il s'agit de chercher parmi les blocs étudiés ceux qui présentent des signes de martelage sur leur surface. En appliquant le module iconographique, un ensemble de trois blocs a été obtenu. Comme le résultat est manipulable, l'utilisateur pourra visualiser les résultats et simuler les connexions à l'écran et décider de la validité des assemblages (figure 74)



Figure 37: Résultats de la recherche de tous les blocs qui présentent des signes de martelage à leur surface

Objectif3 : chercher tous les blocs qui comportent une zone de texte horizontale

Il s'agit de chercher parmi les blocs étudiés ceux qui comportent une zone de texte horizontale. En appliquant le module iconographique, un ensemble de 2 blocs a été obtenu. Comme le résultat est manipulable, l'utilisateur pourra visualiser les résultats, simuler les connexions à l'écran et décider de la validité des assemblages

Objectif4 : chercher tous les blocs qui comportent une zone de texte verticale

Il s'agit de chercher parmi les blocs étudiés ceux qui comportent une zone de texte horizontale. En appliquant le module iconographique, un ensemble de 18 blocs a été obtenu. L'utilisateur a le choix dans ce cas d'appliquer un autre module afin d'alléger le nombre de blocs à manipuler à l'écran ou de passer directement à la visualisation, simulation et la validation des résultats.

#### *1.4.1.3.2 Approche de restitution à partir d'un fossile directeur*

Comme énoncé dans le deuxième chapitre, cette méthode consiste à partir d'une seule unité (réelle ou hypothétique), un ou plusieurs blocs déjà assemblés, et de chercher dans notre corpus de blocs ceux qui obéissent à la même définition que notre fossile directeur. Pour cela, il faudra en premier lieu bien choisir et étudier notre fossile



directeur et essayer de déterminer les caractéristiques des blocs complémentaires (figure 75).

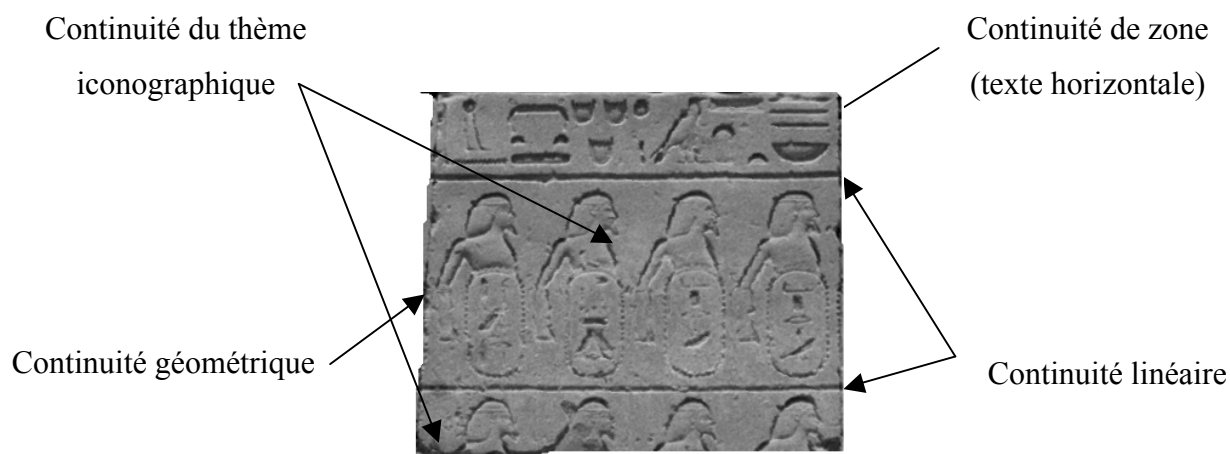


Figure 37: Étude des continuités iconographiques potentielles du fossile directeur

Il s'agit de chercher parmi les blocs étudiés ceux qui comportent un maximum de caractéristiques communes avec le fossile directeur. Les résultats obtenus (figure 76) ont été de nature variable en fonction des critères de structuration précisés. En appliquant le module iconographique, un ensemble de 18 blocs a été obtenu. L'utilisateur a le choix dans ce cas d'appliquer un autre module afin d'alléger le nombre de blocs à manipuler à l'écran ou de passer directement à la visualisation, simulation et la validation des résultats. En effet, effectuer des recherches avec seulement un ou deux critères de structuration des données nous retourne un grand nombre de résultats qu'il faut essayer ensuite de raffiner encore plus en choisissant d'autres critères qui répondent à la description initiale du fossile directeur.

La diversité des éléments de continuités issus de notre « fossile directeur » a impliqué la définition de nouveaux objectifs et donc, l'utilisation de plusieurs modules de raisonnements afin de valider la progression des hypothèses. Il a fallu appliquer le module géométrique pour la continuité géométrique, le module iconographique pour la continuité des thèmes, etc. L'application de ces modules s'est faite de manière récursive afin d'affiner progressivement le nombre de résultats pouvant être manipulés et la pertinence des assemblages obtenus (figure 77).



Figure 37: Exemples d'assemblages obtenus avec l'approche de la structuration en fonction du fossile directeur

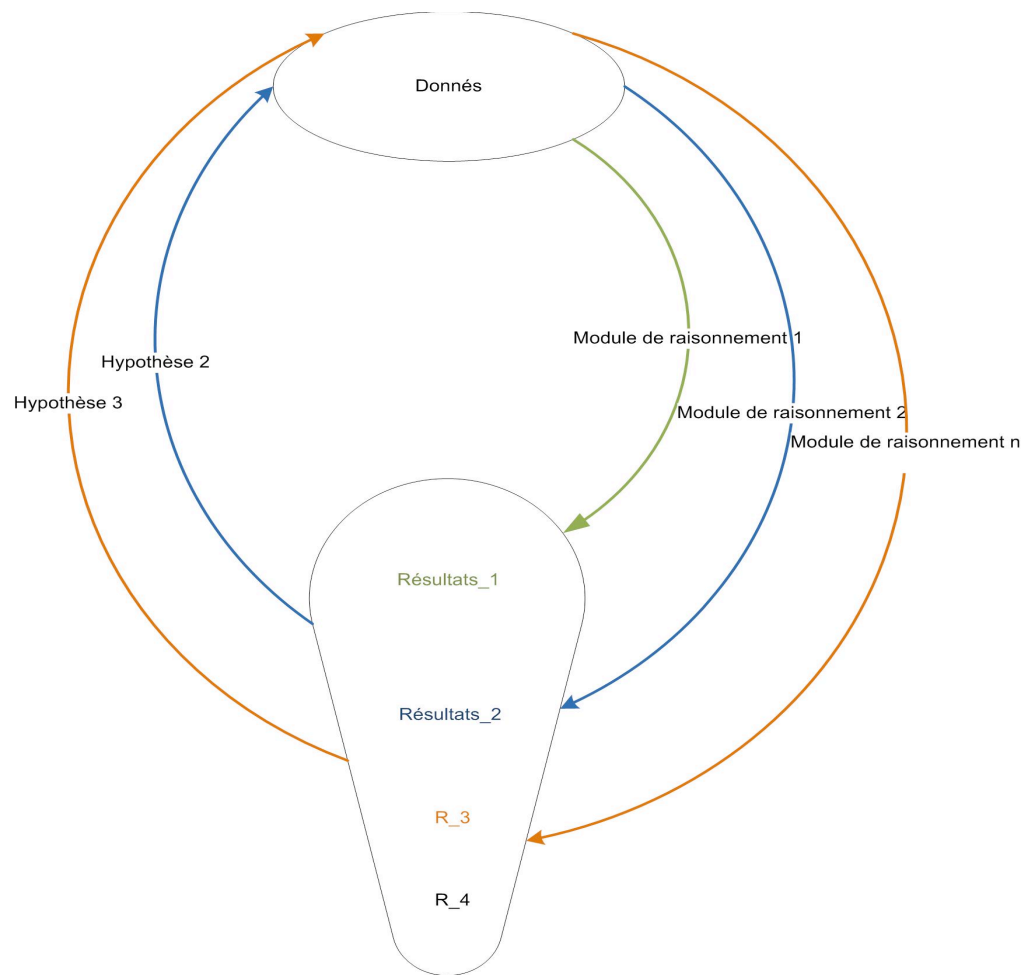


Figure 37: Récursivité de la démarche de validation

#### 1.4.1.4 *En résumé*

La nature des objectifs de notre entreprise a grandement influencé le cours de toutes les opérations relatives au choix du corpus, à leur description, à leur structuration, à leur interprétation, et à la validation des résultats obtenus. En effet, les méthodes de relevé et de structuration des données ont été choisies en fonction de la nature de notre corpus (photos redressées) ainsi que des « inputs » et des « outputs » relatifs aux modules de raisonnements développés. Le choix des données, la manière de les voir, la manière de les classer et la manière de les commenter ont été déterminés par rapport au but de la construction : restituer les blocs du VIIème pylône.

Nous avons précisé dans la conclusion du deuxième chapitre que notre modèle exprime « *non pas la manière dont s'est édifiée la construction, mais son architecture logique, une fois achevée* ». En effet, les résultats présentés, à travers notre étude de cas, ont démontré que la démarche est souvent un processus itératif qui est en perpétuelle progression (par essais et erreurs) à travers la manipulation des données par des actions encapsulées dans divers modules de raisonnements (d'ordre épigraphique (textuel et phonétique), d'ordre constructif, d'ordre physique ou géométrique, etc.). Dans cette progression, nous avons « expérimenté » différentes hypothèses à travers l'application ou la mise en place de nouveaux modules de raisonnements. Les constats d'inadéquation ont déterminé chaque itération et nous ont poussés à revenir vers les données et les moyens disponibles pour une nouvelle définition du corpus, de description, de structuration ou d'interprétation. Il s'agissait principalement de combiner plusieurs raisonnements afin de réduire le nombre de fenêtres disponibles et de progresser jusqu'à ce que les résultats obtenus puissent satisfaire les objectifs de l'entreprise. L'aspect évolutif du système nous permet de rajouter d'autres modules de raisonnements si les moyens disponibles ne peuvent permettre les objectifs des acteurs.

## 1.5 Conclusion

Notre système offre des avantages et présente des inconvénients. Ces avantages et ces inconvénients dépendent de l'approche que les acteurs adoptent envers la nature du système proposé.

### *Avantages*

L'approche proposée permet une meilleure exploitation des avantages que pourra offrir l'outil informatique pour la réussite des projets de reconstitution archéologique. En effet, l'intégration des TICs dépasse la simple modélisation des résultats de l'entreprise pour offrir aux acteurs du domaine un assistant informatique avec lequel ils pourront traduire les actions qui définissent leur démarche. Les modules de raisonnements offrent une multitude de façon de structuration et de modification de ces actions en fonction de la nature du raisonnement envisagés et dans un même environnement informatique.

Un autre avantage réside dans la possibilité de retracer, à travers les actions entreprises, la façon dont le résultat obtenu a été élaboré car l'acteurs aura « *à traduire sa compréhension de la façon de réaliser des actions et leurs relations* » (Tidafi, 1996).

En effet, la nécessité pour les acteurs de formaliser et de structurer leurs actions constitue une sorte de trace sur le cheminement qui les a conduit vers le résultat validé ou non. Nous avons évoqué dans notre étude des raisonnements archéologique la difficulté que nous avons trouvé pour retracer le cheminement que l'archéologue avait suivi pour aboutir aux résultats énoncés. La manière même de présenter les résultats dans une publication savante est souvent « déformée » par les objectifs des acteurs et par le message qu'ils ont bien voulu nous transmettre. Ce « flou » subjectif pourra être évité car la méthode proposée consigne les traces des progressions des raisonnements et donc des actions mis en œuvre. Même les raisonnements non aboutis pourront être retracés et pourront éviter aux acteurs de progresser vers des cheminements stériles.

Un autre avantage réside dans le contrôle que l'acteur garde constamment sur le déroulement des actions, sur leurs choix et sur la validation des résultats obtenus.

Nous avons évoqué à mainte reprise que le système proposé ne constitue qu'un assistant qui ne pourra fonctionner de façon autonome.

L'ouverture du système et sa nature évolutive constitue aussi un avantage très important. En effet, les acteurs pourront, en tout moment de la démarche, considérer de nouvelles définitions d'actions en vue de les améliorer ou de construire de nouvelles.

Cette approche permet aussi une prise en charge du temps dans les projets de reconstitution architecturale. En effet, le temps est une dimension primordiale dans tout processus de reconstitution archéologique. Grâce à la modélisation d'actions, les événements connus, comme la démolition, le déplacement, le démantèlement ou encore la construction, à une date donnée, d'un fragment architectural peuvent être consignés et exploités

### ***Inconvénients***

La traduction informatique des actions implique nécessairement que les acteurs comprennent et prennent conscience de leur démarche ainsi que de la définition de leurs actions. Mais cette définition des actions se doit d'être claire, logique et cohérente.

La nature solitaire de la discipline archéologique et l'aspect interdisciplinaire de l'approche pourront exiger un temps d'adaptation pour les archéologues. En effet, il s'agit, pour ces derniers, de changer radicalement d'approche et cela pourra évoquer une réticence des acteurs à embarquer vers de nouvelles expérimentations

### ***Ouvertures***

Le modèle préliminaire d'un système susceptible de mieux assister les archéologues dans leur travail consiste une première tentative de réponse à des problèmes liés à l'intégration des possibilités que pourra offrir l'outil informatique au domaine de la reconstitution archéologique. Plusieurs voies pourront être explorées afin de le compléter et de pousser encore plus son expérimentation.

En effet, l'étude des actions qui définissent les raisonnements archéologiques pourront être généralisés vers d'autres cas d'étude. Le domaine égyptologique, bien que assez représentatif, reste un champ d'étude qui pourra s'enrichir par d'autres.

Une base de données évolutive des scènes susceptibles d'aider les égyptologues pour la reconstitution de la paroi pourra être constituée. Cette base de données pourra être indexée suivant des mots clefs en rapport avec le projet : thème de la scène (offrande, chasse,...) divinités qui y figurent, position relatives des acteurs de la scène, les différentes proportions de la scène (cadre, proportion relative des acteurs de la scène...) etc.

La relation entre le domaine de la reconstitution archéologique pourra être enrichie par des complémentarités du domaine architectural. En effet, la dualité entre le processus de conception des structures architecturales et le processus de re-conception des vestiges archéologiques pourra constituer une avenue de recherche très intéressante. L'investigation des savoir-faire d'époque pour retracer les processus de conception à l'origine des structures étudiées constitue un des objectifs du domaine de la reconstitution archéologique. La compréhension de ce savoir-faire a constitué, dans un grand nombre des raisonnements étudiés, un atout pour la réussite de l'entreprise.

## Conclusion générale

L'objectif de notre recherche était l'exploration et l'étude de la question de l'instrumentation informatique des projets de reconstitution archéologiques en architecture monumentale dans le but de proposer de nouveaux moyens. Pour conclure notre recherche, nous revenons sur la démarche de recherche qui a permis de proposer un modèle préliminaire d'un système susceptible de mieux assister les archéologues dans leur travail. Nous présenterons ensuite les principales contributions à la problématique de l'instrumentation informatique dans les projets archéologiques.

Notre proposition de modèle préliminaire d'un système informatique d'aide aux projets de reconstitution archéologique découle d'une démarche qui avait comme point de départ la question de recherche suivante :

*« Comment, et avec quels moyens informatiques, les projets de reconstitution architectural pourraient-ils être menés en archéologie ? »*

Cette question a nécessité, en premier lieu, une étude des différentes approches de restitution qui ont été mises à contribution pour des projets de reconstitution archéologiques, et ceci, à ses différentes phases. Il s'agissait de comprendre en premier lieu l'évolution des différentes méthodologies d'approche (épistémologiquement) que les acteurs de ce domaine ont adoptées afin de mettre en contribution les TICs dans le domaine du patrimoine bâti. Cette étude nous a permis de dégager deux principales avenues: une première qui vise exclusivement la « représentation » des résultats des projets et une seconde qui vise la modélisation de ce processus dans le but d'assister l'archéologue dans les différentes phases du projet.

Nous avons démontré que c'est la deuxième approche qui combine et met à la disposition des archéologues une meilleure exploitation des possibilités que l'outil informatique peut et pourra présenter : la modélisation de processus et d'actions qui traite de- structures de données (possibilités de stockage) en spécifiant des actions et des processus à travers des interfaces et des langages de programmation (aspect fonctionnel) qui utilisent les capacités de calcul de ces outils (aspect physique) afin de simuler les différentes hypothèses de résultats escomptés, communiqués à l'utilisateur au travers d'interfaces appropriées (environnement humain).

Cela nous a démontré la nature systémique et complexe de la mise à contribution des TICs dans le domaine de la restitution archéologique. La multitude des acteurs, la multitude des conditions, la multitude des moyens utilisés, ainsi que la multitude des objectifs envisagés dans les projets de reconstitution archéologiques nous a poussés à explorer une nouvelle approche qui tient compte de cette complexité.

Pour atteindre notre objectif de recherche, nous avons dû poursuivre l'étude de la nature de la démarche archéologique. Il s'agissait de comprendre les liens et les interrelations qui s'établissent entre les différentes composantes qui définissent la démarche archéologique ainsi que les différents modes de réflexions qui interviennent dans les projets de reconstitution archéologique du patrimoine bâti. Cette étude a mis en évidence un rapport direct entre le caractère subjectif de la démarche avec la grande variabilité des approches et des raisonnements qui peuvent être mis œuvre (depuis le relevé jusqu'à la construction et la validation des différentes hypothèses de reconstitution). Ce sont toujours les objectifs de départ qui déterminent quelles données nous devons relever et de quelles manières nous devrions les exploiter

Cette recherche exploratoire et propositionnelle conforte le caractère systémique et complexe de notre démarche et nous a poussés à prospecter, dans l'expérience concrète et à travers les publications savantes, les éléments de la réalité connaissable (compréhensibles). L'étude des raisonnements archéologiques au travers les publications savantes nous a permis de proposer une première typologie de raisonnements étudiés. Chacune de ces typologies reflète une méthodologie d'approche basée sur une organisation d'actions qui pourra être consignée dans un ensemble de modules de raisonnements. C'est en fonction des objectifs de l'entreprise et des données disponibles que les acteurs pourront déterminer des actions à entreprendre et donc les modules de raisonnements à appliquer. Cette recherche nous permet de faire ressortir, des phénomènes et processus observés, un modèle qui représente les interrelations et les interactions ainsi que les produits spécifiques de ces liaisons complexes.

Ainsi, et à la fin des deux premiers chapitres, nous proposons une réponse à notre question de recherche de départ sous la forme d'un modèle évolutif d'un système informatique d'aide aux projets de reconstitution archéologiques. Ce modèle témoigne



d'un processus cyclique, par essais et erreurs, au cours duquel l'acteur « expérimente » successivement, en fonction des objectifs de l'entreprise et à travers des modules de raisonnements, plusieurs réponses aux questions qui se posent à lui, au titre de la définition du corpus, de la description, de la structuration, de l'interprétation et de la validation des résultats, jusqu'à ce que cette dernière lui paraisse satisfaire aux objectifs de départ.

Une fois ce modèle établi, il s'agissait alors de passer à l'étape de la validation à travers une étude de cas du VII<sup>ème</sup> pylône du temple de Karnak en Égypte. Trois exemples de modules de raisonnements ont été développés et testés. Cette expérimentation nous a permis de valider notre modèle proposé et nous a permis de confirmer l'aspect global ainsi que l'interdépendance totale entre les différentes composantes et activités de la démarche archéologique dans les projets de reconstitution archéologique. D'une part, la manière de relever et de décrire les artefacts a une incidence directe sur les possibilités d'exploitations des données mises en œuvre. D'un autre côté, les finalités des acteurs et la nature des raisonnements mis en œuvre déterminent les types de données à relever ainsi que le degré d'interprétation à effectuer.

Ainsi, les modules de raisonnements représentent une solution intéressante pour assister les archéologues dans les projets de reconstitution archéologiques. La multiplicité de combinaisons des actions que ces modules offrent avantagent une diversité d'approches et de raisonnements pouvant être mis à contribution pour ces projets tout en maintenant la nature évolutive du système global. Constat important, la stratégie à adopter sera déterminée en fonction de la nature des objectifs combinés au système de pertinence et de l'expérience des acteurs.

### ***Contributions de la recherche***

La présente recherche apporte une contribution à la compréhension de la nature de la démarche archéologique, à la nature de son alliance avec les TICs ainsi qu'aux divers moyens informatiques susceptibles de mieux assister l'archéologue dans son travail, à savoir :

- La nature systémique et complexe de mise en contribution des TICs dans le domaine de la restitution archéologique. Cette réflexion nous a permis de bien analyser l'état de l'art dans ce domaine et de pouvoir par la suite proposer des balises méthodologiques qui nous ont guidées à proposer par la suite les grandes lignes d'un système informatique susceptible de « mieux » assister l'archéologue dans les différentes phases de sa démarche.
- La nécessité pour les archéologues de dépasser les cloisonnements disciplinaires et d'adopter une approche transdisciplinaire qui ouvrira la voie à une nouvelle manière de concevoir non seulement leurs projets de recherche mais aussi « *les outils conceptuels permettant de mieux les articuler* ».
- L'explorer des assises théoriques des différents modèles d'explication en archéologie ont mis en évidence les limites d'un discours archéologique rationnel et la nécessité de l'élaboration d'une méthodologie pour une reconstitution architecturale scientifique dont l'enjeu n'est pas uniquement de l'ordre de la connaissance, mais aussi de l'ordre de son application.
- Le mode de réflexion et les différents types d'argumentation propres au domaine de la restitution monumentale dans le temple de Karnak ont été étudiés, à travers une approche dialectique et systémique, en conjuguant une méthode d'analyse de raisonnement solide et fiable (la méthode logiciste) avec une étude bibliographique bien ciblée et effectuée par un spécialiste du domaine égyptologique (Mr. Jean Revez). Ces raisonnements ont été structurés selon un principe de hiérarchisation précis et détaillé, qui traduit fidèlement le système d'actions qui structure la logique employée par les archéologues pour reconstituer le patrimoine bâti ancien. Cette étude pourra par la suite porter sur d'autres sites et ainsi sur d'autres modes de réflexions afin d'enrichir le système d'action proposé afin d'élargir son champ d'application.
- Tout ceci nous a permis d'établir un modèle des différentes composantes de la démarche archéologique ainsi que des règles de validation d'hypothèses de restitution utilisées. Ceci a été présenté sous la forme d'un modèle de la

démarche qui tient compte des interrelations et des interactions ainsi que des produits spécifiques de ces liaisons complexes.

- La validation de ce modèle nous a amené à une réflexion sur les stratégies et les moyens informatiques susceptibles de mieux assister les archéologues dans une démarche de reconstitution architecturale.
- La traduction informatique du modèle a permis de valider sa pertinence pratique ainsi que son adéquation à la démarche pour laquelle il a été développé. La proposition d'un système informatique d'aide aux projets de reconstitution archéologiques du patrimoine bâti basé sur des modules de raisonnements permettra d'offrir aux archéologues un ensemble de moyens qu'ils pourront personnaliser à travers une diversité d'approches qu'ils pourront adopter et des différents raisonnements qu'ils pourront mettre en œuvre en fonction de leurs objectifs de départ ainsi que de leurs expériences. La nature évolutive du système proposé demeurera une alternative pour d'éventuels développements futurs qui pourront, grâce à un cas d'étude complexe, alimenter de nouvelles avenues.

**Chartes et recommandations internationales (par années ascendantes) :**

Charte d'Athènes pour la Restauration des Monuments Historiques, adoptée lors du premier congrès international des architectes et techniciens des monuments historiques, Athènes, 1931.

Charte Internationale de Venise sur la Conservation et la Restauration des Monuments Historiques, adoptée lors du deuxième congrès international des architectes et techniciens des monuments historiques, Venise, 1964.

Convention pour la Protection du patrimoine culturel et naturel mondial, Conférence générale de l'UNESCO, Paris, 1972.

Recommandation concernant la sauvegarde des ensembles historiques ou traditionnels et leur rôle dans la vie contemporaine, Conférence générale de l'UNESCO, Nairobi, 1976.

Charte Internationale pour la Gestion du Patrimoine Archéologique, adoptée par l'Assemblée Générale de l'ICOMOS, Lausanne, 1990.

Déclaration universelle sur la diversité culturelle, Conférence générale de l'UNESCO, Paris, 2001.

Déclaration d'Istanbul : « Le patrimoine culturel immatériel, miroir de la diversité culturelle », Table ronde de l'UNESCO, Istanbul, 2002.

Convention pour la Sauvegarde du Patrimoine Culturel Immatériel, Conférence générale de l'UNESCO, Paris, 2003.

## **Bibliographie :**

- Abelson, H., Sussman, G. J., & Sussman, J. (1989). *Structure et interprétation des programmes informatiques*. Paris: Inter Éditions.
- Alboury, M., Boccon-Gibod, H., Golvin, J.-C., Goyon, J.-C., & Martinez, P. (1989). *Karnak le temple d'Amon restitué par l'ordinateur*. Paris : M.A. Éditions.
- Auda, Y. (2001). Représentation des faits en archéologie. Séminaire Mathématiques et Sciences Humaines 2001. Marseille : Collection: IREM d'Aix-Marseille.
- Bachelard, G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. Paris: Presses universitaires de France.
- Bateson, G. (1980). *Vers une écologie de l'esprit*. vol. 2. Paris : Le Seuil.
- Bell, L. (1987). The epigraphic survey : The philosophy of egyptian epigraphy after sixty years, practical experience. In J. Assmann, G. Burkard and V. Davies (eds), *Problems and Priorities in Egyptian Archaeology*. London-New York: Kegan Paul International. pp. 43-55.
- Bertalanffy, L. (1980). *Théorie générale des systèmes*. Paris: Bordas.
- Biran, A., & Breiner, M. (2000). *MATLAB pour l'ingénieur : Versions 6 et 7*. France : Simon et Schuster Macmillan.
- Birrien, J.-Y. (1990). *Histoire de l'informatique*. Paris : Presses universitaires de France.
- Borillo, A. M. (1969). La vérification des hypothèses en Archéologie : Deux pas vers une méthode. Dans *Archéologie et Calculateurs*. Colloque CN.R.S sur l'emploi des calculateurs en Archéologie. Marseille 7-12 Avril, pp. 93-126.
- Bourdin, A. (1984). *Le patrimoine réinventé*. Paris: Presses universitaires de France.

- Bouveresse, J. (1984). *Le philosophe chez les autophages*. Paris: Collection "Critique", Les Éditions de Minuit.
- Bur, D. (2005). *Outils numériques et reconstitutions archéologiques: méthodes et études de cas*. Conférence au musée de Bar-le-Duc. Cacaly, S. (1986). *Banques de données et sciences de l'Antiquité*. Inventaire et actes du colloque de mars 1984, DBMIST, Paris, FRANCE (1986) (Monographie)
- Camps, G., & Chenorkian, R. (1990). *Manuel de recherche préhistorique*. Paris: Doin.
- Carlotti, J.-F. (1995). Contribution à l'étude métrologique de quelques monuments du temple d'Amon-Rê à Karnak. Paris : Cahier de Karnak, vol.10. pp. 65-125.
- Changeux, J.-P. (1983). *L'homme neuronal*. Paris: Fayard.
- Charbonneau, N. (2005). Patrimoine architectural et informatique : Vers la modélisation de savoir-faire ancestraux. *Dire*, vol. 14, no. 4. Montréal, Canada.
- Choay, F. (1992). *L'allégorie du patrimoine*. Paris: Seuil.
- Choay, F., & Merlin, P. (1996). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*. Paris: Presses universitaires de France.
- Clarke, D. (1968). *Analytical archaeology*. London: Methuen.
- Coles, J. M. (1979). *Experimental Archaeology*. London : Academic Press.
- Da Silva-Charrak, C. (2003). *Déduction Michel Blay*. Éd. Grand dictionnaire de la philosophie. Paris : éditions Larousse et CNRS. pp. 251-252.
- Demoule, J.-P. (2002). *Guide des méthodes de l'archéologie*. Paris: Éditions La Découverte.
- Dhondt, M. J. (1963). Histoire et reconstitution du passé. Dans Ch. Perelman (dir.), les catégories en histoire. Université libre de Bruxelles, Édition de l'institut de sociologie. pp. 83-105.
- Djindjian, F. (1991). *Méthodes pour l'archéologie*. Paris: A. Colin.

- Donovan, L., & Corquodale, K. (1986). Macquarie University, Principles and themes in wall scenes. Australia: Prism archaeological. pp. 28-52.
- Doran, J. E. (1970). Systems theory, computer simulations, and archaeology: World Archaeology, vol. 1, n:3. London: Routledge. pp. 289-298.
- Favard-Meeks, C. (1991). *Le temple de Behbeit el-Hagara: essai de reconstitution et d'interprétation*. Thèse de doctorat. Allemagne : Helmut Buske Verlag, Hamburg.
- Forte, M., & Siliotti, A. (1997). *Virtual Archaeology: re-creating ancient worlds*. Journal of American Culture. London: Thames and Hudson; New York: Harry : N. Abrams.
- Fortin, F. (1996). *Le processus de la recherche : de la conception à la réalisation*. Mont-Royal, Québec: Décarie.
- Galley., A. (1995). Archéologie et Histoire : la tentation littéraire. Dans Gallay (A.), ed. Dans les Alpes, à l'aube du métal : archéologie et bande dessinée. Cat. d'exposition "Le soleil des morts : archéologie et bande dessinée" (Sion, sept. 1995-janv. 1996). Sion : Musées cantonaux du Valais. pp. 9-22.
- Gamble, C. (2001). *Archaeology, the basics*. New York: Routledge.
- Gardin, J. (1958). Four codes for the description of artifacts: an essay in archeological technique and theory. American Anthropologist, New Series, Vol. 60, No. 2, Published by: Blackwell Publishing on behalf of the American Anthropological Association. pp. 335-357
- Gardin, J.-C. (1979). *Une archéologie théorique*: Paris, Hachette.
- Gardin, J.-C. (1980). *Archaeological constructs: an aspect of theoretical archaeology*. Cambridge Eng. Cambridge University Press.
- Gardin, J.-C. (1988). *Artificial intelligence and expert systems: case studies in the knowledge domain of archaeology*. Chichester England New York: Halsted Press.

- Gardin, J. C. (1987). *La logique du plausible : essais d'épistémologie pratique en sciences humaines*. Paris: Éditions de la maison des sciences de l'homme.
- Gardin, J. C. (1989). *Prospections archéologiques en Bactriane orientale (1974-1978)*. Paris: Diffusion de Bocard.
- Gardin, J. C. (1991). Le calcul et la raison : essais sur la formalisation du discours savant: Collection : Recherches d'histoire sociale/Studies in History and the Social Sciences. Éditions de l'École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS). pp. 17-37.
- Gauthier, G. (2002). L'argumentation éditoriale. Le cas des quotidiens québécois. Studies in communication sciences, n: 2, <http://communication.revues.org/index856.html>. pp. 21-46.
- Gauthier, G. (2003). L'expression de jugements de valeur en journalisme. Les Cahiers du journalisme, no 12. pp. 296-313.
- Gauthier, G. (2008). Une caractérisation opératoire du raisonnement à l'épreuve d'un corpus d'éditoriaux. France : ENS, Fontenay-aux-Roses. pp. 93-104.
- Ginouès, R. (1971). Archéographie, archéométrie, archéologie: pour une informatique de l'archéologie gréco-romaine. Revue Archéologique. pp. 93-126.
- Ginouès, R., & Guimier-Sorbets, A.-M. (1978). *La constitution des données en archéologie classique : recherches et expériences en vue de la préparation de bases de données*. Paris: Editions du CNRS.
- Ginouès, R., & Guimier-Sorbets, A.-M. (1992). L'image dans l'archéologie. Bulletin du CTHS 1992, L'image et la science. pp. 231-248.
- Glaserfeld, E. v., & Watzlawick, P. (1988). Introduction au constructivisme radical. Dans : l'invention de la réalité, contribution au constructivisme. Paris, Le Seuil. pp.19-43.
- Golvin, J.-C. (2003). *L'image de restitution et la restitution de l'image Cours de Tunis*, vol. I, p. 3.



- Golvin, J.-C. (2005). *Signification et problèmes de définition*. Le colloque international de Béziers. France : Les éditions du patrimoine.
- Golvin, J.-C., & Khanoussi, M. (2005). *Dougga, études d'architecture religieuse : les sanctuaires des Victoires de Caracalla, de "Pluton" et de Caelestis*. Bordeaux: Ausonius.
- Goyon, J.-C., Golvin, J.-C., Simon-Boidot, C., & Martinet, G. (2004). *La construction pharaonique: Du moyen empire à l'époque gréco-romaine*. France: édition Picard.
- Gran-Aymeric, È. (1998). *Naissance de l'archéologie moderne, 1798-1945*. Paris: CNRS Éditions.
- Gros, P., & Deneauve, J. (1996). La Carthage romaine restituée. *Archeologia*, n° 321.
- Hamond, F. W. (1978). The contribution of simulation to the study of archaeological processes. in I. Hodder (ed) *Simulation Studies in Archaeology* Cambridge University Press (Cambridge), pp. 1-9.
- Helly, B. (1990). *La constitution des données en archéologie*. Manuscrit provisoire.
- Iacovella, A. & Auda, Y. (1994). Nécropoles de Sicile : Etude de l'utilisation des espaces funéraires dans le temps (du IX au Iè S. AV. J.C.), *Archeologia e calcolatori* n°5, pp. 69-86.
- Hempel, C. G. (1962b). Explanation in Science and in History. David-Hillel Ruben (ed.) *Explanation* (O.U.P., Oxford 1993) pp.17-41.
- Hempel, C. G. (1965). *Aspects of scientific explanation, and other essays in the philosophy of science*. N.Y.: Free Press.
- Hempel, C. G. (1966). *Philosophy of natural science*. Englewood Cliffs, N.J. Toronto : Prentice-Hall.
- Hill, C., & Barrois, J.-P. (1993). *La révolution anglaise, 1640*. Paris: édition De la Passion.

- Hodder, I. (1978). *Simulation studies in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Huggett, J. W. (1985). Expert systems in archaeology. Dans J. Richards and M. Cooper (eds.) *Current Issues in Archaeological Computing* (British Archaeological Reports, Oxford), pp. 123-142.
- Jablonka, P., & Kirchner, S. (2003). Virtual dreams and archaeological reality. Observations from practical work with archaeological virtual reality. In M. Doerr, A. Sarris (Eds.), *International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA 2002) - The Digital Heritage of Archaeology*, Heraklion (Crete), Greece, April 2002, Hellenic Ministry of Culture.
- Jenicek, M. C., R. (1985). *Épidémiologie clinique*. Canada: Edisem Inc. Qc.
- Jockey, P. (1999). *L'archéologie*. Paris: Collection Sujets, Belin.
- Jolley, J. L. (1968). *Le traitement des informations*. Collection: L'univers des connaissances. Paris : Hachette.
- Julia, D. (2002). *Dictionnaire de la philosophie*. Paris: Larousse.
- Kenneth, L. P. (1967). *Language in relation to a unified theory of the structure of human behavior*. Paris: Mouton.
- Lacau, P. (1970). *Les noms des parties du corps en égyptien et en sémitique*. Paris: Impr. nationale, C. Klincksieck.
- Le Moigne, J. L. (1990). *La modélisation des systèmes complexes*. Paris: Dumod.
- Le Moigne, J. L. (2001). *Le constructivisme*. Paris: L'Harmattan.
- Le Moigne, J. L. (2001). *Le constructivisme*. Paris: L'Harmattan.
- Le Moigne, J. L. (2002). *Le Constructivisme*. Tome 2. Épistémologie de l'interdisciplinarité, Coll. Ingenium. Paris : Ed L'Harmattan.
- Le Moigne, J. L. (2003). *Le Constructivisme*. Tome 3. Modéliser pour comprendre, Coll. Ingenium. Paris: Ed L'Harmattan.

- Leach, B. F. (1969). *The concept of similarity in prehistoric studies: a test case using New Zealand stone flake assemblages*. In Dunedin: Studies in prehistoric anthropology; v. 1. New Zealand: Anthropology Dept. University of Otago.
- Lévy, P. (1987). Le paradigme informatique. Extrait de "La machine univers". Paris : Points-Sciences, pp. 131-141.
- Liard, D. (1999). *Les langages informatiques*. From <http://membres.lycos.fr/dliard/Sciences Informatique/Langages/>
- Lindsay, P. H., & Norman, D. A. (1980). *Traitement de l'information et comportement humain*. Montréal : Études Vivantes.
- Lock, G. (2003). *Using computers in archaeology: toward virtual pasts*. New York: Routledge.
- Magnani, L. (2002). An abductive theory of scientific reasoning. Proc. Of the int. Workshop on computational models of scientific reasoning and applications (cmsra'02)
- Mahoudeau, J. (2004). *Hypermédias, médiation et complexité: une approche épistémologique de la médiation hypermédia du patrimoine culturel*. Université de Toulouse II le Mirail, France.
- Meyer, E. (2007). *Acquisition 3D, documentation et restitution en archéologie : proposition d'un modèle de Système d'Information dédié au patrimoine*. École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy.
- Midant, J. P. (2001). *Au moyen-âge avec Viollet-le Duc*. Paris: L'Aventurine (coll. Parangon).
- Millon, H. A. (1994). *The Renaissance from Brunelleschi to Michelangelo: the representation of architecture*. V. Magnago Lampugnani (Eds.).
- Mohen, J.-P. (1999). *Les sciences du patrimoine : identifier, conserver, restaurer*. Paris: Éditions Odile Jacob.
- Morin, E. (1977). *La Méthode 1: la nature de la nature*. Coll. Points, série essais. Paris : édition du seuil.

- Morin, E. (1990). *Articuler les disciplines*. Dans Carrefour des sciences, Actes du colloque du Comité national de la recherche scientifique " Interdisciplinarité ». Paris : CNRS.
- Morin, E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. Paris : édition ESF.
- Mucchielli, A. (1995). *Les sciences de l'information et de la communication*. Paris: Hachette.
- Muller, B. (2001). Maquettes architecturales de l'Antiquité. Regards croisés, Actes du Colloque de Strasbourg, 3-5 décembre 1998. Centre de Recherche du Proche Orient. Strasbourg : Université Strasbourg II.
- Myers, W. L., & Loomis, G. L. (1959). The Minicard Film Record. International Conference on Standards on a Common Language for Machine Searching and Translation, Cleveland.
- Nicolucci, F. (2002). Virtual Archaeology: an introduction. In Virtual Archaeology: Proc. of the VAST 2000 Euroconference, Arezzo, Italy, 24-25 November 2000, ed. Franco Nicolucci. BAR International Series 1075, Oxford: Archaeopress.
- Nickels, A., Marchand, G., & Schwaller, M. (1989). *AGDE : la nécropole du premier âge du fer*. Paris: Éditions du Centre national de la recherche scientifique.
- Noiriel, G. (1996). *Sur la "crise" de l'histoire*. Paris: Série: Socio-histoires. Belin.
- Orton, C., Tyers, P., & Vince, A. G. (1993). *Pottery in archaeology*. Cambridge, Série: Cambridge manuals in archaeology. New York: Cambridge University Press.
- Perlis, A. (1989). *Structure et interprétation des programmes informatiques*: Paris: InterÉdition.
- Pérouse de Montclos, J.-M. (1972). Architecture. Méthode et vocabulaire. Inventaire général des monuments et des richesses artistiques de la France. Coll. « principes d'analyse scientifique ». Paris : Imprimerie Nationale.
- Piaget, J. (1967). *Logique et connaissance scientifique*. Encyclopédie de la Pléiade. Paris: Gallimard.

- Reilly, P. (1990). "Towards a virtual archaeology". In Computer Applications in Archaeology: Edited by K.Lockyear and S.Rahtz. Oxford: British Archaeological reports (Int. Series 565), pp. 133-139.
- Reilly, P., & Rahtz, S. (1992). *Archaeology and the information age: a global perspective*. New York: Routledge.
- Revez, J., Parisel, C., Tidafi, T., & De Paoli, G. (2003). Computer modeling as a means of reflexion in archeology. CAADRIA 2003. Proceedings of the 8th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research In Asia. Bangkok, Thailand, 18 - 20 october 2003. Bangkok : Rangsit University, 2003. pp. 457 - 474.
- Revez, J., Tidafi, T., Parisel, C., Meyer, E., Charbonneau, N., & Semlali, A. (2004). Méthodes informatisées de relevés et de reconstitution archéologique: le cas du temple d'Amon à Karnak. Dans J.-Cl. Goyon, C. Cardin (dir.), Proceedings of the Ninth International Congress of Egyptologists - Actes du neuvième congrès international des égyptologues. Grenoble, 6 - 12 septembre 2004.
- Richard, J.-F. (1995). *Les activités mentales: comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Collection : Psychologie. Paris : Armand Colin.
- Robins, G., Gardin, J.-C., Guillome, O., Herman, P. O., Hesnard, Lagrange, M. S., et al. (1994). Proportion and style in Ancient Egyptian art. Austin-University of Texas Press, pp.62-85.
- Rouet, P. (1991). *Les données dans les systèmes d'information géographique*. Paris, Édition Hermès.
- Ruskin, J. (1989). *The Seven lamps of architecture*. Première publication en 1849. New York: Dover Publications.
- Russel, T. M. (2001). *The Napoleonic Survey of Egypt*. Description de l'Egypte: 2 vol., Ashgate, Burlington, (1809-18221)
- Sabloff, J. A. (1990). *The new archaeology and the ancient Maya*. New York: Scientific American Library series; no. 30.

- Saiman, J. (1959). *Le problème de la documentation, classement et recherche des documents*. les Comptes rendus du Congrès sur la Documentation automatique, Washington.
- Salmon, M., & Salmon, W. (1979). Alternative models of scientific explanation. American Anthropologist Washington, D.C, vol. 81, no 81, pp. 61-74.
- Salmon, M. H. (1982). *Philosophy and archaeology*. Studies in archaeology. New York, Toronto : Academic Press.
- Salmon, W. (1971). Statistical Explanation. In Statistical Explanation and Statistical Relevance, W. Salmon, (ed.) , Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, pp. 29-87.
- Schwaller de Lubicz, R. A. (1961). *Le roi de la théocratie pharaonique*. Paris: Flammarion.
- Schwaller de Lubicz, R. A. (1963). *Le miracle égyptien*. Paris: Flammarion.
- Schwaller de Lubicz, R. A. (1999). *Le temple de l'homme : Apet du Sud à Louqsor*. Paris: Dervy.
- Schwaller de Lubicz, R. A., Miré, G. d., Miré, V. d., & Lamy, L. (1982). *Les temples de Karnak : contribution à l'étude de la pensée pharaonique*. Paris: Dervy-Livres.
- Simon, H. A. (1990 ). *Science des systèmes, sciences de l'artificiel*. Paris, Ed. Dunod.
- Smith, B. D. (1982). Explanation in archaeology. Theory and explanation in archaeology: the Southampton Conference, p.10.
- Stutt, A., & Shennan, S. (1992). Designing a workbench for archaeological argument. Paper presented at the conference: Archeology and the information age: a global perspective. Volume 1, Part 3 April 1992. New York: Routledge. pp. 288 – 310.
- Tidafi, T. (1996). *Moyens pour la communication en architecture : proposition de la modélisation d'actions pour la figuration architecturale*. Thèse de doctorat. Montréal: Université de Montréal.

- Van-Der-Maren, J.-M. (1995). *La modélisation et la simulation: Méthodes de recherches pour l'éducation*. Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal.
- Vergnienx, R. (1996). Les talatates d'Akhénaton : un cas d'étude pour l'analyse de restitutions iconographique, Dans actes du colloque: Informatique et Égyptologie, Paris n: 10, pp. 35-39.
- Vergnienx, R., & Gondran, M. (1997). *Aménophis IV et les pierres du soleil : Akhénaton retrouvé*. Paris: Arthaud.
- Vilar, P. (1982). *Une histoire en construction : approche marxiste et problématiques conjoncturelles*. Paris : Editions du Seuil.
- Viollet-le-Duc, E. (1854-1868). « Restauration », Dictionnaire raisonné de l'architecture. Morel & Bance, Paris.
- Weaver, W., & Shannon, C. E. (1949 ). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press.
- Wheeler (1966). *Archaeology from the earth*. Baltimore: Penguin Books.
- Wilcock, J. (1990). Une critique des systèmes experts et de leurs usages passé ou présent, en archéologie / A critique of expert systems, and their past and present use in archeology. In Ennals, R. & J.-C. Gardin (eds), Interpretation in the humanities: perspectives from artificial intelligence, LIR Rep. 71, British Library, pp. 130-142.
- Wilcock, J., & Lockyear, K. (1995). *Computer applications and quantitative methods in archaeology*. British Archaeological Reports International Series 598. Oxford: Tempus Reparatum.
- Wylie, A. (2002). *Thinking from things: essays in the philosophy of archaeology*. Berkeley: University of California Press.

**Chartes et recommandations internationales (par années ascendantes) :**

Charte d'Athènes pour la Restauration des Monuments Historiques, adoptée lors du premier congrès international des architectes et techniciens des monuments historiques, Athènes, 1931.

Charte Internationale de Venise sur la Conservation et la Restauration des Monuments Historiques, adoptée lors du deuxième congrès international des architectes et techniciens des monuments historiques, Venise, 1964.

Convention pour la Protection du patrimoine culturel et naturel mondial, Conférence générale de l'UNESCO, Paris, 1972.

Recommandation concernant la sauvegarde des ensembles historiques ou traditionnels et leur rôle dans la vie contemporaine, Conférence générale de l'UNESCO, Nairobi, 1976.

Charte Internationale pour la Gestion du Patrimoine Archéologique, adoptée par l'Assemblée Générale de l'ICOMOS, Lausanne, 1990.

Déclaration universelle sur la diversité culturelle, Conférence générale de l'UNESCO, Paris, 2001.

Déclaration d'Istanbul : « *Le patrimoine culturel immatériel, miroir de la diversité culturelle* », Table ronde de l'UNESCO, Istanbul, 2002.

Convention pour la Sauvegarde du Patrimoine Culturel Immatériel, Conférence générale de l'UNESCO, Paris, 2003.

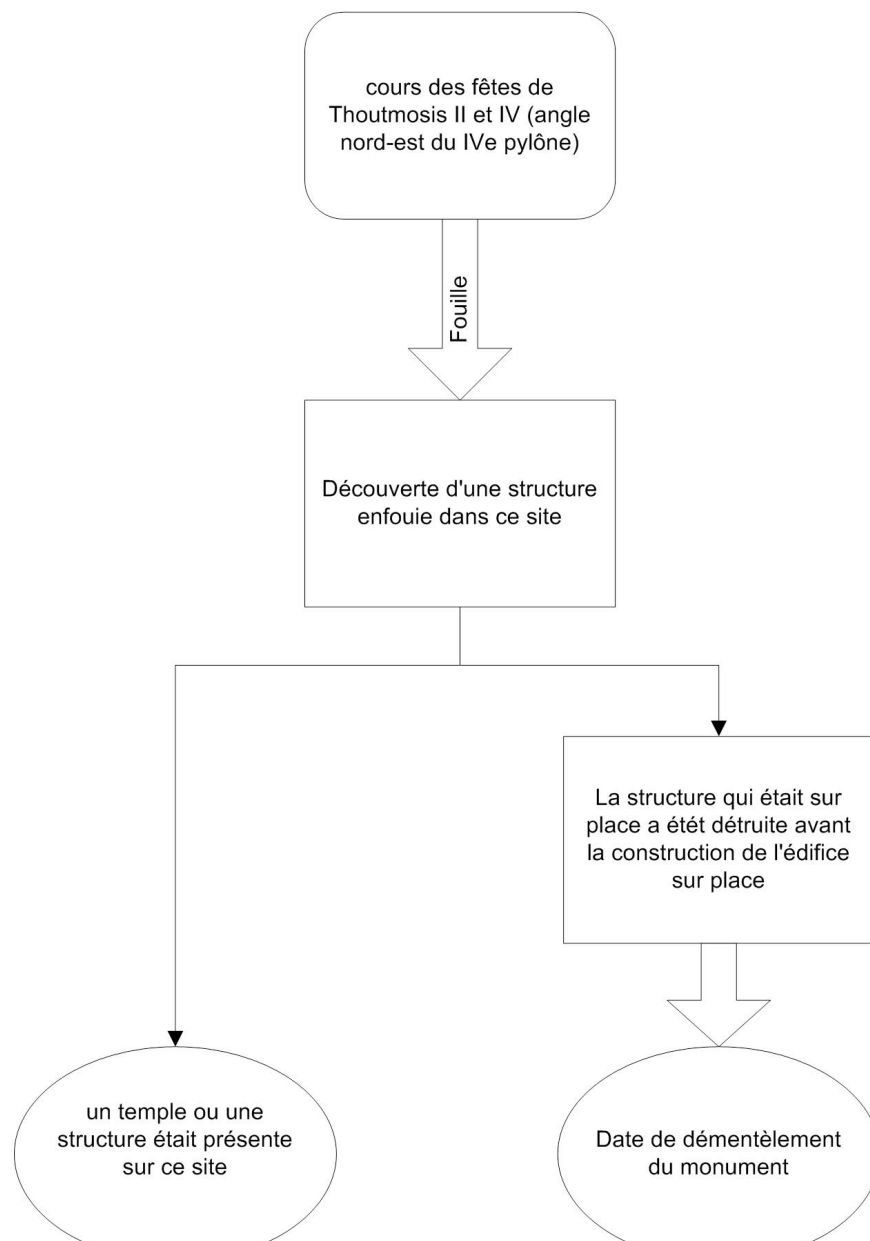


**Annexes**

**Annexe I : Analyse des raisonnements archéologiques à partir des publications savantes**

## Raisonnement 1

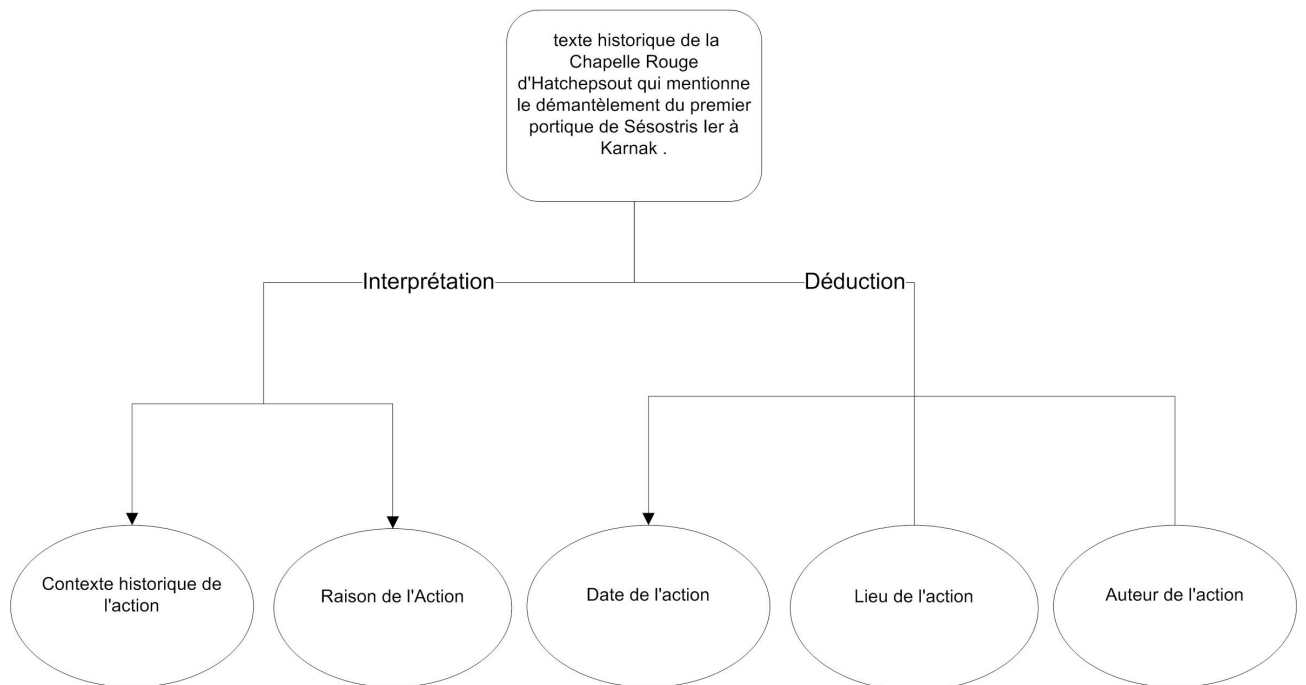
Arguments avancés pour déterminer l'emplacement d'un monument  
 -Présence de fondation in situ d'un monument dont la superstructure a pratiquement totalement disparu.  
 ex.1 : cours des fêtes de Thoutmosis II et IV (angle nord-est du IVe pylône) .



## Raisonnement 2

Arguments avancés pour déterminer la date du démantèlement d'un monument.

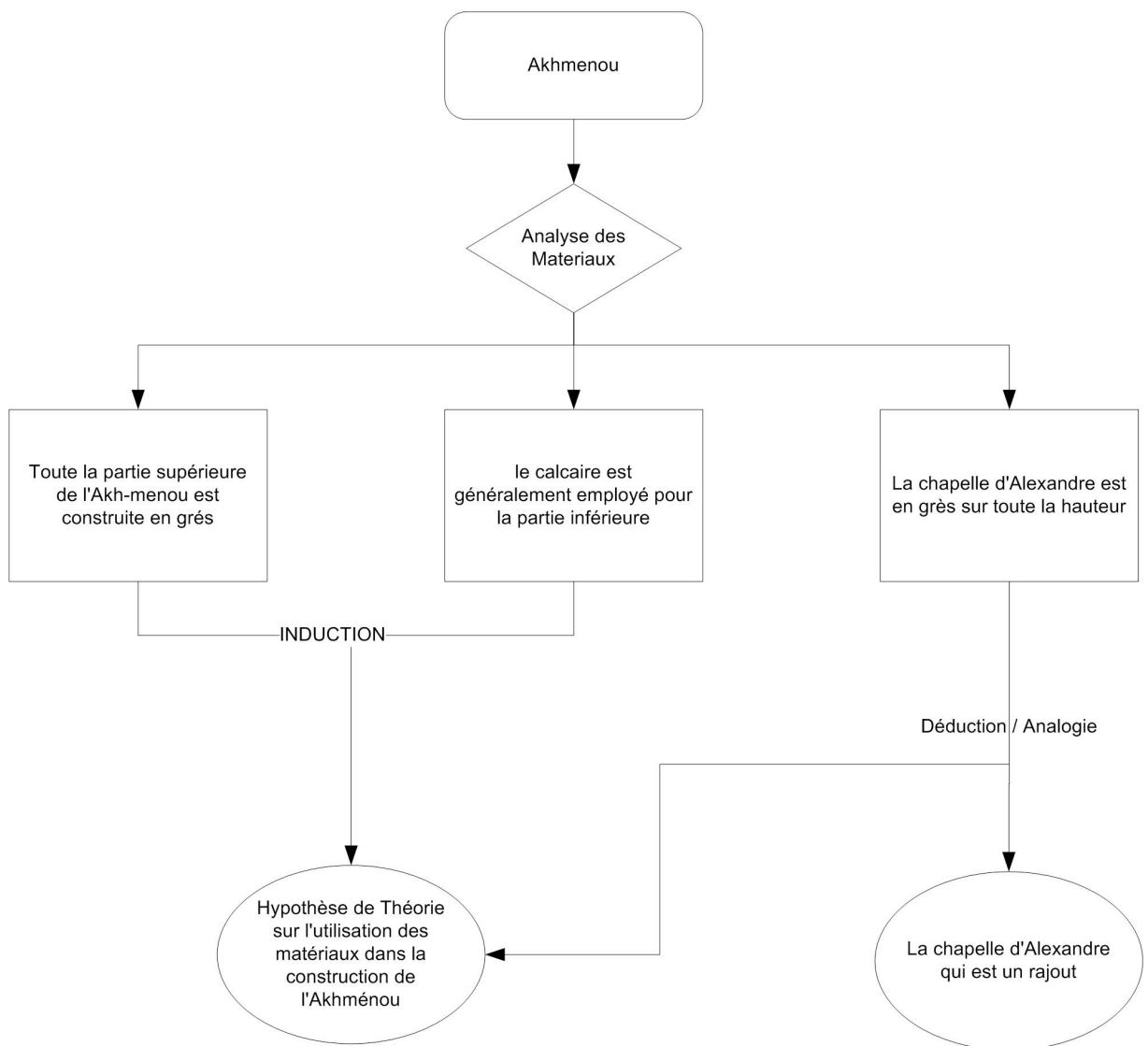
-Texte indiquant la date du démantèlement d'une structure au profit d'une seconde.  
ex. 1 : texte historique de la Chapelle Rouge d'Hatchepsout qui mentionne le démantèlement du premier portique de Sésostris Ier à Karnak .



## Raisonnement 3

Arguments avancés pour déterminer la date du démantèlement d'un monument.

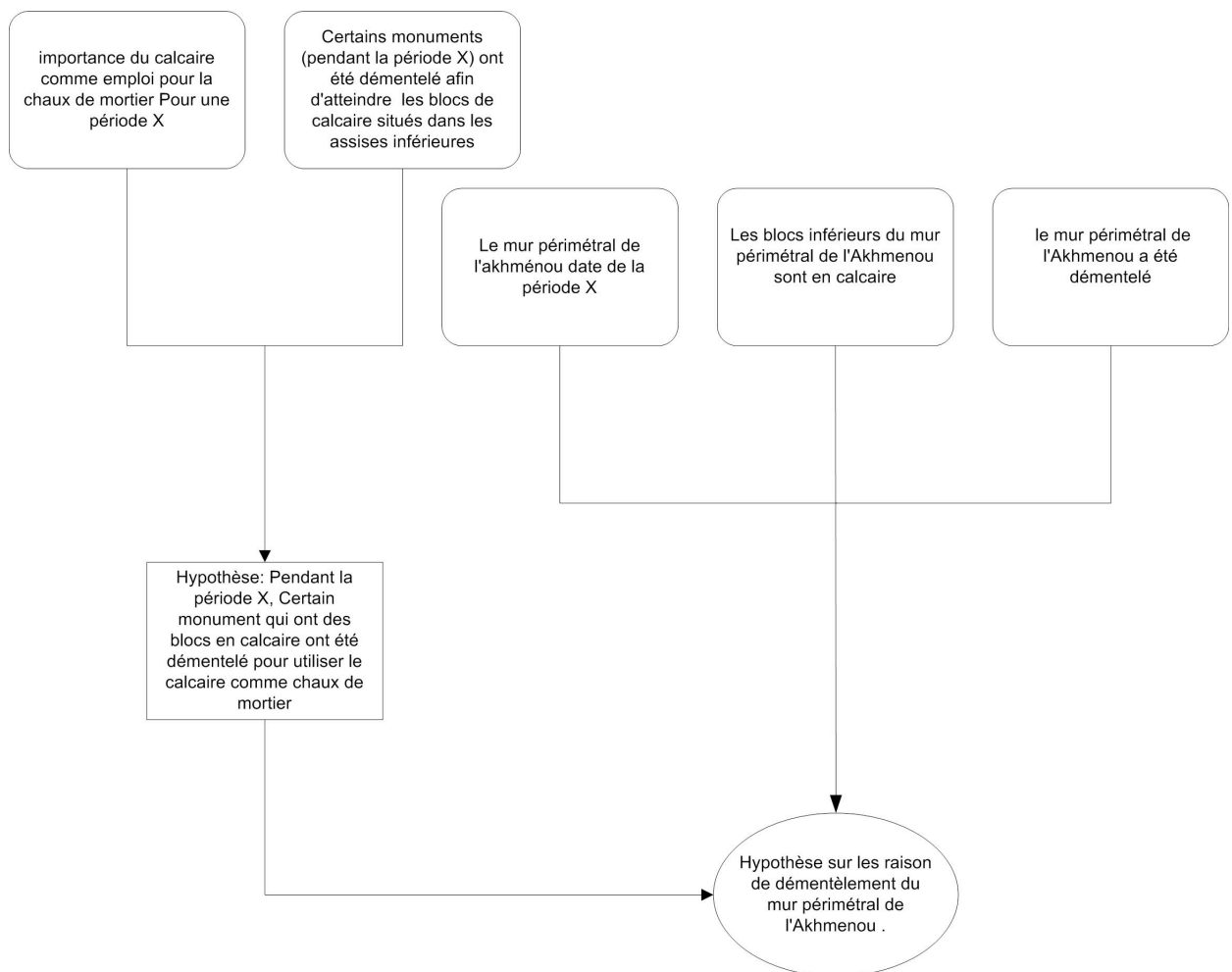
-Utilisation inusitée d'un matériau comme indice de restauration.  
 ex. 1 : Toute la partie supérieure de l'Akh-menou est construite en grès, tandis que le calcaire est généralement employé pour la partie inférieure, sauf pour la chapelle d'Alexandre qui est en grès sur toute la hauteur, et qui est un rajout .



## Raisonnement 4

Arguments avancés pour déterminer la date du démantèlement d'un monument.

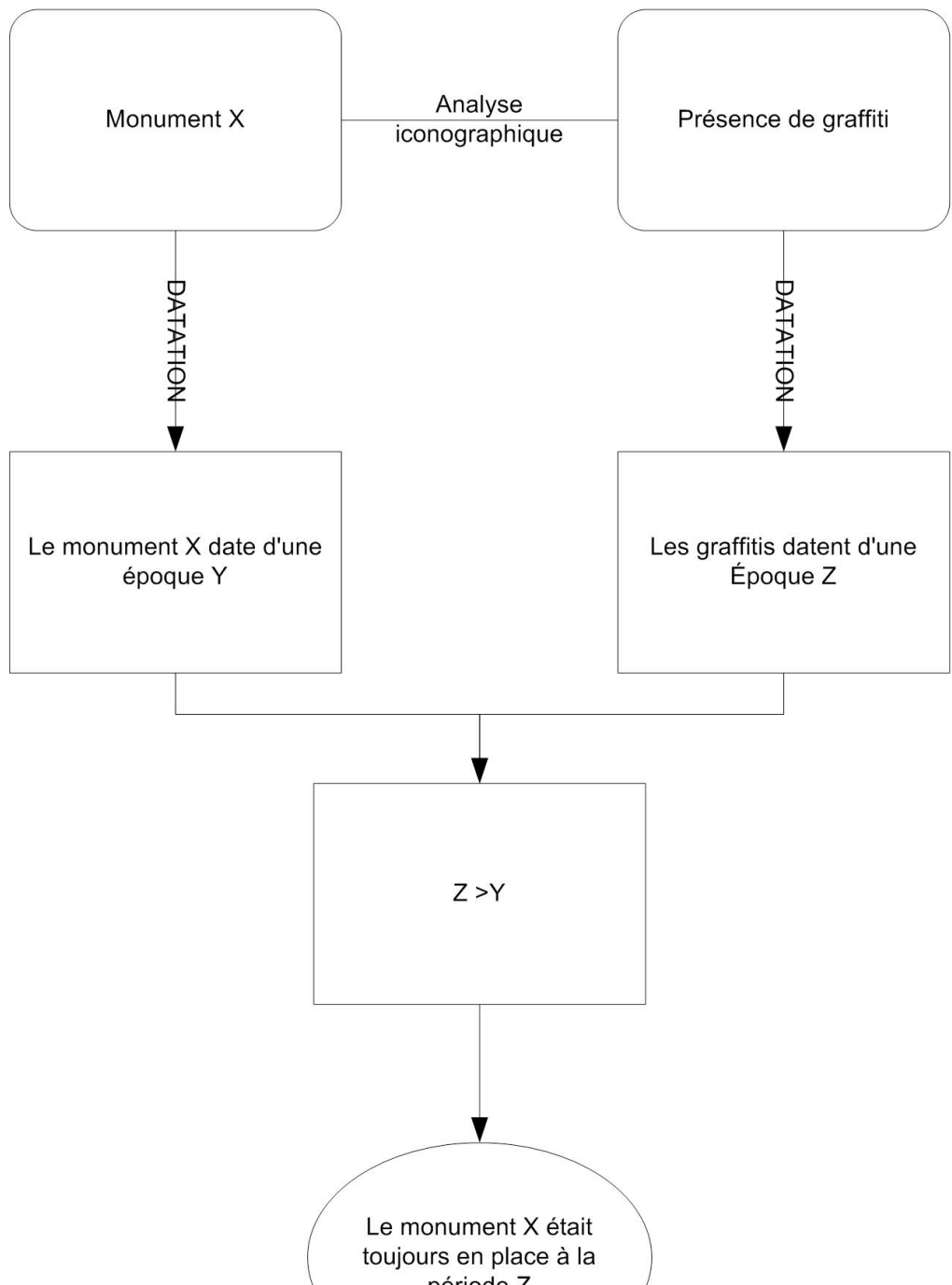
-importance du calcaire comme emploi pour la chaux de mortier explique le démantèlement de la partie supérieure de certains monuments afin d'atteindre les blocs de calcaire situés dans les assises inférieures d'une bâtisse.  
ex. 1 : le mur périmétral de l'Akhmenou .



## Raisonnement 5

Arguments avancés pour déterminer la date du démantèlement d'un monument.

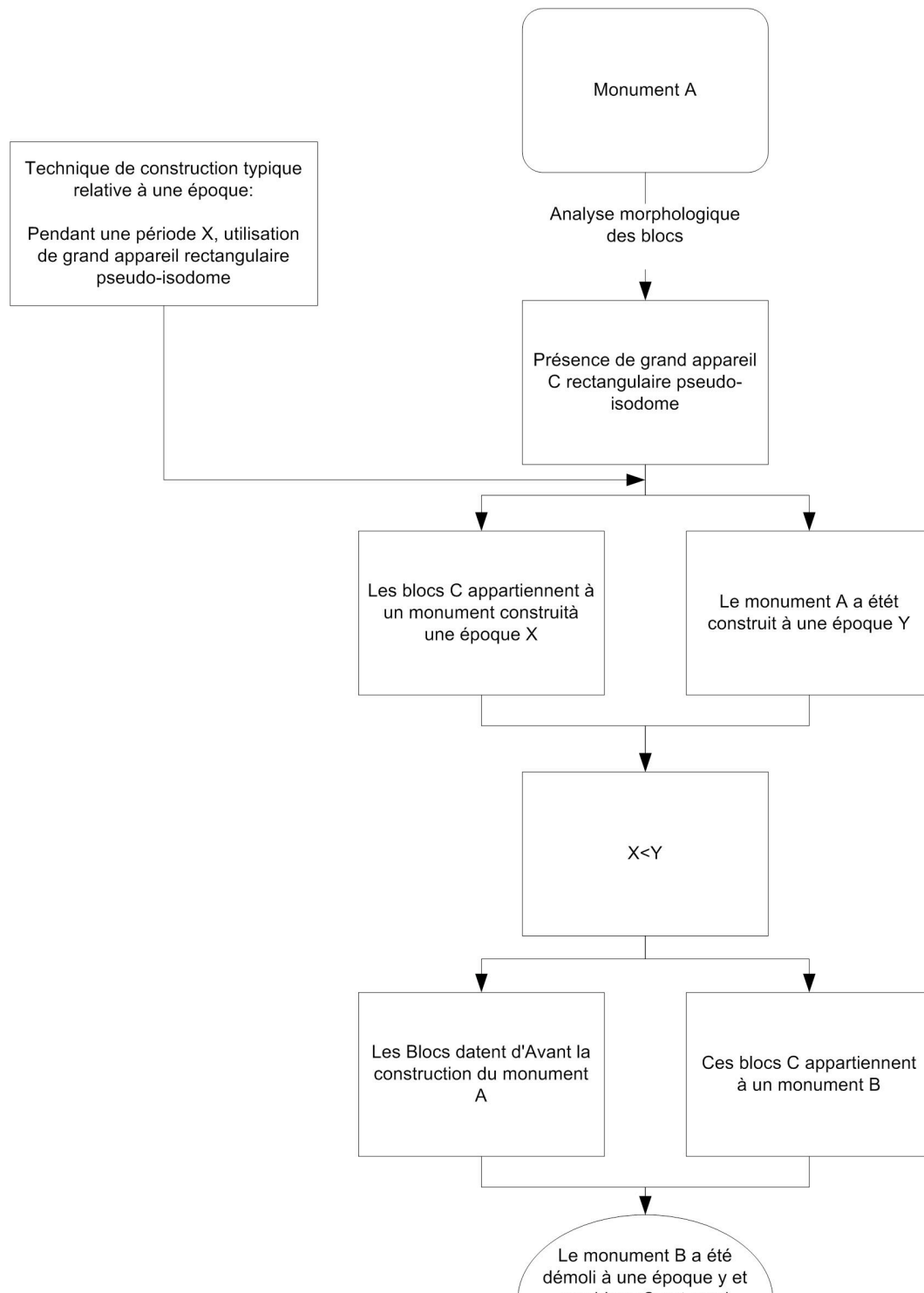
-présence de graffiti sur un monument, postérieurs à sa construction et qui démontre que le monument était toujours en place à une époque.  
 ex : la heret-ib de l'Akhmenou qui contient des fresques d'époque copte .  
 ex. 2 : présence d'une date sur un fût de colonne (1067 apr. J.-C.) qui montre que cet élément architectural était toujours en place à cette époque .  
 ex. 3 : présence de graffiti de soldats chypriotes dans la chapelle d'Achoris .  
 ex. 4 : voir ex. Claude Traunecker des graffiti.



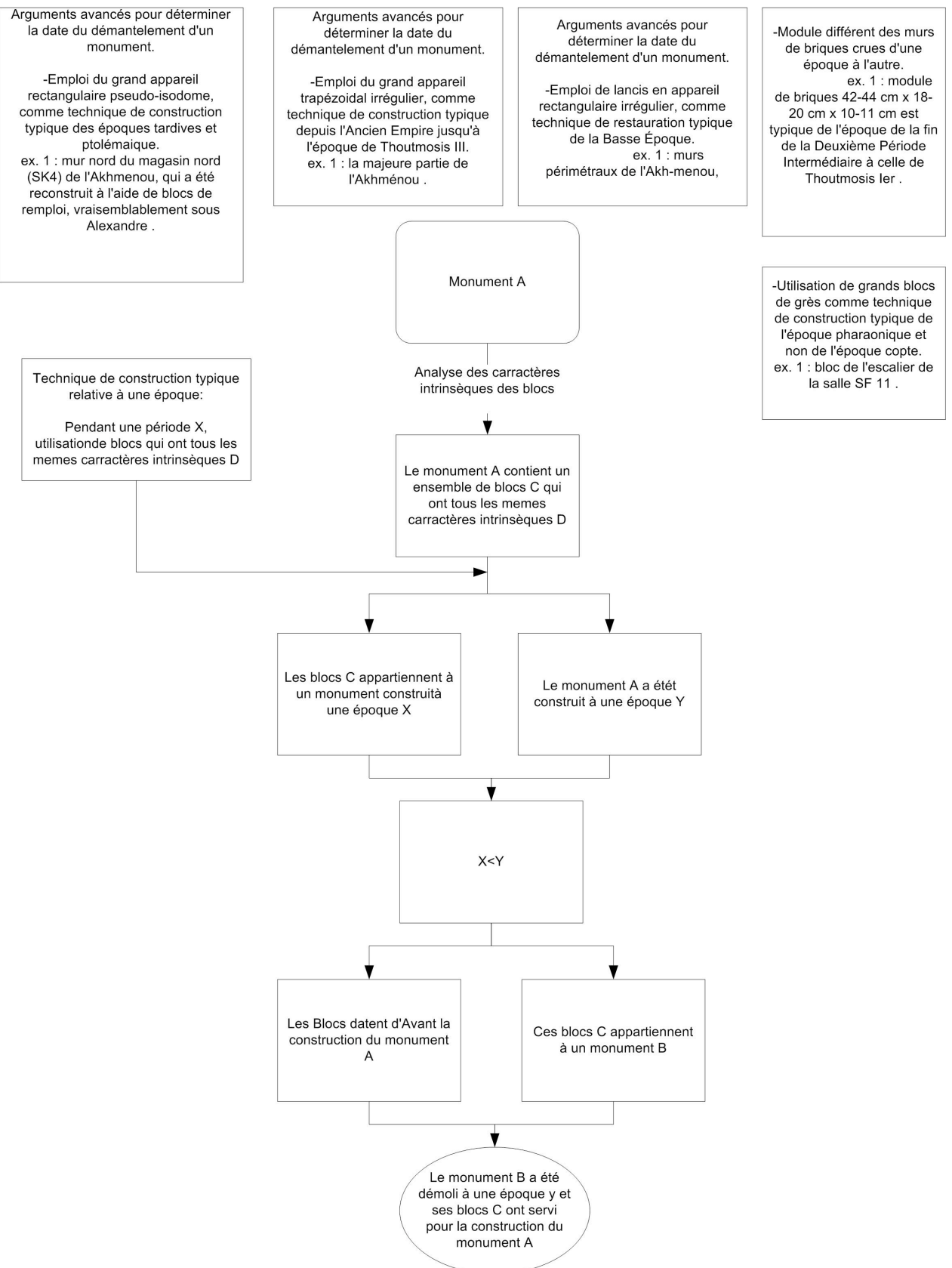
## Raisonnement 6

Arguments avancés pour déterminer la date du démantèlement d'un monument.

-Emploi du grand appareil rectangulaire pseudo-isodome, comme technique de construction typique des époques tardives et ptolémaïque.  
ex. 1 : mur nord du magasin nord (SK4) de l'Akhmenou, qui a été reconstruit à l'aide de blocs de rempli, vraisemblablement sous Alexandre .



## Raisonnement 7

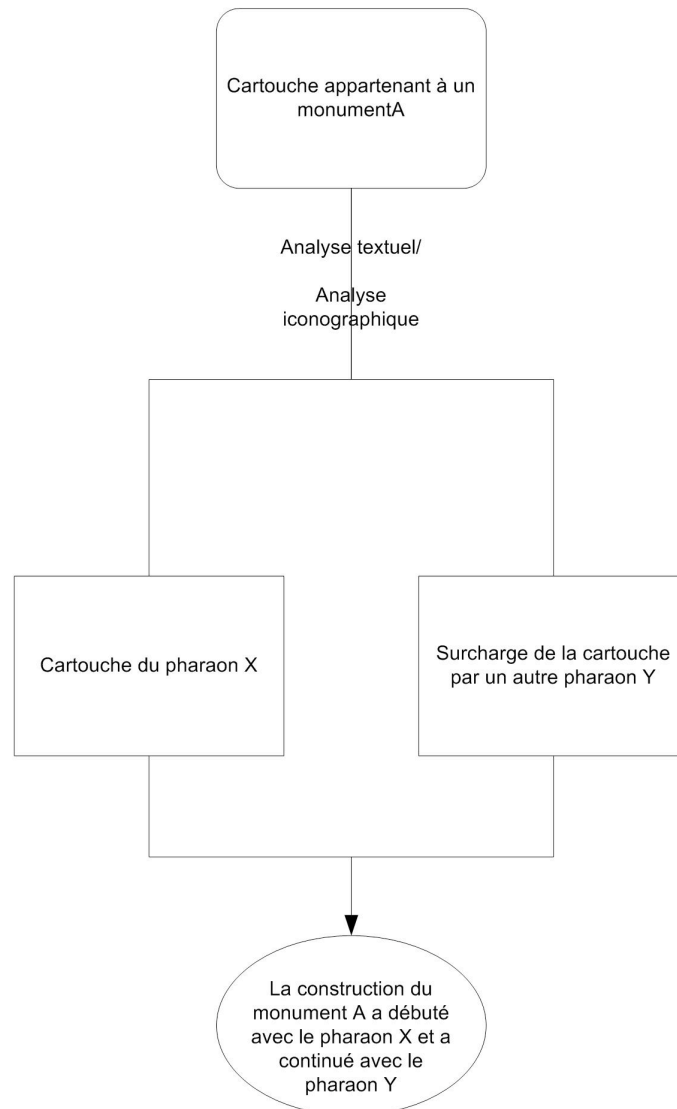




## Raisonnement 8

Arguments avancés pour déterminer l'ordre de succession dans la construction et/ou la décoration de monuments.

R8-Surcharge de cartouche sur un autre plus ancien.  
ex.1 : chapelle d'Achoris trace de surcharge du cartouche d'Achôris sur celui de Psammouthis .



## Raisonnement 9

Arguments avancés pour déterminer l'ordre de succession dans la construction et/ou la décoration de monuments.

-Épaisseur des murs en fonction des espaces qu'ils définissent.

ex. 1 : les salles hypostyles de l'Akh-menou ont des murs plus épais que les sanctuaires ou les chapelles appartenant au même ensemble .

ex. 2 : mur épais de deux mètres plus typique des constructions publiques que privées .

-Orientation parallèle des murs appartenant à une même époque.

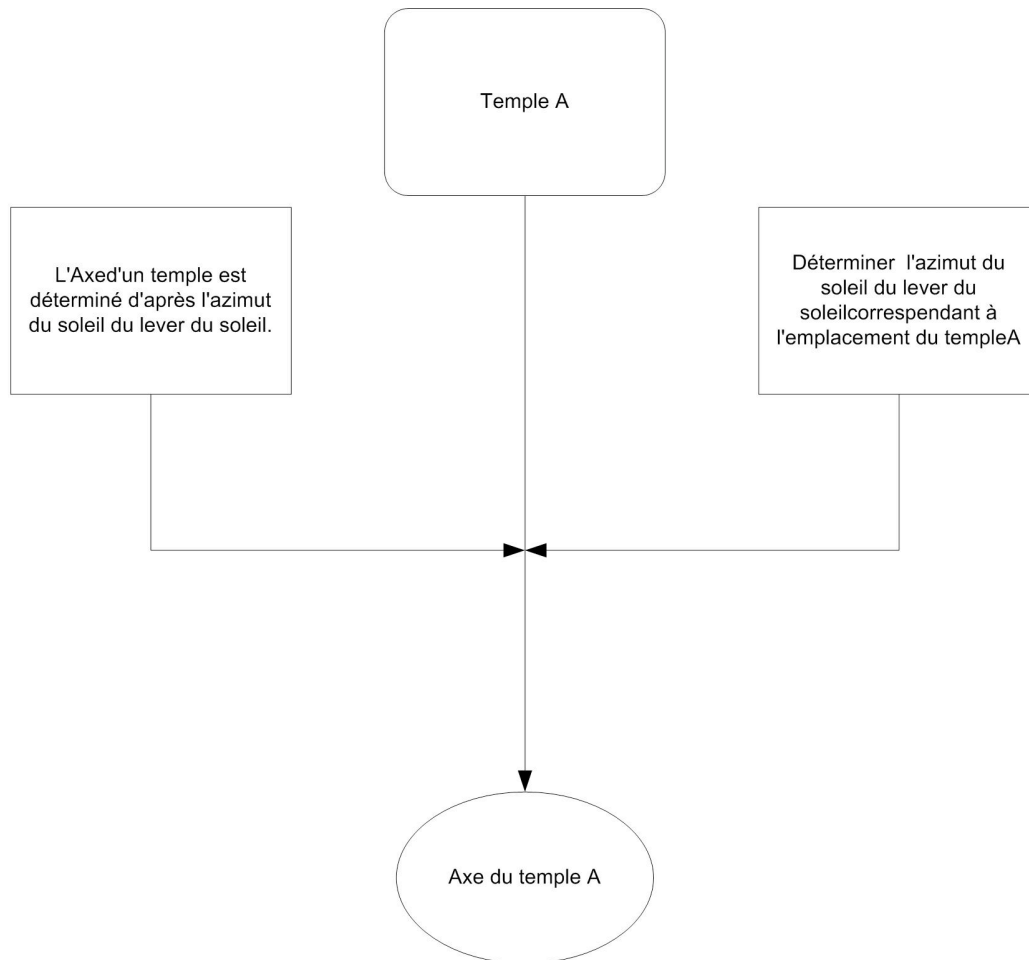
ex. 1 : murs d'une construction monumentale en briques de terre crue orientés comme la rampe de Taharqa .



## Raisonnement 10

Arguments avancés pour déterminer la configuration d'un monument.

- Détermination de l'axe d'un temple d'après l'azimut du soleil du lever du soleil.
  - ex. 1 : l'orientation de l'Akhmenou .
  - ex. 2 : l'orientation du temple de Sésostris Ier à Karnak .



# Raisonnement 11

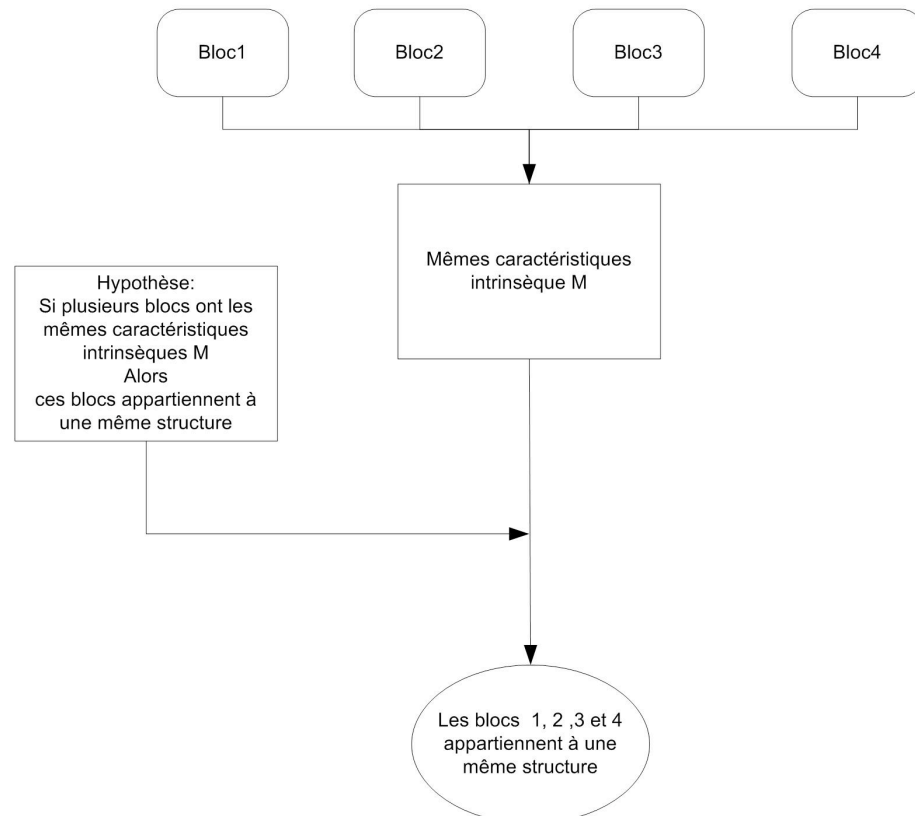
Arguments avancés pour déterminer la configuration d'un monument.

-Appartenance de plusieurs blocs à une même structure d'après l'homogénéité du matériau.  
ex. 1 : pierre de la cour des fêtes de Thoutmosis II, qui est une roche blanche virant au jaune clair au polissage et fonçant sous l'effet de la patine solaire et dont le grain est très fin .

-Appartenance de plusieurs blocs à une même structure d'après l'homogénéité de la gravure.  
ex. 1 : gravure en relief en creux avec signes recouverts d'une peinture jaune ocre pour les blocs de la 'cour des fêtes' de Thoutmosis II .

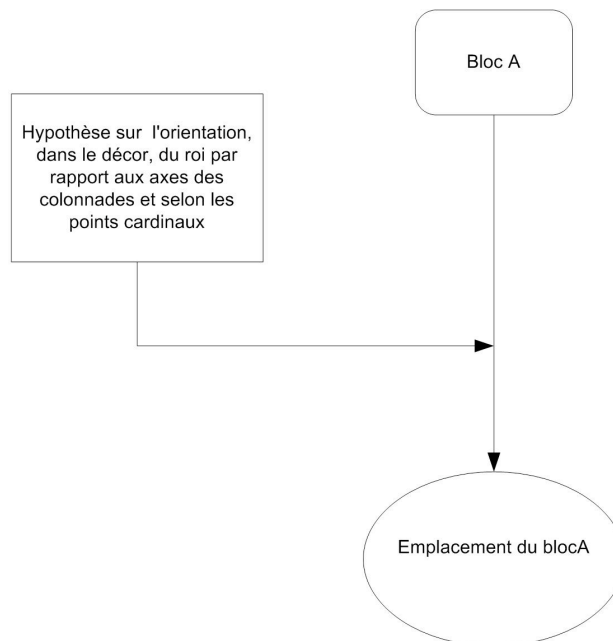
-Appartenance de plusieurs blocs à une même structure d'après l'homogénéité du genre du décor.  
ex. 1 : talatats du temple d'Amenhotep IV à Karnak .

-Appartenance de plusieurs blocs à une même structure d'après les proportions communes du module du décor.  
ex. 1 : talatats du temple d'Amenhotep IV à Karnak .



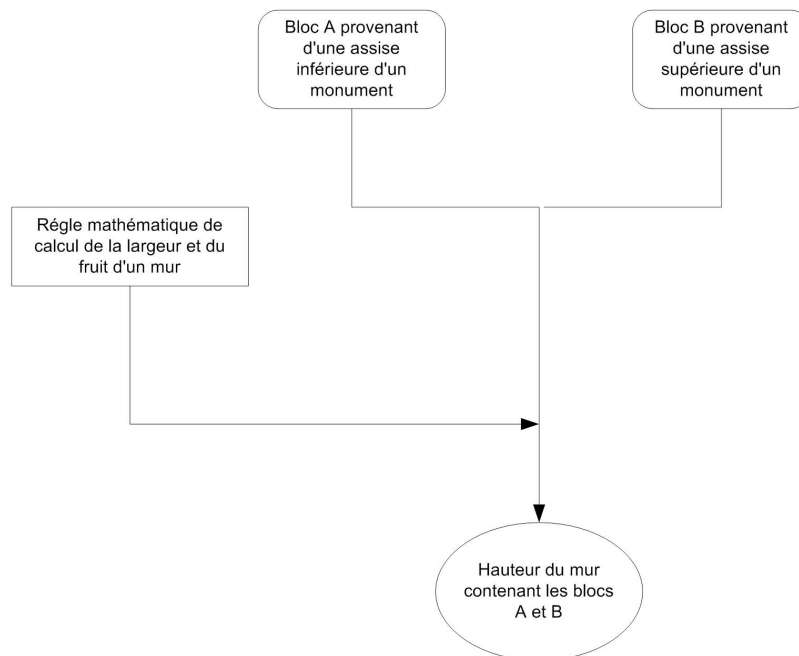
## Raisonnement 12

-Emplacement d'un bloc d'après l'orientation, dans le décor, du roi par rapport aux axes des colonnades et selon les points cardinaux.  
ex. 1 : fragment de sommet de pilier provenant du second péristyle de Sésostris Ier .



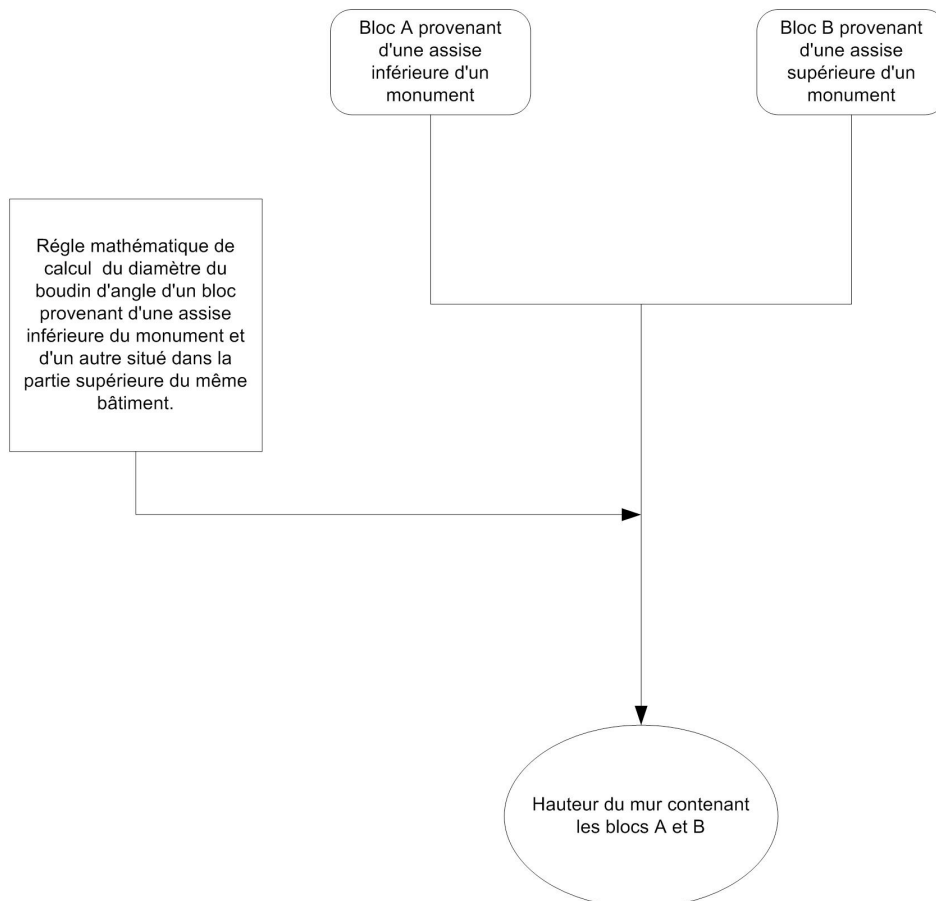
## Raisonnement 13

-Établissement de la hauteur d'un mur d'après le calcul de la largeur et du fruit d'un bloc provenant d'une assise inférieure du monument et d'un autre situé dans la partie supérieure du même bâtiment.  
ex. 1 : élévation des murs de la cour des fêtes de Thoutmosis II .



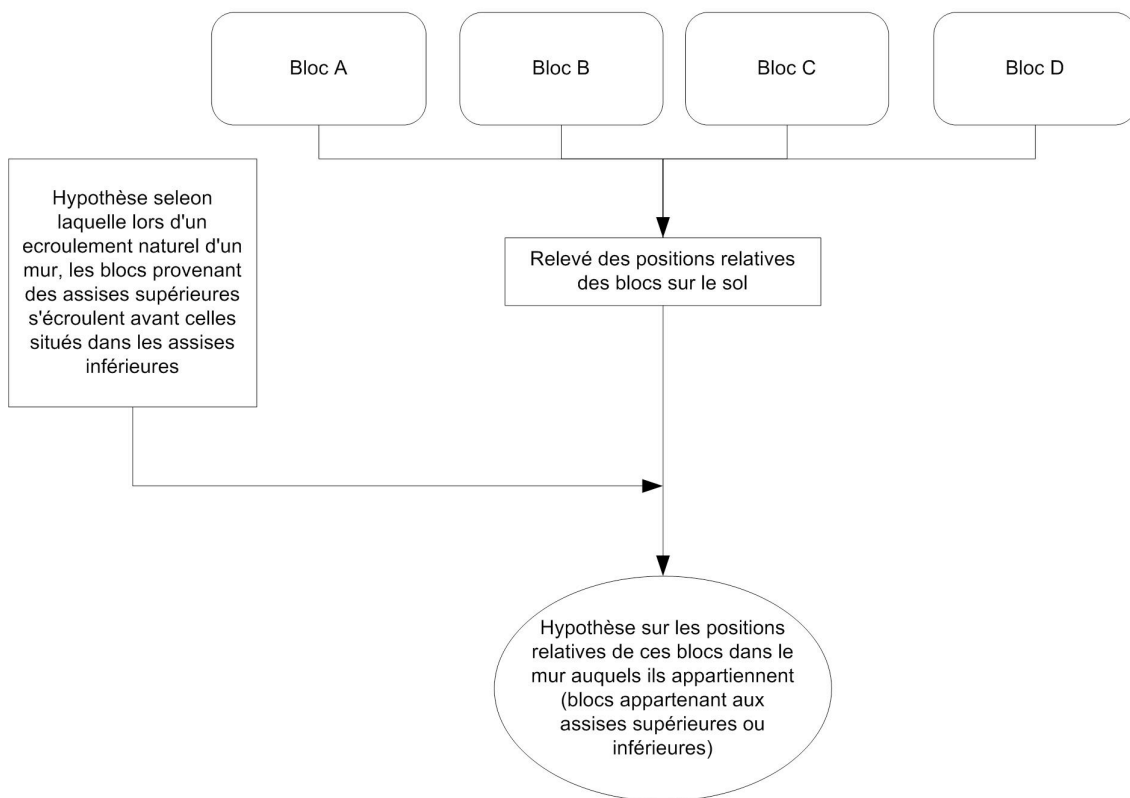
## Raisonnement 14

-Établissement de la hauteur d'un mur d'après le calcul du diamètre du boudin d'angle d'un bloc provenant d'une assise inférieure du monument et d'un autre situé dans la partie supérieure du même bâtiment.  
ex. 1 : angle des murs du naos de la chapelle d'Achôris .



## Raisonnement 15

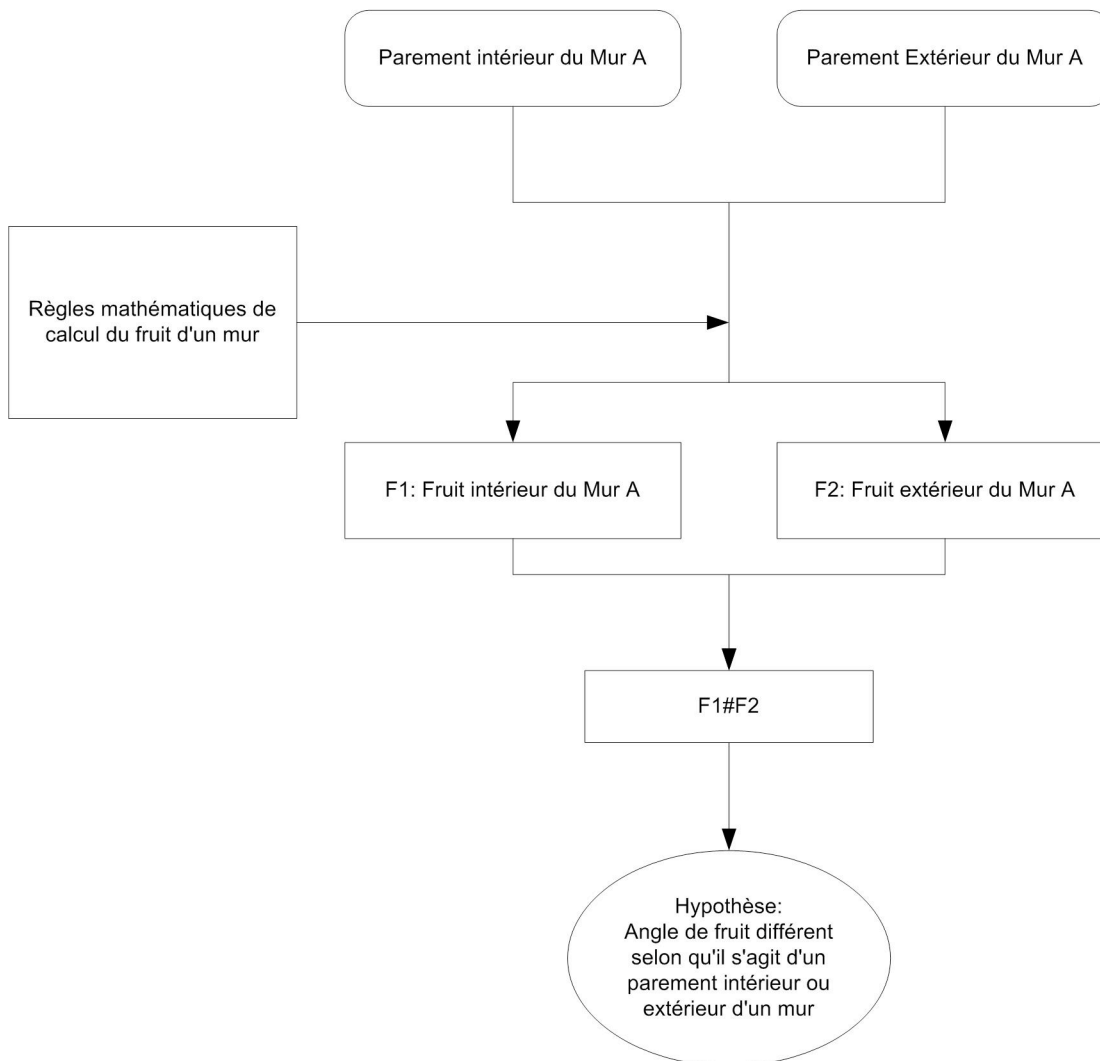
-Blocs éparpillés sur dallage peuvent provenir d'assises supérieures écroulées.  
ex.1 : le pronaos de la chapelle d'Achôris .





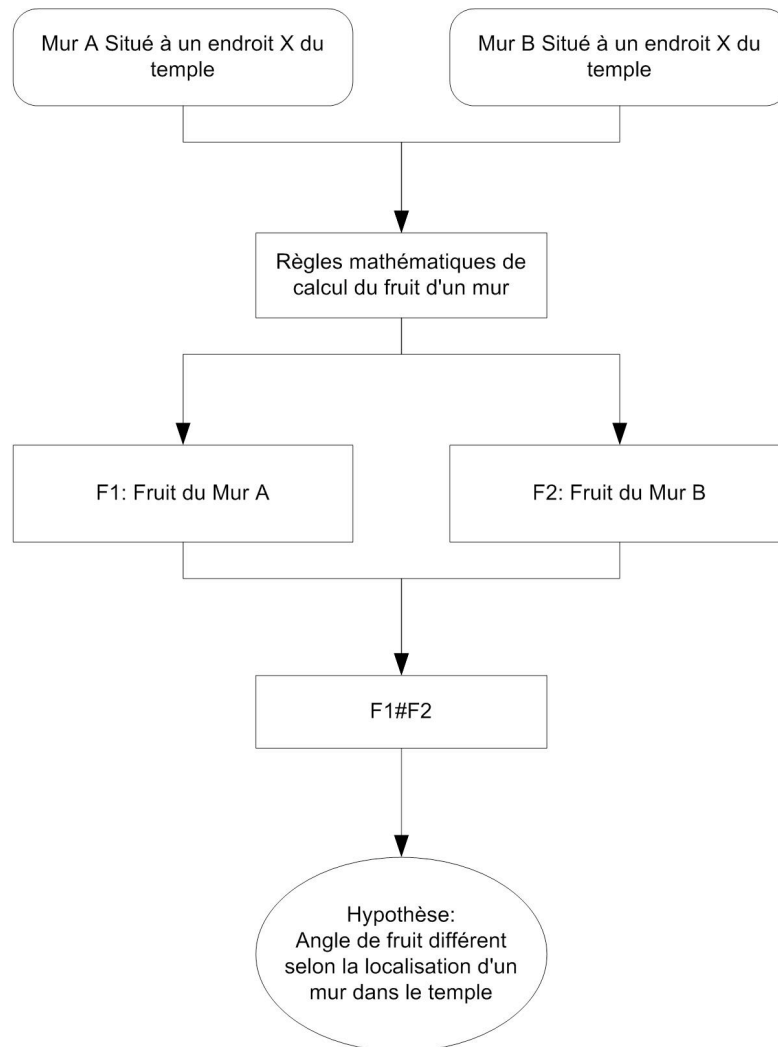
## Raisonnement 16

-Angle de fruit différent selon qu'il s'agit d'un parement intérieur ou extérieur d'un mur.  
ex. 1 : murs du naos de la chapelle d'Achôris .



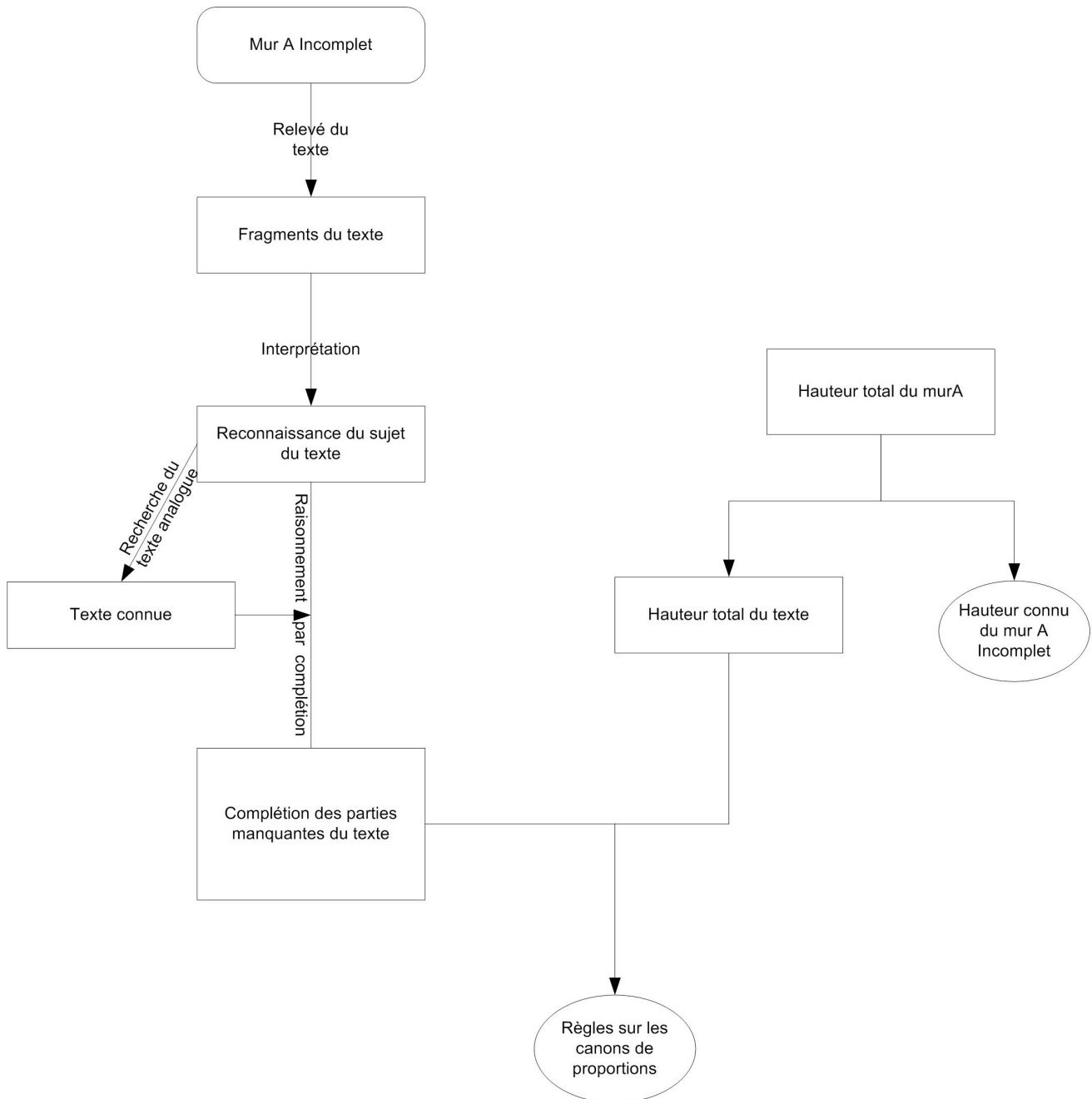
## Raisonnement 17

-Angle de fruit différent selon la localisation d'un mur dans le temple.  
ex. 1 : fruit des murs latéraux du naos de la chapelle d'Achôris différent de celui des autres parements de cette même chapelle .



## Raisonnement 18

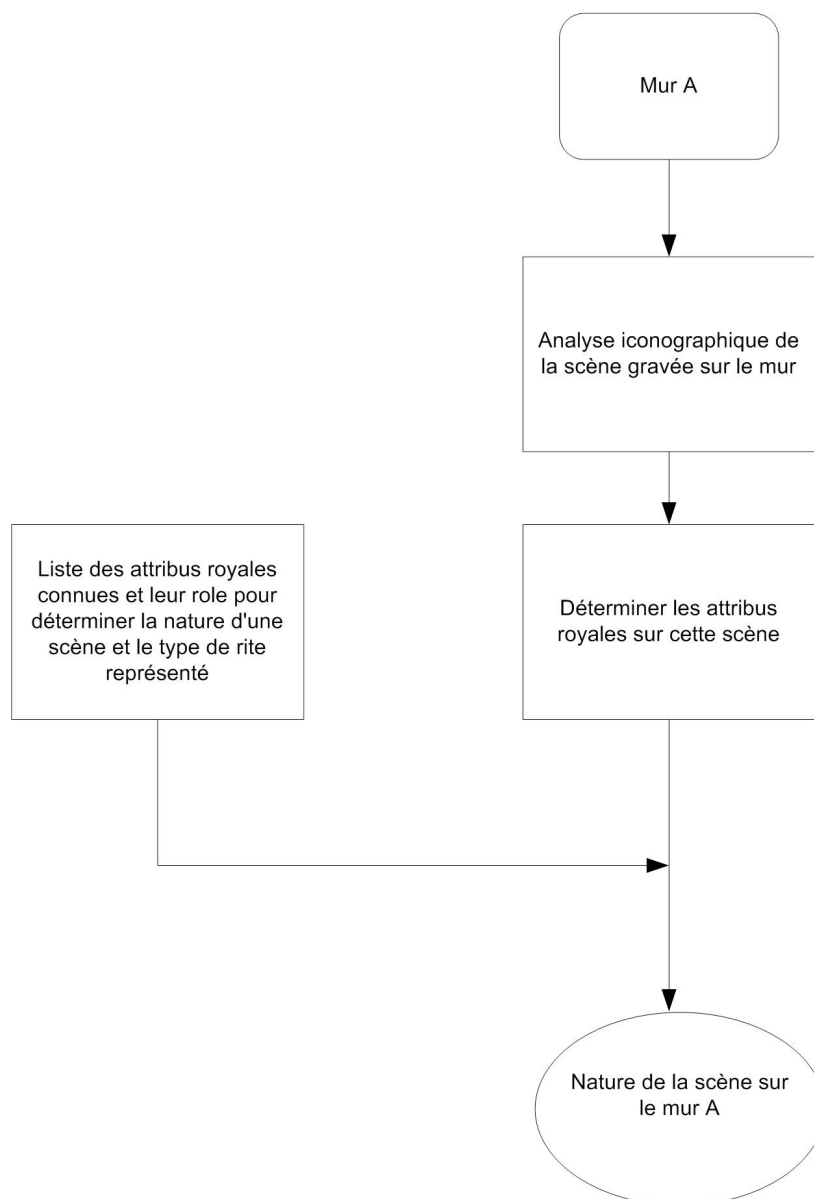
-Établissement de la hauteur d'un mur d'après la taille du texte qui orne la partie supérieure du bâtiment.  
ex. 1 : restitution de la hauteur d'un mur du naos de la chapelle d'Achôris d'après le texte bien connu des 'Litanies du Soleil' .



## Raisonnement 19

Arguments avancés pour déterminer la configuration d'un monument.

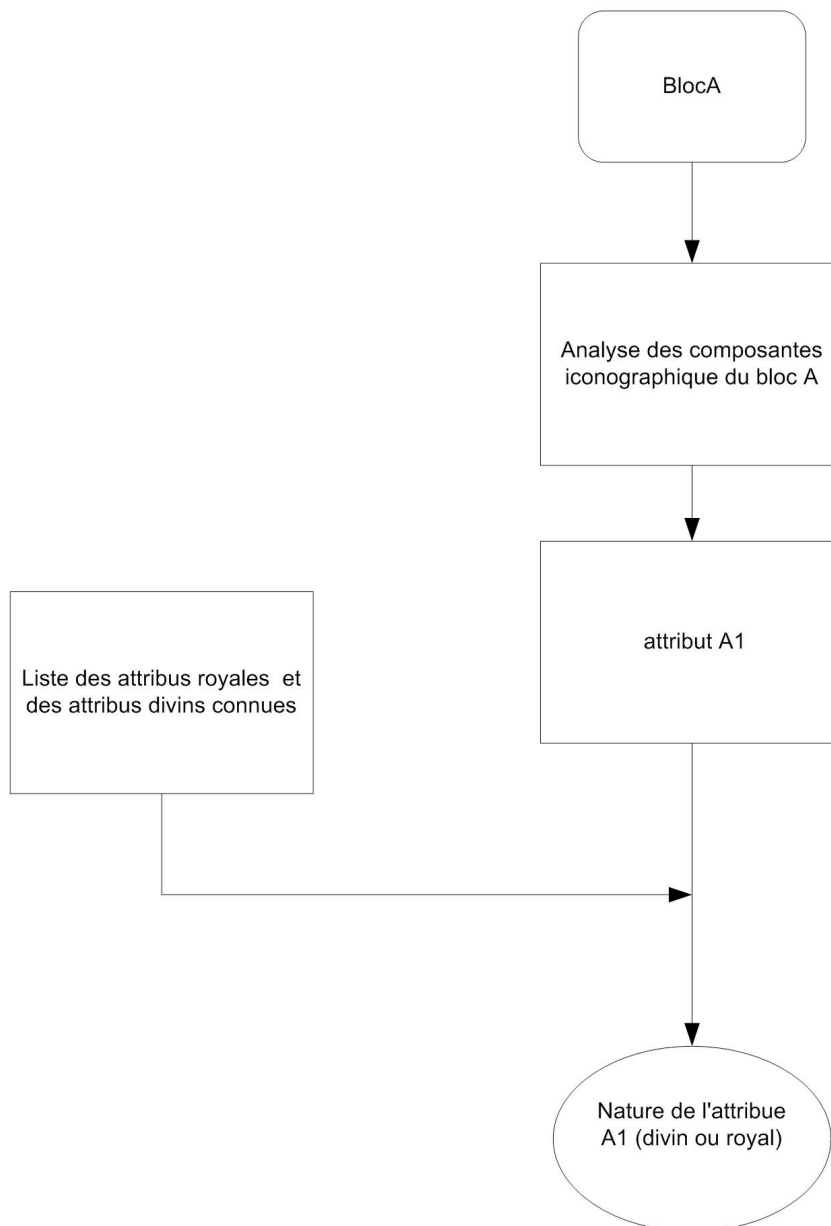
-Examen des attributs royaux (sceptres, couronnes, vêtements) pour déterminer la nature d'une scène et le type de rite représenté (ex : le roi porte la couronne atef dans la scène du rite de 'pousser les veaux').  
ex. 1 : massacre des ennemis sur la façade des pylônes .



## Raisonnement 20

Arguments avancés pour déterminer la configuration d'un monument.

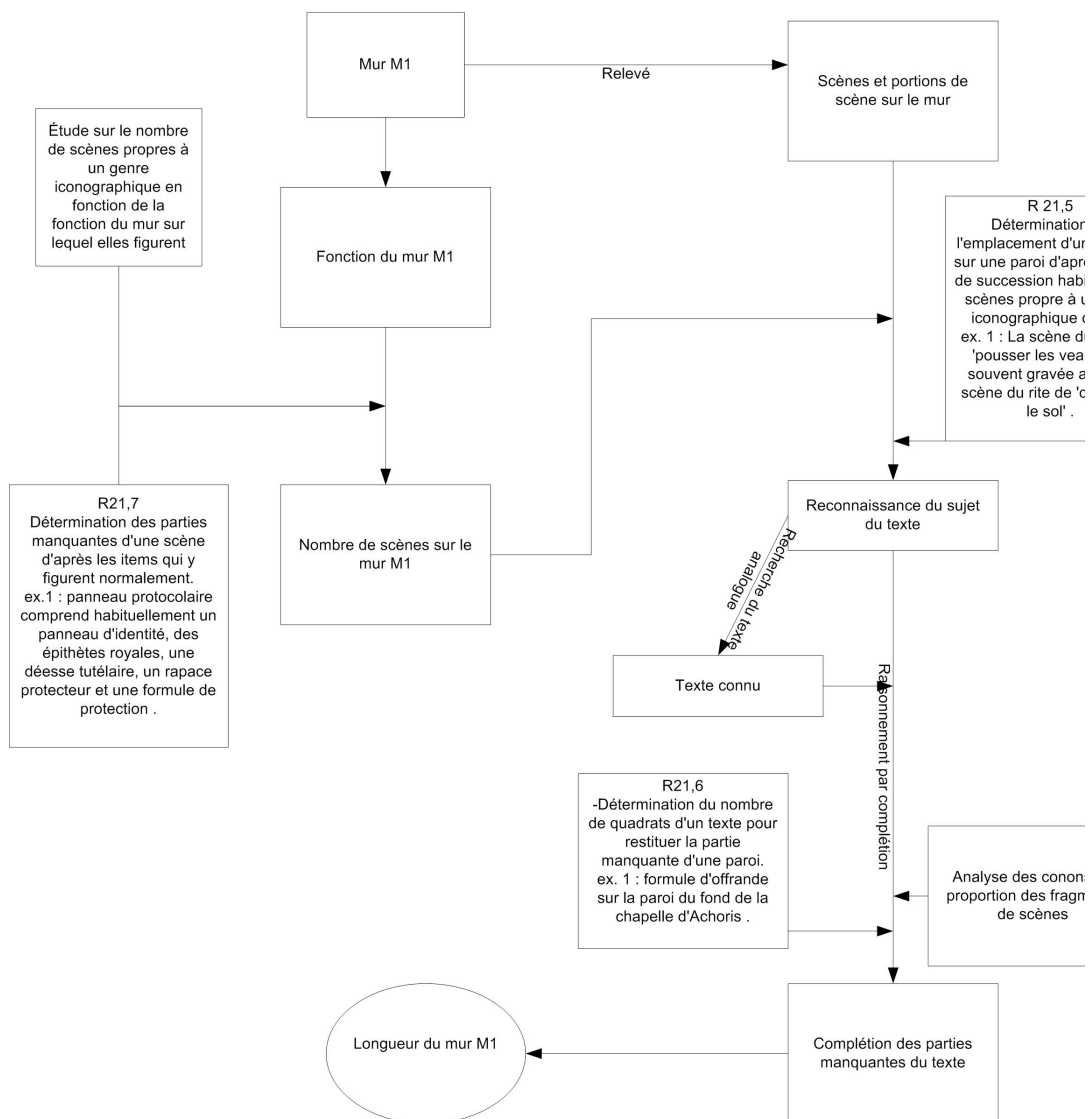
-Distinction entre les attributs royaux et divins (par exemple, la couronne nemes ne peut être portée que par le roi, tandis que la représentation ithyphallique d'un personnage ne peut être que divine), ce qui a une incidence sur la restitution des scènes.  
ex. 1 : couronne rouge est portée par le pharaon uniquement .



# Raisonnement 21

Arguments avancés pour déterminer la configuration d'un monument.

-Détermination de la longueur d'un mur d'après le nombre de scènes propres à un genre iconographique qui devraient y figurer.  
ex. 1 : La scène du rite de 'pousser les veaux' est souvent en rapport avec la scène du rite de 'défoncer le sol' .



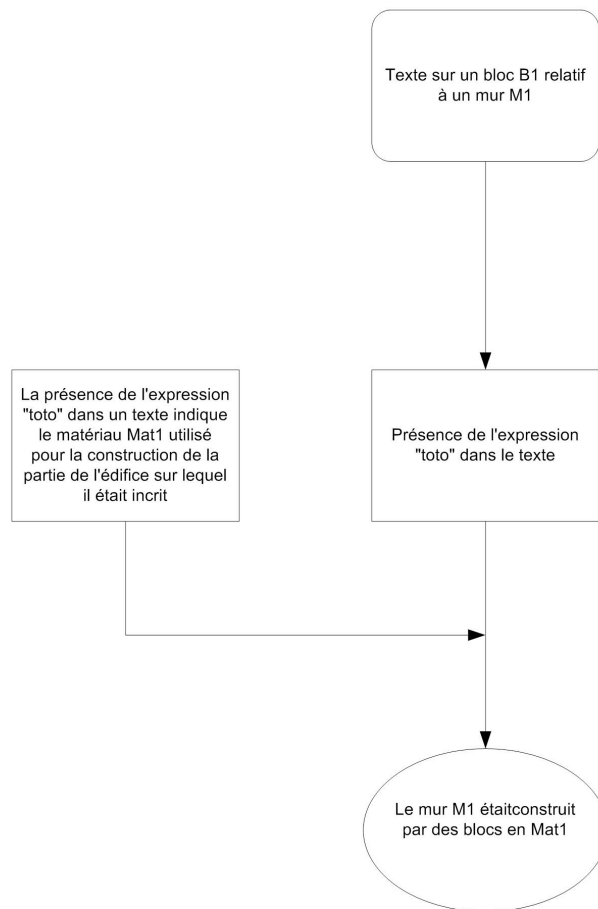
## Raisonnement 22

-Emplacement d'une toiture aujourd'hui disparue d'après la hauteur des martèlements sur les obélisques, les zones endommagées ayant été exposées à l'air libre, au-dessus de la toiture qui protégeait les parties inférieures et médianes des obélisques contre toute atteinte physique (cas de l'obélisque d'Hatchepsout dans la Ouadjyt).

ex. 1 : obélisque d'Hatchepsout dans la Ouadjyt .

## Raisonnement 23

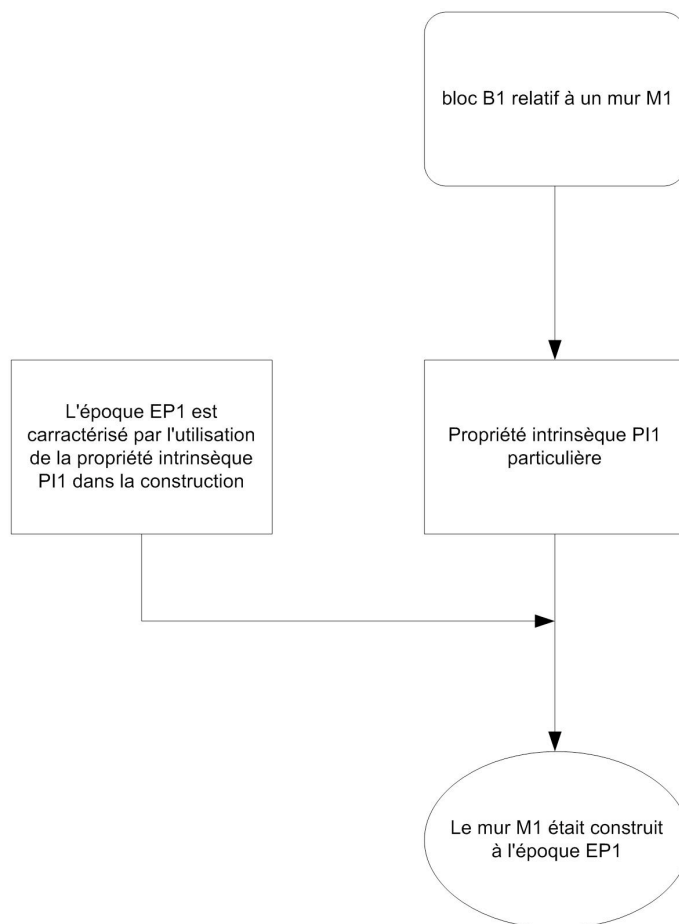
- Lorsque le verbe saHa 'élever' est utilisé en rapport à la construction d'une partie de temple, il s'agit généralement d'une construction porteuse grès.  
ex. 1 : l'Akhmenou .
- Lorsque le verbe iri 'construire' est utilisé en rapport à la construction d'une partie de temple en calcaire.  
ex. 1 : l'Akhmenou .
- La mention de la 'belle pierre blanche d'Ain' peut aussi bien faire allusion au calcaire de la carrière de Tourah ou au grès pur de la carrière d Gebel es Silsileh.  
ex. 1 : l'Akhmenou .





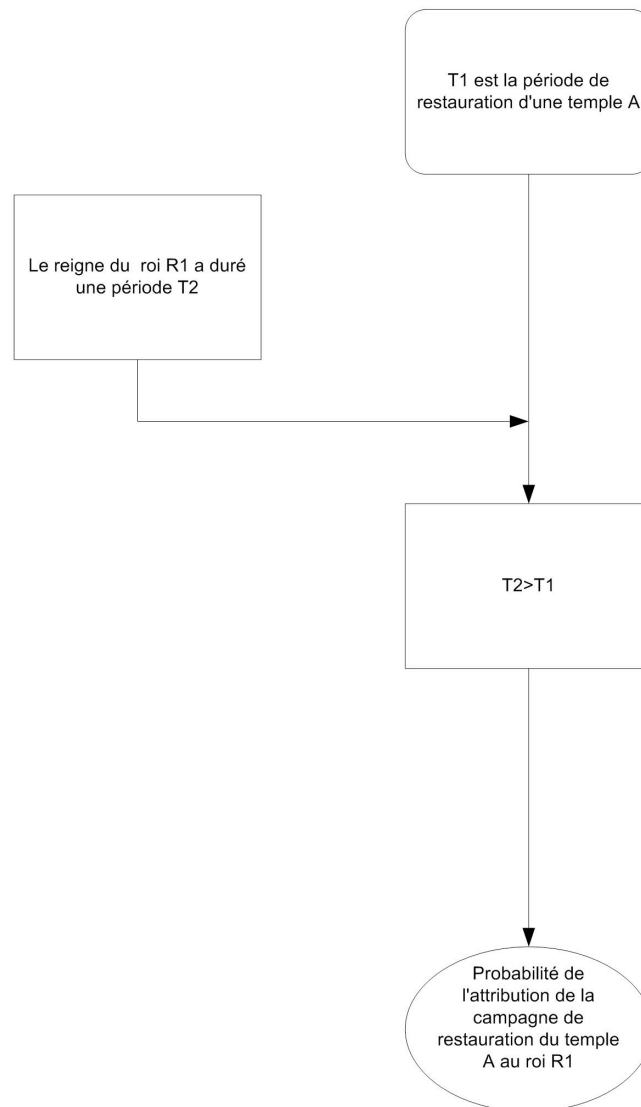
## Raisonnement 24

R24 -Adjonction additionnelle de carbonate dans le type de mortier utilisé à l'époque ptolémaïque.  
ex. 1 : la chapelle d'Alexandre dans l'Akhmenou .



## Raisonnement 25

Probabilité de l'attribution d'une campagne de restauration à un roi dont le règne doit être suffisamment long pour mener à bien une telle entreprise.  
ex. 1 : restauration sur le mur périmétral de l'Akhmenou par Taharqa, Ptolémée IV ou Ptolémée VIII .



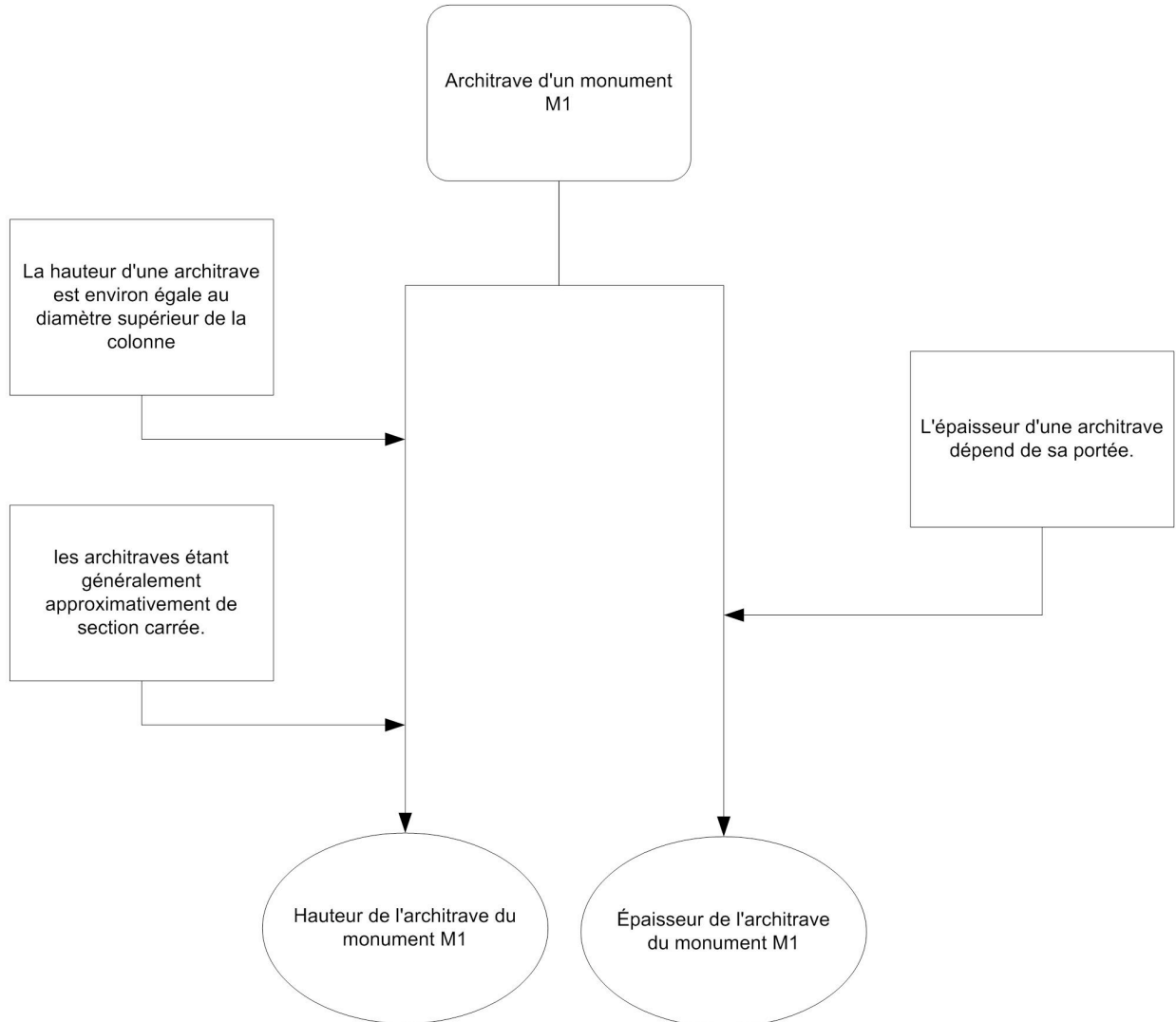
## Raisonnement 26

-La hauteur d'une architrave est environ égale au diamètre supérieur de la colonne, les architraves étant généralement approximativement de section carrée.

ex. 1 : Architrave de la salle SF 2 de l'Akhmenou .

-L'épaisseur d'une architrave dépend de sa portée.

ex. 1 : la différence dans la largeur des abaque des différents types de colonnes iou de l'Akhmenou .

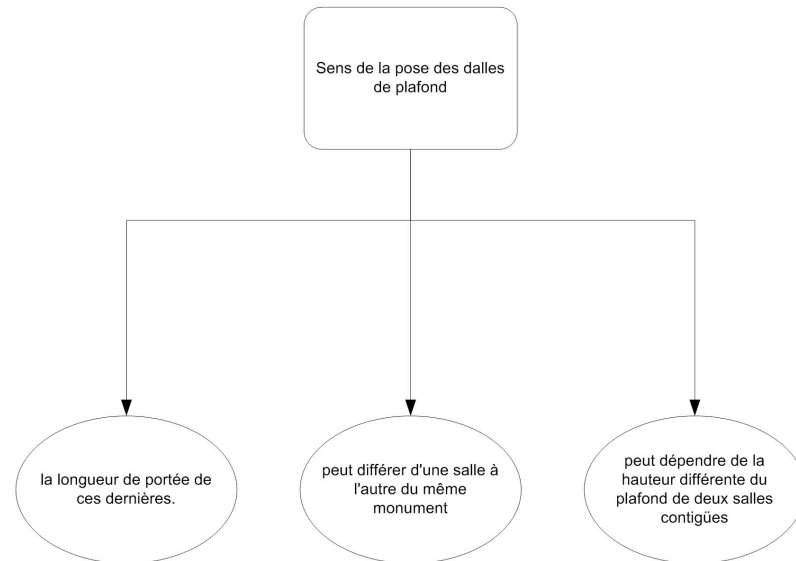


## Raisonnement 27

Sens de la pose des dalles de plafond comme moyen de déterminer la longueur de portée de ces dernières.  
ex. 1 : salle SF 2 de l'Akhmenou où les dalles de plafond orientées est-ouest sont plus longues que celles orientées nord-sud .

R27-Sens de la pose des dalles de plafond peut différer d'une salle à l'autre du même monument.  
ex. 1 : couloir MS 10 de l'Akhmenou où les dalles de plafond sont posées selon un axe nord-sud; magasins (MS 8 à 10) où les dalles sont posées perpendiculairement, selon un axe est-ouest .

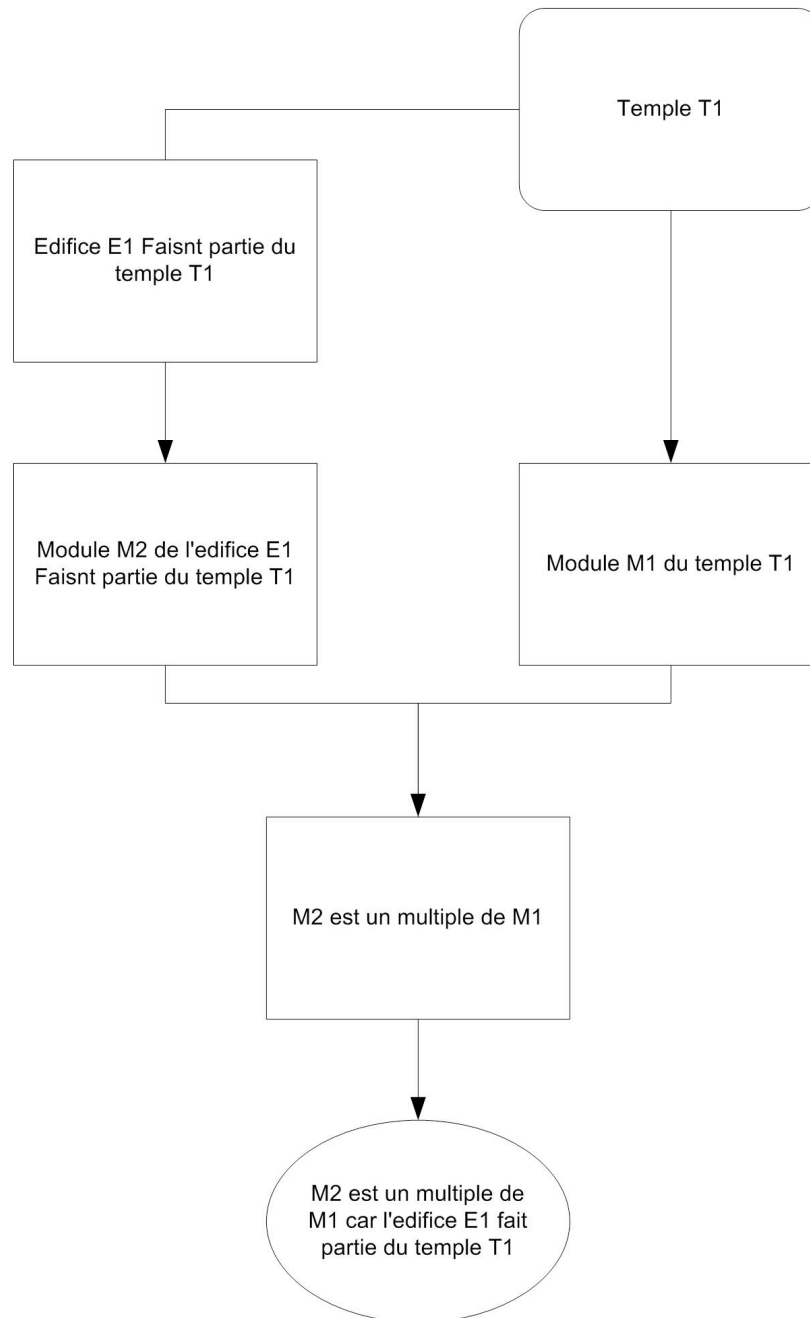
R27-Sens de la pose des dalles de plafond peut dépendre de la hauteur différente du plafond de deux salles contigües.  
ex. 1 : couloir MS 10 de l'Akhmenou où les dalles de plafond sont posées selon un axe nord-sud; magasins (MS 8 à 10) où les dalles sont posées perpendiculairement, selon un axe est-ouest .



## Raisonnement 28

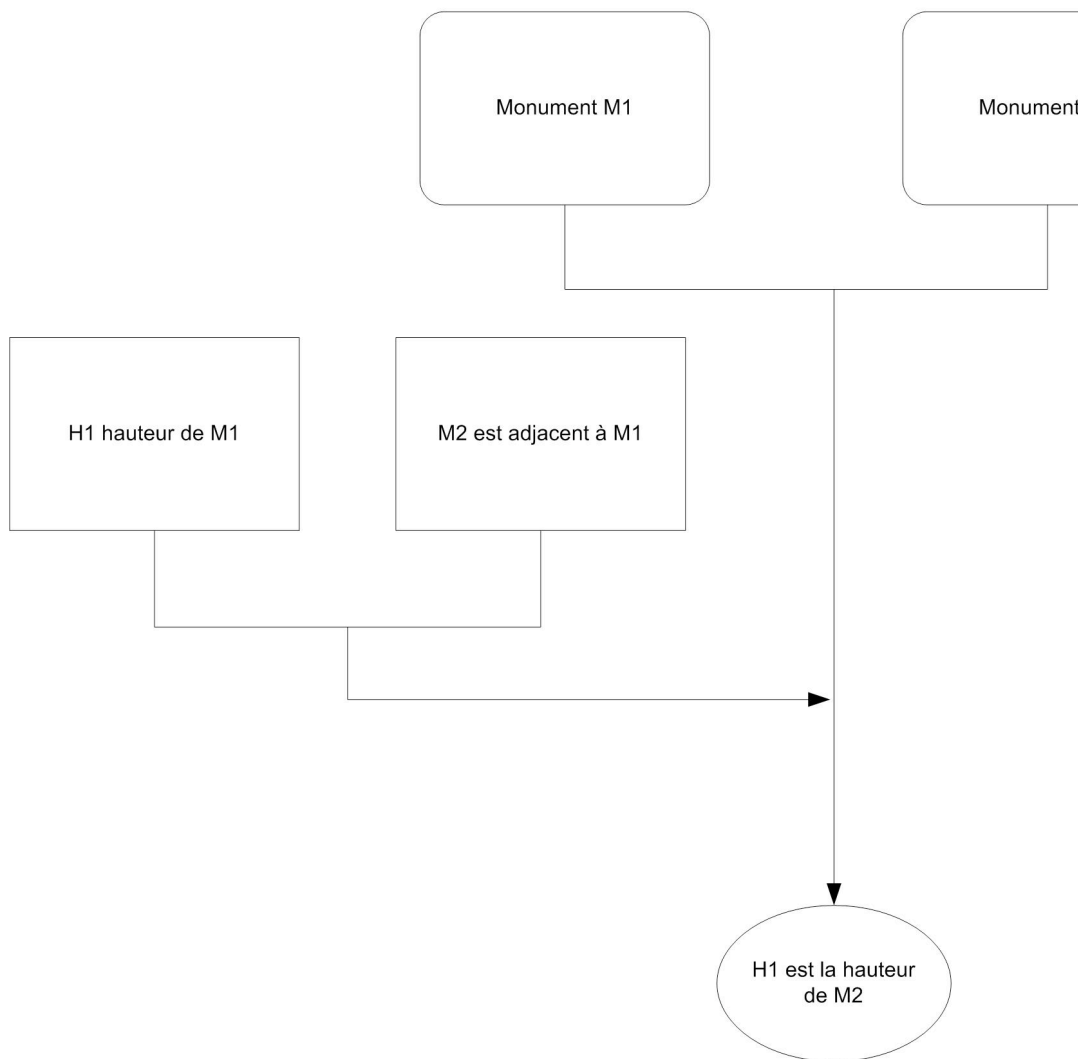
Choix d'une trame modulaire pour un édifice, dont le module est un multiple du module du temple dans lequel ce bâtiment s'insère.

ex. 1 : L'Akhmenou a un module dont le carré mesure deux coudées de côté. Ce module est un sous-multiple du module de composition du temple de Karnak qui est de 6 coudées .



## Raisonnement 29

-Restitution de la hauteur d'un mur déterminé par son alignement avec le sommet de la hauteur d'un édifice adj  
ex. 1 : hauteur du mur périmétral de l'Akhmenou déterminé par celle de la cour des fêtes de Thoutmosis II



## Raisonnement 30

R30-Proportionnalité de la hauteur d'une porte par rapport à sa largeur.

ex. 1 : La proportion entre la largeur et la hauteur des portes de l'Akhmenou est de  $3/5$  ou  $4/7$  .

R30-Proportionnalité de la hauteur d'un pilier par rapport à sa largeur.

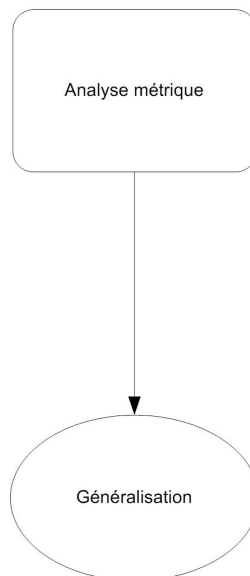
ex. 1 : la hauteur d'un pilier de l'Akhmenou mesure deux fois et demi à quatre fois sa largeur .

R30-Proportionnalité de l'entraxe par rapport à la hauteur d'un pilier.

ex. 1 : L'entraxe de l'Akhmenou est à peu près égal aux trois quarts d'un pilier, à la hauteur d'un pilier ou à une fois et un tiers la hauteur d'un pilier .

R30-Proportionnalité de l'entraxe par rapport à la largeur d'un pilier.

ex. 1 : L'entraxe dans l'Akhmenou mesure approximativement trois ou quatre fois la largeur d'un pilier .

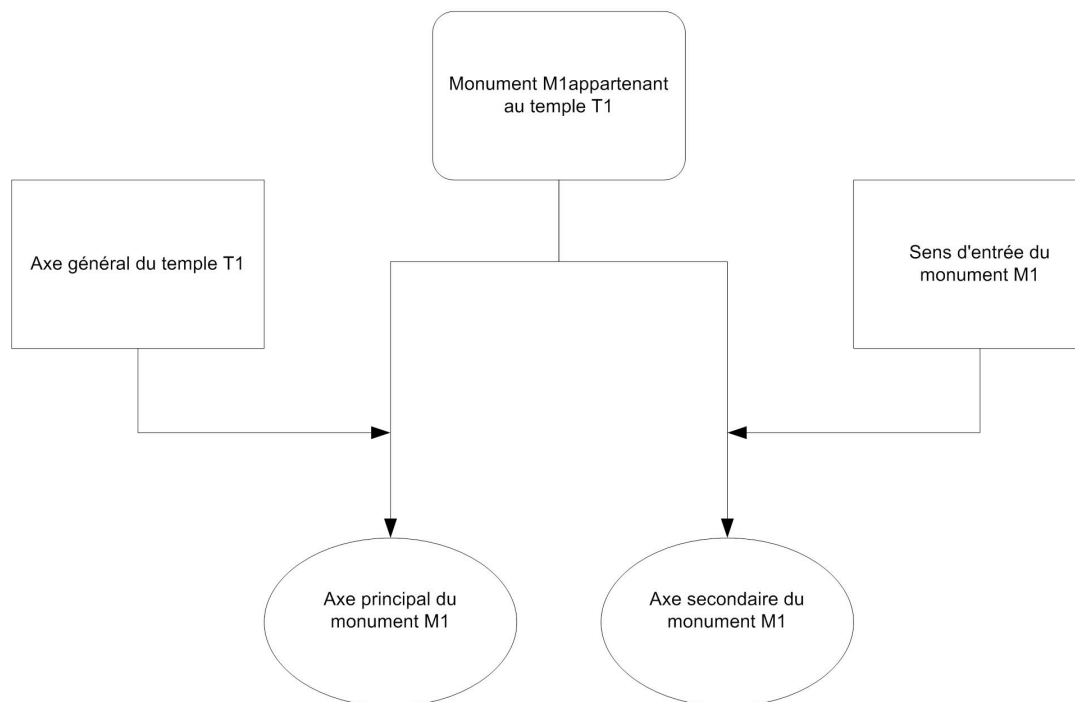


## Raisonnement 31

-L'axe principal d'un bâtiment peut être déterminé par l'axe général du temple.  
ex. 1 : l'axe principal ouest-est de l'Akhmenou .

-L'axe secondaire d'un bâtiment peut être déterminé par le sens d'entrée.  
ex. 1 : l'axe secondaire sud-nord de l'Akhmenou est déterminé par sa porte d'entrée principale située au :

-Datation et orientation des monuments d'après les textes de fondation.  
ex. 1 : L'Akhmenou .





## Raisonnement 32

Arguments avancés pour déterminer la fonction d'un monument.

-Nom donné par le roi au monument.

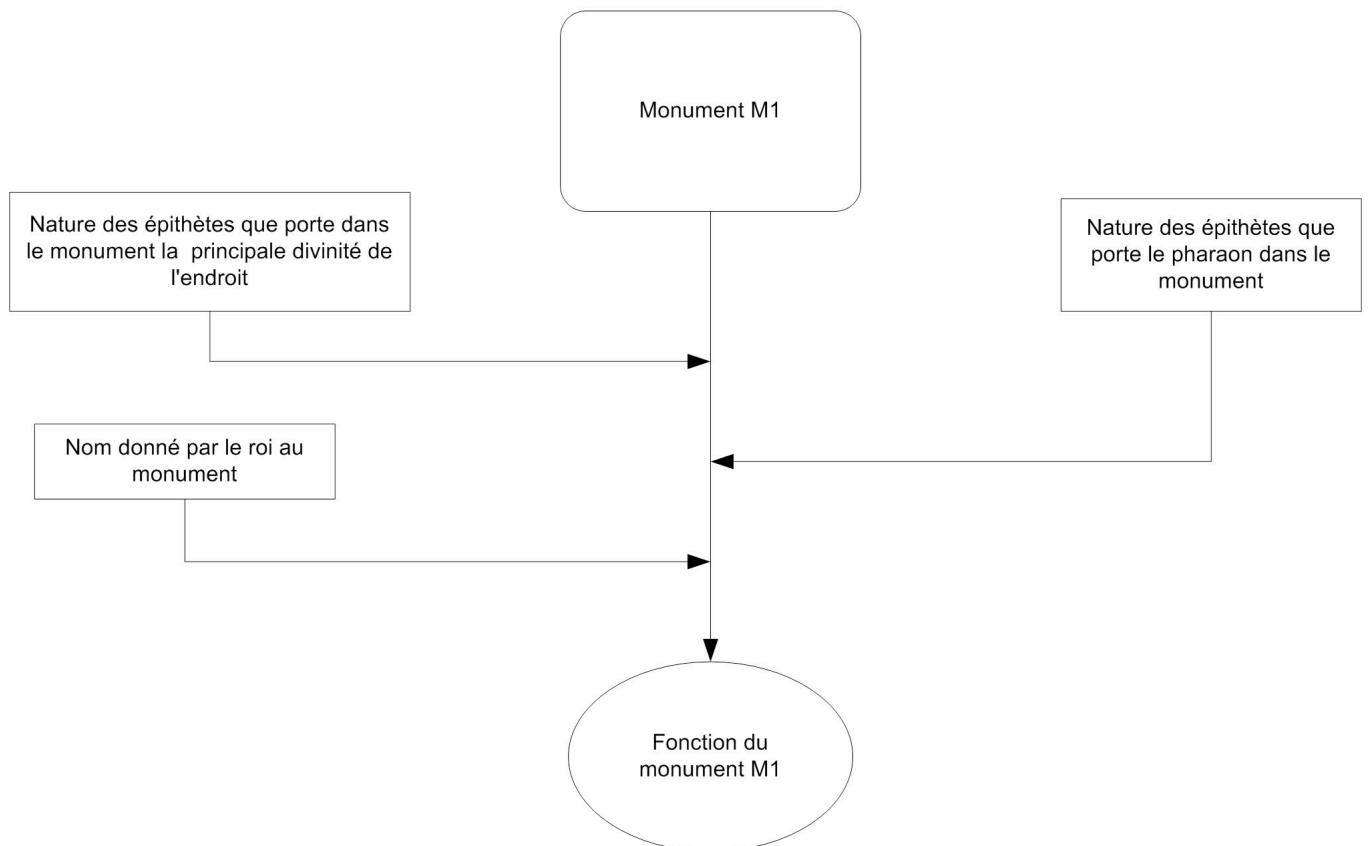
-ex. 1 : le 'temple du benben dans le gempaton' .

-Nature des épithètes que porte dans le monument la principale divinité de l'endroit.

-ex. 1 : le temple de 'Khonsou-qui-gouverne-dans-Thèbes' .

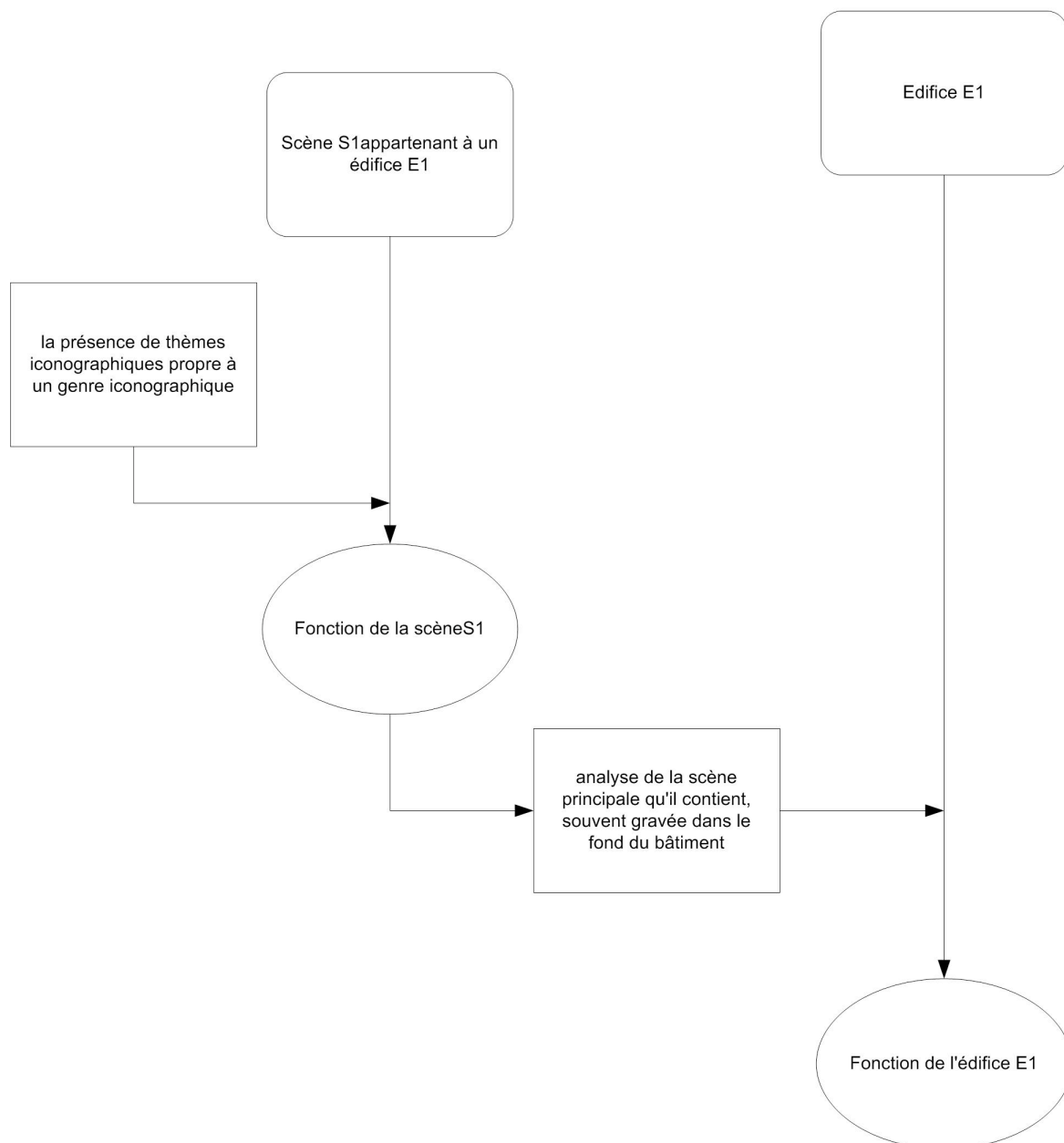
-Nature des épithètes que porte le pharaon dans le monument.

ex. 1 : bâtiment donnant accès à la 'Cour du Moyen Empire' appelé 'Thoutmosis III est riche en offrandes alimentaires' .



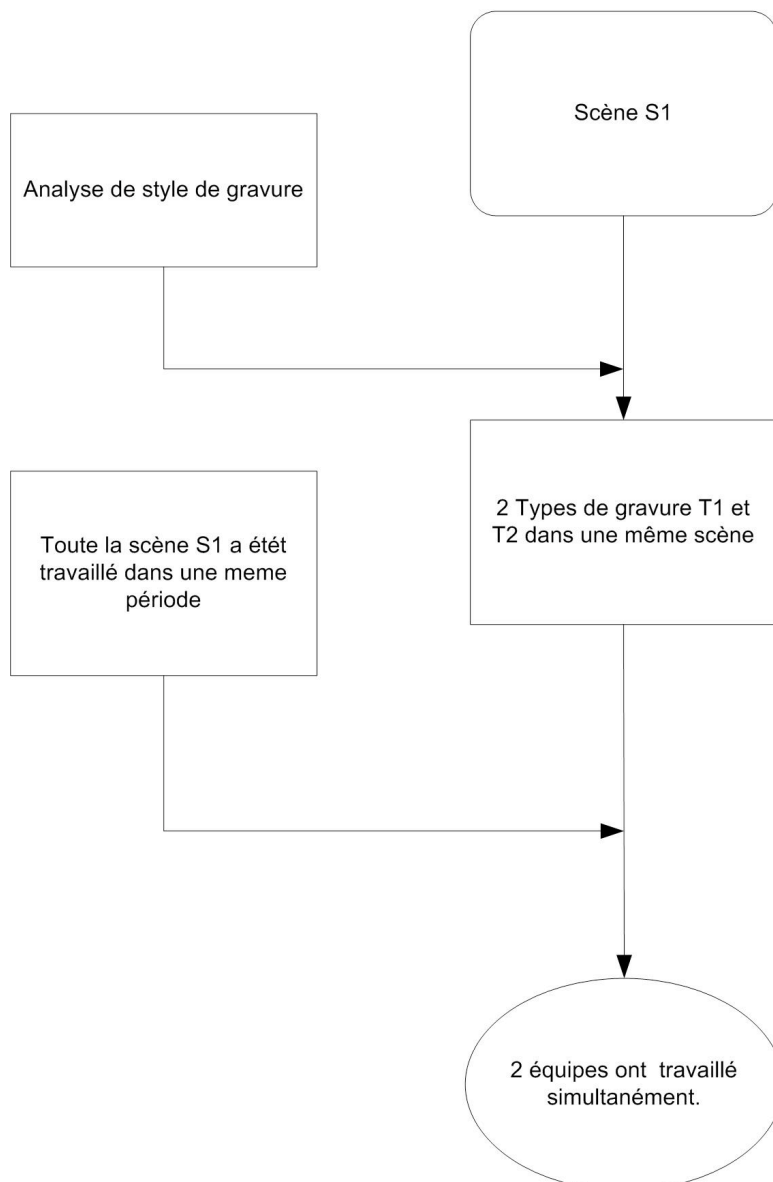
## Raisonnement 33

- Détermination de la fonction d'une scène d'après la présence de thèmes iconographiques propre à un genre iconographique.  
ex.1 : l'offrande des quatre liquides - vin, lait, bière, eau - est typique de la scène rituelle dite du 'défoncement du sol' ) .
- Détermination de la fonction d'un édifice d'après l'analyse de la scène principale qu'il contient, souvent gravée dans le fond du bâtiment.  
ex.1 : scène de la Litanie du Soleil, gravé dans le fond de la chapelle d'Achôris .



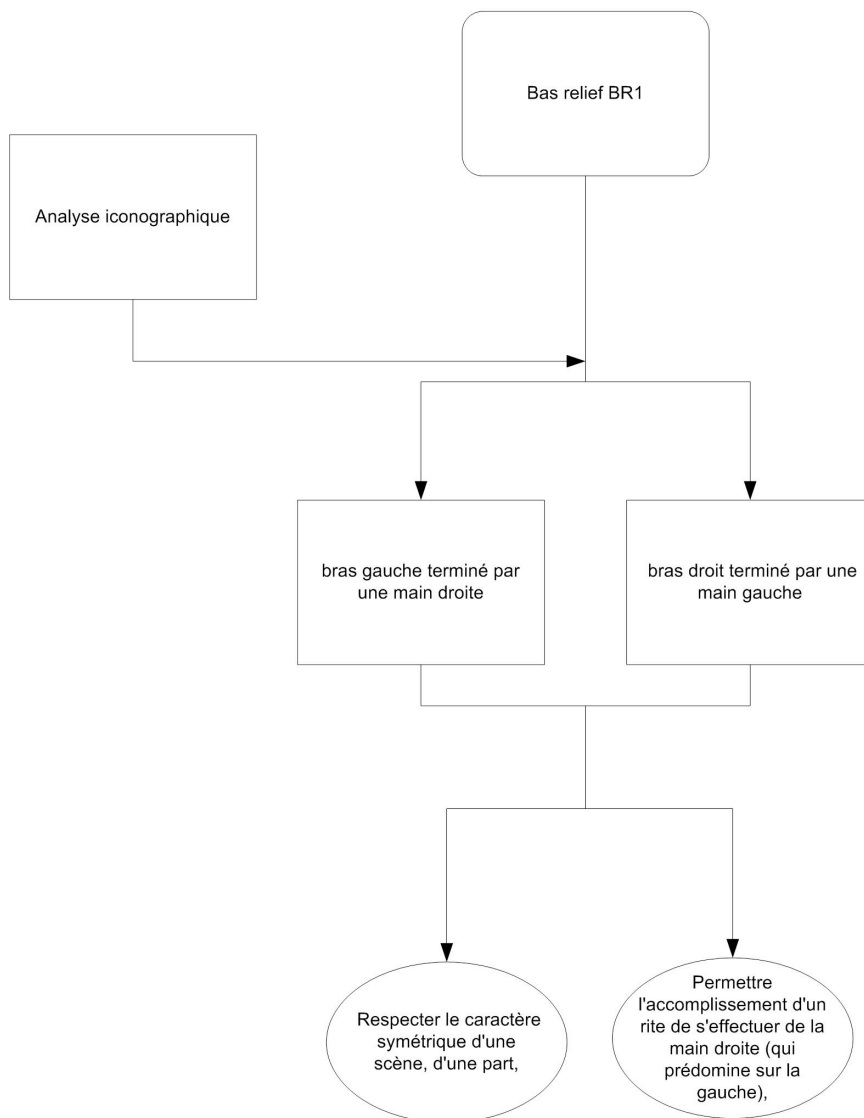
## Raisonnement 34

-Existence de style différents de gravure permettant de localiser de part et d'autre du temple la pré d'équipes ayant travaillé simultanément.  
ex.1 : chapelle d'Achoris .



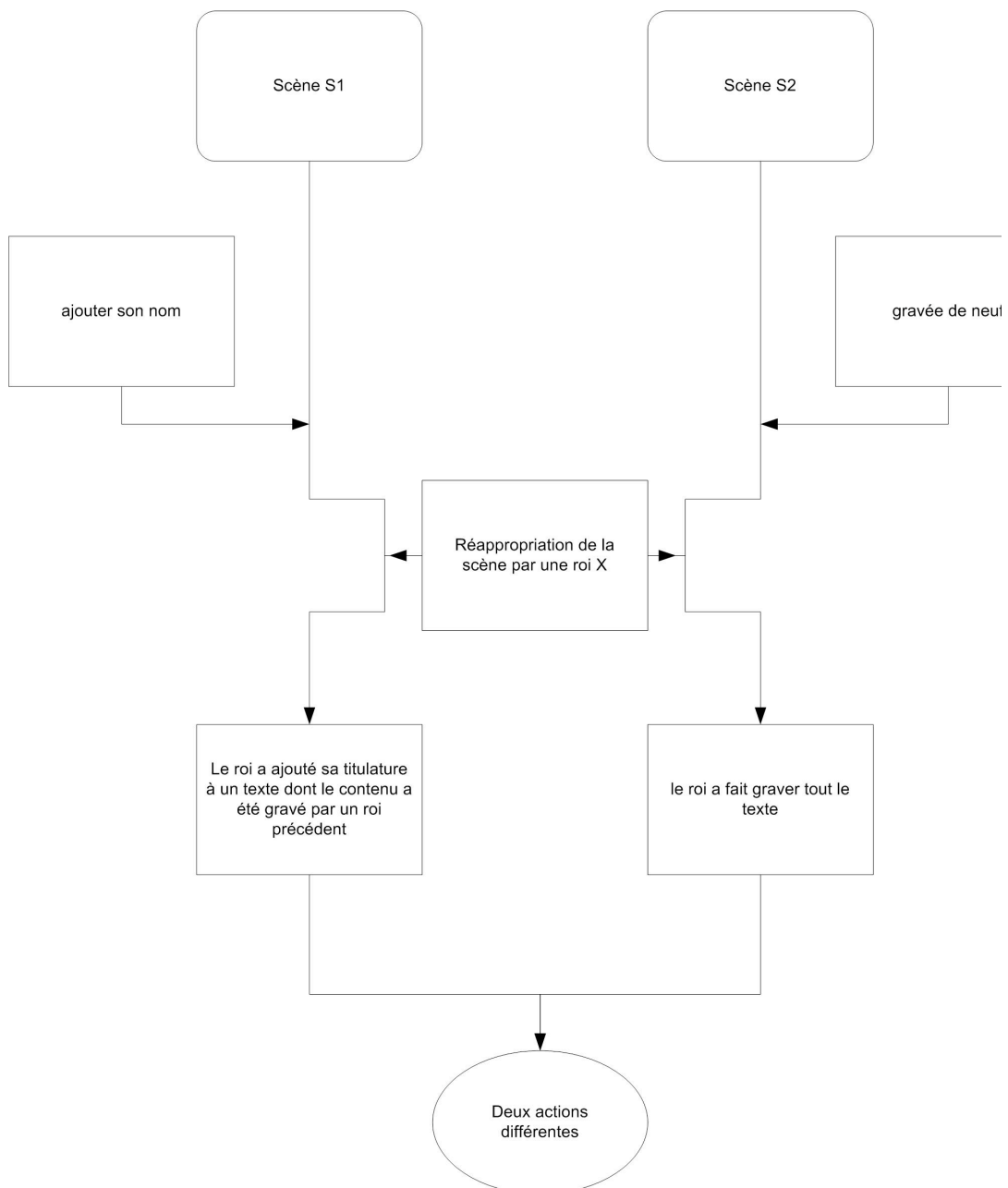
## Raisonnement 35

-Dans un bas-relief, cas d'un bras gauche terminé par une main droite et vice-versa, pour respecter le caractère symétrique d'une scène, d'une part, et pour permettre à l'accomplissement d'un rite de s'effectuer de la main droite (qui prédomine sur la gauche), d'autre part.  
ex. 1 : façade nord de la porte nord de la chapelle d'Achoris .



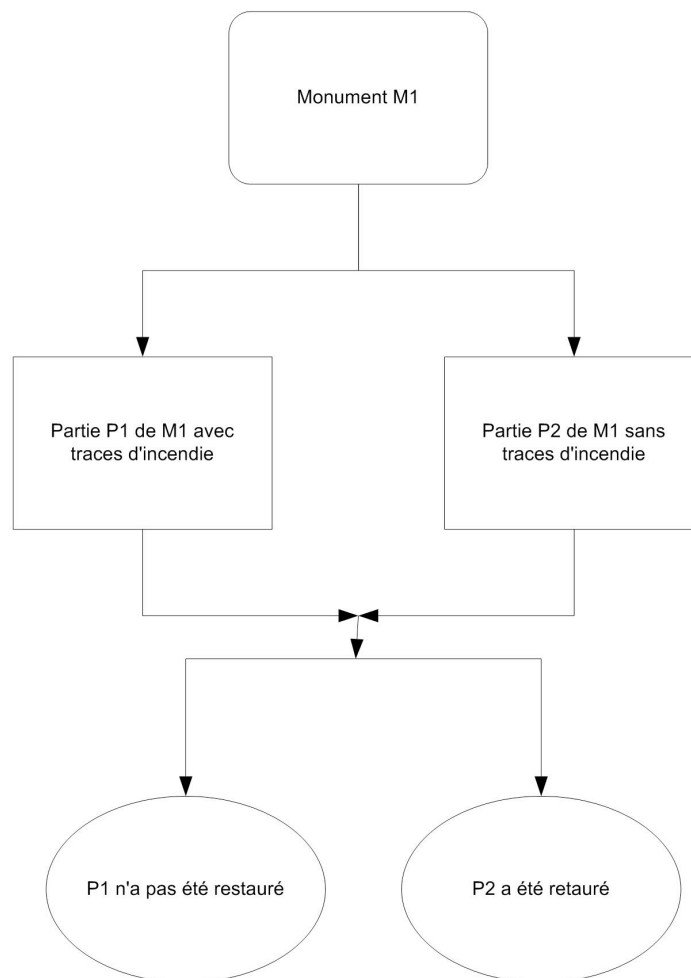
## Raisonnement 36

-Distinction entre une scène réappropriée par un roi qui ne fait qu'y ajouter son nom, d'une part, et une autre gravée par ce même roi (dans le premier cas, le roi ne fait qu'ajouter sa titulature à un texte dont le contenu a été gravé par un roi précédent; dans le second, le roi a fait graver tout le texte).  
ex. 1 : porte nord de la chapelle d'Achoris, où seuls les cartouches sont réappropriés par le roi .



## Raisonnement 37

-Traces d'incendie sur une partie seulement d'un monument peut indiquer que les zones avoisinantes ont été restaurées.  
ex. 1 : murs d'entrecolonnement de la chapelle d'Achôris .

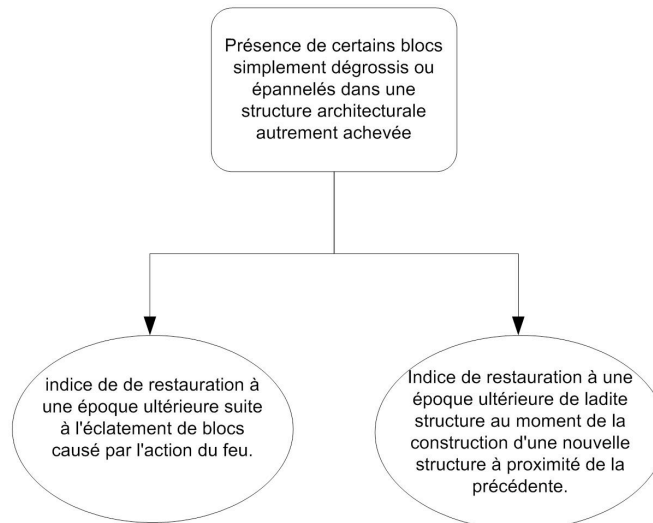


## Raisonnement 38

-Présence de certains blocs simplement dégrossis ou épannelés dans une structure architecturale autrement achevée, comme indice de de restauration à une époque ultérieure suite à l'éclatement de blocs causé par l'action du feu.  
ex. 1 : incendie des portes en bois du Ile et IIIe pylônes et endommagement des colonnes situées à proximité .

-Présence de certains blocs simplement dégrossis ou épannelés dans une structure architecturale autrement achevée, comme indice de restauration à une époque ultérieure de ladite structure au moment de la construction d'une nouvelle structure à proximité de la précédente.

ex. 1 : Creusement des fondations profondes du 1er pylône qui a nécessité le démantèlement de certaines structures contigües (partie occidentale de la chapelle-reposoir de Séthy II et du portique boubastide .



## **Annexe II : La Banque de données historiques « IPET-SOUT » des opérations réalisées dans le temple de Karnak**

Créé au début uniquement pour l'enregistrement des différentes opérations<sup>95</sup> qui se sont déroulés dans le temple de Karnak, cette banque de données a très vite évolué afin de surmonter les difficultés constatées dans le recensement et l'analyse de cette masse documentaire hétérogène et difficilement catalogables issue des documentations de fouilles.

### **Phases du projet :**

La réalisation du projet a été confiée à M. Azim, architecte qui avait élaboré une "Fiche d'opération" basée sur une subdivision logique de l'information en différentes rubriques afin de la rendre facilement accessible par le langage documentaire et scientifique. La principale difficulté dans ce travail de catalogage résidait dans l'objectivité dans l'analyse du contenant de l'information et la restitution du contenu selon un langage plus ou moins libre. À cette fin, l'équipe a travaillé sur deux rubriques différentes : des rubriques à "lexique fermé" (langage conventionnel basé sur une liste de mots) et de rubriques à "description libre" (langage naturel), permettant ainsi d'avoir une interprétation objective et subjective, une meilleure précision dans le repérage des unités archéologiques a été obtenue grâce à l'élaboration d'un lexique portant sur la subdivision topographique des temples et la normalisation de la terminologie. L'équipe a aussi donné la possibilité d'associer les données aux images (clichés, relevés, dessins,...). L'enregistrement des images a été effectué sur « microfiches » afin de répondre aux exigences de la recherche et de diffusion de l'information:

- facilement modifiable;
- facilement reproductible;
- facilement diffusable;
- excellent rapport qualité/prix du support de stockage.

---

<sup>95</sup> Le terme "opération" recouvre un ensemble d'actions diversifiées qui peut aussi bien définir l'œuvre d'un artiste (un dessin, une description écrite, un cliché photographique,...) qu'une action programmée (fouille, restauration,...).



La chaîne complète de micro-fichage, installée au C.R.A, est pilotée par un micro-ordinateur sur lequel est implantée une banque de données, permettant la sélectivité de l'information. La fiche, et l'information qu'elle contient, a été structurée, en trois chapitres logiquement distincts afin de rendre sa lecture plus compréhensible:

**A) DEFINITION OPÉRATION :**

- Nature de l'opération: indique le type d'information décrite (fouille, photographie ancienne, récit de voyageur, relevés, interprétations,...).
- Identification unité: indique l'unité concernée par l'opération conformément à la subdivision du plan topographique du temple en secteur, structure et éventuellement en carroyage.
- Date: indique la date de l'opération (année/mois/ jour) ou les dates extrêmes de l'opération (début/fin fouille) .
- Responsables: indique le nom des responsables de l'opération (et l'organisme dont ils dépendent).
- Position de l'unité: indique la mise en évidence des relations d'antériorité, de postériorité et simultanéité de l'unité par rapport aux autres unités et à l'ensemble de la structure.
- Commentaire position: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente.
- Pédologie de la zone: indique tous les renseignements concernant le sol avant l'opération ou constatés par l'opération.
- Végétation et emploi du terrain: indique la nature de la couverture végétale de la zone et l'emploi qui était fait du terrain au moment de l'opération.

**B) MÉTHODE ET RÉSULTATS :**

- Motivation de l'opération: indique les motifs qui ont conduit à réaliser l'opération.
- Description de l'opération: indique chronologiquement les phases d'avancement de l'opération et les méthodes employées.

- Documentation: indique les natures, quantités et qualités de toute la documentation réalisée pendant l'opération (nombre de plans, coupes, rapport,...).
- Datations: indique l'intervalle chronologique en siècles ou en phases culturelles qui couvre l'ensemble de l'unité archéologique ainsi que les arguments qui ont conduit à la datation.
- Interprétations: indique et explique la contribution à l'accroissement des connaissances sur l'unité concernée par l'opération.

### C) ÉTAT APRES OPÉRATION :

- État de l'unité en fin d'opération: indique l'état physique de l'unité en fin d'opération (zone non touchée, zone remblayée par gravier,).
- Analyses: indique tous les types d'analyse qui ont été faits avec référence aux rapports d'analyse.
- Restauration: indique les restaurations qui ont accompagné l'opération.
- Opérations ultérieures envisagées: indique si les résultats de cette opération imposent ou ont imposé la réalisation de nouvelles opérations.
- Remarques sur opération: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente (par ex. études en cours).
- Description et conservation des matériaux: indique les lieux de stockage du matériel archéologique éventuellement repéré lors de l'opération ou les références au fichier matériel (liste numéros d'inventaires, par ex. B305 à B465).
- Publications: indique tous les rapports et publications liés directement à l'opération.

### **Annexe III : Banque de données documentaire du centre franco-égyptien d'études des temples de Karnak**

Le centre documentaire du C.F.E.T.K., réunit approximativement 28 000 fiches concernant tout le matériel archéologique (céramique, statuaire, blocs, inscriptions,...) provenant des temples. La grande diversité des équipes ayant travaillé dans le temple de Karnak depuis le début du siècle ainsi que les différents objectifs d'études qui les ont motivés a laissé des collections et des supports (fiche de bloc, fiche suiveuse d'objet, etc.) extrêmement hétérogènes.

La fiche Type utilisée était subdivisée en deux parties : la première réservée au cliché photographique et la seconde contient une brève description du sujet et de sa localisation.

Cette prépondérance donnée à l'image dans les documents a été jugée comme altérant *« sensiblement le rapport analyse/image au détriment de la partie factuelle. Ce déséquilibre prive le public des scientifiques des "outils" indispensables pour parvenir aux documents recherchés. L'information est présente et elle est "visible" mais difficilement accessible par un langage documentaire ou scientifique. »*. Des tentatives visant à pallier cette insuffisance ont été entreprises principalement par Mme Le Saout à travers des index manuels permettant l'accès à l'information selon certaines clés et suivant la méthode décimale de Dewey et dans laquelle une numérotation décimale permet d'affiner la recherche, en passant d'un niveau "générique" à un niveau plus "spécifique" et ceci suivant deux objectifs principaux :

a) Approfondir l'analyse des clichés photographiques comme un document scientifique et non limiter la recherche au simple "contenu externe" du cliché. Le développement, dans la fiche de renseignements, d'une partie réservée à l'analyse factuelle du matériel, a permis de rééquilibrer le rapport analyse-image. Dans les données factuelles, notre étude a intégré les données bibliographiques et graphiques en général. Une distinction trop nette aurait causé la perte d'une partie importante de l'information.

b) ouvrir le fond documentaire au public des scientifiques. La décision d'adopter pour le C.F.E.T.K., un modèle documentaire déjà expérimenté, dans notre cas le support d'information de la banque Égypte du musée du Louvre, a été prise en fonction d'objectifs divers:

5. profiter d'une expérience concrète de plusieurs années dans le secteur de la recherche documentaire en égyptologie afin d'éviter des chemins sans issue et contribuer, avec des innovations, à l'avancement des travaux dans ce domaine;
  - a. favoriser l'ouverture du centre documentaire et favoriser la diffusion de l'information au public des scientifiques.
6. L'adoption d'un même support de l'information permettra le partage et le transfert des données vers d'autres centres.
7. L'homogénéisation des rubriques et des terminologies permettra une meilleure organisation de la recherche en évitant aux scientifiques l'apprentissage d'un nouveau langage documentaire.

#### **A) RÉFÉRENCES ET ORIGINE OBJET :**

- Numéro de référence: le numéro, progressif, est donné automatiquement par l'ordinateur. ("Numéro du bordereau"-NBOR.)
- Numéro d'inventaire: indique tous les numéros que l'objet a reçu depuis sa découverte. L'enregistrement suivra un ordre chronologique: du numéro le plus récent au numéro le plus ancien. ("Numéros inventaires"-INVI.)
- Provenance: indique selon les lexiques terminologiques de la base Égypte la provenance de l'objet. Elle permet de préciser la provenance générique (ex. Karnak est), jusqu'à un terme spécifique, le carroyage (VII.N.23) ou la structure concernée (ex. Porte Est). ("Provenance" DECV.) Lexique ouvert.
- Commentaire Provenance: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente (ex. fouille Lortet 1908).(100.)

- Lieu de conservation: Localisation géographique du lieu de conservation avec le nom de l'édifice s'il existe. ("Localisation géographique" LOCA.) Lexique ouvert.
- Renseignements divers: description libre permettant de compléter les informations générales concernant les références et origine de l'objet et l'étude en cours (nom du chercheur responsable de l'étude).

## **B) ANALYSE OBJET :**

- Nature de l'objet: indique l'appartenance typologique de l'objet (Ex. Iinteau; outil/polissoir).("Typologie" TYPO.) Lexique fermé.("Catégorie objet" DENO.) Lexique fermé.
- Commentaire nature: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente.(40.)
- Forme ou décor: description du sujet représenté par l'objet ou dans l'objet (ex. hiéroglyphes / signe prophylactique / cartouche). ("Sujet de la structure" DESC.) Lexique fermé. ("Sujet du décor" REPR.) Lexique fermé.
- Commentaire forme ou décor: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente. (20.)
- Matière: indique la ou les matières constituant l'objet. Lexique fermé.
- Technique: indique la ou les techniques de réalisation de l'objet: mode de fabrication (ex. bloc épannelé / décor en léger relief). ("Technique principale " TECH 1.) Lexique fermé. ("Technique secondaire" TECH 2.) Lexique fermé.
- Dimensions: indique les différentes mesures (selon le volume capable) de l'objet et permet la recherche sur des classes de dimensions.
- Datation: indique l'attribution chronologique de l'objet selon la dynastie et le nom du pharaon. ("Datation"-EPOQ.) Lexique fermé.
- Commentaire datation: description libre permettant de développer l'argumentation de la datation. (120.)
- Datation en siècles: indiquée en chiffre permettant la recherche selon des tranches chronologiques. ("Datation en siècles" SCLE.) Lexique fermé.
- État de conservation: indique l'intégralité de l'objet et son état de conservation. Intact: l'état d'un objet qui n'a subi aucune cassure. Entier: l'état d'un objet dont

on dispose de tous les morceaux mais qui a été recollé. ("État de conservation" CONS.)

- Commentaire état de conservation: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente.
- Restauration: on indique ici dans l'ordre, l'importance de la restauration, l'endroit de la restauration, la technique utilisée et la date de l'opération.

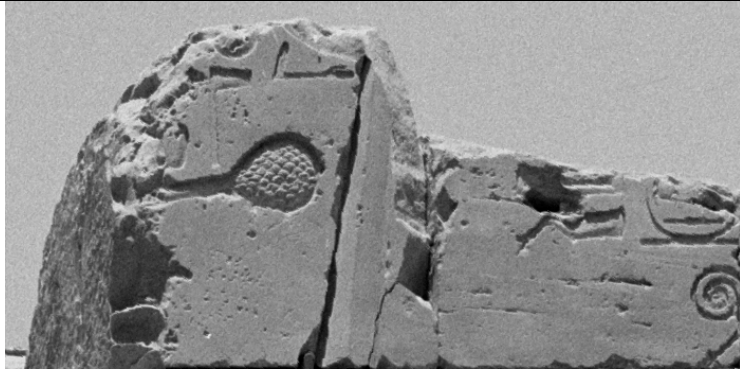


### C) ANALYSE DU TEXTE :

- Écriture: indique les caractères avec lesquels est rédigée l'inscription. ("Langue ou écriture" INSC.) Lexique fermé.
- Commentaire écriture: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente. (70.)
- Contenu du texte: indique le sujet développé dans le texte. ("Contenu du texte" TEXT.) Lexique fermé.
- Commentaire texte: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente.(80.)
- Noms propres: indique les noms propres, titres, relations familiales contenus dans le texte. ("Noms propres" ONOM.) Lexique fermé.
- Commentaire noms: description libre permettant de compléter les informations de la rubrique précédente.(90 )
- Transcription du texte: indique la transcription selon les normes internationales adoptées par le "Comité Égyptologie et Informatique".
- Traduction du texte: indique la traduction suivie du texte.
- Commentaire traduction: description libre permettant de compléter les informations des deux rubriques précédentes.

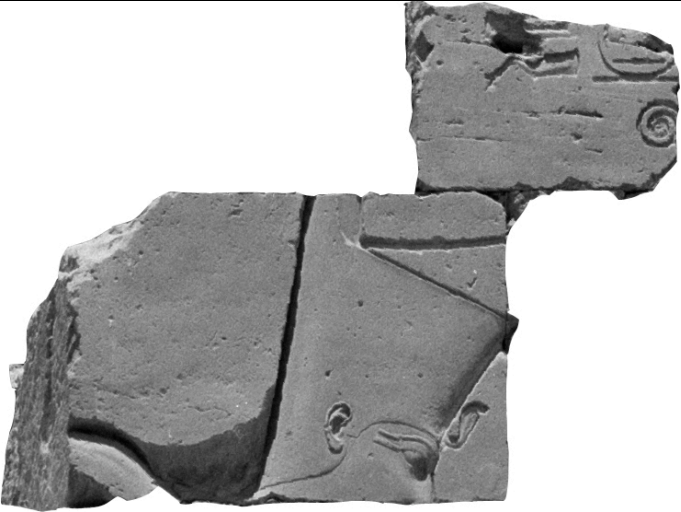

### D) DOCUMENTATION :



- Cliché: indique les numéros, formats et la date de la prise de vue. ("Numéro cliché" PHOT.) *Bibliographie*: indique les publications concernant l'objet
- Rédacteur: indique le nom du responsable de la rédaction de la fiche et la date de l'enregistrement.




### Annexe IV : Analyse des connections iconographiques du VIIème Pylône



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne courbe concave</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> </ul>



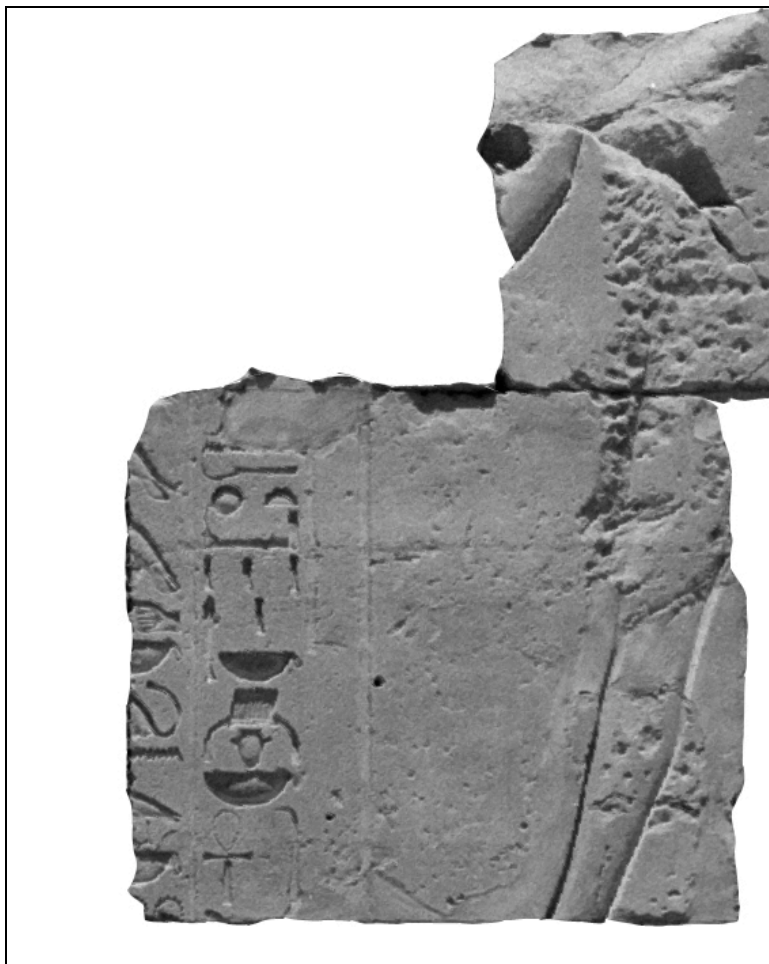
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> <li>○ Cartouche</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne courbe concave</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne courbe concave</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Double ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> <li>•</li> </ul>





- Continuité linéaire :
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité du type de gravure :
- Continuité de texture :
  - Martelage
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
-



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texture :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Martelage</li> </ul> </li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Double ligne</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>



- Continuité linéaire :
  - Ligne
- Continuité de relief :
  - Décrochement
  - Différence de niveau
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- 



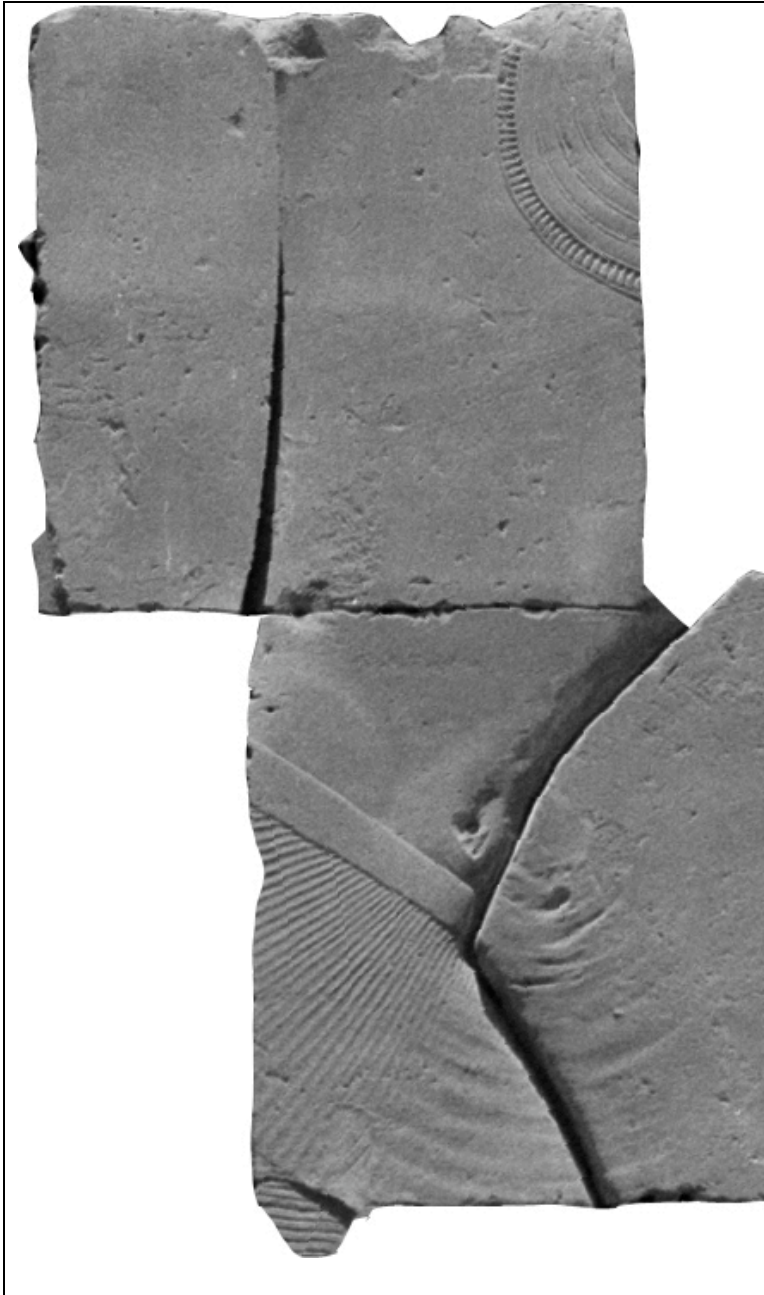
- Continuité géométrique :
  - Même Min-Max
  - Arrête commune de même direction
-

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte Vertical</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>





- Continuité linéaire :
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité de relief :
  - Décrochement
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Figure humaine
-





- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Figure humaine
- 



- Continuité géométrique :
  - Même Min-Max
  - Arrête commune de même direction
-

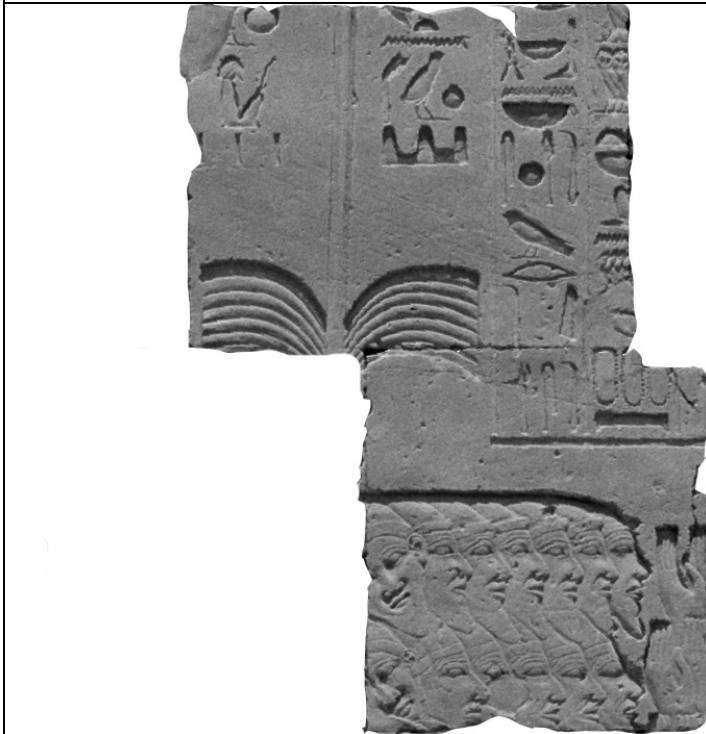
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne courbe concave</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>

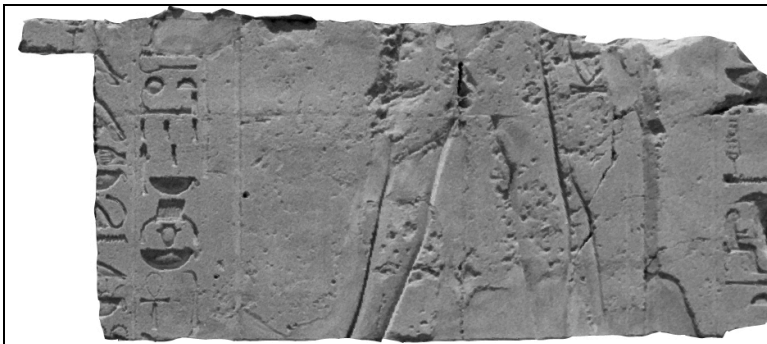




- Continuité linéaire :
  - Double ligne
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Autre élément
- Continuité de relief :
  - Décrochement
  - Différence de niveau
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- 





- Continuité linéaire :
  - Double ligne verticale
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Autre signe
- Continuité du type de gravure :
- Continuité de texte :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Texte
- Continuité de zone :
  - Texte






- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité du type de gravure :
- Continuité de texture :
  - Martelage
- Continuité géométrique :
  - Même Min-Max
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Figure humaine
- 





- Continuité linéaire :
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
  - Signe hiéroglyphique
- Continuité de relief :
  - Décrochement
- Continuité du type de gravure :
- Continuité de texte :
- Continuité géométrique :
  - Même Min-Max
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Texte
  - Figure humaine
- Continuité de zone :

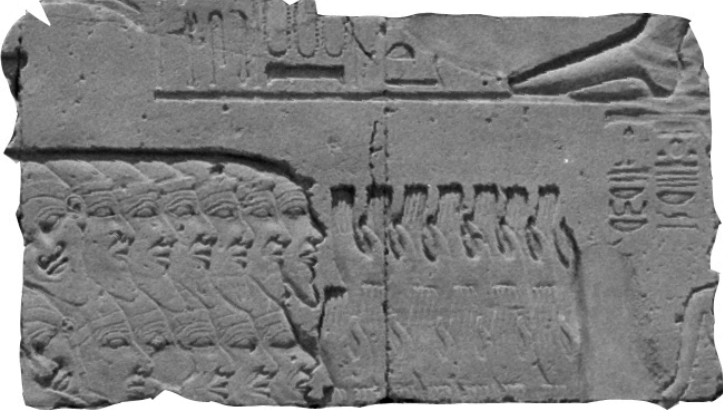

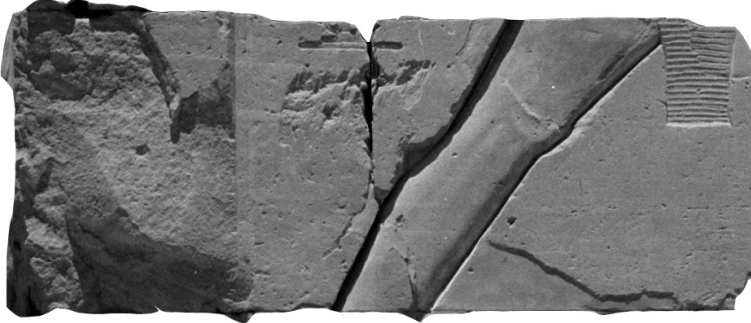
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> <li>○ Différence de niveau</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>

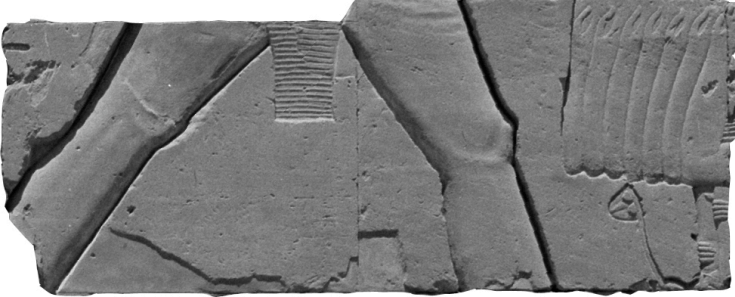





	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Double ligne</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> <li>○ Différence de niveau:</li> </ul> </li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texture :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe particulier</li> </ul> </li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ Autres Signes</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Différence de niveau</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Figure humaine</li> <li>○ Autre</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Double ligne</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Autres signes</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief :</li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief :</li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Double ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> </ul> </li> </ul>

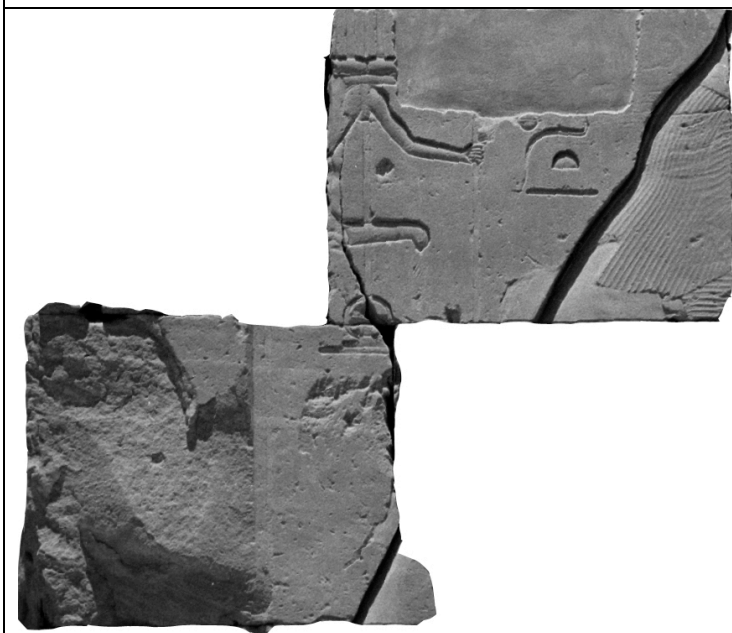
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cartouche</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Double ligne</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Figure humaine</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ humain</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> </ul> </li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>

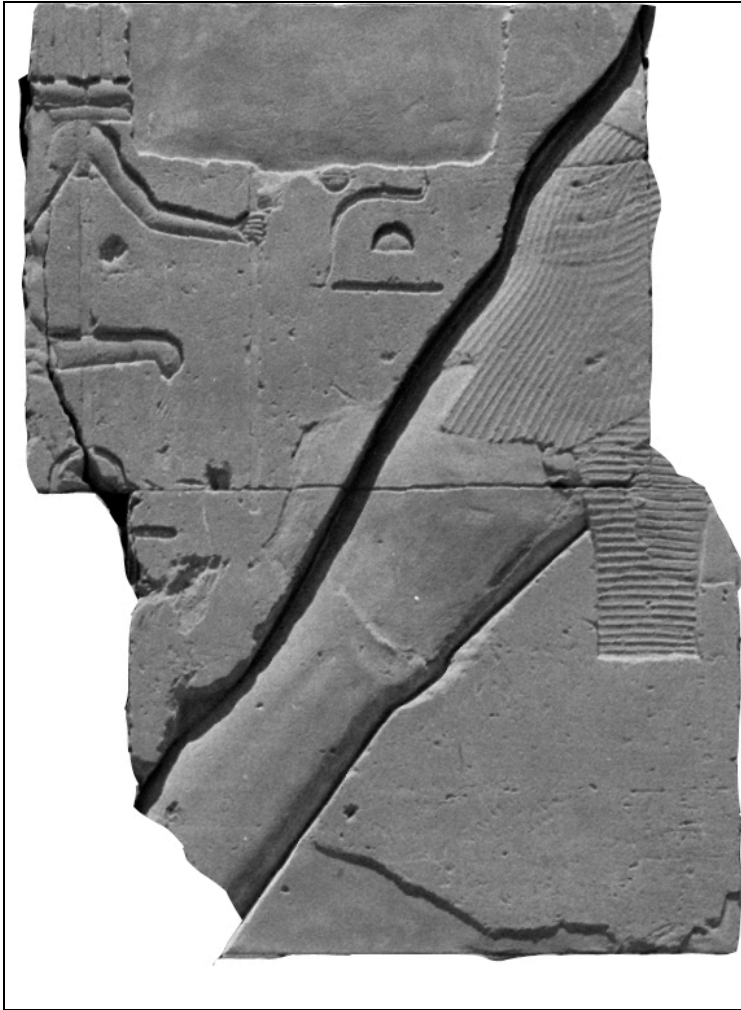




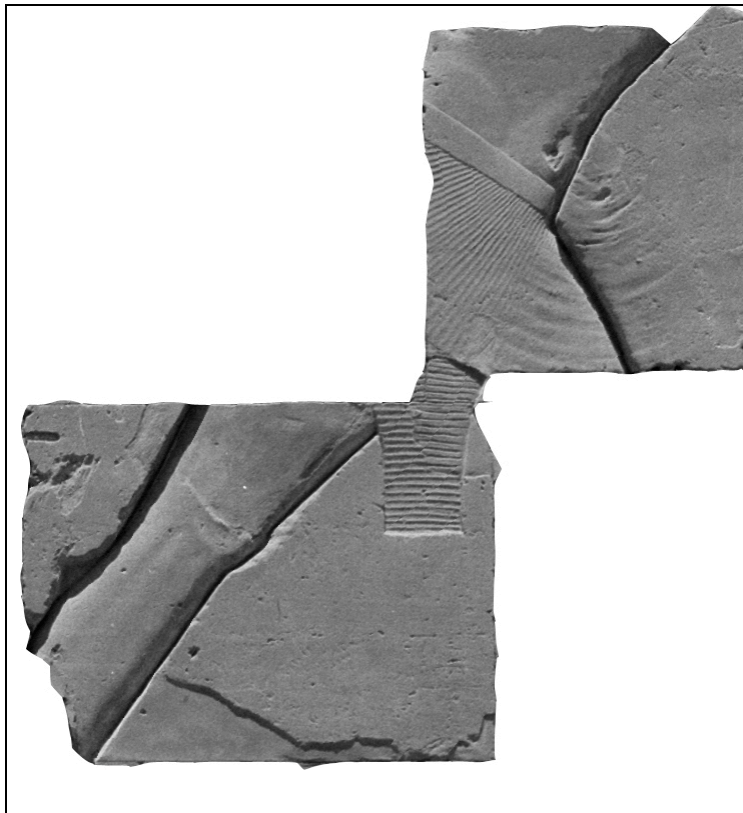
- Continuité linéaire :
  - Ligne
- Continuité de relief :
  - Décrochement
  - Différence de niveau
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- 



- Continuité linéaire :
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
  - Signe hiéroglyphique
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Texte
-



- Continuité linéaire :
  - Double ligne
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
  - Signe hiéroglyphique
- Continuité de relief :
  - Décrochement
- Continuité du type de gravure :
- Continuité de texture :
  - Signe particulier
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - humain
-



- Continuité linéaire :
  - Ligne
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité de relief :
  - Décrochement
- Continuité du type de gravure :
  - Signe particulier
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - humain
-



- Continuité linéaire :
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité de relief :
  - Décrochement
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - humain
-

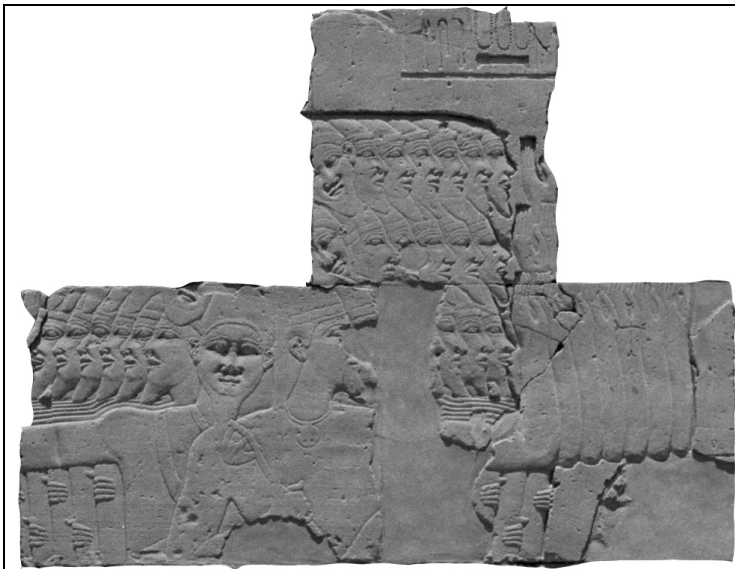




- Continuité linéaire :
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - autre
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - autre
- 



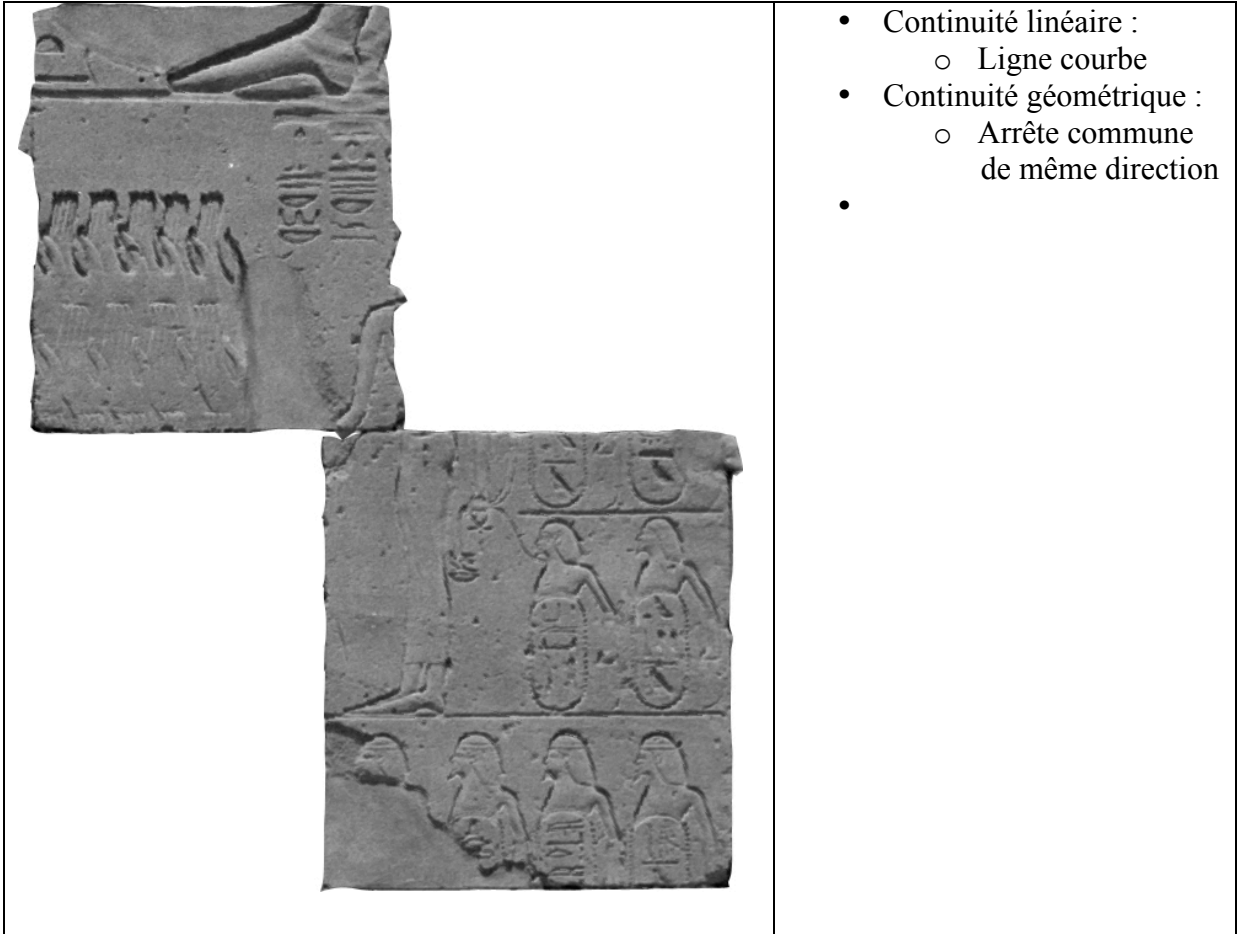
- Continuité linéaire :
  - Double ligne
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - humain
-



- Continuité linéaire :
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - humain
- 



- Continuité linéaire :
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - humain

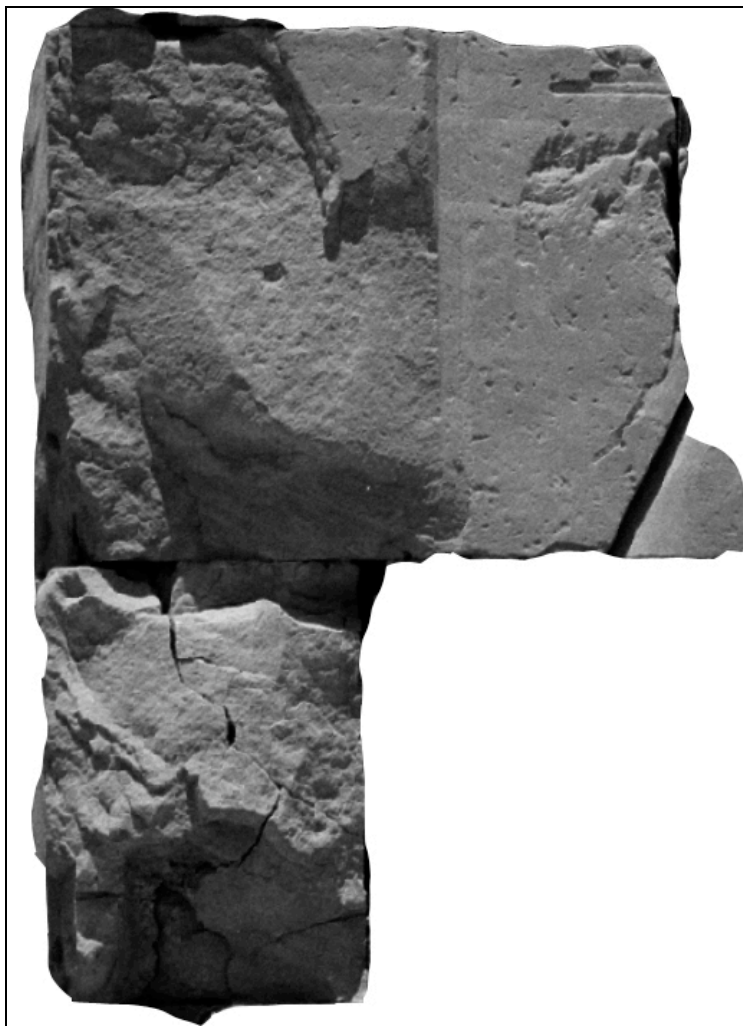




- Continuité linéaire :
  - Ligne
  - Double ligne
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
  - autre
- Continuité de relief :
  - Décrochement
  - Différence de niveau
- Continuité du type de gravure :
- Continuité de texte :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Texte
  - Cartouche
  - Humain
- Continuité de zone :



- Continuité linéaire :
  - Ligne
- Continuité de relief :
  - Décrochement
  - Différence de niveau
- Continuité du type de gravure :
- Continuité de texte :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Texte
- Continuité de zone :



- Continuité de relief :
  - autre
- Continuité de texture :
  - Signe particulier
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
-

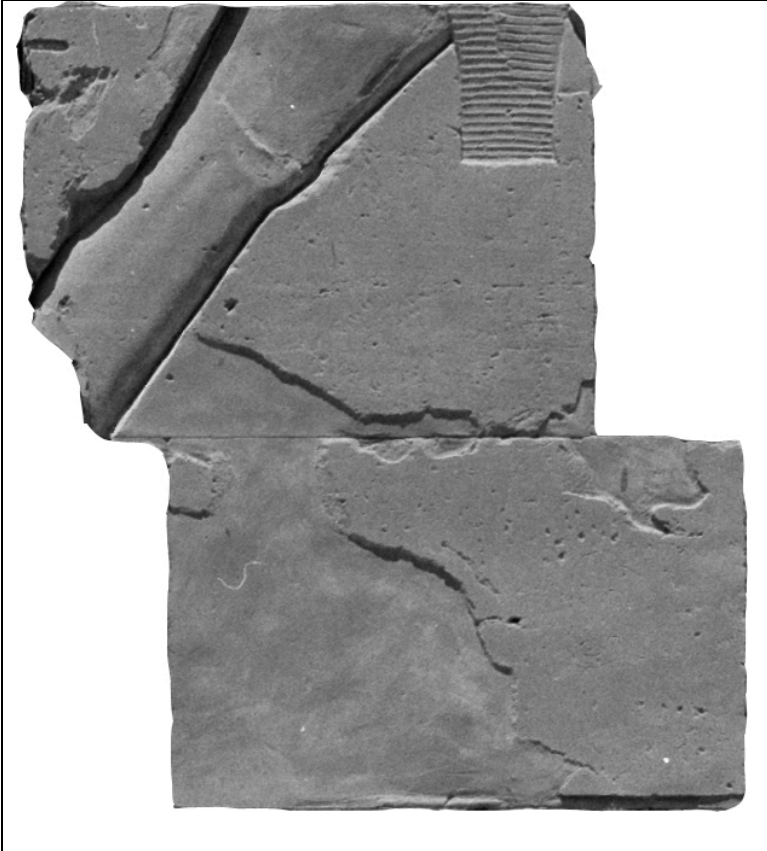
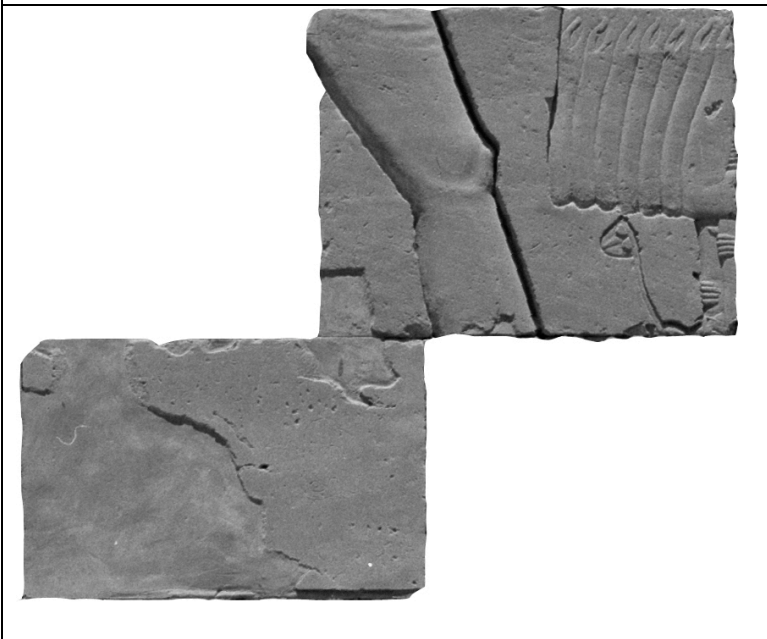






- Continuité linéaire :
  - Ligne
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité de relief :
  - Décrochement
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Humain
- 





- Continuité linéaire :
  - Ligne
  - Ligne courbe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
- Continuité de relief :
  - Décrochement
- Continuité du type de gravure :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Humain
-

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Continuité géométrique :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Arrête commune de même direction</li></ul></li><li>•</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Continuité géométrique :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Arrête commune de même direction</li></ul></li><li>•</li></ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ autre</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Décrochement</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Humain</li> <li>○ autre</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ autre</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Humain</li> <li>○ autre</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>

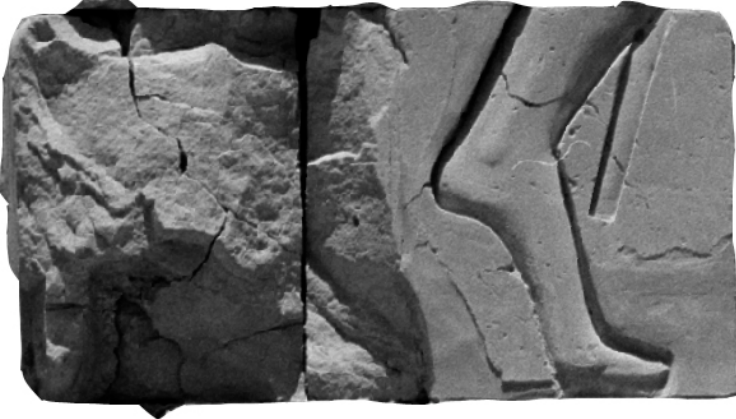
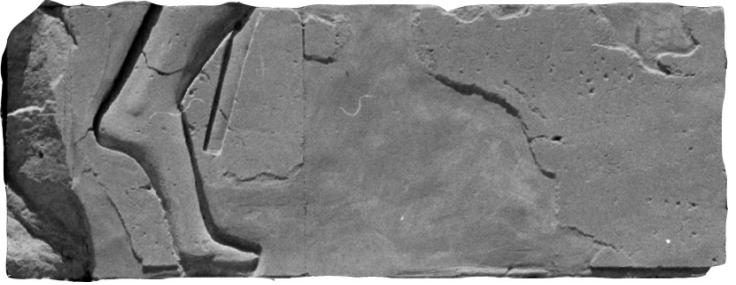


	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Humain</li> <li>○ autre</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ autre</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème :       <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Humain</li> <li>○ autre</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>





- Continuité linéaire :
  - Ligne
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
  - autre
- Continuité du type de gravure :
- Continuité de texte :
- Continuité géométrique :
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :
  - Texte
  - Cartouche
  - Humain
- Continuité de zone :







- Continuité linéaire :
  - Ligne
  - Double ligne
  - Ligne courbe concave
  - Ligne courbe convexe
- Continuité iconographique :
  - Partie humaine
  - Signe hiéroglyphique
  - autre
- Continuité de relief :
  - Décrochement
  - Différence de niveau
- Continuité du type de gravure :
- Continuité de texture :
  - Martelage
  - Signe particulier
- Continuité de texte :
- Continuité géométrique :
  - Même Min-Max
  - Arrête commune de même direction
- Continuité du thème :


	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> <li>○ Cartouche</li> <li>○ Humain</li> <li>○ autre</li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité de texture : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe particulier</li> </ul> </li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>•</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ autre</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique :</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Humain</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ autre</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Humain</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> <li>○ Cartouche</li> <li>○ Humain</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Humain</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne creusé horizontale</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texture : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe particulier</li> </ul> </li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> <li>○ Cartouche</li> <li>○ Humain</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne creusé horizontale</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texture : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Signe particulier</li> </ul> </li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> <li>○ Cartouche</li> <li>○ Humain</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Double ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> </ul> </li> <li>• Continuité de relief : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne creusé horizontale</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Même Min-Max</li> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> <li>○ Cartouche</li> <li>○ Humain</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Continuité linéaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ligne</li> <li>○ Ligne courbe</li> </ul> </li> <li>• Continuité iconographique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Partie humaine</li> <li>○ Signe hiéroglyphique</li> <li>○ autre</li> </ul> </li> <li>• Continuité du type de gravure :</li> <li>• Continuité de texte :</li> <li>• Continuité géométrique : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Arrête commune de même direction</li> </ul> </li> <li>• Continuité du thème : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Texte</li> <li>○ Cartouche</li> <li>○ Humain</li> </ul> </li> <li>• Continuité de zone :</li> </ul>



## **Annexe V : Description des scènes d'offrande**

Liste de mots-clés servant à décrire les scènes d'offrande sur les blocs et les murs dressées par Mr Jean Revez Dans le cadre du projet Karnak.

### **Organisation spatiale des principaux éléments iconographiques des scènes d'offrande.**

- Liste des offrandes les plus courantes
  - produits offerts par le roi:
    - onguent *mDt*
    - encens
    - jarre *nmst*
    - plume maat
    - terre sht
    - autre
  - **Produits offerts par le dieu :**
    - pilier dd
    - sceptre was
    - sceptre nhh
- Personnages
  - Orientation: combinaisons possibles.
    - Orientation personnage seul
      - gauche
      - droite
    - Orientation personnages par paire

- gauche      gauche
- gauche      droite
- droite      gauche
- droite      droite

- **Orientation personnages par trio**

- gauche      gauche      gauche
- gauche      gauche      droite
- gauche      droite      gauche
- gauche      droite      droite
- droite      gauche      gauche
- droite      gauche      droite
- droite      droite      gauche
- droite      droite      droite

- **Attitude: stations les plus fréquentes.**

- Station (personnage seul).

- debout
- droite (LC SI, pl. 41, sc. 30')
- penchée (LC SI, pl. 39, sc. 25')
- assise (Cah. Karn. XI, Arnaudiès-Montélimard, pl. I)
- agenouillée (LC SI, pl. 38, sc. 23')



Figure : Exemples de postures  
dans les scènes égyptiennes

- position de la tête
  - orientée vers l'avant (LC SI, pl. 28, sc. 3')
  - orientée vers l'arrière (LC SI, pl. 28, sc. 4').
- bras devant
  - long du corps (S.I/façade sud)
  - semi-replié (avant-bras vers bas) (tenant l'avant-bras arrière d'un personnage) (S.I/façade sud)
  - semi-replié (avant bras vers bas) (tenant bâton)
  - plié (tenant offrande, avant-bras vers le haut) (S.I/façade sud)
  - levé (placé sur l'épaule arrière d'un personnage qui lui fait face).
  - semi-replié (avant-bras vers le bas, au niveau du pagne d'un personnage qui lui fait face).
  - semi-replié (avant bras vers le haut, tenant objet au nez d'un personnage qui lui fait face, S.I, pl. 14, sc. 6)

- bras arrière
  - long du corps
  - derrière vers le haut (ityphallique).
  - levé vers l'avant (S.I/façade sud, 2 pilier gauche).
  - levé vers l'avant (tenant objet devant le nez d'une personne qui lui fait face).
  - tendu vers l'avant (S.I, pl. 14, sc. 5)
  - semi-replié vers le haut, présentant offrande (S.I, pl. 15, scène 8)
- position de la main :
  - ouverte/fermée.
  - tenant objet/tenant pas objet
- position par rapport à un autre personnage :
  - derrière
  - devant
  - face
- Position du pied avant:
  - pied droit/gauche
  - devant/derrière pied avant de personnage qui lui fait face.
- Position du pied arrière :
  - pied droit/gauche
- Position du haut du bras arrière (en degrés, utile pour les raccordements de blocs).

- 0-20
  - 21-40
  - 41-60
  - 61-80
  - 81-100
  - 101-120
  - 121-140
  - 141-160
  - 161-180
  - 181-200
  - 201-220
  - 221-240
  - 241-260
  - 261-280
  - 281-300
  - 301-320
  - 321-340
  - 341-359
- 
- Position du haut du bras avant (en degrés).
    - 0-20
    - 21-40
    - 41-60

- 61-80
  - 81-100
  - 101-120
  - 121-140
  - 141-160
  - 161-180
  - 181-200
  - 201-220
  - 221-240
  - 241-260
  - 261-280
  - 281-300
  - 301-320
  - 321-340
  - 341-359
- Position du bas du bras arrière (en degrés).
- 0-20
  - 21-40
  - 41-60
  - 61-80
  - 81-100
  - 101-120
  - 121-140

- 141-160
  - 161-180
  - 181-200
  - 201-220
  - 221-240
  - 241-260
  - 261-280
  - 281-300
  - 301-320
  - 321-340
  - 341-359
- Position du haut du bras avant (en degrés).
    - 0-20
    - 21-40
    - 41-60
    - 61-80
    - 81-100
    - 101-120
    - 121-140
    - 141-160
    - 161-180
    - 181-200
    - 201-220

- 221-240
- 241-260
- 261-280
- 281-300
- 301-320
- 321-340
- 341-359

▪ Type de coiffe les plus fréquents : Dieu



Couronne à plumes (LC SI, pl. 25, sc. 28, Amon)



Couronne à disque solaire avec plumes (LC SI, pl. 16, sc. 10)



Couronne à disque solaire (LC SI, pl. 16, sc. 9)

▪ Type de coiffe les plus fréquents : Roi



couronne rouge (LC SI, pl. 16, sc.



blanche (LC SI, pl. 12, sc. 1, roi)



perruque ronde avec uréus (LC SI,





double couronne (pschent) (LC SI, pl. 17, sc. 12)



nemes (LC SI, pl. 41, sc. 29')

▪ Pagnes les plus fréquents :



Pagne court (LC SI, pl. 12, sc. 1)



Pagne chendjyt (LC SI, pl. 15, sc. LC SI = Lacau, Chevrier, Sésostris Ier

**Chartes et recommandations in**

*Charte d'Athènes pour la Restauration des Monuments Historiques*, adoptée lors du premier congrès international des architectes et techniciens des monuments historiques, Athènes, **1931**.