



HAL
open science

Conception architecturale architecturologiquement assistée par ordinateur

Philippe Boudon, Philippe Deshayes, Frédéric Pousin, Françoise Schatz

► **To cite this version:**

Philippe Boudon, Philippe Deshayes, Frédéric Pousin, Françoise Schatz. Conception architecturale architecturologiquement assistée par ordinateur. [Rapport de recherche] 0862/94, Laboratoire d'architecturologie et de recherche épistémologique sur l'architecture (LAREA); Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy; Bureau de la recherche architecturale (BRA). 1993, pp. 350. hal-03097514

HAL Id: hal-03097514

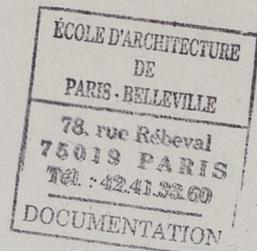
<https://hal.science/hal-03097514>

Submitted on 5 Jan 2021

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

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

CORDA 862



**Conception Architecturale
Architecturologiquement
Assistée par ordinateur**

**C3A0
1993
Rapport final**

*Programme quadriennal 1990-1993
(IV-a)*

Philippe Boudon / Philippe Deshayes / Frédéric Pousin / Françoise Schatz

**Tome I
Architecturologie et informatique**

LAREA
ua CNRS 1262

- Ecole d'Architecture de Nancy -
- Bureau de la Recherche Architecturale

EA PARIS Belleville



0004135

CORDA 862



**Conception Architecturale
Architecturologiquement
Assistée par ordinateur**

**C3A0
1993
Rapport final**

*Programme quadriennal 1990-1993
(IV-a)*

Philippe Boudon / Philippe Deshayes / Frédéric Pousin / Françoise Schatz

**Tome I
Architecturologie et Informatique**

LAREA
ua CNRS 1262

- Ecole d'Architecture de Nancy -
- Bureau de la Recherche Architecturale



E

5

Inv .. 111.05.....
MFN .. 2648.....
Cote .. C.O.R.D.A. 862

**Conception Architecturale
Architecturologiquement
Assistée par ordinateur**



**C3A0
1993
Rapport final**

*Programme quadriennal 1990-1993
(IV-a)*

Philippe Boudon / Philippe Deshayes / Frédéric Pousin / Françoise Schatz

**Tome I
Architecturologie et informatique**

Le présent rapport est le fruit d'un travail engagé, pour le Bureau de la Recherche Architecturale du Ministère de l'Équipement, dans le cadre d'un programme quadriennal de recherche sur la période 1990-1993. Son contenu n'engage que la responsabilité de ses auteurs

LAREA
ua CNRS 1262

- Ecole d'Architecture de Nancy -
- Bureau de la Recherche Architecturale

- Table des matières -

<u>Introduction : Une programmation assistée par l'architecturologie ?</u>	5
<u>Première partie :</u>	
<u>Réflexion épistémologique sur l'interface architecturologie/informatique</u>	8
1.1. <u>Quel espace pour la conception ?</u>	9
1.1.1 <u>C.A.O. et/ou D.A.O.: la conception ne vit pas seulement d'images</u>	9
Echelle et forme architecturale.....	10
Echelle et géométrie.....	12
Vitrage.....	14
1.1.2 <u>L'édifice n'existe pas encore</u>	15
Echelle, mesure et dimensionnement.....	15
Trois situations de conception particulières.....	16
1.1.3 <u>Des éléments stables:conception ou composition?</u>	17
La doctrine de W. Mitchell.....	19
Le cas de la tradition des théories d'architecture.....	20
L'approche de P. Quintrand.....	21
Modèles de décision et de résolution de problèmes.....	22
1.1.4 <u>Recherche d'éléments stables substitués</u>	24
Utilisation pragmatique du point de vue architecturologique.....	25
Une CAO architecturologiquement structurée.....	26
1.1.5 <u>Un espace de conception</u>	26
1.1.6 <u>Réflexions épistémologiques</u>	32
Un certain "parallélisme".....	33
Inversion du rapport. architecturologie/informatique.....	34
Conjonction architecturologie et informatique.....	35
Processus ou espace de conception.....	36
Pertinence et fonction.....	38
1.2. <u>Vers la conception d'un espace pour la conception</u>	41
1.2.1 <u>Approches empiriques d'instrumentations à disposition pour une C3AO</u>	41
Usages heuristiques de logiciels pour la conception de futurs logiciels.....	41
Vérification d'orthographe et C3AO.....	41

Le présent document correspond au rapport scientifique final du travail engagé, pour le Bureau de la Recherche Architecturale du Ministère de l'Équipement, dans le cadre d'un programme quadriennal de recherche sur la période 1990-1993. Son contenu n'engage que la responsabilité de ses auteurs

- Table des matières -

Introduction : Une programmation assistée par l'architecture ?	5
Première partie :	
<u>Réflexion épistémologique sur l'interface architecture/informatique</u>	8
1.1. Quel espace pour la conception ?	9
<u>1.1.1. C.A.O. et /ou D.A.O.: la conception ne vit pas seulement d'images.</u>	9
Echelle et forme architecturale	10
Echelle et géométrie	12
Verbe/image	14
<u>1.1.2. L'édifice n'existe pas encore</u>	15
Echelle, mesure et dimensionnement	15
Trois situations de conception particulières	16
<u>1.1.3. Des éléments stables:conception ou composition?</u>	17
La doctrine de W. Mitchell	19
Le cas de la tradition des théories d'architecture	20
L'approche de P. Quintrand	21
Modèles de décision et de résolution de problème	22
<u>1.1.4. Recherche d'éléments stables substituifs.</u>	24
Utilisation pragmatique du point de vue architecturologique	25
Une CAO architecturologiquement structurée.	26
<u>1.1.5. Un espace de conception</u>	26
Le cube architecturologique comme formalisation possible de l'espace de conception	28
Vers un usage de l'architecture : la recherche de J.M. Sandeau	30
<u>1.1.6. Réflexions épistémologiques</u>	32
Un certain "parallélisme"	33
Inversion du rapport. architecture/informatique.	34
Conjonction architecture et informatique	35
Processus ou espace de conception.	36
Pertinence et fonction	38
1.2. Vers la conception d'un espace pour la conception.	41
<u>1.2.1. Approches empiriques d'instrumentations à disposition pour une C3AO.</u>	41
Usages heuristiques de logiciels pour la conception de futurs logiciels	41
Vérification d'orthographe et C3AO	41

Usages de logiciels pertinents pour la conception.....	42
Recherche de pertinence de logiciel pour la conception.....	43
1.2.2. L'espace de conception envisagé comme émergence de la rencontre théorie/instrumentation.	46
Réalité empirique, réalité théorique.....	46
1.2.3. L'espace de conception envisagé du côté de l'instrumentation.	55
Fonctions de l'ordinateur pour une C3AO.....	55
1.2.4. L'espace de conception envisagé du côté de la théorie.	56
 Deuxième partie :	
Des cahiers des charges architecturologiques pour l'informatique:	
idées logicielles et opérations infographiques.....	60
Présentation. :	61
 2.1. De l'architecturologie vers l'informatique :idées de logiciels relatifs à l'architecturologie	62
2.1.1. Logiciels d'aide à la mesure	62
Différenciation des pertinences	62
Pas de mesure	62
Niveau de conception et dimensionnement régulier	63
2.1.2. Logiciels "formes, découpages, géométries"	64
Déformation géométrique des figures architecturales.....	64
Découpage I	64
Découpage II	64
Forme / mesure.....	64
Reconnaissance des niveaux de conception.....	65
2.1.3. Logiciels "corpus AAAO"	66
Jeu modèle/ échelle	66
Jeu modèle/ échelle II	66
Surdétermination, relais, cascades d'échelles, champs de	
valorisation	66
Niveau de conception et échelle cartographique :.....	67
Encyclopédie	67
2.1.4. Logiciels "embrayage"	68
Echelle cartographique	68
Dimensionnements hypothétiques	68
2.1.5. Logiciels "accroissement"	69
Accroissement en proportion	70
Accroissement	70

<u>2.1.6. Logiciels "composition"</u>	71
Jeu de façade	71
Niveau de conception	71
<u>2.1.7. Logiciels "processus"</u>	73
Moment de conception	73
Historique d'enchaînements d'échelles	73
Echelles et opérations graphiques	73
<u>2.1.8. Exemple de scénario descriptif de deux logiciels</u> <u>logiciels</u>	74
Le scénario pourrait alors être le suivant	75
Le scénario pourrait être le suivant	76

2.2. De l'informatique vers l'architecturologie : opérations informatisées pour l'architecturologie..... 78

<u>2.2.1. liste des opérations</u>	80
. Embrayage dimensionnel.	80
. Voisinage.	80
. Alignement/déplacement.	80
. Conception architecturale et typographie.....	80
. Déformation optique.....	81
. Substitution par déplacement.	81
. Papier quadrillé informatique.	81
. Dimensionnement.....	82
. Décalque.	82
. Visibilité.....	82
. Qualification	82
. Inférence.....	83
. Symbole.....	83
. Niveau de conception.....	83

<u>2.2.2. Opérations et échelles</u>	84
--	----

Troisième partie :

<u>Faits de mesure, faits de conception, échelles et opérations de conception</u>	85
<u>Présentation</u>	86

3.1. Observation empirique de faits de conception..... 88

<u>3.1.1. Faits de conception, implexes ou échelles?</u>	89
Des implexes pour des faits complexes.	89
Faits de conception et faits de mesure.....	97

<u>3.1.2. Repérage de faits de conception liés à la mesure</u>	103
Diversité des informations sous-jacentes à une échelle.	104
Exemple de l'échelle cartographique	105

<u>3.1.3 Conclusion</u>	122
-------------------------------	-----

3.2. Elaboration d'un corpus de faits de mesure.....	126
<u>3.2.1 Modalités opératoires de mesure.....</u>	127
Opérations architecturologiques.....	127
Faits et opérations de mesure.....	134
<u>3.2.2 Construction de faits de mesure d'une échelle particulière (échelle cartographique).....</u>	135
Complexité des opérations de mesure dans une échelle.....	135
Enoncé résumé des faits de mesure relatifs à l'échelle cartographique.....	139
Exemples associés.....	141
<u>3.2.3 Enoncé du copus de faits de mesure.....</u>	145
E1. échelle cartographique.....	146
E.2. échelle économique.....	146
E3. échelle d'extension.....	146
E4. échelle fonctionnelle.....	147
E5. échelle géographique.....	147
E6. échelle géométrique.....	147
E7. échelle humaine.....	147
E8. échelle de modèle.....	147
E9. échelle optique.....	148
E10. échelle parcellaire.....	148
E11. échelle sémantique.....	148
E12. échelle socio-culturelle.....	148
E13. échelle symbolique formelle.....	148
E14. échelle symbolique dimensionnelle.....	148
E15. échelle technique.....	149
E16. échelle de visibilité.....	149
E17. échelle de voisinage.....	149
<u>3.2.4. Conclusion: insertion du corpus dans la perspective d'interface architecturologie/informatique.....</u>	149
Praticabilité de l'interface.....	149
Association de faits de mesure deux à deux.....	152
3.3. Algorithmes logiques d'association de faits de mesure.....	156
<u>3.3.1 Croisement des faits de mesure de l'échelle cartographique entre eux.....</u>	157
Rappel des faits de mesure de l'échelle cartographique.....	157
Algorithmes logiques.....	157
<u>3.3.2 Croisement des faits de mesure de l'échelle cartographique avec ceux de l'échelle géographique.....</u>	160
Rappel des faits de mesure de l'échelle cartographique.....	160
Algorithmes logiques.....	161
<u>3.3.3. Conclusion.....</u>	165

Introduction : une programmation assistée par l'architectureologie ?

La technicité informatique a longtemps laissé penser que la programmation relevait de la seule compétence de ceux qui détenaient les savoirs spécifiques à l'informatique. Une longue formation était nécessaire à ceux qui prenaient en main la production de logiciels. Mais l'historique récente montre que la programmation se rapproche sans cesse de ce qu'il convient d'appeler l'utilisateur, tout au moins pour une partie de ce qui la concerne, ce qui naturellement n'exclut pas par ailleurs l'avancée des techniques les plus pointues. Une part importante du programme de travail du programmeur est aujourd'hui d'aller chercher auprès d'experts les informations utiles à traiter et les experts deviennent alors un peu les Monsieur Jourdain de l'informatique¹. L'acquisition des connaissances relatives à un domaine et permettant une informatisation est même devenue difficile au point qu'elle a suscité l'apparition de nouveaux métiers comme celui d'"ingénieur de la connaissance". Procédant généralement par enquêtes leurs travaux s'exposent à l'empirisme de l'approche du spécialiste (qui génère des difficultés pouvant alimenter de nouvelles enquêtes . . .) alors qu'une production théorique du domaine peut de son côté laisser espérer un raccourcissement considérable de la tâche de mise en ordre des connaissances du domaine. La production (théorique) de connaissances pourrait ainsi s'avérer utile à l'acquisition de connaissances . . .² Quel que soit le penchant des uns pour une démarche ou pour l'autre, celle de l'enquête empirique ou celle de la production théorique, on ne devrait s'interdire d'évacuer l'une au profit de l'autre, comme si l'une seulement pouvait apporter les connaissances utiles à l'informatisation du domaine. Or dans le domaine de l'architecture les travaux franchement théoriques ne sont pas très nombreux et c'est en partant de l'idée que l'effort d'éluoidation du travail de conception architecturale effectué par l'architectureologie pourrait être de quelque utilité aux informaticiens concernés par le domaine de l'architecture que nous avons abordé ici la question d'une interface entre architectureologie et informatique.

¹ cf. Josiane Jouët, in *L'informatique "sans le savoir"*.

² Ainsi en va-t-il pour prendre un exemple dans une autre domaine, en linguistique, où des auteurs comme A. Culicci ont pu critiquer la précipitation informatique par rapport à une avancée normalement théorique de la connaissance, exigée en préalable, idée reconnue par les informaticiens aujourd'hui dans le domaine du langage artificiel.

Introduction : une programmation assistée par l'architecturologie ?

La technicité informatique a longtemps laissé penser que la programmation relevait de la seule compétence de ceux qui détenaient les savoirs spécifiques à l'informatique. Une longue formation était nécessaire à ceux qui prenaient en main la production de logiciels. Mais l'historique récente montre que la programmation se rapproche sans cesse de ce qu'ils convient d'appeler l'utilisateur, tout au moins pour une partie de ce qui la concerne, ce qui naturellement n'exclut pas par ailleurs l'avancée des techniques les plus pointues. Une part importante du programme de travail du programmeur est aujourd'hui d'aller chercher auprès d'experts les informations utiles à traiter et les experts deviennent alors un peu les Monsieur Jourdain de l'informatique¹. L'acquisition des connaissances relatives à un domaine et permettant une informatisation est même devenue difficile au point qu'elle a suscité l'apparition de nouveaux métiers comme celui d'"ingénieur de la connaissance". Procédant généralement par enquêtes leurs travaux s'exposent à l'empirisme de l'approche du spécialiste (qui génère des difficultés pouvant alimenter de nouvelles enquêtes . . .) alors qu'une production théorique du domaine peut de son côté laisser espérer un raccourcissement considérable de la tâche de mise en ordre des connaissances du domaine. La production (théorique) de connaissances pourrait ainsi s'avérer utile à l'acquisition de connaissances. . .² Quel que soit le penchant des uns pour une démarche ou pour l'autre, celle de l'enquête empirique ou celle de la production théorique, on ne devrait s'interdire d'évacuer l'une au profit de l'autre, comme si l'une seulement pouvait apporter les connaissances utiles à l'informatisation du domaine. Or dans le domaine de l'architecture les travaux franchement théoriques ne sont pas très nombreux et c'est en partant de l'idée que l'effort d'élucidation du travail de conception architecturale effectué par l'architecturologie pourrait être de quelque utilité aux informaticiens concernés par le domaine de l'architecture que nous avons abordé ici la question d'une interface entre architecturologie et informatique.

¹ cf. Josiane Jouët, in *L'informatique "sans le savoir"*.

² Ainsi en va-t-il, pour prendre un exemple dans une autre domaine, en linguistique, où des auteurs comme A. Culioli ont pu critiquer la précipitation informatique par rapport à une avancée normalement théorique de la connaissance, exigée en préalable, idée reconnue par les informaticiens eux-mêmes aujourd'hui dans le domaine du langage artificiel.

Nous fûmes encouragés en cela par des informaticiens³ qui, ayant fabriqué des produits utiles à la réalisation et à la mise en oeuvre de projets d'architecture⁴, ressentaient de leur côté un besoin d'examiner la possibilité de déplacer l'utilisation de l'informatique vers l'amont du projet architectural, c'est-à-dire vers ce qu'il convient d'appeler *la conception architecturale*, et pensaient eux-même que l'architecturologie pouvait être de quelque utilité dans ce but. Réciproquement, nous nous sommes demandé ce que l'ordinateur pouvait apporter à la modélisation particulière de la conception architecturale que propose l'architecturologie dès lors que celle-ci opère un déplacement de l'espace architectural, par définition déjà conçu, vers la conception. Nous étions en particulier intéressés par l'exigence de modélisation plus poussée de notre domaine théorique que stimule généralement le projet d'informatisation. Plus l'effort de modélisation apporté du côté de l'architecturologie est poussé plus l'espoir d'une articulation sur une opérationnalité informatique peut en effet grandir. Un tel effort de modélisation a été effectué d'une part au niveau général, c'est-à-dire macro, de la théorie architecturologique qui donne lieu au contenu du troisième tome de notre recherche⁵; d'autre part au niveau d'une visée d'opérationnalité qu'on dira micro, effectuée dans l'espoir d'une articulation opérationnelle avec l'informatique. Celle-ci de son côté aura comporté deux pistes de travail, l'une que l'on dira par pure commodité ascendante, l'autre descendante, distinction sur laquelle nous reviendrons plus loin mais qui ne vise qu'à indiquer la complémentarité de deux aspects de l'interface architecturologie-informatique : utilisation d'opérationnalités informatiques diverses pour une conception architecturale architecturologiquement structurée d'une part, affinement de la modélisation architecturologique vers l'élémentarisme de faits de conception et de faits de mesure d'autre part, ce dans l'espoir d'une implémentation.

D'un côté, en effet, l'usage de l'informatique peut reposer sur diverses fonctions d'ores et déjà offertes par l'ordinateur dans un champ donné et pour lesquelles on imaginerait une utilité possible. On verra plus loin à quoi cette réflexion nous mène. Disons ici que cette idée qui peut paraître badine, non

³ Le CRAI a en effet tenté dans un travail effectué par Jean-Michel Sandeau une première approche de la question : cf. J.-M. Sandeau, *Programme de recherche-développement pour un logiciel d'aide à la conception architecturale*, EMN, CRAI, EAN, Nancy, 1988. Cet auteur, soucieux de "l'inefficacité" des outils de CAO qui lui est apparue s'est en effet posé la question d'une formalisation des connaissances architecturales et s'est pour cela tourné vers l'architecturologie.

⁴cf. "Un outil général de calepinage" in op. cit. note ci-dessus

⁵ Déjà présenté dans son état antérieur ce tome en cours d'écriture finale constituera un manuel de propédeutique à la recherche architecturologique.

seulement demande un véritable travail mais pose un problème épistémologique puisqu'une telle question ne suppose pas plus de compétence à l'intérieur de l'informatique que n'en supposerait celle de s'interroger sur l'usage que l'on peut faire d'un logiciel de traitement de texte pour l'écriture ou d'une machine à calculer pour le calcul : la pertinence des opérations effectuées dépend de l'utilisateur. Le fonctionnement de la machine à calculer n'est pas supposé connu de celui qui s'en sert, mais seulement son mode d'emploi⁶. Ici c'est à l'utilisateur de faire preuve d'imagination d'usages pouvant produire de nouvelles demandes, voir un cahier des charges qui, cette fois, supposeraient un travail d'invention du côté de l'informatique. C'est le résultat de ce travail qu'on trouvera dans la seconde partie du premier tome.

D'un autre côté le travail de modélisation architecturologique qui porte sur la question des faits de mesure en vue de l'informatique, et qu'on trouvera ici en *troisième partie du même tome*, s'inscrirait dans l'effort de formalisation micro, plus général de l'architecturologie constitutif du *tome II*. Mais visant de plus près l'informatique, nous l'avons inclu dans le *tome I*, bien que, comme le précédent il soit de nature d'abord architecturologique.

La *seconde partie du tome I* vise donc expressément une articulation avec l'informatique, tandis que la *troisième partie* vise l'informatique à travers un examen des faits de conception et des faits de mesure, le *tome II* de son côté proposant *une modélisation générale de la connaissance architecturologique*. Celle-ci, non articulée sur l'informatique autrement qu'à travers les parties constitutives du *tome I* et cependant nécessaire à tout projet ultérieur d'une avancée de l'interface architecturologie-informatique.

Nous commencerons ici même par exposer de façon générale les diverses questions que pose à l'architecturologie la visée d'une telle *interface avec l'informatique*. Et dès lors que l'architecturologie s'est fixée pour objectif de constituer la conception architecturale en objet de savoir nous commencerons par examiner l'enjeu du C de l'expression C.A.O.⁷. Qu'en est-il de la conception vue par l'architecturologie dans une visée informatique?

⁶cf. L.-L. Le Moigne, *Théorie du système général*, PUF, Paris, 1977.

⁷ Jean-Louis Le Moigne : "l'important dans C.A.O. . . . c'est le C . . . et par le O! . . . : la Conception . . . et pas l'ordinateur. Dès lors que l'on saura ce qui est la conception dans tel contexte, l'intendance - et donc l'ordinateur - suivra ! . . ." cf. J. L. Le Moigne, "Recherche scientifique en architecture ?" in *La Recherche en architecture, un bilan international*, Marseille, 1986, p 97/102.

Première partie : ce pour la conception ?

1.1.1.C.A.O. et /ou D.A.O. : la conception ne vit pas seulement d'images.

Réflexion épistémologique sur l'interface architecturologie/informatique

Si l'expression de CAO, qui signifie *conception assistée par ordinateur*, peut laisser entendre qu'un déplacement de la nature de celui que souhaiteraient certains informaticiens, de la mise en oeuvre du projet vers sa conception à proprement parler, ait d'ores et déjà été opéré, la diversité de ce que les uns et les autres entendent sous le terme de *conception* laisse ouverte la question d'une véritable CAO, attendu que le C de CAO⁸ reste lui-même un terme ouvert⁹. Certes il n'est pas contestable que la CAO existe bien, et de longue date, du côté des objets dont la conception est soumise à des contraintes paramétriques pour lesquelles l'informatique est d'une utilité évidente. Mais s'agissant de l'architecture, qui est loin d'être soumise à des contraintes du genre de celles qui peuvent régir l'écoulement de l'air le long de la carrosserie d'une voiture, la notion même de "problème" est problématique : si à la suite de H. Simon la conception a souvent été pensée en termes de résolutions de problèmes, n'est-elle pas plutôt une situation d'invention de problème !...¹⁰. Nous pensons quant à nous que la CAO reste encore une hypothèse, le terme de CAO désignant d'ailleurs comme le

⁸ cf note ci-dessus

⁹ Sur la constellation des significations que le terme de conception véhicule cf. le *Séminaire sur les processus de conception architecturale* organisé par le MELTM en 1992 et les compte-rendu qui figure dans le numéro spécial des *Cahiers de la recherche architecturale* (à paraître, 3ème trimestre 1993). On notera que la confusion entre décision et conception est également susceptible d'apparaître en informatique : J.M. Sandeau examinant les SEC (système expert de conception) ABS écrit : "le processus de conception y est vu comme un processus de satisfaction de spécifications, le moteur d'inférence est un interprète de spécifications... un SEC prend toute sa valeur dans le cas de systèmes d'aide à la décision, basé sur des connaissances expertes, interrogeant un module de calcul spécialisé, dans des domaines techniques particuliers, comme la conception thermique du bâtiment ou l'architecture solaire par exemple. L'auteur glisse alors à un usage des échelles architecturologiques : "ce système logiciel est donc à retenir par l'aide et l'efficacité qu'il peut apporter à l'architecte lors de ses nombreux choix techniques qui se posent en cours de conception, voire même pour la recherche de solutions dans des domaines particuliers : échelle fonctionnelle, échelle géométrique etc... ce qui spécifie le sens des échelles architecturologiques comme contraintes plutôt que comme opérateurs de conception. Un autre glissement observable consiste à rendre conception et projet équivalents : ainsi en va-t-il des BDF (Base de Données de Projet) dont parle J.M. Sandeau p.93, cf. aussi plus bas la note 11

¹⁰ cf. Ph. Boudon, *Sur l'espace architectural*, Paris, Dunod, 1969. LAREA

1.1. Quel espace pour la conception ?

1.1.1.C.A.O. et /ou D.A.O.: la conception ne vit pas seulement d'images.

Si l'expression de CAO, qui signifie *conception assistée par ordinateur*, peut laisser entendre qu'un déplacement de la nature de celui que souhaiteraient certains informaticiens, de la mise en oeuvre du projet vers sa conception à proprement parler, ait d'ores et déjà été opéré, la diversité de ce que les uns et les autres entendent sous le terme de *conception* laisse ouverte la question d'une véritable CAO, attendu que le C de CAO⁸ reste lui-même un terme ouvert⁹. Certes il n'est pas contestable que la CAO existe bien, et de longue date, du côté des objets dont la conception est soumise à des contraintes paramétriques pour lesquelles l'informatique est d'une utilité évidente. Mais s'agissant de l'architecture, qui est loin d'être soumise à des contraintes du genre de celles qui peuvent régir l'écoulement de l'air le long de la carrosserie d'une voiture, la notion même de "problème" est . . . problématique : si à la suite de H. Simon la conception a souvent été pensée en termes de résolutions de problèmes, n'est-elle pas plutôt une situation d'invention de problème ! . . . ¹⁰. Nous pensons quant à nous que la CAO reste encore une hypothèse, le terme de CAO désignant d'ailleurs comme le

⁸cf note ci-dessus

⁹ Sur la constellation des significations que le terme de conception véhicule cf. le *Séminaire sur les processus de conception architecturale* organisé par le MELTM en 1992 et les compte-rendu qui figure dans le numéro spécial des *Cahiers de la recherche architecturale* (à paraître, 3ème trimestre 1993)). On notera que la confusion entre décision et conception est également susceptible d'apparaître en informatique : J.M. Sandeau examinant les SEC (système expert de conception) ABS écrit : "le processus de conception y est vu comme un processus de satisfaction de spécifications, le moteur d'inférence est un interprète de spécifications . . . un SEC prend toute sa valeur dans le cas de systèmes d'aide à la décision, basé sur des connaissances expertes, interrogeant un module de calcul spécialisé, dans des domaines techniques particuliers, comme la conception thermique du bâtiment ou l'architecture solaire par exemple . L'auteur glisse alors à un usage des échelles architecturologiques : "ce système logiciel est donc à retenir par l'aide et l'efficacité qu'il peut apporter à l'architecte lors de ses nombreux choix techniques qui se posent en cours de conception, voire même pour la recherche de solutions dans des domaines particuliers : échelle fonctionnelle, échelle géométrique etc . . . ce qui spécifie le sens des échelles architecturologiques comme contraintes plutôt que comme opérateurs de conception. Un autre glissement observable consiste à rendre conception et projet équivalents; ainsi en va-t-il des BDP (Base de Données de Projet) dont parle J.M. Sandeau p. 92 . cf. aussi plus bas la note 31.

¹⁰ cf. Ph. Boudon, *Sur l'espace architectural*, Paris, Dunod, 1969. LAREA

signalait P. Quintrand dans un des ses ouvrages un ensemble qu'il serait plus adéquat de nommer "DAO"¹¹, dessin assisté par ordinateur¹². Mais la distance que nous postulons entre conception et dessin n'est pas admise par tous et depuis le *disegno* de la renaissance italienne jusqu'au moderne *design* anglo-saxon il s'en faut que le rapport du dessin à la conception soit clarifié tant ils semblent s'imbriquer l'un l'autre.

On trouve chez J.M. Sandeau, après et avec d'autres, une définition qui nous semble éclairante de la différence faite entre DAO et CAO : un système DAO "ignore le contenu de l'apparence visible de la forme sur l'écran" Un système CAO est, lui, sensé connaître ce contenu qui "peut modifier la forme". On voit ici qu'est postulée dans un cas comme dans l'autre une image à l'écran : seules diffèrent la prise en compte d'informations les concernant. Or nous pensons que la conception ne vit pas seulement d'images. Non seulement les images sont effectivement dotées de signification pour le concepteur, à la différence de celles qui se limitent à la géométrie en tant que pures formes, mais encore ces images sont embrayées sur l'espace par une multiplicité d'échelles qu'a mises en évidence l'architecturologie, rendant critique l'unicité d'embrayage de l'ordre d'une échelle cartographique qui caractérise généralement les images¹³. Le problème de sémantisation des images tel qu'il apparaît dans la différence que pose J.M. Sandeau entre DAO et CAO débouche donc de notre point de vue sur la question architecturologique de l'embrayage¹⁴. Mais ce faisant le caractère sémantisé des formes architecturales ne suffit pas à caractériser celles-ci et l'on sait, comme l'a posé l'architecturologie, que leur échelle constitue un aspect fondamental des formes architecturales, sinon leur caractère spécifique.

Echelle et forme architecturale

En effet le repérage de formes en tant que morphologies se heurte au fait que le concepteur-architecte ne conçoit pas celles-ci indépendamment de leur échelle. Autrement dit, sauf à envisager l'existence en soi de formes idéales sans mesure, les formes sur lesquelles peuvent et doivent s'envisager un "catalogue de modèles" ne peuvent l'être indépendamment de leurs dimensions propres et même contextuelles.

¹¹ cf. P. Quintrand, *La CAO en architecture*, 1985, Paris, Hermès, p. 80, note 2.

¹² cf. J.M. Sandeau op. cit. (p.14)

¹³ On rappellera ici la proposition architecturologique fondamentale pour l'architecturologie qui dit qu'il n'y a pas d'image sans échelle et qui du même coup permet une déclinaison des images en fonction des échelles architecturologiques.

¹⁴ Nous verrons que du même coup la sémantisation s'inscrit dans la complexité de l'embrayage tel qu'il est modélisé par l'architecturologie cf. Ph. Deshayes, "L'échelle comme correspondance au réel" in Ph. Boudon (sous la dir. de), *De l'architecture à l'épistémologie, la question de l'échelle*, Paris, PUF, 1991.

Tout réservoir morphologique se heurte ainsi à l'inépuisable variété de ces formes ainsi doublement mesurées. L'hypothèse d'un nombre plus restreint de "types" représentatifs de cette diversité se heurte, quant à elle, à la difficulté théorique de fonder des critères sélectifs qui soient à la fois pertinents d'un point de vue morphologique, dimensionnel et contextuel. Au-delà encore, l'idée même de typologie semble s'opposer - parce qu'elle suggère une opération d'analyse de catégories d'objets existant - à l'idée même de genèse : les "règles" auxquelles on doit accepter de se ramener pour envisager une assistance informatique ne peuvent procéder d'hypothétiques relation stables entre des objets ou formes "types" (ou "génériques"¹⁵) existant mais relever de modalités de correspondances entre l'univers mental du concepteur et un univers, en cours de constitution, de formes dotées d'une échelle sans que les questions que celles-ci soulèvent soient disjointes du problème de la forme. Autrement dit les "règles" auxquelles une connaissance de la conception doit parvenir sont à envisager comme opérations de construction de formes munies d'une échelle, d'une mesure. Dès lors l'idée de typologie, si elle devait s'envisager sérieusement dans la perspective d'une connaissance de l'activité de conception¹⁶ se devrait de porter sur un repérage de telles modalités¹⁷ au lieu d'un repérage de formes canoniques ou de relations formelles entre de telles formes, relayant ensuite le problème de l'échelle comme une question distincte, d'ordre sémantique par exemple¹⁸.

On rejoint ici le projet architecturologique d'une modélisation de la conception architecturale à partir du système modèle/échelle (M/E), empiriquement présent initialement¹⁹, théoriquement postulé ensuite²⁰, et objet, aujourd'hui, de tentatives théoriques plus avancées²¹; ou, encore localement travaillé dans des études de simulation²². Autrement dit, si d'un côté l'enjeu de la constitution d'une connaissance de la conception architecturale apparaît bien dans ses aspects théoriques les plus poussés, ceci n'est pas exclusif de formes locales d'expérimentation dans lesquelles, cette fois, l'existence (réelle ou hypothétique) d'algorithmes permette des confrontations plus concrètes entre l'architecturologie et l'outil informatique. Le caractère expérimental de ces exemples, illustrations, exercices de simulations doit alors être pleinement assumé tant du côté architecturologique²³ que du côté des hypothèses d'assistance informatique. Il s'agirait dans ce dernier cas, d'examiner, par exemple, la capacité d'un générateur de formes à s'accomoder d'une multiplicité de pertinences pouvant donner "de l'échelle"

¹⁵ cf. P. Quinrand, in *Cahiers de la recherche architecturale*, op. cit. p. 10.

¹⁶ Et non d'une histoire des formes architecturales conçues : cf. la tendance à remonter du conçu à la conception dans le dernier ouvrage de J.Castex (cf. bulletin IFA, compte rendu A M Chatelet).

¹⁷ Ce que tente l'action conjointe de recherche BRA/Plan-Construction en cherchant à associer un architecte à une équipe de chercheurs.

¹⁸ cf. Ph. Deshayes "L'intelligibilité de la conception architecturale", in *De l'architecture à l'architecturologie, la question de l'échelle*, op. cit..p. 210 et sq.

¹⁹ cf. Ph. Boudon, *Richelieu, ville nouvelle, essai d'architecturologie*, Dunod, Paris, 1978.

²⁰ cf. Ph. Boudon, *Architecture et architecturologie II*, Paris, 1975, et "Conception et conception architecturale : architecturologie et science de l'artificiel" in *Sciences de l'Intelligence, sciences de l'artificiel*, PUL, Lyon, 1986 et Ph. Boudon, *Introduction à l'architecturologie*, Paris, Dunod, 1992.

²¹ cf. *Tome II* de la présente recherche.

²²cf. dans le cadre de l'enseignement de la conception architecturale, l'ensemble des exercices mis au point dans le cadre du programme quadriennal de recherche 1986/1989 : *Enseigner la conception architecturale*, 3 vol, LAREA, 1990.

²³ cf. Ph. Boudon et alii, *De l'expérience de l'architecture à l'exercice de l'architecturologie*, LAREA 1985

à ces formes²⁴ ou bien, à un niveau plus abstrait, d'examiner des modalités possibles de correspondance entre des modes complexes d'organisation de connaissance (dans un système IA par exemple) et une forme donnée de modélisation du système M/E²⁵. Mais ceci vise un stade d'articulation entre architecturologie et informatique encore empirique de prise en compte des échelles architecturologiques : on pourra se reporter à la seconde partie de cette recherche pour la prise en compte des diverses échelles. Il reste cependant que la question posée est suffisamment vaste pour que nous considérons que les solutions envisagées n'aient pas encore trouvé leur terme.

Si le concepteur se livre à des opérations qui relèvent de formes, celles-ci ne relèvent pas toujours d'images. Elles peuvent encore être des formes abstraites, et géométriques, ce qui est particulièrement tentant pour un usage de l'informatique dès lors que l'écran peut les traiter suivant des règles de géométries plus ou moins sophistiquées. Mais nous retrouvons ici un autre enjeu, lié encore au précédent et particulièrement crucial pour l'interface architecturologie-informatique, à savoir le postulat architecturologique pour lequel *l'architecture n'est pas la géométrie*²⁶ : il s'ensuit une difficulté à penser l'utilité d'une informatique graphique pour une conception architecturale qui n'est pas géométrie ou du moins n'est pas que géométrie²⁷.

Echelle et géométrie

Se déclarant vraie à toute échelle, la géométrie s'oppose d'emblée aux conditions d'émergence de la forme architecturale telle qu'il vient d'en être fait état, même si le sens commun de nombreux professionnels d'architecture parle de formes géométriques à son endroit. Le poids véritablement historique de la géométrie comme modèle représentatif des formes architecturales est ici mis en question par l'échelle²⁸.

²⁴ cf. J.M. Sandeau, *op. cit.* note 4.

²⁵ cf l'intérêt porté par J.C. Paul (CRAI, Nancy) à l'architecture de blackboard et au cas de l'outil ATOME développé par le CRIN.

²⁶ cf. initialement Ph. Boudon, *Sur l'espace architectural*, Dunod, 1971; Ph. Boudon, "L'architecture n'est pas la géométrie" in *Architecture d'Aujourd'hui*, 1982; Ph. Boudon, "Architecturologie", exposé au Séminaire de philosophie et Mathématiques de l'Ecole Normale Supérieure (dir. M. Loi), ENS 1985, paru in *revue de l'AFCE* et Ph. Deshayes "L'embrayage comme correspondance à l'espace" in Ph. Boudon (sous la dir. de), *De l'architecture à l'épistémologie, la question de l'échelle*, Paris, PUF, 1991.

²⁷ La présence de la géométrie dans le travail de conception architecturale est naturellement enregistrée par l'architecturologie à travers le concept d'*échelle géométrique*, ce qui du même coup, si l'on pense au nombre des autres échelles intervenant dans la conception architecturale, relativise considérablement son importance alors que la DAO, dans une interprétation architecturologique de la conception, tend à en faire une échelle monovalente (sur la critique de la monovalence d'échelle cf. plus loin notre troisième partie).

²⁸ Ph. Boudon, *Introduction à l'architecturologie*, Paris, Dunod, 1992. chap. "L'architecture n'est pas la géométrie", 1987, Ph. Deshayes, "L'intelligibilité de la conception architecturale" in *De l'architecture à l'architecturologie, la question de l'échelle* op. cit.

Pourtant, dès lors que la forme architecturale est représentée, la géométrie apparaît comme un modèle d'engendrement de certaines formes²⁹ avec les conséquences d'une modélisation à partir d'une "description géométrique" de la genèse des formes³⁰. Faut-il alors renvoyer la géométrie vers les modèles d'allocation spatiale tels qu'ils ont pu être développés il y a une vingtaine d'années en les renouvelant aussi bien du point de vue "géométrique" (i.e. ouverts à de multiples géométries, de la topologie aux fractales par exemple) que du point de vue de leur signification par rapport à l'activité de conception (i.e. distincts aujourd'hui de celle-ci en tant que telle alors qu'à l'époque "la CAO se donnait pour objet d'automatiser peu à peu les tâches du dessin"³¹? Ou bien faut-il envisager de quitter la géométrie (au moins momentanément) en dissociant ce qui relève de la conception (et de l'échelle) de ce qui relève du dessin (et de l'image)?

Autrement dit, l'opposition entre échelle et géométrie - opposition dont le caractère épistémologique et les conséquences théoriques ont été largement développées par l'architecturologie - spécifie cette fois la distinction entre CAO et DAO³². On voit ainsi que le problème de sémantisation des formes géométriques se traduit en architecturologie par un déploiement du sémantisme en question à travers les échelles architecturologiques.

La question de la sémantisation des images fait apparaître un autre problème : la distinction entre verbe et image reconduit au niveau de l'expression la distinction de contenu sémantique et de contenu iconique.

Si une des interprétations possibles de la "conception" peut consister à la ramener au "dessin"³³, notre hypothèse est, en la matière, que la conception peut parfois se ramener au dessin mais qu'on ne saurait l'y limiter³⁴. Nous

²⁹ cf. R. Quincerot et alii, *La géométrie chez l'architecte*, EA Nancy, 1975

³⁰ cf. P. Quintrand, *La CAO en architecture*, op. cit., pp 80 et sq

³¹ cf. D. Clayssen, / D. Lobstein / J. Zeitoun, *Les nouvelles images*, Dunod, 1987, p 117.

³² Etant entendu qu'une telle distinction ne signifie pas que la DAO soit inutile pour la conception architecturale... son utilité, toutefois, ne doit pas réduire la conception au dessin.

³³ C'est semble-t-il celle à laquelle P. Quintrand se rangerait lorsqu'il fait du dessin "un outil de résolution de problèmes". Que pour P. Quintrand le dessin soit conception, et que l'on puisse parler de situation de résolution de problème par le dessin (op. cit. p. 166) tel est le sens de l'organisation de tout le premier chapitre de son ouvrage, le dessin s'opposant selon lui à l'architecture système telle qu'elle est envisagée par les premiers travaux de l'informatique en architecture (travaux de Ch. Alexander, travaux d'allocation spatiale etc . . .) cf p 59-64. Mais l'utilisation de systèmes DAO pour la CAO pose elle-même problème, comme l'indique bien l'auteur, en montrant comment l'usage de systèmes DAO entraîne pour une utilisation en CAO la nécessité d'attacher un contenu d'informations aux formes graphiques (op. cit. p. 167).

³⁴ Encore faudrait-il s'entendre sur ce que "dessin" recouvre (cf. Ph. Boudon et F. Pousin, *Figures de la conception architecturale*, Paris, 1988, Dunod) et en particulier poser la question de l'échelle par quoi diffèrent dessin et géométrie. Or il arrive fréquemment que soit tenue pour positive, alors qu'elle rend les choses plus problématiques, la disparition de "l'échelle" en infographie : "a basic fundamental of CAD deals with scale, or better with "no-scale". All drawing in CAD is allways done at full scale, no matter what size the object appears on the screen. All units and relationships are analogous to the real world". Ainsi peut-on tenir un dessin sans échelles cartographiques exacte, mais muni nécessairement d'une "échelle" tel qu'un dessin de Villard de Honnecourt comme irréprésentable sur un écran d'ordinateur. D'où la tentation d'exclure un tel dessin de l'univers des dessins d'architecture.

avons montré ailleurs³⁵ comment une même opération de conception pouvait être décelée dans le cas de deux bâtiments notoirement différents par leur dessin, (l'un de l'architecte A. Aalto, l'autre de l'architecte S. Fiszer) montrant du même coup que, dans des cas comme ceux-ci, existent des opérations de conception qui ne se ramènent pas au dessin. Il s'ensuit que la représentation dessinée (qu'elle soit partielle ou totale) de l'édifice et les jeux de transformations géométriques que peut permettre l'ordinateur dans l'ordre de l'univers instrumental de l'architecte³⁶ ne sont sans doute pas la seule voie d'une aide informatique à la conception, quelle que puisse être l'utilité probablement indéniable de celle-ci dans ce domaine.

Verbe/image

S'ouvrent ici deux pistes majeures : celle du verbal celle de celui de l'iconique³⁷. Si ces deux pistes s'offrent comme alternative de mise en oeuvre, le verbal nous apparaît de façon générale sous-estimé par rapport à l'iconique dans les démarches concernant la CAO.

Prenons l'exemple des échelles : elles peuvent, à condition d'être traduites en termes de mesures, fonctionner sur un mode iconique dans l'usage qu'en feront les utilisateurs, mais elles peuvent aussi être envisagées, à l'instar de l'usage qu'en fait un architecte comme Stanislas Fiszer, comme "pense-bêtes" de la conception architecturale et en ce cas se traduisent par un apport d'informations qui peuvent fort bien être de nature verbale.

Il se peut en outre que l'iconique et le verbal s'associent - comme c'est le cas d'un des logiciels qui seront proposés plus loin, voire qu'ils puissent entrer en interaction, à l'instar, par exemple, d'une vision de la disposition ou de la composition iconique de sa matière qui amènerait l'écrivain à relancer sa propre écriture, ou, à l'inverse, d'une lecture d'une série d'items pouvant amener le concepteur à se relancer dans un dessin ou un autre³⁸. Ainsi en ira-t-il plus loin du logiciel "Voir le processus" ou encore du logiciel "Séquences d'échelles" qui peuvent relancer la conception au vu d'un historique du processus antérieur à l'état à partir duquel s'effectue la relance.

notons qu'en ramenant la question du dessin dans le champ de l'informatique P. Quintrand effectue la critique de la position précédente représentée par Ch. Alexander par exemple ou bien par les systèmes d'allocation spatiale. En ajoutant la position de W.J. Mitchell, qui lui articule dessin et propositions verbales, on peut considérer qu'on a affaire à trois paradigmes majeurs des rapports entre dessin (image, géométrie) et conception : dissociation totale, assimilation, articulation qu'on pourrait symboliser $D \neq C$, $D = C$ et D/C .

³⁵ cf. Boudon Ph., *Introduction à l'architecture*, Dunod, 1991, Paris. et Ph. Boudon et Ph. Deshayes, *Introduction à la complexité de la conception architecturale*, Nancy, LAREA, 1992.

³⁶ L'expression d'univers instrumental de l'architecte qu'utilise P. Quintrand (objets manipulés, outils de manipulation" cf. p. 49, note 4) désigne bien cette part du travail de l'architecte dans laquelle celui-ci "manipule, transforme détourne des modèles", univers qu'il estime suffisamment régulier pour être "observable, décrit, donc modélisable". C'est de cet univers instrumental que P. Quintrand fait l'objet même de sa propre approche de la CAO en architecture : "si la modélisation du problème est difficile, en revanche on peut envisager la modélisation de l'univers instrumental de l'architecte". Nous ne nions nullement l'importance d'une telle description et visons seulement ici à manifester différentes approches.

³⁷ cf. M. Conan, *Concevoir un projet d'architecture*, 1990, l'Harmattan, (p.67) qui évoque les observations de Robinson Julia et Weeks Stephen (1984) relatives à la distinction de deux groupes d'étudiants dans le domaine de l'enseignement de l'architecture relevant d'aptitudes plutôt verbales pour l'un, plutôt iconiques pour l'autre : du point de vue architecturologique ceci amène à s'interroger sur l'échelle sémantique comme lieu d'articulation du verbal et de l'iconique.

³⁸ cf. sur ce point le chapitre 2.1.2. in C3AO 91, évoquant à ce sujet le logiciel "Powerpoint".

1.1.2. L'édifice n'existe pas encore

Si, du point de vue de l'architecturologie, la conception ne saurait se limiter à des transformations géométriques ni à des productions d'images, malgré la possible présence des unes ou des autres dans le travail de l'architecte, c'est enfin que l'objet ou les objets auxquels le concepteur a affaire durant son travail sont des objets virtuels. Même en laissant ici de côté la question problématique de l'échelle qu'a soulevé l'architecturologie quant au rapport de l'espace architectural à l'espace géométrique, ou quant au rapport de l'architecture aux formes, une question majeure soulevée par l'architecturologie est de considérer qu'il n'y a *conception que d'objets qui n'existent pas encore*. Les formes constitutives des objets en train d'être conçus sont donc des formes émergentes et comme telles relativement insaisissables, tant dans le sens courant que dans le sens informatique du terme. Pourtant, insaisissables, elles ne sont pas pour autant inexistantes. Elles sont faites de discontinuités instaurant des identités dans l'espace par des opérations de découpages et de dimensionnement. Si l'échelle s'est présentée plus haut comme difficulté majeure au regard d'une CAO elle devient du point de vue architecturologique le ressort possible d'une C3AO. Le déplacement de la représentation (géométrique) d'un espace architectural paradoxalement supposé déjà conçu vers la constitution d'un *espace de conception* envisagé comme lieu d'une conception apparaît ici comme conséquence naturelle de la critique effectuée plus haut.

Echelle, mesure et dimensionnement.

Le paradigme cartésien relatif au continuum spatial dans lequel s'inscrit la géométrie s'oppose aux discontinuités sensibles de l'espace architectural. Ici, l'échelle devient outil conceptuel permettant de penser le découpage de l'espace en lieux, formes et objets, dotés d'une identité locale autant que d'une mesure et de dimensions. On atteint ici la double capacité de l'échelle de rendre compte de manière indissociable (solidaire) de l'émergence qualitative de la forme architecturale (découpée sur le fond de l'espace amorphe) et de la fixation quantitative d'une mesure (dimensionnement), transformant la forme en objet. Ici apparaît la nécessité de cerner les opérations de conception pouvant être relatives à chaque échelle - avant d'arriver à articuler plusieurs échelles entre elles - sous ce double aspect quantitatif du dimensionnement et qualitatif de la forme³⁹. L'enjeu, vis à vis d'une instrumentation d'assistance informatique est alors d'affiner et préciser l'énonciation de ces faits de conception dans la perspective d'une logique de pensée compatible à

³⁹ Notons que le programme quadriennal de recherche 1986/1989 du Larea op. cit. comportait déjà, du point de vue pédagogique qui était le sien, une production d'exercices mettant en oeuvre des opérations pouvant être représentatifs de faits de conception mais que de tels faits repérés sont loin de pouvoir être considérés comme élémentaires, ce dont il sera fortement question dans notre troisième partie.

la fois avec les démarches de conception et la logique présidant à l'énonciation du champ informatique. Ici le problème n'est plus de savoir si un algorithme peut exister ou existe (qui permette de tester le fait de conception considéré) mais d'atteindre des formalisations restreintes de la conception architecturale pouvant entrer en correspondance avec des formalisations particulières à certains états de la connaissance ou de la recherche en informatique. C'est l'objet de la distinction entre opérations de mesure et opérations de conception qui donne lieu au minutieux travail de distinction théorique que l'on trouvera ici en troisième partie.

Ainsi une difficulté - on aura maintes fois l'occasion d'y revenir - est bien de savoir dans quelle mesure l'objet architectural ne doit pas être *déjà défini* pour pouvoir être saisi et devenir objet d'un quelconque traitement par l'informatique⁴⁰. Si un tel traitement relève, comme il arrive le plus souvent, du dessin, il semble nécessaire que la conception ait déjà été peu ou prou effectuée pour permettre ce traitement. Quel que soit l'avantage que l'on puisse tirer des multiples vues que l'ordinateur peut fournir de l'objet architectural encore faut-il que cet objet soit doté de quelque existence pour en profiter. Il en résulte alors la question de savoir ce que l'on peut entrer dans l'ordinateur au titre d'opérande des opérations que celui-ci peut effectuer par la suite sur de tels opérandes. Si les éléments qui sont de l'ordre du dessin ou ceux qui sont de l'ordre de la géométrie présentent les difficultés que l'on a mentionnées ci-dessus, il reste la possibilité - paradoxale - d'entrer le bâtiment lui-même dans sa totalité. Nous disons paradoxale car si l'édifice est entré, c'est qu'il est déjà conçu, à moins que l'on se trouve dans la situation d'avoir à le reconcevoir comme il en va dans les trois situations, particulières, qui suivent.

Trois situations de conception particulières

On peut en effet repérer des situations concrètes dans lesquelles le concepteur peut partir d'un objet stable pour concevoir.

Trois situations paraissent pouvoir effectivement entrer dans un tel cas où le concepteur-architecte part d'éléments stables pour concevoir :

a/ La réhabilitation, qui fournit une donnée à l'architecte, au moins en termes d'ossature, de planchers, ou de façades selon que le cahiers des charges du programme l'amène à retenir l'un ou l'autre - ou la totalité - de ces éléments spatialement identifiables et "numérisables".

b/ L'imitation pure et simple ou la répétition de formes ou d'objets architecturaux qui, parce qu'ils peuvent ainsi devenir des données, sont également susceptibles d'être "maquettisables", au sens informatique du terme.

c/ La phase dite d'avant-projet (ou celles qui s'ensuivent) dès lors qu'il s'agit de préciser l'esquisse par des choix technologiques : l'esquisse devient ici cette donnée, représentable par l'outil informatique, et susceptible d'être ainsi considérée comme élément stable au départ (sans s'interroger ici sur le niveau de définition d'une telle esquisse).

⁴⁰ J.M. Sandeau rejoint cette critique majeure à l'encontre des outils de CAO actuels (i.e. en 1988) "ils ne peuvent avoir d'utilité que lorsque le projet est défini" (p. 17)

Ces trois situations concrètes auxquelles le professionnel peut être confronté⁴¹ se ramènent, de fait, à deux situations de conception assistée par l'outil informatique, ou plus exactement, à deux situations dans lesquelles le concepteur peut disposer d'une aide à la conception fournie par une instrumentation informatique.

- L'outil d'aide à la conception porte sur la capacité à représenter (visuellement) les formes, volumes ou objets de départ ainsi qu'à évaluer les altérations de disposition ou de mise à l'échelle auxquelles il procède au cours du travail de conception.

- L'outil d'aide à la conception porte sur le processus de conception lui-même, du moins sur la part de ce processus pouvant s'accomoder de démarches de résolution de problème elle-même susceptibles d'être modélisées dans un ou plusieurs algorithmes.

Or la question initiale du repérage d'éléments stables sur lesquels travaille le concepteur-architecte se complexifie dès lors que l'on veut bien comprendre que, hormis les trois situations précédentes, le concepteur-architecte ne part pas d'éléments stables mais a, au contraire, si l'on peut dire, justement pour tâche de les concevoir : sans aller jusqu'à entrer dans ce qui relève du mystère de la création artistique, la question se pose des possibilités d'existence d'éléments stables (données, règles, modalités etc...?) pour cette part de la conception échappant aux trois situations précédentes, à commencer, bien sur, par ce qui relève du travail d'esquisse pour laquelle on admettra qu'il n'y a pas que "création".

1.1.3. Des éléments stables : conception ou composition ?

Une référence ou une possibilité d'analogie s'impose ici, celle de la conception d'autres objets artificiels que les objets architecturaux : objets techniques et objets recouverts par le domaine de l'architecture navale qui, eux aussi, soulèvent cette même question. Dans ces deux cas, la conception réunit également de la création et de la conception "sous contrainte". Mais, et c'est là qu'intervient sans doute la différence essentielle, l'identification et la stabilité des contraintes en question permet, pour la conception d'objets technologiques comme pour l'architecture navale, la production de véritables "catalogues de modèles" fournissant autant d'éléments stables potentiels à partir desquels peut envisager la création. *"Tout bateau est copié d'un autre bateau"* écrivait Alain. Ce qui exprime cette idée que, quel que soit le bateau, un univers régulier de contraintes de poussée, de flottabilité, de guidage et de propulsion limite grandement le champ des possibles. La création d'ailleurs, s'exprime plus en termes d'innovation sur fond d'une conservation de certains traits. Du côté de l'objet technologique, une problématique de l'innovation l'emporte également largement sur la création, même si la conception est loin de s'y résumer. Du côté de l'architecture, si la conception inclut bien évidemment la conception technologique du bâtiment, la combinaison des

⁴¹On verra plus loin que si de telles situations sont effectivement fréquentes et ont conduit à une assistance informatique effective qui focalise le plus souvent l'attention de la recherche-développement, deux problèmes majeurs, relatifs à l'interface informatique / conception architecturale sont en l'occurrence laissés de côté.

caractères multi-source de connaissance et multi-niveau d'abstraction de la conception architecturale associe d'emblée le bâtiment aux objets technologiques les plus complexes. Mais, surtout, il est impossible de dire, comme pour le bateau, que "tout bâtiment est copié d'un autre bâtiment", et ceci même si l'imitation reste une part possible - et parfois importante - du processus de conception architecturale. Autrement dit, la part de création y semble sinon plus vaste du moins plus ouverte que dans le cas de l'architecture navale ou de l'objet technologique, ce qui limite les possibilités d'existence de tels catalogues de modèles.

Il ne s'agit pas ici d'une quelconque "mythologie de la création ex-nihilo" ⁴², mais d'exprimer, simplement, une difficulté immédiate, et constitutive en quelque sorte, de la conception architecturale ⁴³. A l'inverse il ne saurait s'agir d'une atrophie de la conception technologique mais d'un simple constat que celle-ci, le plus souvent, procède de procès de conception antérieurs et plus rarement de "création ex-nihilo", et qu'elle est plus contrainte par des paramètres objectivables⁴⁴.

Hors des trois situations que nous avons mentionnées plus haut, qui supposent par nature une stabilité d'éléments, (éléments stables mais à vrai dire déjà de niveaux compliqués et non vraiment "élémentaires") les éléments stables sont, on l'aura compris, ceux que peuvent procurer soit les formes de la géométrie, soit les formes du dessin. S'impose alors d'adjoindre aux formes l'information qui les concerne.

Un système de CAO en architecture, comme l'écrit justement P. Quintrand, doit permettre d'aider le concepteur dans "*deux tâches décisives* " - du processus de conception : - la manipulation d'informations graphiques à des fins de conception, - la production d'informations complémentaires (données non graphiques) pour partie obtenues en utilisant l'information graphique" ⁴⁵.

⁴²cf P. Quintrand, in *Carré Bleu*, p.25, note (1)

⁴³On peut d'ailleurs se demander si le développement d'outils de CAO dans les domaines de la technologie ne conduit pas, *a contrario*, à susciter une appréhension de la conception architecturale en tant qu'elle serait tributaire de règles équivalentes : une conception sous contrainte. L'importance de la contrainte et l'assimilation de l'échelle à des contraintes par plus d'un lecteur des travaux de l'architecturologie, ne serait peu-être pas étrangère à cette situation globale

⁴⁴Une incompréhension courante du concept architecturologique d'échelle consiste encore de façon symptomatique en une confusion avec le concept de paramètre, confusion qui révèle une interprétation de la conception architecturale en termes de déterminations sous effet de contraintes.

⁴⁵ P. Quintrand ajoute que "*dans le cadre de leur mise en oeuvre informatique ces deux tâches ont tendance à se mixer. Dans un système CAO, l'apparence visible de la forme sur l'écran sera*

Une telle dualité apparemment inéluctable se retrouve chez un auteur comme W. Mitchell ⁴⁶. Elle donne lieu alors chez lui, comme nous allons le voir, à une doctrine de conception.

La doctrine de W. Mitchell

L'auteur traite du projet comme relevant prioritairement d'une composition formelle, celle-ci pouvant par la suite se développer en rapport à des fins pratiques ou à des fins de représentation (p. 36)

Le design consiste pour lui en un jeu d'exploration de possibilités formelles ou plus exactement de formes dans un monde et (dans un autre monde) une inférence critique basée sur un savoir, les deux procédant en parallèle et atteignant éventuellement une conciliation⁴⁷. Il s'ensuit un modèle de la conception : "Les problèmes de design sont formulés en spécifiant, en langage critique, des prédicats à satisfaire" écrit W.J. Mitchell⁴⁸. On voit que la démarche s'inscrit dans une "évaluation" de l'espace architectural. Ceci passe par une dissociation de la fonction du designer et de celle du critique : "le critique pose certaines déclarations établies en langage critique demandant au designer de produire des formes satisfaisantes relativement à elles, le designer à l'inverse peut produire des propositions et demander au critique de tirer des conclusions sur le fait de savoir si elles sont ou on satisfaisantes et pourquoi" ⁴⁹.

certes importante, mais la gestion des données morphologiques qui permettent de la représenter ainsi que son "contenu", c'est-à-dire toutes les informations qui peuvent lui être associées (qualitatives, quantitatives) conditionne le "fonctionnement" de la représentatutin dans la conception. Les transformations qu'opère l'architecte doivent pouvoir se faire soit par des actions sur la forme visible transformant par là même son contenu, soit sur le contenu modifiant la forme" (pp. 166, 167)

⁴⁶ W.J. Mitchell, *The logic of architecture, Design, Computation and Cognition*, MIT press, Cambridge, 1989.

⁴⁷ L'auteur a bien senti que la nécessité d'avoir à séparer le monde de dessin du projeteur du monde verbal du critique amenait quelque difficulté puisqu'il tente de s'en expliquer en ayant recours à... Platon et va jusqu'à écrire : "How do we know what to look for when we search for a solution to a design problem ?" Ce qui montre bien malgré la réponse insatisfaisante pour nous que donne l'auteur, que la production de formes n'est pas complètement aléatoire ni que le sens pourrait ne se produire que dans l'évaluation de la pertinence la forme: quelque pertinence préside à sa production qui ne s'inscrit pas dans l'arbitraire morphologique de l'espace géométrique.

⁴⁸ W.J. Mitchell (p. 71) introduit les propositions critiques qui doivent accompagner la définition imagée des formes par une critique de l'essentialisme platonicien et par la non représentabilité du schème platonicien. (pp. 86 à 95) . L'examen du cube architecturologique auquel nous avons procédé revient également à attacher des considérations de pertinences variées à la forme imagée du cube. Mais W.J. Mitchell attache des propositions logiques fondées sur le langage conventionnel de l'architecture là où nous attachons des considérations de mesure. Ainsi fait-il la critique de la maison de P. Eisenman (critique qui inclut celle des formes abstraites du Bauhaus ou du mouvement De Stijl) présentée comme manquant le niveau interprétatif correspondant à une classification des éléments sous l'effet de conventions : "nous ne sommes pas sensés nous demander à propos d'un élément "qu'est-ce que c'est ?" " En d'autres termes le recours au cas d'Eisenman permet de mettre en évidence l'aspect sémantique des objets architecturaux. Dans le cas d'Eisenman "des définitions géométriques d'objets architecturaux sont trop peu chargées de signification architecturale". Notons que du point de vue architecturologique nous retrouvons ici chez W.J. Mitchell la nécessité d'introduire de la pertinence dans l'univers des formes géométriques. On pourrait ici faire l'hypothèse qu'à partir de formes géométriques postulées comme supports incontournables des opérations de l'ordinateur le travail de W.J. Mitchell vise plutôt le sémantique et celui de P. Quintrand plutôt le syntaxique. Il s'agit là sans doute d'une simplification mais elle peut être éclairante.

⁴⁹ p. 81

Cette dissociation montre que l'espace architectural est en l'occurrence produit comme un espace géométrique soumis à la critique qui, elle, transforme l'espace géométrique en espace architectural, en lui donnant son sens ou en évaluant celui-ci. On retrouve ici la disjonction entre géométrie et sémantique dont il a été question plus haut. La nature fondamentalement distincte de l'espace architectural et de l'espace géométrique est ainsi dépassée grâce à l'intervention de la critique mais elle subsiste au fond même de la démarche. Enfin ajoutons que pour l'auteur un monde de design est fondamentalement caractérisé par ses éléments de vocabulaire formel et des opérateurs⁵⁰. Il s'ensuit que doivent être postulés de tels éléments. Or si l'architecture classique en fournit de dénommables sans ambiguïté il n'en va pas de même lorsque l'on sort de l'architecture classique. Celle-ci au demeurant ne fournit de tels éléments que par une *décomposition* et c'est une conception entendue comme *recomposition* qui préside alors à une utilité de tels éléments dans l'ordre de la conception⁵¹.

Outre les formes géométriques et les éléments du dessin⁵², outre la saisie d'une édifice dans sa totalité s'offrent ainsi, pour la saisie d'opérandes de l'ordinateur, les éléments architecturaux que peut fournir une décomposition d'un édifice existant ou d'un système architectural a priori composé d'éléments repérables comme il en va dans le cas - particulièrement propice mais malheureusement non général - de l'architecture classique.

Le cas de la tradition des théories d'architecture

La tradition des traités d'architecture et de ce que l'on a coutume d'appeler "théorie de l'architecture" d'une manière quelque peu incorrecte tend à fonder cette recherche d'éléments stables sur une triple orientation :

- la sélection d'objets morphologiquement canoniques
- le repérage de relations ou d'opérations élémentaires permettant de transformer ces objets,
- la production de normes ou de paramètres à valeur esthétique.

Comme le précise P. Quinrand du côté des objets canoniques "*il ne s'agit pas de rechercher, d'identifier et de stocker quelques objets "standard" à des fins de recopie ou d'imitation grâce à l'ordinateur et aux techniques du "coupé collé" comme l'aurait peut-être fait J.N.L. Durand, mais de rechercher les règles par lesquelles - sinon l'architecture - du moins les "objets architecturaux" se construisent et se décrivent. Il s'agit de catégoriser des objets génériques organisés en "paquets de relations"*

⁵⁰ Nous noterons qu'une telle définition est très proche de la modélisation architecturologique si ce n'était que nous ne limitons pas, au titre d'un "modèle", les opérandes à des formes ni, au titre de l'"échelle", les opérateurs à des opérateurs formels.

⁵¹ *We must have a strategy for segmenting architectural composition into parts and a way to refer to parts by name (in the tradition of classical architecture for example there is a standard system for segmenting and naming. (p. 24)*

⁵² Dans cet ordre d'idées, nous avons appris que les "dromies" que nous avons mises en évidence dans le cadre de l'architecturologie étaient actuellement l'objet d'une réflexion d'informaticiens (laboratoire LI2A de Toulouse) pour une utilisation informatique.

stables et pour lesquels nous pourrions proposer une description en terme de "classes" dont les instances produiront les objets du patrimoine architectural"⁵³. Ces objets génériques, de fait, ont un statut hybride qui emprunte à la fois aux traits morphologiques des objets architecturaux et au caractère arbitrairement abstrait par nécessité lié au niveau théorique d'observation de ces objets⁵⁴.

Du côté des relations ou des opérations, le modèle géométrique apparaît avec force, en ce qu'il autorise une correspondance entre un univers spatial de formes (donc d'objets) et un univers numérisable⁵⁵. Il permet la traduction spatiale de problèmes de nature diversifiée, qu'ils soient de nature technique (calculs de structure, évaluation de choix technologique ou exécution du gros ou du second oeuvre) ou qu'ils concernent des questions de positionnement (allocation spatiale) ou encore de description de formes (non conventionnelles par exemple).

Du côté des normes ou de paramètres esthétiques enfin, la nécessaire articulation du concept de proportion à une esthétique⁵⁶ ou le rôle instrumental de tracés régulateurs dans la mise au point de "schémas scéniques"⁵⁷ suffiraient, comme exemples, à en indiquer la place incontournable, implicite ou explicite selon les cas, dans la recherche de stabilité des éléments sur lesquels et avec lesquels travaille le concepteur-architecte. Qu'il s'agisse de codes (socio-culturels?) légitimant un retour visuel du sujet concevant vers l'objet en train d'être conçu (concevoir la conception) ou qu'il s'agisse de la production de nouveaux langages scénographiques, suscitant une nouvelle réception esthétique, la production de normes ou de paramètres à valeur esthétique reste à l'horizon de cette recherche d'éléments substitutifs stables.

La modélisation qui s'ensuit renvoie alors à l'idée de composition, présentée comme travail de coordination et de synthèse auquel se livrerait le concepteur-architecte. Empruntant à la fois à la signification du terme dans l'Ecole des Beaux-Arts⁵⁸ et à un sens plus général d'assemblage, d'agencement, voire de structuration, l'idée de composition est au coeur du travail de conception envisagé à partir et avec les éléments substitutifs précédents.

L'approche de P. Quintrand

On trouve, ainsi, chez P. Quintrand, la description suivante du "modèle de composition" : "Le modèle de composition renvoie au concept de "composition architecturale" au sens le plus traditionnel du terme, à savoir un outil privilégié du projet gérant des régularités de localisation et de calage et justiciable en situation de CAO de production d'algorithmes ou de procédures facilitant la manipulation d'objets architecturaux.

Le modèle de composition en CAO exploitera pour son fonctionnement

- Des référents et référenciés : êtres architectoniques, axes, trames

⁵³P. Quintrand, "Informatique et savoir architectural", in *Cahiers de la Recherche Architecturale*, n. 23, 1988.

⁵⁴cf P. Quintrand, *la CAO en architecture*, Hermès, 1985, pp 98 à 101

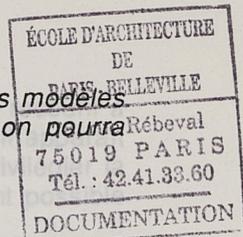
⁵⁵cf. Ph. Deshayes "l'intelligibilité de la conception architecturale" in *De l'architecture à l'épistémologie, la question de l'échelle*, PUF, 1991.

⁵⁶Ph. Deshayes op. cit.

⁵⁷J. Zeitoun, "scénographie intelligente", in *Cahiers de la recherche architecturale*, op. cit. p 58

⁵⁸cf. G. Gromort, *Essai sur la théorie de l'architecture*, Paris, 1942, qui distingue, la théorie de la composition de la théorie de l'exécution, la première devenant, dans la préface de cet ouvrage, "la théorie architecturale" (p.10)

- Des modèles normatifs de relation définissant des règles a-priori; ces modèles peuvent s'appliquer sur des objets élémentaires ou des ensembles; on pourra assimiler ces modèles normatifs à des grammaires génératives⁵⁹.



Comme le précise ailleurs le même auteur :

"il ne s'agit pas de construire une machine à résoudre les problèmes architecturaux dont on connaît la complexité, mais plutôt de doter la machine de connaissances lui permettant de comprendre le langage de l'architecte et d'offrir un environnement opératoire en situation de conception."

Cette voie de recherche implique un fort investissement d'analyse pour repérer la pertinence des objets manipulés, leur description, l'identification des corrélations fortes du savoir architectural et la construction d'une base de connaissance⁶⁰.

Au "fort investissement d'analyse" que suppose la dotation d'une telle base de connaissance à la "machine", s'associent alors, du côté du sujet concevant, le travail de composition et l'effort de synthèse : suite d'opérations concrètes et mentales permettant de rassembler des éléments simples en un tout cohérent présentant des valeurs nouvelles par rapport à ces éléments. Aux limites, s'introduirait ici une dissociation entre ce qui, d'un côté, relèverait d'un "environnement opératoire" et, d'un autre côté, relèverait du travail de conception lui-même : d'un côté ce qui procède de l'analyse, de l'autre ce qui procède de la synthèse. Or cette dissociation aux limites s'accompagne, de fait, d'une distinction instrumentale entre algorithmes ou modèles relevant de cet "environnement opératoire" et ceux relevant d'une simulation du processus de conception entendu comme synthèse. En effet, d'un côté apparaissent des efforts de modélisation portant sur les supports architecturaux de la conception (distinctes de ce qui serait de l'ordre du C de CAO⁶¹) et, de l'autre, des efforts de modélisation portant sur le processus de conception hors du domaine de l'architecture. La situation correspondante de conception s'énonce alors le plus souvent en termes d'un problème dont il s'agit de chercher une solution (la solution), aidé ou non par des modèles de résolution (non-architecturaux cette fois) dont le caractère linéaire, heuristique ou autre dépend de l'avancement de la discipline informatique telle qu'elle a pu se développer face à des situations d'organisation, de gestion, ou de décision.

Modèles de décision et de résolution de problème

Une telle situation se signale par les éléments contradictoires suivants :

- La conception est ramenée à une problématique de résolution de problèmes ce qui, du point de vue informatique, est satisfaisant puisque cet outil et cette discipline

⁵⁹P. Quinrand, *La CAO en architecture*, op. cit. p 105.

⁶⁰ "Informatique et savoir architectural" op. cit. p 12.

⁶¹ cf. note 8

fournissent de tels algorithmes ou permettent, si ceux-ci n'existent pas, de recourir à des techniques de simulation. Toutefois, du point de vue architectural, il apparaît clairement que la conception ne peut s'y réduire. En d'autres termes, privilégier la résolution de problèmes nous conduit à ce qui semble informatiquement possible mais non nécessairement souhaitable du point de vue architectural.

- La conception s'ouvre à des situations d'organisation, de gestion ou de décision ce qui, du point de vue des significations de la conception architecturale dans le monde vécu, élargit le champ formel du travail de conception aux pratiques sociales, individuelles ou collectives, de ce travail⁶². Ceci, toutefois, ne résoud pas la part formelle du travail de conception ou, plus exactement, la part cognitive de ce travail correspondant au dialogue du concepteur avec lui-même, à cette part d'interaction qui n'entre pas en relation explicite avec son environnement⁶³ : que l'état actuel des capacités modélisatrices ne permette pas d'accéder facilement (!) à cette part de la conception et que d'éventuelles percées dans ce domaine aient un caractère jugé "trop abstrait" pour que soient envisagées des incidences (rapides !) sur la pratique architecturale ne justifient pas d'assimiler, purement et simplement, la conception à une situation de gestion, d'organisation ou de décision⁶⁴.

- Du côté des modélisations liées à la part de "savoir architectural" susceptible d'offrir un "environnement opératoire" enfin, deux éléments interfèrent :

a/ la réduction de la part modélisable de la conception architecturale à ce qui est analytiquement observable dans les objets architecturaux (alors que l'objet dans la conception n'existe pas encore)

b/ la réduction de cette part analytique avec ce qui en est compatible avec un modèle géométrique.

D'un côté, en effet, la part projective de l'activité de conception architecturale disparaît du champ architectural lui-même (au profit du décisionnel comme on vient de le voir) et d'un autre côté, le champ architectural se réduit à ce que la géométrie (même complexe) peut en dire.

L'approche qui vient d'être étudiée, en termes de composition et de synthèse du côté de l'architecture avec ce que cela implique - comme on a pu le voir - du côté de l'informatique, offre d'indéniables possibilités sur le versant professionnel de la conception architecturale : les concepteurs - architectes et autres professionnels de la construction - disposent peu à peu d'outils d'aide à la conception dont le pragmatisme et l'efficacité s'évalue tout simplement par les parts de marché de plus en plus importantes que prennent de tels outils.

Du côté de la recherche trois grands axes de travail au moins surgissent cependant à partir et autour de cette approche :

a/ la capacité de développement et l'optimisation de tels outils d'aide à la conception

⁶² cf. M. Conan, *Méthode de conception pragmatique en architecture*, CSTB, Paris, 1989.

⁶³ cf. Ph. Deshayes, "Espace de conception et conception de l'espace", *Journée AUS*, CNRS, Oct 1989.

⁶⁴ cf. Ph. Boudon "Recherche fondamentale en architecture", *Architecture et Comportement*, vol 5/n.3, 1989; pp 212-213.

b/ les transformations des pratiques professionnelles de conception associées à ces outils

c/ l'hypothèse d'une approche autre quant à la conception architecturale et ses conséquences quant à l'interface avec l'informatique. L'architecturologie, pour sa part, s'inscrit dans la dernière de ces trois perspectives.

1.1.4. Recherche d'éléments stables substituifs.

Intervient alors, à la suite du problème exprimé dans les quelques pages ci-dessus, en fonction de ce que nous avons vu plus haut, l'hypothèse d'éléments substituifs pouvant permettre d'assurer une certaine stabilité aux opérateurs sur lesquels s'exercent les outils informatiques d'aide à la conception (architecturale).

La recherche de tels éléments substituifs devenant l'un des enjeux de l'interface architecture / informatique, il apparaîtra clairement que ceux-ci doivent satisfaire aussi bien :

- aux exigences propres à l'architecture ou, plus exactement, à ce que le modélisateur considèrera comme tel.
- aux exigences issues du caractère informatique de la modélisation, à ce que permettent sa logique, ses méthodes, modes de pensée et langages.

Faute d'un modèle théorique de connaissance de la conception architecturale (ou de l'architecture) sur lequel professionnels de la conception architecturale (les architectes, mais aussi les professionnels du bâtiment) chercheurs et enseignants s'accordent - au moins partiellement - ⁶⁵, et qui permette d'entamer un dialogue cohérent (et transmissible) avec l'informatique, deux sortes d'éléments substituifs, aux statuts concurrents même si, à terme, pressentis comme convergents peuvent orienter la recherche.

Des éléments empiriquement liés à un savoir-faire professionnel contingent (particulier à tel ou tel concepteur ou entreprise) ou partiel (particulier à telle ou telle étape du processus de conception). Ainsi, par exemple, tel "modèle d'industrialisation" d'une partie de bâtiment ou de telle partie de calcul de

⁶⁵ Comme c'est le plus souvent le cas dans des domaines de conception d'objets technologiques par l'existence de formes (relativement) stables de connaissance comme le sont la mécanique, l'électronique, la chimie etc... sur lesquelles le concepteur de moteurs, de transistors ou de produits pharmaceutiques s'entendra ou dialoguera avec le chercheur ou l'enseignant des disciplines intervenant dans son domaine de conception.

coût ou d'organisation de chantier pourra prétendre régir telle forme d'application informatique cohérente et efficace dans le dialogue entre la conception et son environnement.

Utilisation pragmatique du point de vue architecturologique

Le point de vue architecturologique peut *sur ce mode* donner lieu à une structuration d'interface avec l'informatique qui repose sur les concepts constitutifs de cette théorie, ceux-ci, bien que théoriques, pouvant être utilisés sur un mode empirique dans le cadre d'une informatisation. Nous verrons ainsi dans la première partie comment les concepts de *référence*, de *dimension*, de *pertinence* peuvent intervenir dans le cas d'une hypothèse de logiciels en aidant à la structuration de celles-ci.

Ces concepts sont une manière d'envisager les éléments que nous cherchons. Ils peuvent alors avoir la même fonction que ceux qu'auraient les éléments empiriques relevant au savoir-faire particulier et contingent d'un professionnel, à ceci près que ces éléments seraient tirés de l'architecturologie comme il en va lorsqu'un concepteur peut avoir recours à eux dans l'ordre de sa pratique⁶⁶.

Différemment de ce qui précède on peut viser des éléments à valeur potentielle plus générale - ou universelle ? - fondés sur des tentatives de connaissance théorique de l'architecture, déplaçant alors les caractères contingents ou partiels du mode professionnel au monde de la recherche architecturale, caractères d'autant plus marqués que cette recherche architecturale est objectivement dans le stade de l'enfance face aux constantes de temps d'autres domaines de la recherche scientifique⁶⁷.

⁶⁶ Comme il en va d'un usage empirique également des concepts architecturologiques possible également dans la conception architecturale non informatisée, cf. Ph. Boudon, Ph. Deshayes, *Introduction à la complexité de la conception architecturale* : S.Fiszer, Paris, Melm/Larea, 1992.

⁶⁷ Ainsi, par exemple, le domaine de la conception architecturale doit être distingué - au moins pour de qui est de son interface avec l'informatique - du domaine de la conception musicale : même si, comme en architecture, l'on ne peut pas dire que toute oeuvre musicale est copiée d'une autre oeuvre musicale, à la différence de l'architecture il existe des notes, rythmes, intervalles etc... permettant de construire des maquettes, algorithmes ou modèles numériques et surtout, constituant une base commune de données règles ou modalités sur lesquelles (où par rapport auxquelles) le compositeur conçoit et avec lesquelles il peut communiquer de manière stable avec l'informaticien. Que certains architectes ou, plus largement, professionnels de l'architecture et du bâtiment utilisent le vocabulaire "musical" (en parlant de rythmes, métrique etc...) et, au-delà, que ce vocabulaire puisse être particulièrement bien reçu par les professionnels de l'informatique (parce que compatible en termes de règles, de logique, de structure, de relation ou de paramètres avec l'informatique, ne signifie pas pour autant que :

- les propositions architecturo-musicales pouvant être ainsi produites aient d'autre valeur qu'empirique par rapport à un certain savoir-faire professionnel (exemple de Cl. Charpentier)cf. Ph. Deshayes "l'intelligibilité de la conception architecturale" in *De l'architecture à l'épistémologie, la question de l'échelle*, PUF, 1991.
- la capacité de l'informatique à établir un interface sur de telles bases ait d'autre valeur qu'expérimentale par rapport au problème général de la modélisation de facultés mentales et de la conception architecturale dans sa globalité.
- l'architecture qui en résulterait s'accroît de la diversité potentielle à laquelle, quoi qu'on veuille, les concepteurs sont susceptibles d'être amenés dans les édifices (de Claude Charpentier à Gaetano Pesce)

Une CAO architecturologiquement structurée.

Cette fois le modèle architecturologique a valeur structurante dans la conception. Ainsi verra-t-on mis en oeuvre d'autres concepts architecturologiques, maintenant relatifs à des opérations de conception, *surdétermination, juxtaposition, relais, cascades d'échelles*. De tels concepts permettront d'envisager une structuration du travail de conception à travers d'une part les logiciels que nous avons pu imaginer à partir d'eux, à travers, d'autre part, des opérations plus ponctuelles qu'ils peuvent susciter.

Ces deux modes d'utilisation des concepts architecturologiques, pragmatiques pour le premier, structurants pour le second, tentent ainsi de répondre à la question cruciale que nous avons posée qui est de savoir à partir de quels éléments de base s'orienter, attendu que l'architecture ne dispose pas, à la différence de la musique par exemple d'unités élémentaires équivalentes aux "notes" permettant de faire opérer l'ordinateur sur les éléments en question.

1.1.5. Un espace de conception.

Une autre approche possible que celle qui viserait des éléments substitutifs d'ordre architectural, parties de bâtiments, est de considérer que si dessin il y a - et, nous l'avons dit, ce n'est pas nécessairement toujours le cas selon nous - accompagnant la conception, ce dessin peut ne pas représenter l'objet ou une partie de l'objet architectural situé dans l'espace architectural, et peut être support d'autres opérations que de représentation de l'objet, des opérations ayant lieu dans ce que nous appelons *l'espace de conception*, cet espace dans lequel l'architecte travaille à la conception d'un espace architectural qui par définition n'existe pas encore.

Poser un tel "espace de conception" c'est se déplacer, comme on va le voir, de l'espace architectural vers un autre espace, quitter par là-même le domaine de l'espace architectural que l'informatique s'attache généralement à représenter. Et l'axiome architecturologique suivant lequel l'espace

Ainsi, pour dépasser ce qui apparaît comme trois obstacles, à la lumière de cet exemple empruntant l'analogie musicale, la question générale qui se pose est celle d'une formalisation stable des opérateurs de la conception architecturale permettant tout à la fois de dépasser les triples restrictions précédentes..

architectural n'existe pas encore, ce par définition, lorsque l'architecte travaille à le concevoir, prend encore ici toute son importance, au regard d'une CAO qui ne saurait tenir pour déjà conçu ce qu'il est question justement de concevoir.

Toutefois le fait que l'édifice n'existe pas encore n'entraîne pas que n'existent point des représentations. Quelles seront ces représentations, c'est ainsi que se pose pour nous une des questions majeures d'une CAO⁶⁸. Nous avons postulé que c'est vers la représentation d'un espace de conception que nous pouvions orienter notre travail, espace à tenir pour différent de l'espace architectural⁶⁹. On verra qu'un tel espace réunit dans notre esprit des opérations, des moments, des niveaux de conception etc . . . qu'il est prématuré de développer à ce stade de notre exposé. Précisons seulement que le terme d'espace de conception peut aller de l'ensemble abstrait-représenté des opérations de la conception à la représentation architecturologique d'un objet architectural particulier⁷⁰. Les icônes représentatives de chaque échelle architecturologique⁷¹ sont, tout aussi bien, autant de représentations d'espaces de conception, et des assemblages syntaxiques de telles icônes pourraient également représenter de tels "espaces de conception".

Parler de conception c'est tout d'abord, nous l'avons dit, remettre en oeuvre le *déplacement* proposé par l'architecturologie, de l'espace architectural vers l'espace de conception et plus précisément vers l'espace architecturologique, terme par lequel nous dénommons la modélisation architecturologique de l'espace de conception au stade actuel de notre avancement théorique. Nous renvoyons ici aux divers textes de notre laboratoire dans lesquels ce déplacement a été explicité⁷². Mais pour la bonne compréhension de celui-ci nous ramènerons toutefois ici ce déplacement au cas du *cube architecturologique* qui a l'avantage, pensons-nous, de bien le mettre en évidence.

⁶⁸ On aura soin de prendre en considération ici la pensée de H. Simon pour qui "*concevoir, c'est faire un changement de représentation qui permet de rendre explicites certains aspects, et de cacher éventuellement ce qui ne sert à rien*"

⁶⁹ cf. le travail de DEA de J. Sédille, EAN, 1993.

⁷⁰ Comme il en va par exemple des exercices par lesquels F. Pousin fait représenter l'espace de conception d'un objet donné à des étudiants dans le cours "maquette-modèle" (cf. F. Pousin, "Productions sur le projet", *Colloque sur l'enseignement de l'architecture*, Bordeaux 1993.)

⁷¹ cf. que nous avons ailleurs appelés "scalogrammes" et qui symbolisent chaque échelle à partir d'un exemple architectural patent.

⁷² cf. par exemple, chapitre "Déplacement" in *Enseigner la conception*, vol II, op.cit., Larea, EAN/BRA (à paraître).

déplacement⁷⁵ vers ce que nous nommons l'espace de conception est donc

Le cube architecturologique comme formalisation possible de l'espace de conception

Soit un cube architectural produit par un travail de conception. Il est doté de mesures qui se traduisent par des cotes marquant la décision prise par le concepteur relativement à la dimension de ses côtés.

Nous avons montré qu'un tel cube architectural pouvait procéder de multiples modalités de dimensionnement dont les figures sont les figures variées d'un cube architecturologique, lequel s'inscrit dans l'espace de conception qui constitue le support du travail à l'issue duquel est produit le cube architectural. Ainsi l'espace de conception est à penser suivant un déplacement de l'espace architectural vers l'espace dans lequel s'effectue le travail de la conception et dont l'architecturologie propose une modélisation : *l'espace architecturologique*. Celui-ci rappelle les concepts architecturologiques fondamentaux : *référence architecturologique, pertinence architecturologique, dimension architecturologique*⁷³.

On le voit, l'espace de conception comporte d'une part de la spatialité, d'autre part une structuration conceptuelle. On peut donc opposer ce *déplacement*, de l'espace architectural à l'espace de conception, à la *décomposition* de l'espace architectural en constituants géométriques élémentaires qui préside à nombre de démarches informatiques relatives à l'architecture et dont nous avons parlé plus haut. Nous avons vu en effet que dans le but de traiter l'espace architectural la méthode souvent adoptée consistait en une telle "décomposition". C'était le cas chez W. Mitchell. Ainsi est-il encore question chez P. Quintrand de "*décomposition*" de l'objet architectural complexe en *éléments géométriques élémentaires* (suivi de recombinaison des éléments entre eux) et c'est alors l'objet même de la modélisation architecturale, que cette traduction de l'objet architectural en objet géométrique⁷⁴. De la même façon trouve-t-on chez un auteur comme W.J. Mitchell une référence première à l'espace architectural lorsqu'il requiert "*une stratégie de segmentation des compositions architecturales en éléments auxquels nous puissions référer par un nom*". Toutefois le mode de segmentation on le voit est ici différent et pas nécessairement de nature géométrique. Il n'en reste pas moins que les termes appropriés pour dénommer des parties découpées de l'objet architectural ne sont pas forcément ceux qui conviennent à répertorier les éléments de l'espace de conception si du moins, encore une fois, on donne au mot conception son sens plein. Et, dans un cas comme dans l'autre, on part du résultat, l'espace architectural, pour penser la composition qui est sensée y conduire. Mais composition géométrique ou architecturale n'est pas conception et n'en indique qu'un des nombreux aspects possibles⁷⁵. Le

⁷³ cf. Ph. Boudon, *Introduction à l'architecturologie*, Paris, Dunod, 1992.

⁷⁴ cf. P. Quintrand, *La CAO en architecture*, 1985, Paris, Hermès, p. 96.

⁷⁵ cf. *Enseigner la conception I*, Nancy, Larea, 1986.

déplacement⁷⁶ vers ce que nous nommons l'espace de conception est donc d'autre nature que la décomposition et il faut le comprendre comme une autre façon de poser le problème de remonter de l'espace architectural vers sa conception, problème qui se pose à tout un chacun du côté de l'informatique dès lors qu'on exclut la pure et simple saisie d'un édifice "déjà conçu", comme il en va par exemple dans le cas de l'image de synthèse⁷⁷ qui traite de l'objet architectural à un autre niveau que celui de sa conception. Car dans ce cas il s'agit de mise en image de projet existant sur lequel diverses estimations visuelles par exemple sont rendues possibles par l'ordinateur sans pour autant que l'on puisse parler de conception. Mais dans le cas de la décomposition il apparaît que si l'on ne saisit pas l'objet dans sa totalité, on en saisit tout de même des parties supposées déjà constituées elles-mêmes. Il est vrai que certains modes de conception dont on sait que J.N.L. Durand a pu en son temps produire comme le paradigme peuvent se traduire d'une telle manière, mais il s'en faut que toute conception puisse se ramener à de la composition, surtout . . . depuis la disparition de l'architecture classique. Ne serions-nous pas en peine de nommer les parties de la villa Savoye et pourrions-nous imaginer de la composer à partir de telles "parties" ? C'est ici la question des "éléments stables" que nous retrouvons encore, question à laquelle il est généralement répondu par des primitives géométriques. Le travail de W. Mitchell se développe à partir de primitives dans la logique de conception de l'espace architectural que nous avons évoquée⁷⁸. S'agissant de notre approche il convient de substituer une visée d'"éléments stables", terme nécessaire dans notre cas pour indiquer ici un impératif informatique lié à l'espace de conception et non plus à l'espace architectural, les *primitives* étant en fin de compte, dans un état géométrique, des éléments d'espace architectural⁷⁹. Ou si l'on veut de tels éléments stables constitueraient les "primitives" de l'espace de conception, non plus celles de l'espace architectural.

⁷⁶ cf. chapitre "déplacement" in *Enseigner la conception*, op. cit.

⁷⁷ Il reste que suivant la proposition architecturologique qui veut que les échelles de la conception puissent avoir fonction d'échelles de la perception, les images de synthèse peuvent être l'objet d'une structuration d'ordre architecturologique en particulier les zooms peuvent être reliés à des pertinences et les arêts sur image à des points cruciaux déterminés par échelle optique ou échelle de visibilité. Par ailleurs certains chercheurs envisagent un usage de l'image de synthèse comme outil d'aide à la conception et non seulement à la représentation (LAMI).

⁷⁸ cf. W.J. Mitchell op. cit. ou P. Quinrand op. cit.

⁷⁹ On verra plus loin (1.2.3.) comment cette distinction entre espace architectural et espace de conception se distingue par deux essais distincts d'utilisation d'une approche-objet pour la conception architecturale. Pour une utilisation de l'approche-objet relative aux objets architecturaux cf J.M. Sandeau op. cit. pp. 76 et 83 à 87, où il est fait état d'une la recherche du laboratoire Gamsau (DUHA 87).

Vers un usage de l'architecturologie : la recherche de J.M. Sandeau

On peut juger de la difficulté d'effectuer le déplacement dont nous parlons de l'espace architectural vers l'espace de conception dans un cas proche d'une démarche architecturologique. Le fait de s'appuyer sur l'architecturologie mène en effet J.M. Sandeau⁸⁰ à distinguer les divers points de vue qui peuvent concerner un objet architectural. Un mur peut ainsi être considéré suivant un point de vue technique (fonctions thermique, acoustique, porteuse, d'étanchéité, de sécurité, de support d'équipement, d'opacité . . .), - un point de vue d'agrément visuel (texture, couleur, aspect, symbolique dimensionnelle, visibilité . . .), un point de vue géométrique : (sa forme), un point de vue socio-culturel (sa fonction de séparation d'espaces ayant une valeur sémantique différente) etc . . . Mais malgré une telle prise en considération de pertinences qui concernent un objet dans l'ordre de sa conception, le *déplacement* n'est pas effectué à notre sens lorsque s'ensuit la proposition de l'auteur d'envisager un logiciel qui fournisse "*un noyau minimal d'objets avec leurs relations associées et leurs différents point de vue*". On saisit bien ici la difficulté à envisager que, d'une manière ou d'une autre, ce soit bel et bien l'espace de conception et non l'espace architectural décomposé en "objets" constitutifs de celui-ci⁸¹ qui soit objet d'une informatisation. L'auteur n'a cependant pas été sans ressentir la difficulté puisqu'il écrit que "*outre la constitution de noyau de base, le logiciel devra être parfaitement "ouvert" aux différentes méthodes et points de vues des architectes. Ainsi, mais à plus long terme, le système devra laisser à tout architecte le soin de créer, de concevoir lui-même ses propres objets architecturaux, ses propres méthodes, ses propres points de vues*". On peut se demander ici si l'ouverture espérée peut s'inscrire dans un simple prolongement "à plus long terme" d'une telle démarche ou si la démarche en question ne doit pas être d'emblée envisagée sur un autre mode radicalement autre. Nous verrons que nos propositions n'envisagent quant à elles aucunement de saisir des objets architecturaux et que c'est un noyau de base d'échelles qui constituera plutôt les éléments de base de l'informatisation. C'est la raison pour laquelle un chapitre important du travail effectué ici (cf. *Troisième partie*) aura été de rechercher de façon systématique les faits de mesure afférant aux échelles et d'en produire une structuration afin d'en limiter l'infinité empirique des occurrences qui en sont possibles en théorie. Ainsi pense-t-on échapper au contresens qui consiste selon nous à penser que l'architecte manipule des objets, alors même que, ces objets, il les conçoit⁸².

⁸⁰ cf. J.-M. Sandeau, *Programme de recherche-développement pour un logiciel d'aide à la conception architecturale*, EMN, CRAI, EAN, Nancy, 1988.

⁸¹ On notera à titre de symptôme supplémentaire de non déplacement de la démarche de J.M. Sandeau vers l'espace de conception le fait que le postulat de l'informatisation d'objets architecturaux l'amène à un contresens architecturologique lorsqu'il parle (p. 67) de "surdétermination" au titre d'une règle possible entre objets alors qu'il ne peut y avoir que surdétermination d'échelles, non d'objets. On notera enfin dans ce même ordre d'idées que la prise en considération des échelles architecturologiques par J. M. Sandeau tend à se traduire par des informations relatives à des espaces de référence pouvant être attachées à des objets architecturaux plutôt que comme opérateur de conception tels que l'architecturologie a défini ceux-ci. On assiste donc à un glissement de sens du terme d'échelle vers celui d'espace de référence qui procède d'un usage des échelles comme "outils d'analyse" utilisés pour un "contrôle de cohérence" (p. 56, et l'auteur utilise dans les pages suivantes les termes significatifs de "vérifier", "comparer" etc. . .) i.e. *a posteriori* d'une démarche de conception et non dans l'ordre d'une démarche de conception.

⁸² J.M. Sandeau aura peut-être effleuré le problème en écrivant (p. 62) "*l'emploi des échelles architecturologiques comme supports de contrôles de cohérence, comme moyens d'estimation et d'évaluation ou comme aide à la conception par utilisation des capacités combinatoires de l'ordinateur, ne se limitent pas la seule partie de recherche de l'objet. cet emploi devra être possible quelle que soit la phase de conception*". Il en conclut à l'obligation d'emploi généralisé du polymorphisme pour toutes les procédures, fonctions et règles qui constitueront les échelles architecturologiques (p. 62).

Que le projet ne soit pas, selon le point de vue architecturologique, représentation d'un objet, sauf à son terme, entraîne d'avoir à représenter autre chose par le dessin - ou autrement - que des objets architecturaux ou des parties d'objets. Nous verrons ainsi que les idées de logiciels ou fonctions de logiciels que nous avons imaginées ne "représentent" guère de tels objets. Poser le problème de la conception au plein sens du terme⁸³ c'est donc pouvoir se demander dans quelle mesure la production de recherche de l'architecturologie peut être de quelque utilité pour une CAO c'est-à-dire dans quelle mesure peut-on envisager une C3AO - *conception architecturale architecturologiquement assistée par ordinateur* - en prenant d'abord en compte l'axiome de départ suivant lequel l'édifice à concevoir n'existe pas encore. Ce sera l'objet de notre troisième partie. Mais c'est aussi se demander dans quelle mesure l'activité de programmation elle-même peut être envisagée comme un "espace de conception", un *objet à concevoir*, voire comme objet d'un examen à caractère architecturologique, question que nous nous posons en fin de première partie (1.2.). D'ores et déjà nous avons senti la possibilité d'envisager non pas un processus de conception supposé exister en soi et qu'il s'agirait de représenter informatiquement, mais d'envisager que *de la* conception était à l'interface de l'architecturologie et de l'informatique. Un auteur comme Pierre Lévy conforte notre démarche en montrant comment la programmation peut être considérée comme un des Beaux-Arts⁸⁴. *Les informaticiens eux-même*, écrit-il, *n'assument pas toujours la dimension artistique et sociale de leur engagement professionnel*. Dès lors la programmation dans sa dimension artistique (et l'architecture est partie des Beaux-Arts) pourrait être l'objet d'une interrogation architecturologique au même titre que l'architecture. C'est en ce lieu que se situe une partie de notre travail : ce lieu où la conception (architecturale ou informatique) peut-être objet de l'architecturologie. C'est dire que parler d'interface informatique-architecturologie présente un intérêt double, rapprochement de deux domaines d'une part, mais aussi rapprochement de deux domaines qui ont affaire avec un troisième qui leur est consubstantiel : *la conception* ⁸⁵. Si

⁸³ On connaît les difficultés à prendre conscience de l'identité pleine de la conception ce qui pose des problèmes à une approche informatique tout autant qu'à l'épistémologie, le sens faible de "conception" se limitant à indiquer une "façon de voir les choses" et non des activités cognitives demandant à être appréhendées dans leur spécificité.

⁸⁴ Pierre Lévy, *De la programmation considérée comme un des Beaux-Arts*, éditions de la découverte, Paris, 1992.

⁸⁵ De façon amusante P. Lévy après avoir écrit relativement à la formation des informaticiens que les universités et les écoles ne formaient généralement que des spécialistes des machines et des langages formels, sous-entendant qu'on ne développait pas leurs capacités

notre programme de travail dans cette recherche quadriennale a été d'examiner l'interface de deux domaines, informatique et architecturologie, nous avons pris conscience en y travaillant du caractère moins séparé des deux domaines que nous ne l'envisagions initialement, rassemblés dans cette unité qui a pour nous nom de *conception*. C'est ainsi introduire relativement à l'informatique l'idée même que la conception, qui peut être objet d'une connaissance pour l'architecturologie du côté de l'architecture, puisse aussi être objet d'une connaissance du côté de l'informatique en tant qu'elle-même peut produire de la conception et en produire d'une autre nature que celle qui peut avoir lieu avec d'autres supports de travail. Il s'agit là, à vrai dire, d'un projet qui dépasse le cadre de la recherche présentée ici et que, par conséquent, nous ne développerons pas, mais comme il en constituerait la suite logique nous nous attarderons ici brièvement sur ce point important et qui peut risquer de ne pas apparaître clairement.

1.1.6. Réflexions épistémologiques

L'expression de génie logiciel qui situe en termes d'informatique la place de l'interrogation que nous venons d'indiquer, est définie comme "*science de l'ingénieur-informaticien spécialiste du logiciel*"⁸⁶ et de façon plus explicite comme "*l'application des sciences et mathématiques par laquelle les possibilités d'un équipement informatique sont rendues utiles à l'homme à l'aide de programmes, de procédures, de règles et de la documentation associée (Boehm)*"⁸⁷.

Nous pensons pour notre part que l'architecturologie, entendue comme connaissance de la conception architecturale, se distingue d'une démarche que nous qualifions d'applicationniste en cela qu'elle manifeste la nécessité d'entendre la conception en général, et/ou la conception architecturale en particulier, comme un objet spécifique. C'est donc bien à l'endroit de ce qui se nomme *conception* (design) en génie logiciel que se situe notre travail. Il ne s'agit toutefois pas de tenter d'appliquer une quelconque science ou

de conception, écrit "*c'est un peu comme si on n'enseignait aux architectes que la résistance des matériaux et l'économie du bâtiment sans faire aucune allusion à l'histoire de l'art ou à la sociologie urbaine*" : pour étendre une vue trop limitée de l'architecture l'auteur évoque l'histoire de l'art et la sociologie urbaine et néglige lui-même la conception qui est pourtant bien (ou devrait être) l'objet central d'un enseignement de l'architecture et constitue même l'objet qu'il pourrait partager avec l'informaticien ! . . .

⁸⁶ cf A. Strohmeier, EPFL, 1991.

⁸⁷ ibidem

quelques mathématiques que ce soit pour rendre l'informatique utile à la conception architecturale. Mais il ne s'agit pas non plus d'appliquer l'architecturologie à l'informatique pour la raison que la conception se trouverait impliquée à la fois du côté de l'architecturologie et de celui du génie (le mot *génie* l'indique) logiciel. Ainsi la "conception" est-elle affaire, à la fois, de logiciel et d'architecturologie. Nous espérons pouvoir éclairer cette question plus tard mais il nous a paru important de la mentionner dès maintenant. A cet égard, la critique que nous faisons de longue date concernant l'activité de conception comme activité de résolution de problèmes nous a incités à nous tourner vers les *approches-objet* compte tenu de la distance que celles-ci manifestent relativement à la programmation dite classique, faite de démarches analytiques traditionnelles. Ainsi avons-nous tenté de confronter approche-objet et architecturologie, ce dont nous rendons compte en annexe de notre recherche et que nous présentons dans le chapitre 2.2.. Il s'agit là d'une première approche qui nous a demandé un investissement dans un genre de méthode que nous ignorions totalement et l'on comprendra qu'elle soit de l'ordre d'une ébauche. On pourra cependant constater qu'elle comporte quelques conclusions qui ne sont pas sans importance.

Un certain "parallélisme"

Sous ce rapport encore et cette fois d'un point de vue plus philosophique, le parallélisme postulé par les langages-objet entre le monde informatique et le monde réel nous a suggéré d'envisager une démarche - que nous appelons aussi "parallélisme", bien que ceci n'ait rien à voir avec le sens précis du terme en informatique⁸⁸ dont la philosophie est un peu de même nature et qui consiste en un examen du parallélisme entre monde réel de la conception architecturale et monde informatique. En d'autres termes que peut-on détecter en informatique et plus précisément dans divers logiciels ou même dans le fonctionnement du système Mackintosh⁸⁹, qui puisse être doté d'une utilité dans le monde de la conception architecturale ? Dans cette optique, les opérations que l'utilisateur est amené à effectuer sur l'ordinateur seraient dans un rapport d'homologie avec celles qu'il effectuerait sans assistance informatique. Autrement dit les logiciels tendent à se rapprocher de la

⁸⁸ Ce sens oppose le fonctionnement des machines dites parallèles au fonctionnement séquentiel des ordinateurs classiques.

⁸⁹ Avec lequel nous travaillons et qui, du point de vue qui nous occupe, est évidemment le plus intéressant en raison de la convivialité qu'il vise de façon permanente.

démarche de l'utilisateur. Telle est une question que nous avons tenté de poser de façon systématique même si bien entendu de façon non exhaustive pour des raisons qu'on peut imaginer aisément⁹⁰. Pour prendre un exemple simplet : le rangement des icônes de fichiers et de dossiers sur une fenêtre MAC consiste en une opération qui peut parfaitement intéresser le concepteur. On imagine aisément que l'architecte ait affaire à une opération de ce genre à un moment donné de sa conception. En ce cas l'utilisation d'une opération qui d'ores et déjà est mise à disposition de l'utilisateur pour des fonctions étrangères à la conception architecturale peut s'inscrire dans celle-ci sous réserve d'une attention aux genres d'opérations que peut possiblement accomplir le concepteur.

Inversion du rapport. architecturologie/informatique.

Plus largement, l'examen de l'interface informatique architecturologie passe ici par le repérage de fonctions informatiques existantes utilisables dans l'ordre d'opérations de conception architecturale architecturologiquement repérées. C'est, pour prendre un exemple, le cas de la première opération numérotée 2.1.1. que l'on pourra trouver sous la dénomination *d'embrayage dimensionnel*.

On peut imaginer ici que le rapport architecturologie /informatique soit envisagé comme une application de l'univers de la conception architecturale sur celui de l'informatique, tandis que c'est de façon préférentielle la position inverse qui semble généralement avoir été adoptée. Si, abordé dans sa totalité, l'univers de la conception architecturale peut paraître trop vaste, trop complexe et encore trop insuffisamment connu pour qu'une démarche allant dans ce sens puisse être réellement opératoire, la part de *conception* qui existe nécessairement, par nature dira-t-on, du côté de l'informatique, peut aider à examiner de façon beaucoup plus locale les possibilités d'effectuation de ce que nous appelons parallélisme entre architecturologie et informatique. C'est donc, pour une part de ce travail, la posture de recherche que nous avons retenue ici et que nous avons dénommée "parallélisme", posture dont on pourrait donner une idée à travers des questions du genre :

⁹⁰ Notons ici que notre rapport 1990 envisageait la relation architecturologie informatique sur le mode strict de l'intelligibilité tandis nous avons été amenés à introduire notamment avec le parallélisme la question de la pragmatique de la relation architecturologie informatique qui elle-même posera des problèmes d'intelligibilité théorique.

"Quel menu peut-il être proposé au concepteur?", "Quels jeux d'opération graphiques peuvent-ils être ?" . Ce sont là des exemples de questions que nous pouvons nous poser en termes d'utilité pour l'architecture vue sous l'angle de l'architecturologie et pouvant être apportées par les fonctions apparentes à l'écran. De telles questions amèneraient à l'idée de fabriquer des scénarios de description d'un usage architecturologique de l'ordinateur pour la conception architecturale. Nous en avons écrit un à titre d'exemple⁹¹ afin de donner une idée de ce qui pourrait devenir un logiciel de C3AO si on l'étendait à l'ensemble des idées de logiciels que l'on trouvera ici même en seconde partie.

Notons au passage sur ce cas particulier que le scénario constitué à partir de l'idée de logiciel nous a permis de faire évoluer celui-ci : du logiciel pédagogique tel qu'il était initialement envisagé, il peut devenir un logiciel pour le concepteur par l'introduction d'une possibilité de lier des informations aux pertinences⁹². Ceci confirme la posture de parallélisme que nous avons adopté.

Conjonction architecturologie et informatique

Au-delà de la mise en rapport entre une opération informatique et une opération de conception architecturale prises d'abord séparément, nous pouvons envisager des opérations émergentes dans cette mise en rapport des deux univers. En effet la prise en charge par l'ordinateur de la conception architecturale a pu être entendue comme une substitution de la machine à l'homme pour effectuer des tâches supposées être celles-là même de la conception. Or il n'est pas évident que de telles tâches existent toutes en dehors de tout support dans lequel elles s'inscrivent⁹³. Les tâches de la conception ne sont pas forcément "les mêmes" pour l'architecte oeuvrant au fusain ou pour celui oeuvrant au rapido ou découpant dans le bristol. On le

⁹¹ cf le premier logiciel 1.1.1. *Différenciation des pertinences* sous-titré *L'assimilation des échelles en architecturologie*

⁹² Ceci confirme ce que nous avons dit plus haut quant à la dynamique propre d'une conception de la conception. Nous voyons qu'ici la "conception" du scénario est du même coup conception de l'interface architecturologie informatique.

⁹³ Parler de "résolution de problème par le dessin" (P. Quintrand op. cit. p. 166) ne revient-il pas à postuler un genre de problème à vrai dire différent de ce que recouvre le terme de problème ? Il s'ensuit un besoin de redéfinition du problème qui devient assez minimaliste : "nous définirons un problème comme la nécessité devant laquelle se trouve un sujet de transformer l'état d'une situation donnée" (in J.C. Lebahar p 41)

verra en 2.2., ces tâches peuvent être appréhendées théoriquement dans leurs rapports à une instrumentation possible. Il s'ensuit que la "conception", dans la conception assistée par ordinateur peut pour une part être approchée dans l'ordre de ce qui la constitue comme étant d'un autre ordre, différent parce que s'inscrivant dans une *écologie cognitive* qui est d'une nature elle-même quelque peu différente de celle dans laquelle oeuvre l'architecte lorsqu'il ne se situe pas dans le cadre de l'informatique. C'est pourquoi il ne s'agit pas tant, dans ce que nous avons dit précédemment, d'identifier d'un côté la conception architecturale et de l'autre la conception informatique en "traduisant" l'une par l'autre ni de les faire passer l'une et l'autre par l'examen architecturologique, que de les identifier l'une à l'autre comme étant tout au plus deux faces d'une même chose, qui est *conception*, et réunit deux aspects d'une même tâche : concevoir de la conception sur ordinateur. C'est de ce point de vue que nous avons tenté d'imaginer, sur deux cas, la possibilité d'une *approche objet* de la conception architecturale envisagée à partir de l'architecturologie et dont nous rendrons compte dans le chapitre 2.2.

Pour prendre un autre exemple, lorsque nous envisageons tel logiciel dont il sera question plus loin, intitulé "*dessiner avec des échelles*", la conception qui peut s'y jouer procède d'une association dynamique de l'ordinateur avec la conception architecturale vue sous l'angle de l'architecturologie (c'est ainsi la part architecturologique du métier de programmeur que, comme la part "artistique" de celui-ci pour laquelle plaide P. Lévy⁹⁴, nous envisageons d'une certaine manière). La parenthèse précédente est, on l'aura compris, nécessaire pour situer la démarche qui est la nôtre d'un point de vue très global, ce qui explique également que nous ne nous soyons pas pour autant transformés en programmeurs, bien évidemment. Mais nous pensons ouvrir ici une voie quelque peu différente à une CAO, et c'est pourquoi se précise ici la raison pour laquelle nous l'appellons C3AO, *conception architecturale architecturologiquement assistée par ordinateur*.

Processus ou espace de conception.

Se précise en même temps l'horizon - à concevoir ! - d'un espace de conception, c'est-à-dire d'un lieu de travail pour des opérations de conception

⁹⁴ cf. op. cit. note 89 ci-dessus.

propres à un architecte utilisant l'ordinateur. Une précision de taille doit être apportée en conséquence.

L'espace de conception que nous visons ne se distingue pas seulement de l'espace architectural, comme nous y avons insisté plus haut. Il se distingue du processus de conception tel qu'il semble visé par de multiples approches⁹⁵. A la question de savoir si un quelconque formalisme peut s'accompagner le processus, hors de la possibilité d'une simulation par recombinaison d'éléments issus d'une décomposition préalable, nous répondons par la négative. Aucune méthode unique, à moins d'éliminer toutes les autres, ce qui ne saurait être satisfaisant, ne semble pouvoir être posée pour *la conception*. On aura compris que chez W.J. Mitchell par exemple, le processus est pensé de façon univoque comme un jeu d'essais et erreurs et qu'il est dans le fond conséquence de la séparation qu'il effectue entre monde du design et monde de la critique, l'un et l'autre interagissant de façon dialectique. S'il peut arriver que le design fonctionne de la sorte, et à supposer qu'un tel fonctionnement soit fréquent, il n'en serait pas pour autant légitime de ramener toute conception à un tel processus considéré comme unique. Car d'autres, qui n'ont sans doute pas "moins" raison, ramènent la conception à une situation de résolution de problèmes, ce qui est antinomique avec le jeu d'essais erreurs puisqu'il s'agit dans le fond d'essayer des solutions plus que de les trouver par une méthode.

Celle-ci, de son côté, ne saurait, nous l'avons dit, constituer "la méthode" de conception. Si le concepteur rencontre bien des "problèmes", il ne s'agit pas pour lui de résoudre un problème de départ, puisque même dans les cas où cela pourrait se passer ainsi initialement l'expérience montre qu'un tel "problème" a toutes chances de changer de nature. A penser la conception en termes de problèmes on ne peut qu'observer l'évolution des problèmes au cours de l'avancée du processus. Evolution de problèmes et non résolution de problèmes, telle nous apparaît la conception. En outre on ne saurait poser *a priori* le genre de problèmes qui intéressent le concepteur car de tels problèmes sont d'abord posés par lui-même avant que d'être résolus, voire laissés de côté pour s'en laisser substituer d'autres.

⁹⁵ Certains ont cependant fait la critique des approches nécessitant la définition préalable d'un modèle de processus de conception, dont "la rigidité est incompatible avec l'indétermination qui caractérise la conception architecturale" (cf J.M. Sandeau op. cit. p.15; mais l'auteur ne résiste pas cependant ensuite, à la tentation de formaliser un processus architectural à partir du travail de J.C. Lebahar scindé en trois grandes phases : diagnostic architectural, recherche de l'objet par simulation graphique, établissement d'un modèle de construction). cf. également ibidem p 88 la mention de "*l'espoir de jalonner le cheminement du flou vers le précis*" manifesté par certains chercheurs qui les inscrivent dans une vision globale du projet comme procédure.

Une telle vue nous amène à écarter tout espoir d'un accompagnement de la conception architecturale par le développement de quelque algorithme que ce soit, tout au moins à un niveau général intéressant le processus. Et l'on peut penser qu'il y a tout autant de résolution de problèmes (mais pas que cela) que de jeux d'essais-erreurs (mais pas que cela) dans la conception et bien d'autres choses encore. Une telle situation converge avec la possibilité qu'il y a pour notre démarche de partir d'opérations plutôt que de telle ou telle vision du processus pris dans sa globalité de sorte que nous visons des aides ponctuelles plutôt qu'une aide générale convenant à un hypohétique "processus de conception". Ainsi avons-nous orienté notre projet vers un *espace de conception*⁹⁶, et non vers la simulation d'un processus à nos yeux introuvable. dans l'ordinateur, mais dans l'interaction du concepteur⁹⁹ avec Ajoutons pour être précis que ceci ne veut pas dire que dans la variété des opérations qui se succèdent l'architecte ne puisse approcher une représentation factuelle du processus susceptible de le rendre plus conscient de son historique⁹⁷.

Pertinence et fonction

L'idée de processus de conception paraît encore plus indésirable à un autre niveau que celui dont nous venons de parler, un niveau micro cette fois. Cette idée en effet paraît supposer celle de fonctions que des éléments, quelque'ils soient se voient assigner pour le déroulement dudit processus. Or la fonction des éléments architecturaux peut justement évoluer pour la raison que c'est toujours quelque pertinence qui fixe cette fonction : la fonction d'un mur peut être de séparer ou de supporter, ou encore il peut retenir les deux fonctions à la fois mais c'est toujours . . . en fonction . . . d'une pertinence assignée par le concepteur à cet objet qu'il les possède. En d'autres termes la fonction d'un objet n'en est pas une propriété de cet objet, même s'il peut avoir certaines propriétés en soi qui lui permettent d'accomplir cette fonction. La fonction n'existe que comme pertinence d'une propriété de l'objet lui permettant de

⁹⁶ On pourrait entendre cet espace de conception comme un "environnement de conception" à caractère spatial : dans un tout autre domaine, celui de la finance, P. Lévy (op.cit.) montre comment des informaticiens confrontés au problème de construire un logiciel de prévision du cours du dollar et à la diversité de vues des experts, à l'hétérogénéité des types de raisonnements, à l'hétérogénéité des temps et des données, à la variation des règles, le tout se compliquant d'effets de modes et d'effets de rumeurs, en sont venus à proposer un environnement de réflexion.

⁹⁷ cf le logiciel "Historiques et enchaînements d'échelles" (2.1.7.) 1992.

remplir une fonction qui lui est assignée par le concepteur en fonction des objectifs de celui-ci. Comme le dit en raccourci W.J. Mitchell "ce à quoi peut servir un objet caractérise le genre d'objet qu'il est". Mais ce à quoi peut servir un objet est illimité et l'on ne saurait aujourd'hui limiter l'architecture à ses trois fonctions supposées : *commodité*, *solidité* et *beauté*, comme le fait l'auteur cité⁹⁸. Dès lors la nécessité de prendre en compte, non la fonction, mais la pertinence, et notamment de prendre en considération le caractère variable en cours du déroulement de la conception (nous ne disons pas processus afin d'éviter la réification de ce déroulement que nous avons critiquée) nous mène à considérer que le concepteur doit rester maître de l'assignation de fonctions à des éléments. La pertinence dès lors ne serait pas à situer dans l'ordinateur, mais dans l'interaction du concepteur⁹⁹ avec celui-ci; la pertinence, c'est-à-dire, en termes architecturologiques, les échelles¹⁰⁰. des éléments qui tendent à le constituer : faits de conception, faits de mesure, scalèmes, implexés.

En conclusion, nous pouvons dire que deux hypothèses d'articulation possibles de l'informatique avec l'architecture peuvent être posées dans l'ordre d'une prise en compte de l'architecturologie : ou bien cette articulation s'effectue au niveau de *l'espace architectural* et/ou de sa représentation, ou bien il s'effectue au niveau de *l'espace de conception*. Par là nous entendons l'espace dans l'ordre duquel l'architecte travaille à la production de l'espace architectural qui n'est produit qu'à l'issue de son travail. Dans la mesure où cet espace de conception est formalisé par l'architecturologie nous le nommons *espace architecturologique*¹⁰¹. Dans la mesure où cet espace de conception n'est point formalisé par l'architecturologie et seulement structuré par une organisation relevant de celle-ci, nous le nommerons *environnement de conception*. Entre ces deux extrêmes des propositions peuvent se situer à une distance intermédiaire plus ou moins proche ou éloignée de l'un ou de l'autre.

⁹⁸ Trinité qu'a, sans doute par ironie, attribuée W.J. Mitchell à Sir Henry Wotton . . . mais qui reste au fondement de la proposition de l'auteur.

⁹⁹ Nous rejoignons ici W.J. Mitchell qui considère que l'espace réflexif et le jeu conscient des intentions donne sa signification au travail de l'architecte.

¹⁰⁰ Sur les différentes échelles architecturologiques définies comme pertinences des mesures conférées par l'architecte aux diverses parties de l'édifice nous renvoyons aux divers travaux de l'architecturologie.

¹⁰¹ cf. Ph. Boudon, *Introduction à l'architecturologie*, Paris, Dunod, 1992.

En fin de cette première partie on trouvera des éléments pour un environnement de conception constitué d'une part par l'examen des possibilités de réutilisation d'éléments de logiciels existant et la construction de nouveaux systèmes par combinaison d'éléments prédéfinis, d'autre part par la réflexion que nous avons menée du côté d'un essai de découpage et de structuration d'un environnement de conception en termes d'approche-objet.

En seconde partie, des idées de logiciels et d'opérations sont proposées comme éléments d'un espace de conception, c'est-à-dire d'un environnement de conception constitué d'éléments structurés par la conception entendue du point de vue architecturologique.

En troisième partie enfin, l'espace de conception est analysé dans ce qui fait la complexité des éléments qui tendent à le constituer : *faits de conception, faits de mesure, scalèmes, implexes.*

Dans cet ordre, trois situations peuvent se présenter. Un logiciel peut suggérer de façon heuristique un usage pour la conception. Ou bien il peut d'emblée être utile. Enfin la pertinence d'un logiciel pour la conception peut devoir être recherchée.

Usages heuristiques de logiciels pour la conception de futurs logiciels

"Mode-Plan" et C3AO

Le "mode-plan" du logiciel Word, pris comme logiciel relatif au texte va plus loin que la simple fonction de traitement de celui-ci, dans la mesure où il s'agit plus du traitement de la *conception* du texte que du traitement de la *forme* du texte. Il s'agit donc d'une posture qui n'est ni celle de la conception par informatique, ni celle de la conception sans informatique avec pure représentation, mais bien d'une aide à la conception agissant au niveau 1/ du découpage de celle-ci 2/ découpage en niveaux de lecture 3/ permettant ainsi une dialectique entre niveaux de conception et niveaux de lecture (aller-retours ou rétroactions); ceux-ci permettant une "relance" de la conception. Reste que ce mode-plan est rendu possible par la double dimension sélection-combinaison du langage et sa linéarité. On voit mal comment le registre à deux dimensions de l'icône en permettrait une transposition directe. Toutefois le mode-plan manifeste bien l'idée d'une véritable aide à la conception qui n'est pas seulement aide graphique (et qui n'est pas non plus résolution algorithmique de problème). La fonction ici est de ... *concevoir la conception*. Un tel logiciel suggère d'examiner un équivalent. En particulier il nous a, quant à nous, permis d'accentuer notre direction de recherche vers la question des niveaux de conception, travaillés ici en plusieurs endroits (1.2.2., 2.1.3., 2.1.6. notamment).

Vérification d'orthographe et C3AO

La géométrie peut être considérée comme ayant une fonction de rectification. Or les traitements de texte sont généralement dotés de vérificateurs d'orthographe. Il s'agit là

1.2. Vers la conception d'un espace pour la conception.

Nous nous intéresserons ici, paradoxalement en apparence, à des logiciels qui ne sont pas en rapport direct avec l'architecture à la différence de logiciels connus en la matière tels qu'Archicad, Architrion etc . . . La raison en découle de ce que nous avons dit plus haut : l'espace de conception est notre visée, non l'espace architectural. Un logiciel tel qu'Archicad, pour ne prendre que lui, agence des parties d'espace architectural, murs, briques, portes etc . . . On aura compris que notre visée est toute autre.

1.2.1. Approches empiriques d'instrumentations à disposition pour une C3AO.

Usages de logiciels pertinents pour la conception

Dans cet ordre, trois situations peuvent se présenter. Un logiciel peut suggérer de façon heuristique un usage pour la conception. Ou bien il peut d'emblée être utile. Enfin la pertinence d'un logiciel pour la conception peut devoir être recherchée.

Usages heuristiques de logiciels pour la conception de futurs logiciels

"Mode-Plan" et C3AO

Le "mode-plan" du logiciel *Word*, pris comme logiciel relatif au texte va plus loin que la simple fonction de traitement de celui-ci, dans la mesure où il s'agit plus du traitement de la *conception* du texte que du traitement de la *forme* du texte. Il s'agit donc d'une posture qui n'est ni celle de la conception par informatique, ni celle de la conception sans informatique avec pure représentation, mais bien d'une aide à la conception agissant au niveau 1/ du découpage de celle-ci 2/ découpage en niveaux de lecture 3/ permettant ainsi une dialectique entre niveaux de conception et niveaux de lecture (aller-retours ou rétroactions); ceux-ci permettant une "relance" de la conception. Reste que ce mode-plan est rendu possible par la double dimension sélection-combinaison du langage et sa linéarité. On voit mal comment le registre à deux dimensions de l'iconique en permettrait une transposition directe. Toutefois le mode-plan manifeste bien l'idée d'une véritable aide à la conception qui n'est pas seulement aide graphique (et qui n'est pas non plus résolution algorithmique de problème). La fonction ici est de . . . *concevoir la conception*. Un tel logiciel suggère d'examiner un équivalent. En particulier il nous a, quant à nous, permis d'accentuer notre direction de recherche vers la question des niveaux de conception, travaillée ici en plusieurs endroits (1.2.2., 2.1.3., 2.1.6. notamment).

Vérification d'orthographe et C3AO

La géométrie peut être considérée comme ayant une fonction de rectification. Or les traitements de texte sont généralement dotés de vérificateurs d'orthographe. Il s'agit là

d'une proposition de transformation d'un élément inscrit par l'utilisateur - un mot - et reconnu par l'ordinateur comme pouvant appartenir à telle ou telle classe d'éléments. La transposition architecturologique pourrait amener à envisager que ce soit, en matière de conception architecturale, une reconnaissance d'objets courants et dotés de quelques caractéristiques reconnues par l'usage ou l'expérience : on pourrait envisager ainsi qu'il s'agisse de préciser les normes de tel ou tel objet ou espace architectural. Une affectation de surface à une salle de bains ou à une cuisine etc . . . pourrait être rectifiée par proposition de l'ordinateur en tenant compte d'une part d'une base de données issue d'un équivalent de Neufert, ou bien, d'autre part d'un dictionnaire personnel de normes entrées par l'utilisateur. Une idée comme celle-ci n'est probablement pas nouvelle. Elle est dans doute trop ambitieuse dans la mesure où elle suppose reconnaissance de formes. Mais elle peut de façon plus simple correspondre à une rectification de formes par quelque chose comme un tracé régulateur. Dans ce cas on peut fort bien imaginer que le tracé régulateur n'ait pas tant fonction de correction que fonction de proposition. Dès lors son usage dépasse grandement celui qui se limiterait à l'ambition esthétique de l'ordre du tracé régulateur. La fonction ici est d'*assujettir la conception à des règles*. Nous verrons (2.1.6.) que plutôt que d'envisager les règles de la conception, nous pouvons envisager les règles de jeux de conception variée.

Usages de logiciels pertinents pour la conception

"PowerPoint II" et C3AO

En analogie avec les observations relatives au "Mode-Plan" du traitement de texte un logiciel peut être évoqué dans l'ordre iconique. PowerPoint II gère des présentations de transparents et permet d'ordonner et de changer l'ordre d'une série d'images. Un tel ordre d'images, si l'on cherche à abandonner l'objectif de présentation qui est officiellement associé à ce logiciel, suggère d'être, en première approche, associé à l'ordre du processus de conception. Un tel ordre aurait seulement ici fonction de mémoire du processus, mais pourrait déjà être utile au concepteur à ce titre. Notamment pour un projet ultérieur il pourrait consulter rapidement l'histoire d'un projet antérieur et se sentir prêt à affronter éventuellement des problèmes approximativement identiques en étant mieux armés par sa préconnaissance de certains types de difficultés pouvant être rencontrées.

Mais l'utilisateur pourrait encore *hiérarchiser* ses propres images sur un mode identique au mode-plan (à condition naturellement de traduire celui-ci dans une dimension iconique). Il pourrait alors faire apparaître de façon économique ce qui constitue l'ensemble des images qui correspondent aux décisions¹⁰² majeures de la conception d'un projet dans son esprit. Un tel ensemble pourrait lui permettre d'indiquer de façon claire à ses collaborateurs les points décidés, de même qu'il pourrait discuter avec eux de diverses hypothèses de hiérarchisation. Une pédagogie interne à l'agence pourrait s'ensuivre.

Une première fonction est ici celle d'une hiérarchisation *de fait* de ses images. Une seconde fonction serait d'envisager un système de hiérarchisation ou d'envisager que la hiérarchisation soit accompagnée de quelque système (comme le mode-plan accompagne la hiérarchisation de choix typographiques). On doit ici examiner, parmi trois postures, directive, maféutique ou instrumentale, la première et la seconde.

Dans le premier cas il faudrait imaginer que l'ordinateur inscrive lui-même dans une hiérarchie a priori les diverses images (une classification par échelles pourrait-elle alors constituer ou aider à une telle hiérarchie ?).

Dans une situation maïeutique l'ordinateur peut alors aider le concepteur à formuler ce qui implicitement l'a amené à rassembler un ensemble d'objets en ce que l'architecturologie appelle un même *niveau de conception*. Mais il pourrait s'agir aussi de *support architecturologique* ou de *champ de valorisation*. Un questionnaire

¹⁰² Sous réserve d'assimiler ici une part de la *conception* architecturale à un processus de *décision*.

pourrait l'aider à le faire, constitué de questions du genre : "s'agit-il d'un niveau de conception, d'un moment de conception, d'un support architecturologique, d'un champ de valorisation ?" "quel niveau de conception pensez-vous avoir constitué ici ?" - "donnez-lui un titre" etc . . .

Enfin notons qu'au plan cognitif, l'enjeu d'un tel logiciel est d'amener le concepteur à relier ce qui est dans son travail de l'ordre du textuel et ce qui est de l'ordre de l'iconique. On peut penser en effet que les tâches qui sont de l'ordre de l'iconique et celle qui sont de l'ordre du textuel ont tendance à être dissociées chez le concepteur alors même qu'elles¹⁰³ accompagnent le travail du concepteur en permanence. Dès lors le logiciel en question amènerait celui-ci à articuler les unes et les autres ce qui est sans doute de grande importance puisque la conception architecturale renvoie à ces deux ordres de façon fondamentale tandis que les logiciels de leur côté privilégient un ordre (traitement de texte) ou un autre (DAO par exemple). La fonction ici est de *lier texte et image de la conception*. C'est en 2.1.7. que nous nous posons la question de représentations diachroniques du processus.

Recherche de pertinence de logiciel pour la conception.

"Dictionnaire" et C3AO

Il s'agit là d'une fonction de *proposition*, i.e. ni heuristique, ni évaluative. On imagine fort bien que le concepteur trouve quelque aide à se voir présenter quelque chose. Mais quoi ?

Observons d'abord que la fonction "dictionnaire" est permise par l'axe paradigmatique du langage qui n'a pas d'équivalent direct pour le concepteur sauf à convoquer pour celui-ci un stock de modèles, idées, figures etc... à sa mémoire¹⁰⁴. Aurait-on affaire ici alors à une "échelle de modèle" ou à des "modèles"¹⁰⁵ ? Première question. Mais nous pouvons faire aussi l'hypothèse que des *dromies* ou des *scalèmes* puissent constituer de tels stocks.

La question que nous avons posée à un architecte, de savoir de quel genre d'objet il souhaiterait disposer à partir de quelque mémoire pour son activité de concepteur a entraîné la réponse : "*des ambiances !*"¹⁰⁶. Il s'agissait pour ce concepteur, d'une part, de faire venir des exemples *représentatifs* d'ambiances, i.e. non à titre de modèles morphologiques mais plutôt au titre de support de discussion avec le maître d'ouvrage en situation amont¹⁰⁷. Repères d'intentions donc pour l'architecte lui-même et supports de dialogue avec le client. Il s'agissait, d'autre part, toujours dans la réponse de l'architecte, d'avoir à sa disposition de tels exemples, cette fois à titre d'objets possibles de scanérisation en vue de transformation d'ordre graphique.

Nous pouvons en tirer:

a/ qu'un concepteur *autre* aura un *autre* besoin (imaginons par exemple qu'il aura besoin d'un stock de "géométries") et en conséquence le service à rendre sera de

¹⁰³ cf F. Pousin, *Architecture et représentation, figurations d'un modèle antique*, Thèse de Doctorat EHESS, 1992, avant-propos, où il est montré à partir de J.Goody et F.Dagognet qu'organisation iconique et organisation textuelle ont chacune leur logique.

¹⁰⁴ Notons que l'organisation d'un système doté d'une mémoire correspond au niveau de complexité numéro 5 d'un classement tel que celui qu'opère Boulding (in "General systems theory. The skeleton of science", *Management Science*, 1956 décrits in J.L. Le Moigne, *La modélisation des systèmes complexes*, Paris, 1991) et qu'à ce titre, le passage à une mémoire qui puisse se traiter elle-même (à l'instar de l'organisme humain lors du sommeil paradoxal qui reclasse les éléments emmagasinés en période d'éveil) pourrait être envisagé comme étape ultérieure à celle d'un simple stockage.

¹⁰⁵ Cette question devra être examinée au chapitre des échelles prises comme moyen de classement structuré d'un stock de modèles.

¹⁰⁶ "Ronchamp / bateau / "Palace" / Tango/ Opéra / Jardin / Serres" telle fut la déclinaison d'"ambiances" de la part du concepteur interrogé.

¹⁰⁷ L'ensemble d'images dont il est question en 2.1.2. pourrait faire office de support d'un tel dialogue.

permettre au concepteur d'envisager lui-même le genre d'objets à stocker et à faire venir sous forme de propositions.
 b/L'ordre des propositions ainsi faites devra renvoyer à quelque "proximité" des objets successivement proposés.
 c/ Il en résulte que le problème est ici de forger un logiciel qui permette au concepteur de constituer le réseau sémantique¹⁰⁸ de proximités d'objets qui soit de la nature du sien¹⁰⁹. La fonction ici est de *proposer à la conception*.

"Edition" et C3AO

En deçà même du Dictionnaire, la simple possibilité d'imprimer (ou seulement d'avoir un document imprimable donc "propre") permet de nouvelles lectures, de nouveaux regards qui rendent également possible une "relance" de la conception. Ici on pourrait dire qu'il ne s'agit pas vraiment d'une fonction particulière, mais ceci permet toutefois de soulever la question d'une spécificité éventuelle du *regard* que peut susciter l'informatique et plus précisément l'écran (tout comme le regard qu'entraînent des outils aussi différents que l'aquarelle, le fusain, la photographie ou la maquette ont quelque incidence sur l'effet de "relance" qui leur est propre ou du moins qu'ils favorisent particulièrement).

Si nous mettons ceci en rapport avec ce qui a été dit en 2.1.3. nous pouvons en induire que le mode de présentation du Dictionnaire est à envisager dans sa forme, iconique ou verbal pour commencer. Tout en sachant qu'une double présentation peut également être envisagée. La fonction ici est de *montrer la conception*. Et la question qui s'ensuit : *comment* ?

"Menu" et C3AO

"*Quel(s) menu(s) peut-on, imaginer?*" Nous avons déjà d'une certaine manière abordé la question de savoir si les échelles devaient être présentes dans le menu. Plus généralement nous pouvons nous demander *quels items* peuvent figurer au menu, pour effectuer *quelles opérations de conception* architecturale, organisées *comment* et en rapport avec *quelles opérations informatiques* :

a/ *comportant quels items ?*

Par exemple :

- embrayage
- dimension
- proportion
- champ de valorisation
- scalème
- opération (découpage, dimensionnement, points de vue)
- échelle

b/ *pour effectuer quelles opérations de conception architecturale ?*

Par exemple :

- rétéler
- découper
- conférer mesure, dimensionner
- déformer
- géométriser, etc..

c/ *organisées comment ?*

quels ensembles et sous-ensembles ?, menus et sous-menus

d/ *en rapport avec quelles opération informatiques ?*

¹⁰⁸ Là encore le logiciel envisagé en 2.1.2. pourrait permettre d'approcher une telle fonction.

¹⁰⁹ Ne peut-on imaginer que de tels logiciels ont plus de chance d'exister du côté de la psychologie cognitive ?

- 1- groupe
- 2- artifice graphique
- 3- combinaisons booléennes
- 4- cotation verticale horizontale alignée
- 5- cotation associée
- 6- hachurage avec reconnaissance de contour
- 7- hachurage associé¹¹⁰

Nous n'avons fait naturellement ici que poser les quatre questions qu'impose selon nous l'idée de "menu", toute solution supposant le problème posé (ne serait-ce qu'à titre provisoire), ne pouvant être apportée à ce stade mais seulement lors de la conclusion de ce travail. La fonction ici est d'*organiser la conception*. Nous verrons s'esquisser en 2.2. quelques idées d'opérations informatisées pour l'architecture.

"Freehand", fractales et C3AO

Si nous avons examiné plus haut le cas de logiciels pris, soit dans leurs fonctions globales (*PowerPoint II*) ou particulière (*Word 4* dans sa fonction "Mode-plan"), nous pouvons aussi prendre en compte des "opérations" de tel ou tel logiciel.

Ainsi par exemple le logiciel "*freehand*" suggère de façon très naturelle l'idée d'opérations *géométriques* propres à l'architecte qui seraient rassemblées sur un logiciel de nature équivalente à celui-ci. Mais l'espace architectural ne pouvant être ramené, comme l'a montré l'architecture, à l'espace géométrique, il s'agit de prendre en charge la diversité des pertinences qui peuvent constituer celui-ci. Le logiciel pourrait alors, comme *Freehand*, informer en simultané sur certaines quantités (*surfaces-donc-coûts*, par exemple) ou autres informations pouvant intéresser le concepteur.

L'essentiel est de considérer que ce que nous devons examiner est de l'ordre de la *pertinence* des opérations qui ne sauraient être celles correspondant à un déploiement infini de la géométrie mais celles qui renvoient à des mesures dotées d'une telle pertinence. La définition architecturologique de l'échelle comme *pertinence de la mesure* devrait donc trouver ici son utilité, elle suppose un examen approfondi auquel nous nous livrons en *Troisième partie* de façon systématique : de quelle géométrie architecturale, i.e. conjoignant forme et mesure peut-on partir ? Une réponse directe n'est pas possible et passe par l'examen minutieux de faits de mesure relatifs aux différentes échelles architecturologiques, auquel nous avons procédé en troisième partie.

Il n'en reste pas moins qu'on ne devrait pas écarter une prise en charge de la géométrie pour elle-même dans l'ordre de transformations de nature esthétique qui pourraient intéresser le concepteur. Dans ce cas la géométrie est à elle-même sa propre pertinence. Dans cet ordre d'idées un logiciel de fractales pourrait informer la conception de formes architecturales, à condition d'admettre le bien-fondé esthétique de telles formes¹¹¹. Des tracés régulateurs peuvent également être utilisés pour transformer les formes. Nous renvoyons là-dessus à ce qui sera dit dans la *Troisième partie*, concernant l'échelle géométrique. La fonction ici est d'*informer sur la conception*.

"Nouvelle fenêtre"

Enfin signalons qu'en appelant une nouvelle fenêtre en *Word 4* on fait apparaître un "double" du texte qui permet de travailler dessus tout en ayant sauvegardé l'original. Ceci facilite grandement le jeu d'essais de repentir que le concepteur envisage avec moins d'aisance en situation de manuscrit car la rature ne sauvegarde pas l'original. En

¹¹⁰ cf. respectivement pages 85,63,61,72,74,77,78 de l'ouvrage *La C.A.O.* de la collection *que-sais-je*, PUF.

¹¹¹ Tant le Modulor de Le Corbusier que les considérations esthétiques de B. Mandelbrot portant sur l'architecture ou celles de M. Borissaliévitch seraient de nature à faire admettre l'utilité esthétique d'un tel logiciel.

d'autres termes le coût de l'opération est moins fort. Il s'agirait donc là d'une fonction *heuristique*. Nous verrons apparaître plus loin un usage plus opératoire de la multiplicité des fenêtres nous nous en tenons ici à l'aspect heuristique du fait simple de l'existence de telles fenêtres.

Si nous avons indiqué ces quelques pistes en conclusion de cette première partie dont l'objectif était avant tout d'exprimer la philosophie générale suivant laquelle nous avons abordé l'interface entre architecturologie et informatique et avant d'aborder de façon plus focalisée et opératoire cette interface, c'est que nous les pensons illustratif de la posture de recherche qui est la nôtre et qui considère que l'enjeu ne porte pas sur une vision de la conception architecturale qu'il s'agirait de traduire informatiquement mais sur le projet d'élaboration pas à pas d'un *espace de conception* tel que nous en avons développé l'idée plus haut. D'ores et déjà cet espace de conception se profile en comportant un certain nombre de fonctions : *proposer à la conception, montrer la conception, organiser la conception, informer sur la conception ou l'assujettir à des règles, lier texte et image de la conception, enfin . . . concevoir la conception.*

Nous passerons maintenant à un premier essai de structuration d'un espace de conception à partir de l'approche-objet.

1.2.2. L'espace de conception envisagé comme émergence de la rencontre théorie/instrumentation.

Réalité empirique, réalité théorique..

Les recherches en CAO font très souvent état d'une approche empirique de la conception architecturale. (combinatoire a posteriori, scénario lié au déplacement dans l'espace architectural,). Nous-même, dans ce qui suivra en deuxième partie, devons sacrifier à cet empirisme. Mais une voie théorique encore émergente peut, avons-nous pensé, être envisagée, ce que nous ferons ici. L'architecturologie offre en effet une modélisation générale de la conception architecturale à partir de notions, de concepts et d'opérations permettant de rendre compte pour une part de processus de conception particuliers.

Une instrumentation informatique de la conception nécessite de dégager des séquences susceptibles soit d'être automatisées, soit d'intégrer une aide graphique ou de calcul. Dans cet esprit diverses hypothèses de logiciels ont déjà été faites. Du côté de l'instrumentation informatique plusieurs démarches peuvent être envisagées. On peut imaginer que des séquences différentes de la conception posent des problèmes différents à l'informaticien, toutefois, il ne paraît pas invraisemblable que des familles de cas puissent être dégagées. Seul un travail en étroite relation avec des informaticiens permettrait de se prononcer sur ce terrain.

Pour notre part, il nous semble qu'une confrontation entre une approche informatique permettant de prendre en charge une certaine complexité, l'approche objet - approche qui est développée ci-dessous-, et la modélisation architecturologique existante permettrait de faire avancer la modélisation théorique générale de la conception architecturale vers une modélisation de processus particuliers. Précisons qu'une telle confrontation ne vise pas avant tout à obtenir des résultats opératoires dans un premier temps, mais surtout à permettre de préciser certaines notions du modèle architecturologique d'une part, de faire avancer la connaissance de la dynamique de la conception architecturale d'autre part. Notre état d'esprit ne doit pas être assimilé à un quelconque applicationnisme dont la visée serait envers et contre tout opératoire. Ainsi nous n'avons pas la naïveté de penser que l'approche objet serait a priori adéquate pour résoudre les problèmes soulevés par la conception architecturale tels qu'ils peuvent aujourd'hui être énoncés par l'architecturologie.

La confrontation Architecturologie/Approche Objet consiste pour nous à confronter deux formalismes et à travers cette confrontation à poser des questions pertinentes d'un champs vers l'autre.

Notre position ici est théoriquement distincte de positions constituant deux extrêmes : l'une qui consisterait à travailler seulement du côté de la modélisation de la conception architecturale sans se préoccuper des exigences ou contraintes imposées par les instrumentations quelles qu'elles soient, l'autre qui consisterait à investir l'instrumentation en imaginant qu'à travers les enjeux de l'outil et les problèmes rencontrés à l'occasion d'applications restreintes, il sera possible d'atteindre les processus de conception. D'un côté, ce serait faire comme si l'apparition d'outils avec les

enjeux qu'ils soulèvent ne permettait pas de poser autrement des questions (éventuellement nouvelles) concernant la connaissance du ou des domaines auxquels ils s'appliquent, de l'autre côté ce serait faire comme s'il était possible de se passer d'une connaissance théorique du domaine, connaissance qui, seule permet, entre autres, d'en proposer une représentation globale cohérente.

Pour entamer la confrontation Architecturologie/ Approche Objet, nous nous donnerons deux études de cas :

1 une application informatique permettant de gérer l'identification et la manipulation de niveaux de conception (cette application concerne une notion architecturologique majeure)

2 une application permettant de gérer le dimensionnement d'un objet architectural limité : une fenêtre (cette application soulève la question de l'objet architectural au regard de la conception architecturale).

Avant de se lancer dans ces deux études de cas, à proprement parler, dégageons l'intérêt que représente, pour nous, l'approche objet. L'approche objet se démarque d'une approche procédurale, dans la mesure où elle définit des objets constitués de données et conjointement des opérations qui leurs sont associées, plutôt qu'une suite de fonctions adaptée à une application et qui manipule des données globales. Certes, les objets sont constitués en vue d'une application, mais l'approche objet offre une plus grande souplesse -due à une plus grande modularité- dans la résolution qu'elle propose de l'application, plus grande souplesse qui intègre une transformation possible des objets ou la complexification de l'application. On peut dire que l'approche objet intègre un facteur de modularité qui la caractérise par rapport aux approches procédurales de type fonctionnel, ce qui entraîne une plus grande facilité de compréhension du système et par conséquent une meilleure gestion de la complexité.

Pour résumer très rapidement, l'approche objet organise un domaine d'application (par exemple l'immatriculation de véhicules) en objets regroupés en classes (organisme, personne, véhicule, acte officiel) qui renferment données et opérations et qui s'envoient des messages. Ces classes-objets sont organisées entre elles suivant des structures et entretiennent des relations qui définissent un système. La mise en oeuvre de

l'application (immatriculation de véhicule) passe par l'effectuation des opérations propres aux objets (par ex calculer les droits, accepter les droits pour l'objet acte officiel) et l'envoi de messages par des classe&objets à d'autres classe&objets (par ex l'objet acte officiel a besoin d'accéder à l'objet personne propriétaire et à l'objet véhicule pour le calcul des droits et enverra donc le message accès).

Du point de vue de l'architecturologie, les opérations de conception sont, elles aussi, étroitement liées aux situations particulières et aux objets auxquels elles s'appliquent. La grande difficulté réside dans le fait que pour l'architecturologie, les objets auxquels s'appliquent les opérations ne sont pas stables et peuvent être remis en cause par les effets des opérations elles mêmes. Autrement dit, l'opération d'échelle par exemple produit son opérande. Il y a là, nous l'avons vu, une instabilité qui peut poser problème à l'informatique du moins énoncée comme telle¹¹². En réalité, nous verrons que les opérations de conception recouvrent une autre réalité que celle des opérations informatiques et que les unes ne peuvent être assimilées aux autres. Dès lors, ce qui apparaît d'un point de vue informatique comme une difficulté majeure, savoir l'absence d'opérande stable pour la conception architecturale, peut être dépassé, à condition de bien distinguer opérations informatiques et opérations de conception architecturale.

Néanmoins, la question soulevée à cet endroit est bien celle de la nature des objets manipulés par la conception architecturale. Il est clair qu'il ne peut s'agir d'objets architecturaux étant donné que ceux-ci sont le résultat même de l'activité de conception. L'hypothèse fondamentale de l'architecturologie fut de construire une modélisation de la conception autour des opérations que le concepteur architecte effectue, pour autant qu'elles soient nommables. Il s'en est suivi une relativisation de la question des objets, d'une part parce que ceux-ci sont étroitement attachés aux opérations, d'autre part parce qu'ils se sont révélés devoir être produit théoriquement en fonction du niveau de modélisation concerné. Du côté de la conception architecturale, on se trouve par conséquent en présence non pas d'objets architecturaux, mais d'objets théoriques attachés au niveau de modélisation auquel ils appartiennent et qui n'ont de valeur que par rapport à la modélisation architecturologique qui est,

¹¹² cf. ci-dessus 1.1.3.

répétons le, une modélisation des opérations de conception appréhendées à travers la question de la mesure.

Prenons un exemple pour rendre notre propos plus explicite : une dimension architecturologique est définie dans la modélisation architecturologique comme un support de mesure retenu en vue d'une opération de dimensionnement intentionnelle qui renvoie à une pertinence énonçable. Ainsi, en architecte concepteur, je peux décider de dimensionner le tableau intérieur d'une fenêtre que j'ai à concevoir, pour qu'il soit utilisable. Je fais donc de la profondeur du tableau intérieur de la fenêtre une dimension architecturologique que je vais dimensionner à partir d'un point de vue fonctionnel. En revanche, la profondeur du tableau extérieur ne sera pas nécessairement une dimension architecturologique, dans la mesure où elle ne fera pas l'objet d'un dimensionnement intentionnel : elle sera alors déduite de l'épaisseur du mur qui est, soit considérée comme donnée, soit déjà définie. Qu'est-ce donc par conséquent qu'une dimension architecturologique ? Un élément de l'espace architectural qui n'est pas donné a priori, mais attaché à une opération de conception et qui, surtout, n'a de valeur que relativement à cette opération. On comprendra la labilité des objets de la conception dès lors qu'on aura pris en considération que l'opération de conception comprend une composante intentionnelle qui renvoie à la liberté du sujet concepteur : c'est le concepteur qui décide de ce qu'il dimensionne. gardons nous des conclusions trop hâtives, car la mise en oeuvre par un sujet d'un modèle formel dans une multiplicité d'occurrences, qu'on peut supposer grande, sinon infinie, n'entraîne pas l'impossibilité d'une modélisation. Il y a là une complexité particulière qu'il faut intégrer à la modélisation même.

Pour rendre compte de la réalité des objets attachés à une modélisation, prenons un point de comparaison : les phonèmes d'une langue naturelle. Ils ne correspondent à aucune réalité empirique du côté de la langue (en français, il existe un seul phonème <è> qui a pourtant au moins trois transcriptions orthographiques : *et*, *ais*, *è* et une grande quantité de réalisations sonores suivant qu'on se déplace du nord au sud de la France. Ils n'ont d'existence qu'à travers un modèle linguistique, phonético-phonologique, qui vise un certain niveau d'interprétation de la réalité de la langue. De même, la réalisation sonore des phonèmes s'appréhende à partir de deux notions théoriques qui sont le point et le mode d'articulation. Ces deux notions ne sont des réalités que dans le modèle qui les inclut.

Néanmoins ces trois notions, phonème, point d'articulation, mode d'articulation, sont incontournables pour des logiciels traitant de la parole comme ceux qui en visent la reconnaissance précisément. Les entités alors manipulées sont des objets théoriques, dont la correspondance à la réalité empirique passe par la modélisation qui les a produites. Nous nous trouvons quant à la conception architecturale dans un cas analogue. Les objets manipulables par des logiciels d'aide à la conception ne sont pas des objets issus de la réalité empirique, mais des objets théoriques issus d'une modélisation de la réalité empirique. Il y a là une difficulté à laquelle l'informaticien n'est pas nécessairement confronté lorsque, par exemple, il conçoit une application qui vise la gestion d'un compte en banque. Cela ne signifie pas que pour concevoir une application de gestion de compte bancaire, l'informaticien manipule uniquement des données empiriques - ce serait non seulement une proposition fautive, mais surtout, elle dépasserait notre domaine de compétence - cela signifie seulement que le champ de son application peut être appréhendé comme une réalité empirique. En matière de conception architecturale, il nous semble qu'il faille y renoncer. Car la réalité de la conception ne se laisse pas saisir de manière empirique, pas plus que la réalité de la langue d'ailleurs. Toutefois, il y a, à propos de la langue un consensus qui ne fait que se dessiner à propos de la conception architecturale, étant donné que celle-ci est un objet de connaissance scientifique bien plus récent que la langue. En d'autres termes, suivant la nature de son application, l'informaticien élaborera dans la conception informatique de son application soit des abstractions d'une réalité empirique (la gestion de compte bancaire par ex.), soit des abstractions de modélisations qui sont, elles-mêmes, des abstractions d'une réalité empirique (la phonétique phonologie pour la parole, l'architecturologie pour la conception architecturale).

Qu'en est-il alors des objets constitutifs de nos deux études de cas ? Quels objets théoriques l'architecturologie a-t-elle produit permettant d'imaginer deux applications informatiques afin de gérer l'identification et *la manipulation de niveaux de conception* d'une part, *le dimensionnement d'une fenêtre* d'autre part ?

Il va de soi que l'informaticien devra se plonger dans la modélisation architecturologique de la conception architecturale.

Répondre à cette question, du moins se mettre dans la situation d'y répondre dans l'optique d'une application faisant appel à l'approche par objet, nous déplace du côté de l'analyse orientée objet. Car c'est précisément l'objectif de l'analyse orientée objet de procéder à une représentation du domaine de l'application, représentation qui mette en place un formalisme non contradictoire, cohérent même, avec l'esprit de l'approche par objet.

Vu notre position de départ, à savoir confronter le formalisme de l'architecturologie et de l'approche par objet à des fins heuristiques, l'analyse orientée objet des univers concernés par nos deux études de cas, nous paraît être un moyen de répondre à la question énoncée au paragraphe ci-dessus. Moyen qui laisse supposer l'émergence de questions, de demandes de précision des outils et des concepts que nous ne manquerons pas de relever et qui permettra de laisser entrevoir l'esprit du dialogue que nous recherchons à travers la confrontation entre recherche théorique et instrumentation.

Tout d'abord exposons l'idée de l'analyse orientée objet et une méthode existante, celle élaborée par P.Coad et E. Yourdon¹¹³.

L'analyse orientée objet relativement à une application permet de répondre, selon les auteurs, au défi de l'analyse qui est ramenée à quatre difficultés : la compréhension du domaine du problème, la communication entre les personnes impliquées dans l'application, le changement continu inhérent à la vie de toute application et la réutilisation éventuelle.

1. Le domaine du problème d'une application est défini comme "*champ d'investigation en considération*". (p. 7)

De ce champ, l'analyste ne retient que les éléments pertinents pour son travail, ce qui fait apparaître la notion de "*responsabilités d'un système*" défini comme "*un arrangement de choses assujetties, reliées entre elles comme un tout*" (p. 8).

"*Analyser, c'est plus qu'écrire simplement quelques besoins fonctionnels observables et mesurables. Un analyste doit spécifier des besoins et les empaqueter de manière concise afin que ses semblables puissent les lire et les comprendre. Mais la compréhension du domaine du problème est réellement le point capital de l'analyse des systèmes*". (p. 8).

La compréhension du domaine du problème d'une application intéresse directement notre hypothèse de travail, à savoir la confrontation heuristique entre savoir théorique et instrumentation. Hormis la communication, les deux autres difficultés concernent davantage la programmation, comme on peut en juger :

2. La communication entre les personnes impliquées dans l'application. "*La communication est une difficulté pour les analystes dans la mesure où une interaction*

¹¹³P. Coad, E Yourdon, *Analyse Orientée Objets*, Prentice Hall / Mason, London / Paris, 1992. Pour mettre en oeuvre l'analyse orientée objet à partir de nos études de cas, nous nous inspirerons de cette méthode

entre les divers acteurs est essentielle autant pour la détermination des besoins que pour la validation de leur compréhension".

3. Le changement continu. Une des difficultés est l'évolution des besoins par rapport au moment de l'analyse. Leur cadre d'expression ou "empaquetage" doit alors faire preuve d'une stabilité dans le temps.

4. La réutilisation. "dans l'analyse, la réutilisation est l'acte d'incorporer des résultats antérieurs d'analyse dans celle qui est en cours." (p. 10)

Procéder à une analyse orientée objet d'une activité pouvant donner lieu à une instrumentation informatique revient par conséquent à recenser et organiser tous les éléments concernés en cohérence avec le formalisme informatique. Voyons désormais en quoi consiste une méthode d'analyse orientée objet.

Dans une démarche globale, l'analyse orientée objet est constituée de cinq activités principales : trouver les classes-objets, identifier les structures, identifier les sujets, définir les attributs, définir les services. "Ce sont là bien sûr des activités et non pas des étapes séquentielles. (...) Et l'ordre qui est donné ici de ces cinq activités, représente la démarche globale la plus fréquente" (p. 27).

- 1. Trouver les classe-objets.

Il s'agit de penser le domaine du problème, c'est-à-dire le champ d'investigation concerné par l'application, en termes d'objets, c'est à dire d'abstractions contenant de l'information et sur laquelle on peut agir. Pour la méthode de définition des classe-objets, on se reportera aux "points clés" établis par les auteurs Coad et Yourdon que nous reproduisons en annexe, afin notamment d'en avoir une représentation synthétique. Pour l'instant, il nous importe de souligner l'intérêt que peut représenter pour l'architecture la nécessité de formaliser en termes d'objets, puis de classe-objet le champ d'investigation concerné par une notion clé telle que celle de niveau de conception par exemple. Un enjeu théorique consiste à préciser la dynamique d'une notion. Mais surtout, il s'agit de décrire, au sens balistique du terme, des "processus particulier" relatifs au niveau de conception à partir d'entités complexes définissables qui interagissent entre elles. Outre qu'elle ouvre la voie à l'instrumentation, une telle formalisation peut faire apparaître des clarifications logiques relativement aux notions théoriques comme on le verra, ou encore des questions à des endroits qui n'avaient pas été jusqu'alors identifiés.

- 2. Identifier les structures.

L'approche orientée objet propose d'exprimer la complexité du domaine du problème à travers deux catégories de structure : généralisation/spécification et composé/composant. Autrement dit, les objets ne peuvent être en relation structurelle avec d'autres objets que sur le mode de l'hérédité (structure généralisation/spécification) ou sur le mode de la composition (structure composé/composant). Peut-on organiser le champ d'investigation relatif à la notion de niveau de conception, par exemple, à partir de ces deux catégories de structure ? Qu'est-ce que cela peut faire apparaître ? On verra qu'en travaillant sur l'identification et la gestion de niveaux de conception, on est amené à créer une spécialisation de l'échelle qui n'est pas l'opération constitutive telle que la définit la modélisation architecturologique. Avons nous affaire à un niveau intermédiaire ou bien s'agit-il d'une distinction propre à l'application envisagée ? Les structures de l'approche orientée objet sont la hiérarchie et le treillis, à condition que ce dernier ne représente

pas une complexité difficile à manier. La hiérarchie comme forme de relation logique est-elle compatible avec la complexité de la conception, à quel prix ?¹¹⁴

-3 Identifier les sujets.

C'est identifier les couches de sous-domaines de problème afin de clarifier la lecture du domaine général. Cela pose à la conception architecturale la difficulté de regrouper dans des ensembles cohérents des objets théoriques qui s'articulent entre eux dans la complexité de la modélisation théorique qui, ici, n'est disponible ni dans sa globalité, ni dans sa complexité. Comment identifier des sujets alors ?

On verra que par rapport à l'application portant sur les niveaux de conception, nous avons mis en place le distinguo opération/opérante et constitué en couche ce qui relève de la représentation. Précisons que les opérations dont il est question ici ne sont pas des services exportés par les classe&objets de l'application, mais ce sont des éléments qui jouent un rôle dans l'application au même titre que les autres classe-objets. Quelle est la signification par rapport à la modélisation architecturologique d'une telle organisation ? Quels autres regroupements imaginer ?

-4. Définir des attributs.

Les attributs permettent d'énoncer les données pour lesquelles chaque objet dans une classe a une valeur propre. Du point de vue des notions abstraites manipulées par l'architecturologie, poser la question des données nécessite de se situer dans l'effectuation de la conception architecturale, poser la question des valeurs de ces données nécessite de se situer dans la dynamique même de la conception architecturale. Quelles données retiendra-t-on pour une échelle ? Pour un sous-ensemble d'échelle ? Précisons que les attributs doivent tenir compte de la notion d'héritage dans la structure généralisation/spécification. Réfléchir en termes d'attributs nécessite également de considérer les connexions d'instance, c'est à dire "le modèle de liaison du domaine du problème qu'un objet doit avoir avec d'autres objets dans le but de remplir ses obligations" (p. 114). Entrer avec un formalisme logique, dans ce niveau de précision devrait permettre de questionner la modélisation architecturologique là où elle se trouve contrainte à précisions, modifications, etc...

-5. Enfin, définir les services.

Les services définissent les comportements de chaque objet dans une classe. Il s'agit des traitements qui seront effectués sur les données. Si les attributs définissent les données caractérisant un objet, les services définissent les traitements associés aux données. Définir un service, à savoir un comportement spécifique qu'un objet est en charge de fournir, ce qui suppose d'énoncer le message susceptible d'être envoyé et reçu par un objet, concerne la modélisation architecturologique. Car les relations entre objets se trouvent énoncées dans une perspective dynamique d'effectuation, qui, répétons le, peut supposer d'autres liaisons que celles énoncées dans la modélisation théorique. Ainsi, dans notre exemple d'identification et de gestion de niveau de conception, il est à remarquer que les messages adressés au modèle proviennent d'une catégorie d'échelle différenciée fonctionnellement d'autres catégories qui, elles, adressent des messages au niveau de conception. Est-ce à dire qu'une sorte d'échelle peut s'identifier d'une part par sa fonction, d'autre part par son opérante, alors que la modélisation théorique privilégie pour ses catégorisations, les espaces de référence associées aux échelles ? Quels recouvrements peut-on établir entre ces catégories d'échelles, par exemple, serait une bonne question.

Le lecteur trouvera en annexe, nous l'avons dit, le développement des deux exercices auxquels nous nous sommes livrés concernant architecturologie et approche-objet, deux études de cas qui porteront l'une sur un objet architectural, *la fenêtre*, examiné du point de vue de l'architecturologie, l'autre

¹¹⁴ On se souvient de la critique de la "pensée en arbre" effectuée par Ch. Alexander dans son fameux article "La viulle n'est pas un arbre" cf. *Architecture-Mouvement- Continuité*, no.1, 1967, Paris.

sur un objet architecturologique, *le niveau de conception*, tous deux sujets d'une interprétation en termes d'approche-objet.

Nous passerons maintenant à l'exposé de réflexions plus focalisées concernant l'interface architecturologie-informatique, objet général de cette recherche.

1.2.3. L'espace de conception envisagé du côté de l'instrumentation.

L'espace de conception peut encore être envisagé, nous l'avons dit, de façon pragmatique. De ce côté ce sont des idées de logiciels que nous avons produites, ce de diverses façons, ainsi que des idées d'opérations et dont l'ensemble réunirait l'espace de conception recherché. Les uns et les autres feront l'objet de notre *seconde partie*. Nous voulons seulement distinguer ici les différentes situations d'utilisation de l'ordinateur, situations qui se sont présentées à nous déjà plus haut¹¹⁵, et renvoyons à la seconde partie de ce tome pour le contenu de ces idées de logiciels.

Fonctions de l'ordinateur pour une C3AO

- . L'ordinateur peut se donner comme support offrant des possibilités nouvelles et peut ainsi avoir une fonction qu'on dira *maïeutique*. Ainsi en va-t-il de certaines idées logicielles que nous décrivons plus loin¹¹⁶.
- . Dans certains cas une correspondance entre une opération de conception et une opération informatique a pu apparaître d'elle-même : l'ordinateur a cette fois un rôle *directif* ¹¹⁷.
- . L'ordinateur peut encore se donner comme un moyen de *conscientiser la conception* (fonction maïeutique et pédagogique)¹¹⁸.
- . Il peut apporter des informations sur les conséquences qu'on peut attendre d'une opération ¹¹⁹.

¹¹⁵ cf. supra, 1.2.1.

¹¹⁶ cf note ci-dessus et plus loin 1.1.2.

¹¹⁷ C'est le cas de possibles opérations d'échelle, ainsi lorsqu'on scannerise de travers une ligne devient découpée par les pixels "d'une certaine manière" qui laisse espérer une utilisation relative à l'échelle géographique.

¹¹⁸ Cas pédagogique de la prise de conscience du non assujettissement de l'échelle cartographique et de l'échelle de niveau de conception; diverses "historiques" permettant une métaréflexion sur le processus

¹¹⁹ "Un dimensionnement par l'architecte" : l'ordinateur fournit toutes les mesures conséquentes au changement général ou au redimensionnement particulier d'un élément d'un ensemble dont les proportions sont conservées"cf. 2.1.4.2.

Reste les questions que l'architecturologie peut soulever de façon particulière, ainsi la question générale se pose de pouvoir représenter des notions architecturologiques par ordinateur¹²⁰. Et parmi les questions soulevées par l'architecturologie il en est une majeure qui est de savoir dans quelle mesure l'ordinateur pourrait produire des niveaux de conception ¹²¹.

Par espace de référence nous entendons un quelconque domaine de la Aux fonctions ici repérées qui correspondent aux conclusions que nous pouvons tirer au stade actuel de l'interface architecturologie informatique s'ajoutent les usages divers de logiciels dont l'intérêt imaginé pour la conception architecturale, ou bien ne demande par de transformation particulière, ou bien a valeur heuristique pour projeter de futurs logiciels. Nous nous sommes en effet interrogés très simplement sur la possibilité d'utiliser des opérations type Mac ou logiciels Mac pour des fonctions imaginables de la conception architecturale. Dans certains cas un logiciel peut suggérer un usage pour lequel il n'est pas quant à lui directement adéquat. Il a alors fonction heuristique pour envisager tel logiciel qui permettrait d'assurer les usages qu'il suggère. Dans d'autres cas un logiciel peut être utilisé directement pour un usage relatif à la conception architecturale sans qu'il ait été expressément prévu pour cela.

En première approche on peut considérer que le premier niveau, celui des espaces de référence, serait indicatif de ce qui ne serait naturellement pas

1.2.4. L'espace de conception envisagé du côté de la théorie.

environnement qui permette, justement la référence. Mais le domaine de Enfin l'espace de conception peut encore s'envisager sur un mode plus délibérément théorique. Tous les concepts, qu'ils soient architecturologiques ou informatiques sont caractérisés par un niveau, même si la définition de ce niveau n'est pas des plus aisée. En informatique il est convenu de signifier par là des abstractions diverses allant de l'interface homme-machine au binaire. En architecturologie les choses sont moins claires surtout si l'on considère la critique qu'a effectuée l'architecturologie d'une vision linéaire du processus allant du global au local, ou si l'on veut, du général au détail suivant une vision scalaire et extrêmement simpliste que l'architecturologie s'est efforcée d'envisager¹²².

¹²⁰cf. par exemple 2.1.1.

¹²¹ C'est cette question ue nous avons déjà soulevée en 1.2.2. et que l'on retrouvera en 2.1.3. ou en 2.1.6.

¹²²Ph. Boudon (sous la dir. de), *De l'architecture à l'épistémologie, la question de l'échelle*, Paris, PUF, 1991.

Actuellement, du point de vue théorique qui est le sien, l'architecturologie distingue essentiellement trois niveaux nommés *espace de référence / échelle / scalème*.

Par *espace de référence* nous entendons un quelconque domaine de la réalité auquel l'architecte peut se référer pour donner des mesures (par exemple Spreckelsen s'est référé aux tours voisines pour concevoir l'Arche de la Défense).

Par *échelle* une opération par laquelle une mesure est donnée de façon pertinente relativement à l'espace de référence en question (c'est la hauteur des tours de l'Arche qui a été donnée en considération de la hauteur des tours *avoisinentes* : c'est en l'occurrence une *échelle de voisinage* qui est en jeu¹²³)

Par *scalème* nous entendons la *nature* - et non plus la pertinence - généralement scalaire de l'opération effectuée : par exemple "égale à" : dans le cas de l'Arche la hauteur est *sensiblement égale* du point de vue de Spreckelsen.

En première approche on peut considérer que le premier niveau, celui des *espaces de référence*, serait indicatif de ce qui ne serait naturellement pas programmé dans la machine. A moins de considérer que celle-ci offre un environnement qui permette, justement la référence. Mais le domaine de référence étant en principe illimité il s'agirait alors de l'asujettir soit à des habitudes du concepteur qui se référerait d'une manière systématique à de tels espaces de références, soit à des situations de contrainte marquées, obligeant quasiment le concepteur à telle ou telle référence. On peut penser à l'inverse que le troisième niveau, celui des *scalèmes*, lui, devrait par définition relever du projet d'un programme machine. C'est d'ailleurs à ce niveau, tout en restant relativement globale dans son approche, que s'est située l'interrogation de J.-M. Sandeau¹²⁴ lors de l'examen, auquel il a lui-même procédé, d'une interface possible entre architecturologie et informatique. Nous en avons fait plus haut la critique (1.1.5.)

Le niveau médian, celui des *échelles*¹²⁵ est sans aucun doute le plus problématique, attiré qu'il peut être soit vers le premier soit vers le troisième. On peut dire, au sens où Edgar Morin l'entend, que *l'échelle*

¹²³cf. plus loin page 74 différents faits de mesure relatifs à l'échelle de voisinage.

¹²⁴J.M. Sandeau, *Programme de recherche-développement pour un logiciel d'aide à la conception architecturale*, Ecole d'architecture de Nancy, CRAI, EMN, 1988.

¹²⁵ pour l'exposé de l'ensemble des échelles architecturologiques cf. op. cit. note 2

(architecturologique) hésite entre le statut de *macro-concept* et celui de *micro-concept* ¹²⁶.

Prenons un exemple : l'échelle *optique* semble bien être du second ordre savoir qu'elle évoque quelque décision *quasiment mesurable*, relative à l'objet architectural considéré sous l'angle des déformations à lui apporter pour quelque raison optique que ce soit. (c'est le cas par exemple des les *temperaturae* de Vitruve). A l'inverse l'échelle *socio-culturelle* semblerait, presque par définition, échapper tout-à-fait à quelque fait de mesure tant soit peu précis. Nous disons "par définition" parce que les faits de mesure d'une société peuvent précisément porter eux-même sur des objets très divers suivant ces sociétés, les objets variant eux-même pour des raisons culturelles¹²⁷. Pourtant la coupe d'un immeuble haussmanien et la hauteur dégressive des plafonds qui l'accompagne du bas en haut, si on la tient pour un exemple d'échelle socio-culturelle, manifeste bien *un fait patent de mesure architecturale*. Inversement l'interprétation de la disposition des temples sur l'Acropole d'Athènes que donne Doxiadis a beau relever de façon manifeste d'une échelle *optique* au sens où l'entend l'architecturologie, il ne semble pas que l'on puisse passer de cette observation à une opération unique de mesure pouvant être énoncée¹²⁸.

Le lecteur comprendra donc ici la décision terminologique que nous avons prise, du point de vue de l'architecturologie, de retenir le terme de "*scalème*" pour signifier une *opération de mesure patente* et pouvant être énoncée et de conserver à l'échelle le caractère de ce que E. Morin nomme un *macro-concept*. Dès lors l'articulation entre les niveaux informatiques et les niveaux architecturologiques s'impose comme lieu d'investigation ou plutôt comme double lieu d'investigation, sachant que le niveau des *espaces de référence* semble devoir être par nature exclu du champ d'étude¹²⁹. Par contre le niveau *échelle* et le niveau *scalème* s'offrent en quelque sorte comme deux pistes d'études distinctes dans leur principe. Mais dans la pratique c'est,

¹²⁶cf E. Morin, *Introduction à la pensée complexe*, Paris, ESF, 1991.

¹²⁷R. Jakobson, à propos de la musique, explique comment tel couple de mélodies sont tenues pour identiques par une société et différentes par une autre tandis que tel autre couple entraîne les identifications inverses : la raison en est que les deux sociétés ne perçoivent pas la pertinence dans les même traits l'une et l'autre.

¹²⁸Nous ne pouvons ici reprendre l'ensemble des échelles et de leurs définition par manque de place et renvoyons le lecteur à l'ouvrage citée ci-dessus note 2.

¹²⁹ Par *espace de référence* l'architecturologie entend *une classe quelconque de la réalité* à laquelle il est possible au concepteur de se référer pour envisager la conception et la mesure qui accompagne celle-ci. Plus précisément les espaces de référence sont celles de ces classes auxquelles le concepteur décide délibéremnt de se référer pour concevoir (sur ce point cf. Manuel III plus bas) . On voit donc qu'il s'agit en quelque sorte ici de *macro-macro-concepts* .! Pour la définition des espaces de référence cf op. cit. note 2.

comme nous le verrons, en examinant les faits de mesure - que l'on peut mettre en évidence échelle par échelle - que nous tenterons d'aboutir à des scalèmes.

Nous examinerons donc à l'endroit la possibilité de dégager des figures de scalèmes, ce qui n'exclut pas de trouver des niveaux inférieurs aux scalèmes qui peuvent, pour une part, être constitués de dromies ou encore d'éléments d'autre nature. La notion d'implexe que nous ne pouvons naturellement développer ici prendra toute son importance tant du côté de l'architecturologie que du côté de l'informatique entre lesquels elle se présente comme une voie possible d'interface.

Le lecteur trouvera donc en *Troisième partie* le développement du travail que nous avons effectué du côté d'une investigation relative à l'espace de conception examiné du côté *des faits de conception, faits de mesure, implexes, scalèmes*, développent la complexité des opérations relatives aux échelles architecturologiques.

Présentation.

Nous avons choisi pour faire ce travail d'adopter une certaine posture que nous qualifions de délibérément "naïve". A cela deux raisons, l'une,

Deuxième partie : fondée sur la modestie qu'imposait notre inexpérience de départ : comment penser que nous pourrions apporter quelque chose à la CAO alors même que des chercheurs ont travaillé à cette question depuis fort

Des cahiers des charges architecturologiques pour l'informatique:

idées logicielles et opérations infographiques.

être le fait de l'architecturologie, et le point de vue théorique de celle-ci sur la conception architecturale, ne peuvent être plus fructueux pour l'informatique qu'une tentative de nous substituer à des informaticiens ? Dès lors nous nous sommes acheminés vers l'idée de produire quelque chose comme un "cahier de charges" pour l'informatique, imaginant des logiciels qui puissent être d'utilité, soit pour la pédagogie de la conception, soit pour la conception elle-même, quitte à effectuer auprès de l'informaticien une demande d'opérations particulières comme nous le verrons en conclusion, tout en partant, pour imaginer de tels logiciels, de la fréquentation que nous avons pu avoir de logiciels existants auxquels nous ferons référence le cas échéant. Le lecteur trouvera donc ici des *idées de logiciels* (non des logiciels), qui, pour partie reposent sur des fonctions existantes de logiciels existants, ne posant donc pas de problèmes particuliers, et pour partie sur des opérations pouvant demander une recherche de la part des informaticiens¹³⁰.

Dans le second chapitre le lecteur trouvera des *opérations* plus délimitées que nous avons imaginées pouvoir être utiles également à la conception ou à sa pédagogie mais ne présentant pas le caractère de totalité des logiciels du premier chapitre.

¹³⁰ Nous fournissons ici une description sommaire des logiciels en question, qui ont été décrits plus amplement dans notre rapport C3AO 92, auquel nous renvoyons le lecteur ainsi qu'aux illustrations relatives. On trouvera par ailleurs, à titre d'exemple, un exemple de scénario descriptif de deux logiciels logiciel (cf. 2.1.8., p. 79).

2.1. De l'architecturologie vers l'informatique :

Présentation.

Idées de logiciels relatifs à l'architecturologie.

Nous avons choisi pour faire ce travail d'adopter une certaine posture que nous qualifierons de délibérément "naïve". A cela deux raisons, l'une, pragmatique, est fondée sur la modestie qu'imposait notre inexpérience de départ : comment penser que nous pourrions apporter quelque chose à la CAO alors même que des chercheurs ont travaillé à cette question depuis fort longtemps? L'autre est heuristique : un apport de l'extérieur, celui qui peut être le fait de l'architecturologie, et le point de vue théorique de celle-ci sur la conception architecturale, ne pourrait-il être plus fructueux pour l'informatique qu'une tentative de nous substituer à des informaticiens ? Dès lors nous sommes acheminés vers l'idée de produire quelque chose comme un "cahier de charges" pour l'informatique, imaginant des logiciels qui puissent être d'utilité, soit pour la pédagogie de la conception, soit pour la conception elle-même, quitte à effectuer auprès de l'informaticien une demande d'opérations particulières comme nous le verrons en conclusion, tout en partant, pour imaginer de tels logiciels, de la fréquentation que nous avons pu avoir de logiciels existants auxquels nous ferons référence le cas échéant. Le lecteur trouvera donc ici des *idées de logiciels* (non des logiciels), qui, pour partie reposent sur des fonctions existantes de logiciels existants, ne posant donc pas de problèmes particuliers, et pour partie sur des opérations pouvant demander une recherche de la part des informaticiens¹³⁰.

Dans le second chapitre le lecteur trouvera des *opérations* plus délimitées que nous avons imaginées pouvoir être utiles également à la conception ou à sa pédagogie mais ne présentant pas le caractère de totalité des logiciels du premier chapitre.

"Papier écossais à géométrie variable"
(Logiciel conception)
Objet :

¹³⁰ Nous fournissons ici une description sommaire des logiciels en question, qui ont été décrits plus amplement dans notre rapport C3AO 92, auquel nous renvoyons le lecteur ainsi qu'aux illustrations relatives. On trouvera par ailleurs, à titre d'exemple, un exemple de scénario descriptif de deux logiciels logiciel (cf. 2.1.8., p. 79).

2.1. De l'architecturologie vers l'informatique :

idées de logiciels relatifs à l'architecturologie.

2.1.1. Logiciels d'aide à la mesure

Les logiciels que nous proposons ici visent d'abord l'enseignement de la conception architecturale à partir de problèmes clés identifiés par l'architecturologie¹³¹. Un des problèmes clés est on le sait, que l'espace architectural, à la différence de l'espace géométrique, est un espace mesuré. Ainsi l'espace géométrique est-il un espace abstrait, sans mesure, alors que l'espace architectural est fondamentalement doté de mesures qui relèvent de pertinences multiples.

Plusieurs aides peuvent être envisagées du côté de la mesure et des pertinences qui l'accompagnent. Nous avons retenu quelques thèmes pouvant donner lieu à une instrumentation informatique : la différenciation des pertinences, le jeu des unités de mesure, le niveau de conception comme ensemble de supports soumis à un même dimensionnement. Chacun des thèmes donne lieu ci-dessous à une idée de logiciel développée sous la forme d'un "cahier des charges"

Différenciation des pertinences

"L'assimilation des échelles en architecturologie" -

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

Différencier les éléments d'une figure par la couleur en fonction de leur renvoi à diverses pertinences.

Pas de mesure :

"Papier écossais à géométrie variable"

(Logiciel conception)

. *Objet :*

¹³¹La raison en est que le fait de penser les problèmes spécifiques de mesure en termes d'architecturologie est encore assez inhabituel chez les architectes actuellement et passe d'abord par une familiarisation au sein de l'enseignement. Cette remarque est valable ici de façon assez générale, c'est-à-dire pour les autres paragraphes de ce chapitre; reste que le développement du côté de la conception hors pédagogie peut parfois être d'emblée plus patent et directement utilisable par l'architecte sans formation architecturologique initiale ce qui apparaîtra alors clairement. : nous avons distingué ici trois sortes de logiciels en fonction de l'intérêt qu'on peut espérer de leur usage : des *logiciels pédagogiques*, des *logiciels de conception* enfin des *logiciel utiles* soit à la *conception* soit à la *pédagogie*. Dans certains cas le logiciel d'abord envisagé du point de vue de la pédagogie peut être étendu à la conception. Il va de soi qu'il ne s'agit là que d'une indication.

Définir une unité de mesure par cliquage d'une dimension quelconque , puis quadriller ou tramer le plan pour fournir la mesure d'un quelconque élément du plan en fonction de l'unité choisie.

Niveau de conception et dimensionnement régulier

"Niveaux de régularités".

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Logiciel permettant de prendre conscience de la distinction "support de mesure" / "opération de mesure". Sélectionner une "dimension architecturologique" par cliquage et lui associer une série d'opérations, telles que "diviser par", "multiplier par", "additionner à", "soustraire de".

Déformation géométrique des figures architecturales

"Déformation géométrique"

(Logiciel pédagogique)

Objet :

Déformation sur deux modes : 1) assujettissement à une trame , 2) miroir et symétrie.

Découpage I :

" Jeux de découpages"

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Consiste à faire produire systématiquement par l'ordinateur des figures de positionnement d'une forme structurée ou un fond structuré à travers des opérations géométriques choisies, puis à lui demander les conséquences quantitatives ou morphologiques des diverses solutions sur les sous-espaces "résiduels" du fond de la figure ¹³².

Découpage II

"Formes-fonds"

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Positionner grâce à des opérations géométriques une forme ou un fond structurés sur une figure puis exprimer les conséquences quantitatives ou morphologiques sur les sous-espaces résiduels de la figure

Forme / mesure

"Déformations géométrico-topologiques pour les architectes"

¹³²Noter que le concepteur est maître de ses propres règles.

2.1.2. Logiciels "formes, découpages, géométries"

Outre des fonctions de représentation conceptuelle et figurative, la géométrie joue un rôle d'outil dans la conception : l'architecte se sert fréquemment d'opérations de pure géométrie pour concevoir plan ou élévation. La géométrie joue, entre autres, un rôle de régulation d'une partie ou de l'ensemble d'un projet, en ramenant une configuration spatiale singulière à une configuration géométrique commune. Si la géométrie joue un rôle dans la conception, celle-ci ne saurait pour autant se réduire à de la géométrie. De plus l'espace géométrique étant par définition abstrait, toute figure géométrique reste à être embrayée sur l'espace réel. Eu égard au rôle de la géométrie dans la conception architecturale, nous avons retenu comme thèmes : l'assujettissement d'une figure à une forme géométrique, le découpage et ses règles - entre autres géométriques - le rapport forme mesure et la reconnaissance ainsi que le jeu de niveaux de conception; chacun d'eux donnant lieu comme précédemment à une idée de logiciel.

Déformation géométrique des figures architecturales

"Déformation géométrique"

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

Déformation sur deux modes : 1) assujettissement à une trame , 2) miroir et symétrie.

Découpage I :

" Jeux de découpages"

(Logiciel conception et pédagogique)

. *Objet :*

Consiste à faire produire systématiquement par l'ordinateur des figures de positionnement d'une forme structurée ou un fond structuré à travers des opérations géométriques choisies, puis à lui demander les conséquences quantitatives ou morphologiques des diverses solutions sur les sous-espaces "résiduels" du fond de la figure ¹³².

Découpage II

"Formes-fonds"

(Logiciel conception et pédagogique)

. *Objet :*

Positionner grâce à des opérations géométriques une forme ou un fond structurés sur une figure puis exprimer les conséquences quantitatives ou morphologiques sur les sous-espaces résiduels de la figure

Forme / mesure

"Déformations géométrico-topologiques pour les architectes"

¹³²Noter que le concepteur est maître de ses propres règles.

(Logiciel conception)

. *Objet :*

Le logiciel permettrait de découper une figure en entités qui seraient ensuite soumises à des déformations suivant des règles données : affecter mur à espace 1 ou 2, conserver ou non le support, conserver ou non la direction, conserver un angle, deux, trois angles, conserver ou non parallélisme, accepter/refuser angle obtus, angle aigu.

Reconnaissance des niveaux de conception

"Le sceptre d'autokalk"

(Logiciel conception et pédagogique)

. *Objet :*

Deux fonctions constitueraient le logiciel: 1) réunir en une famille des éléments cliqués pour constituer un niveau de conception, 2) identifier dans une figure des niveaux de conception à partir des indices que sont les figures géométriques et les régularités de composition.

Jeu modèle/échelle :

"Calculs d'échelles"

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

à partir d'un tableau graphique proposé par l'ordinateur permettant d'énoncer les échelles architecturologiques d'un modèle, des opérations de transformation sont proposées pour définir les caractéristiques architecturologiques d'un second modèle constituant un programme pour une formulation iconique.

Jeu modèle/échelle II :

"Echelles de calculs"

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

Des opérations géométriques de transformation d'un modèle sont proposées, opérations dont le concepteur évaluera lui-même la pertinence relative à telle ou telle échelle. Un exemple peut être donné comme celui d'un logiciel *temperaturae* qui peut se constituer à partir de logiciel existant¹³⁴: (anamorphoses) Les *temperaturae* sont probablement l'objet de diverses interprétations en termes d'algorithmes entre lesquelles le concepteur pourrait choisir.

Dimension AA :

"Un corpus pour l'architecturologie"

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

A partir d'une base de données d'édifices cliquer sur des possibles dimensions architecturologiques pour faire venir l'information la concernant

Surdétermination, relais, cascades d'échelles, champs de valorisation :

"Apprendre à voir avec l'architecturologie"

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

¹³³cf. Ph. Boudon, *Introduction à l'architecturologie*, Paris, 1992, Dunod.

¹³⁴allongement réduction de rectangles que permet l'opération <Mac Ctrl Déplacement>

2.1.3. Logiciels "corpus AAAO"

Le jeu modèle échelle constitue le principe de la modélisation architecturologique en posant qu'un opérande est un élément ou une globalité reprise et transformée par une échelle ou un ensemble d'échelles¹³³. Ce jeu peut donner lieu soit à une représentation symbolique du processus de transformation, soit à une représentation iconique c'est-à-dire, en termes informatiques, à une transformation géométrique. Il en résulte la possibilité de deux logiciels: calculs d'échelles et échelles de calculs. En outre, on peut imaginer un ensemble de logiciels qui exploiteraient le jeu modèle/échelle à partir soit d'un corpus de modèles, soit d'un corpus d'échelles. Les thèmes architecturologiques en jeu sont les suivants : *dimension architecturologique, surdétermination, relai, cascade, champ de valorisation, niveau de conception et parti architecturologique.*

Jeu modèle/ échelle :

" Calculs d'échelles"

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

à partir d'un tableau graphique proposé par l'ordinateur permettant d'énoncer les échelles architecturologiques d'un modèle, des opérations de transformation sont proposées pour définir les caractéristiques architecturologiques d'un second modèle constituant un programme pour une formulation iconique.

Jeu modèle/ échelle II :

" Echelles de calculs"

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

Des opérations géométriques de transformation d'un modèle sont proposées, opérations dont le concepteur évaluera lui-même la pertinence relative à telle ou telle échelle. Un exemple peut être donné comme celui d'un logiciel *temperaturae* qui peut se constituer à partir de logiciel existant¹³⁴: (anamorphoses) Les *temperaturae* sont probablement l'objet de diverses interprétations en termes d'algorithmes entre lesquelles le concepteur pourrait choisir.

Dimension AA :

"Un corpus pour l'architecturologie"

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

A partir d'une base de données d'édifices cliquer sur des possibles dimensions architecturologiques pour faire venir l'information la concernant

Surdétermination, relais, cascades d'échelles, champs de valorisation :

"Apprendre à voir avec l'architecturologie"

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

¹³³cf. Ph. Boudon, *Introduction à l'architecturologie*, Paris, 1992, Dunod.

¹³⁴allongement réduction de rectangles que permet l'opération <Mac Ctrl Déplacement>

Un corpus de bâtiments accompagnés de bulles explicatives mettant en oeuvre les échelles architecturologiques peut être convoqué par le concepteur. Il est cette fois illustratif de concepts architecturologiques¹³⁵. Une recherche automatique d'exemples de surdéterminations d'échelles peut être activée, ainsi que de cascades, relais d'échelles ou champs de valorisation.

Niveau de conception et échelle cartographique :

"Zoom architectural"

(Logiciel pédagogique)

. *Objet :*

A partir d'un corpus d'exemples seraient recensés (Vigevano, Piazza del Popolo, ...) sont recensées connexions et déconnexions entre niveau de conception et niveau cartographique.

Encyclopédie :

"Parti architecturologique"

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Un corpus de bâtiments classé par échelles architecturologiques peut être consultable à partir de chaque entrée que constituent ces échelles. Tout autre concept architecturologique peut également constituer une entrée. Par ailleurs une échelle ou un ensemble d'échelles constituant un "parti architecturologique" permettra d'organiser des recueils de modèles à l'instar de ceux de Serlio ou Le Muet. A côté de la notion de parti architecturologique, l'informatisation permettrait de penser différemment l'organisation de tels recueils (hypertextes par exemple) en proposant de multiples entrées. Dans le cas présent la cohérence réside dans la notion de parti architecturologique.

Un dimensionnement pour l'architecte"

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Le logiciel, immergeant un objet sans échelle dans des échelles cartographiques variables manifestant ainsi des modes d'embrayages différents relativement à des dimensions architecturologiques elles-même variables, fournit toutes mesures conséquentes à l'immersion et relatives aux autres dimensions architecturologiques à apprécier. L'ordinateur peut, dans ces conditions, avoir fonction de déployer une grande multiplicité de propositions d'embrayages au travers de la multiplicité des échelles cartographiques proposées.

¹³⁵Le précédent logiciel a pour base de données un corpus d'édifices tous examinables par leurs diverses dimensions architecturologiques. Celui-ci est plutôt un corpus de concepts illustrés par des édifices les mettant en oeuvre.

2.1.4. Logiciels "embrayage"

2.1.5. Logiciels "accroissement"

L'échelle cartographique recouvre deux problèmes théoriques distincts : l'embrayage et la représentation . En conséquence deux logiciels sont ici imaginés, correspondant à ces deux fonctions. Dans le premier, l'échelle cartographique renvoie à la pertinence de niveaux de représentation, dans le second elle correspond à une hypothèse d'embrayage. L'échelle cartographique et le dimensionnement sont les deux thèmes en jeu ici.

Echelle cartographique :

"Cartographie d'architectes"

(Logiciel conception)

. Objet :

Le logiciel, immergeant un objet sans échelle dans des échelles cartographiques différentes, fournit des modalités de représentation variées correspondant aux diverses pertinences liées à des échelles cartographiques.

Dimensionnements hypothétiques :

" Un dimensionnement pour l'architecte "

(Logiciel conception et pédagogique)

. Objet :

Le logiciel, immergeant un objet sans échelle dans des échelles cartographiques variables manifestant ainsi des modes d'embrayages différents relativement à des dimensions architecturologiques elles-mêmes variables, fournit toutes mesures conséquentes à l'immersion et relatives aux autres dimensions architecturologiques à apprécier. L'ordinateur peut, dans ces conditions, avoir fonction de déployer une grande multiplicité de propositions d'embrayages au travers de la multiplicité des échelles cartographiques proposées .

¹³⁶ Notons que l'accroissement peut être envisagé de diverses manières : sur le mode de la proportion, sur celui d'une dimension ou de l'autre du rectangle et que ce sont donc plusieurs opérations qui sont à envisager. Il semble que les opérations d'accroissement se répartissent en 1/ étirement en deux sens 2/ étirement en 1 sens 3/ étirement avec maintien d'élément stable 4/ étirement avec obligation d'alignement ; à noter encore l'usage possible ici du maintien de direction unique de déplacement in MAC, touche commande +

concepteur. Du fait de la complexité inhérente au thème "accroissement" seule l'esquisse de logiciels peut être envisagée.

2.1.5. Logiciels "accroissement"

Le fait, mis en évidence par l'architecturologie, que deux modalités majeures de mesure soient constituées d'une part de la proportion d'autre part de l'échelle pouvait donner à penser que cette différence pouvait être actualisée quelque part en informatique. D'où l'idée première de sélectionner des parties d'édifices susceptibles de changement de dimensions et d'autres non.

Une difficulté informatique semble apparaître - sélectionner des parties de figure et établir son attachement à des opérations d'accroissement - mais ne semble pas indépassable : Hypercard (i.e. Macdraw) permet de sélectionner toute partie de figure et de lui infliger opérations de renversement, miroir, remplissage etc. . . Par conséquent il doit être possible d'attacher des opérations d'accroissement à une partie quelconque d'une figure. Par contre il n'en va pas de même s'agissant du contexte de la figure : il paraît impossible de spécifier des règles régissant les modes d'attache de la figure au contexte.

Par exemple si un rectangle a intérieur à un rectangle b est agrandi, reste la question de savoir dans quelle mesure les liaisons de a à b "suivent" l'accroissement de a.

En conséquence il s'agit, plutôt que d'imaginer un logiciel, ce qui paraît impossible en raison de l'infinie variété des modes d'attache d'une figure à son contexte, d'envisager d'ajouter une opération dans le menu graphique de dessins qui puisse être utile à l'architecte, une opération ou un ensemble d'opérations "accroissement"¹³⁶. L'utilité de l'ordinateur est celle d'une opération informatique graphique. Nous renvoyons donc sur ce sujet au chapitre opérations.

Par contre la variété même des situations d'accroissement en architecture qui ne saurait suivre des règles simples d'accroissement du genre proportion est le lieu même de la complexité des questions de mesure que rencontre le

¹³⁶ Notons que l'accroissement peut être envisagé de diverses manières : sur le mode de la proportion, sur celui d'une dimension ou de l'autre du rectangle et que ce sont donc plusieurs opérations qui sont à envisager. Il semble que les opérations d'accroissement se répartissent en 1/ étirement en deux sens 2/ étirement en 1 sens 3/ étirement avec maintien d'élément stable 4/ étirement avec obligation d'alignement; à noter encore l'usage possible ici du maintien de direction unique de déplacement in MAC, touche commande + . . .

concepteur. Du fait de la complexité inhérente au thème "accroissement" seule l'esquisse de logiciels peut être envisagée.

2.1.6. Logiciels "composition"

Accroissement en proportion :

"Questions d'échelle"

(logiciel pédagogique).

Objet :

Accompagner un plan, tel que celui du pavillon de Barcelone de Mies van der Rohe par exemple, des remarques afférentes à un changement d'échelle cartographique pour rendre manifestes les "changements d'échelles" qui s'ensuivent..

D'une façon plus générale la question pédagogique peut s'énoncer ainsi : Prenez un plan quelconque, multipliez en les dimensions par n (par exemple 2) : quels obstacles peut-on imaginer à cet accroissement ?

Accroissement :

"Un vaste problème"

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Trois modes d'accroissement sont proposés au menu : surface, répétition, directionnel. L'accroissement est ensuite évalué au regard de diverses échelles.

D'où l'idée qu'il pourrait en aller de même en matière de composition architecturale, à savoir que des opérations matérielles puissent revêtir une portée conceptuelle. Une telle idée n'est pas étrangère à l'architecturologie pour laquelle une opération matérielle de l'espace de représentation peut recouvrir une opération de conception dès lors qu'on est en mesure de la nommer. Il s'ensuit deux logiciels suivant que dans le premier cas on se livre gratuitement à des opérations graphiques auxquelles on confère par ailleurs un sens, ou que dans le 2ème cas on cherche à modéliser graphiquement des opérations de hiérarchie en niveaux significatifs de façon préalable pour le concepteur. Dans le premier cas l'embranchage s'effectue *a posteriori* dans le second il est *a priori*.

Jeu de façade :

"Architypecture"

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Sur un mode analogique au jeu de mise en page permis par un traitement de texte, ce logiciel permet de jouer des découpages et des éléments constitutifs de façades.

Niveau de conception :

"Composition assistée par ordinateur"

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Permettrait de situer rapidement des objets dans des rapports de position simples (axé sur, distant de, aligné sur, multiple de, divisé par) à partir d'éléments de référence changeant en fonction de l'avancement du processus.

2.1.6. Logiciels "composition"

Il peut paraître paradoxal de proposer comme logiciel d'aide à la conception des logiciels qui apportent une aide à *la composition*, étant donné que la notion de composition exclut l'embrayage, et ramène au seul espace de la représentation les opérations effectuées par l'architecte au travail. La composition architecturale apparaît donc aussi antinomique avec l'idée de conception architecturale que la géométrie.

On peut facilement tenir le même discours sur ce qui sépare une aide à la mise en page proposée par les traitements de texte et une aide à l'écriture, c'est à dire à la conception littéraire. Et pourtant à y regarder de plus près, on constate que certaines fonctions de traitement de texte, telles que "mode plan" dans le logiciel "Word", représentent une aide à la conception d'un texte, par les hiérarchies et les découpages qu'elles demandent de mettre en place, et par les manipulations diverses (substitution, déplacement, changement de statut) qu'elles autorisent.

D'où l'idée qu'il pourrait en aller de même en matière de composition architecturale, à savoir que des opérations matérielles puissent revêtir une portée conceptuelle. Une telle idée n'est pas étrangère à l'architecturologie pour laquelle une opération matérielle de l'espace de représentation peut recouvrir une opération de conception dès lors qu'on est en mesure de la nommer. Il s'ensuit deux logiciels suivant que dans le premier cas on se livre gratuitement à des opérations graphiques auxquelles on confère par ailleurs un sens, ou que dans le 2ème cas on cherche à modéliser graphiquement des opérations de hiérarchie en niveaux significatifs de façon préalable pour le concepteur. Dans le premier cas l'embrayage s'effectue *a posteriori* dans le second il est *a priori*.

Jeu de façade :

"Architypotecture"

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Sur un mode analogique au jeu de mise en page permis par un traitement de texte, ce logiciel permet de jouer des découpages et des éléments constitutifs de façades.

Niveau de conception :

"Composition assistée par ordinateur"

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Permettrait de situer rapidement des objets dans des rapports de position simples (axé sur, distant de, aligné sur, multiple de, divisé par) à partir d'éléments de référence changeant en fonction de l'avancement du processus.

Portant son attention sur la conception et visant à décrire pour partie celle-ci, l'architecturologie est amenée à considérer la conception dans une certaine mesure comme un processus, processus dont le concepteur peut avoir plus ou moins conscience. La constitution de ce processus en objet de réflexion pour le concepteur pouvant relancer la conception elle-même chez celui-ci est facilitée par le fait que l'architecturologie donne des moyens conceptuels de décrire la conception à l'endroit de la mesure notamment. Dès lors peuvent être envisagés des logiciels rendant plus explicite le regard que peut porter le concepteur sur sa propre conception en favorisant la symbolisation et la mémorisation de ce processus. Deux thèmes architecturologiques sont impliqués dans les idées de logiciels ci-dessous : *moment de conception* et *enchaînement d'échelles*. Enfin la mémorisation et la symbolisation d'un processus de conception amènent évidemment à rechercher une expression graphique aux différentes échelles. Cela donnera lieu à l'ultime idée de logiciel.

Moment de conception :

"Voir le processus"

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Pour chaque moment de conception une carte serait proposée comportant, en lignes, les échelles architecturologiques et, en colonnes, les items suivants : réification, degré zéro, échelle globale, échelle de niveau de conception¹³⁷.

Historique d'enchaînements d'échelles :

"Séquences d'échelles".

(Logiciel conception et pédagogique)

Objet :

Enregistrer des enchaînements d'échelles comme des séquences en faisant correspondre à ces séquences des schémas préconstitués. Le logiciel propose des fiches d'enregistrement de séquences d'échelle. Pour chaque échelle correspond une image schématique.

Echelles et opérations graphiques :

"Dessiner avec des échelles"

(Logiciel conception)

Objet :

Le logiciel propose un menu composé de vingt échelles. A chaque échelle sont associées diverses opérations graphiques la concernant.

¹³⁷ Nous excluons ici l'échelle de représentation bien qu'elle soit une méta-échelle car elle serait dans la situation de se prendre elle-même pour objet.

2.1.8. Exemple de scénario descriptif de deux logiciels

2.1.7. Logiciels "processus"

Nous avons, dans les pages qui précèdent, énuméré les logiciels que nous portons son attention sur la conception et visant à décrire pour partie celle-ci, l'architecturologie est amenée à considérer la conception dans une certaine mesure comme un processus, processus dont le concepteur peut avoir plus ou moins conscience. La constitution de ce processus en objet de réflexion pour le concepteur pouvant relancer la conception elle-même chez celui-ci est facilitée par le fait que l'architecturologie donne des moyens conceptuels de décrire la conception à l'endroit de la mesure notamment. Dès lors peuvent être envisagés des logiciels rendant plus explicite le regard que peut porter le concepteur sur sa propre conception en favorisant la symbolisation et la mémorisation de ce processus. Deux thèmes architecturologiques sont impliqués dans les idées de logiciels ci-dessous : *moment de conception* et *enchaînement d'échelles*. Enfin la mémorisation et la symbolisation d'un processus de conception amènent évidemment à rechercher une expression graphique aux différentes échelles. Cela donnera lieu à l'ultime idée de logiciel.

Moment de conception :

"Voir le processus"

(Logiciel conception et pédagogique)

. *Objet :*

Pour chaque moment de conception une carte serait proposée comportant, en lignes, les échelles architecturologiques et, en colonnes, les items suivants : réification, degré zéro, échelle globale, échelle de niveau de conception¹³⁷.

Historique d'enchaînements d'échelles :

" Séquences d'échelles".

(Logiciel conception et pédagogique)

. *Objet :*

Enregistrer des enchaînements d'échelles comme des séquences en faisant correspondre à ces séquences des schémas préconstitués. Le logiciel propose des fiches d'enregistrement de séquences d'échelle. Pour chaque échelle correspond une image schématique.

Echelles et opérations graphiques :

"Dessiner avec des échelles"

(Logiciel conception)

. *Objet :*

Le logiciel propose un menu composé de vingt échelles. A chaque échelle sont associées diverses opérations graphiques la concernant.

¹³⁷ Nous excluons ici l'échelle de représentation bien qu'elle soit une méta-échelle car elle serait dans la situation de se prendre elle-même pour objet.

2.1.8. Exemple de scénario descriptif de deux logiciels

Nous avons, dans les pages qui précèdent, énuméré les logiciels que nous avons imaginés de façon concise. Chacun d'eux peut donner lieu à une description plus développée, dont nous donnons ici l'exemple à partir du premier d'entre eux, "Différenciation des pertinences", ainsi que de celui qui s'intitule "Dessiner avec des échelles"¹³⁸.

Supposons que le concepteur se trouve en ce moment de la conception dans lequel l'objet n'est pas suffisamment défini et ne peut donc être ni géométriquement construit, ni spatialement apprécié, ni enfin communiqué à d'autres. Une telle situation ne s'inscrit alors dans aucun des types d'images informatique habituellement reconnus : *images de construction, de compréhension et de communication*¹³⁹. Car une telle phase de conception ne lui permet pas encore d'avoir un quelconque espace à apprécier, il n'est pas non plus en situation de construire l'objet, lequel n'est pas encore doté de forme, et encore moins d'avoir à le communiquer : celui-ci n'existe pas encore.

Notre concepteur pourrait s'en remettre alors à son carnet de croquis, voire à son ordinateur utilisé comme tel. Mais l'informatique ne jouerait alors aucun rôle autre que celui de rendre possible une édition de ses croquis. Avantage minime et qui coûte cher, le carnet de croquis étant jusqu'à présent d'un maniement plus aisé que l'ordinateur. Il nous faut donc envisager ici un troisième type d'image : nous les appellerons *images de conception*. Ce genre d'images devra apporter une aide à la conception au moment en question. Elle devra notamment lui permettre de mettre en oeuvre ce qui peut se jouer en de tels moments. La difficulté est de postuler ceci alors que le concepteur se trouve dans cet état où les objets de sa pensée sont si peu

¹³⁸Rappelons qu'il concerne l'assimilation des échelles en architecturologie. c'est donc un logiciel pédagogique. Il reste qu'on peut observer que le scénario tend à le faire évoluer vers un logiciel plus destiné à la *conception* par l'introduction de la possibilité de lier des informations aux pertinences. Il va de soi que le caractère pédagogique pour la conception ou directement utile à la conception dépendra de la mise en oeuvre d'un projet concret de logiciel après discussion avec les informaticiens.

¹³⁹On distingue généralement trois types d'images (cf. M. Lucas, "La communication graphique", in *Le courrier du CNRS*, no. 80 février 1993) : - *les images de construction* (par exemple les courbes d'une carrosserie de voiture que l'on utilise en CAO); - *les images de compréhension* (par exemple une scène tridimensionnelle ombrée qui permet d'apprécier un espace architectural); - *les images de communication* (par exemple mise en valeur par la couleur de l'essentiel d'une information à transmettre, n couleur qui "devrait être interdite dans une phase de compréhension"(ibidem)

définis qu'on ne voit guère l'apport qui peut s'inscrire d'une façon stable dans l'ordinateur.

Grâce au modèle architecturologique nous pouvons tout de même postuler que dans une telle situation le concepteur va choisir des *références*, décider de *dimensions*, lesquelles vont faire intervenir des *pertinences*¹⁴⁰. Ainsi pourra-t-il par exemple découper un espace en traçant une ligne distinguant deux zones référées à deux espaces de référence distincts en raison d'une échelle géographique. Ou encore implanter des points de vue qu'il souhaite privilégier, ou encore décider de points d'appuis de système de construction, de liaisons fonctionnelles etc . . . Sans développer ici l'ensemble à vrai dire assez vastes d'opérations possibles, à les envisager seulement du point de vue du répertoire des échelles architecturologiques, les trois opérations constitutives de l'échelle peuvent être présentes dans l'ordinateur de la façon qui suit :

- dimension : *c'est la trace graphique.*
- pertinence : *c'est la couleur*
- référence : *c'est l'information liée à la couleur.*

Le scénario pourrait alors être le suivant :

- le concepteur fait dérouler la rubrique "échelles" et clique sur telle ou telle échelle : "fonctionnelle" par exemple. Les traces graphiques qu'il effectuera seront alors indiquées en vert comme il aura été programmé dans l'ordinateur, à chaque échelle étant affectée une couleur. Il pourra alors cliquer dans la rubrique "informations" qui lui ouvrira une fenêtre où il pourra inscrire toutes les raisons qui accompagnent son choix. au moment où il effectue celui-ci. Par la suite, poursuivant des croquis avec diverses couleurs correspondant à diverses pertinences, il pourra immédiatement, par double cliquage sur une couleur, retrouver l'ensemble des informations liées à cette pertinence, se remémorer ainsi les raisons afférentes, les conserver, les supprimer, les redéfinir. Il pourra aussi les lier avec d'autres. par un couplage de couleur qui fera apparaître les informations par lesquelles il estime qu'une relation forte est posée, ou doit être posée, entre deux couleurs, i.e. entre deux échelles¹⁴¹.

¹⁴⁰Cf. *Enseigner la conception*, vol II, op. cit.

¹⁴¹NB Sédille (DEA/EAN) dans son exercice architecturologique de DEA pose la question :

- les outils informatiques autorisent-ils un mode de représentation spécifique ?

dans l'affirmative ce mode de représentation est-il particulièrement adapté à la représentation architecturologique ?

Passons maintenant au logiciel relatif aux *échelles et opérations graphiques* les concernant, qui s'intitule : "*dessiner avec des échelles*".

Supposons que le concepteur soit en situation de poursuivre un dessein déjà quelque peu existant et que traduit une forme graphique ou un ensemble de formes qu'il s'agit de nourrir en les remodelant suivant une diversité de points de vue pouvant les enrichir. Faire venir une variété de possibilités de remodelages de la forme ou des formes peut constituer une étape importante, avant même d'en examiner de plus près les possibilités ou impossibilités, ce qui suppose une mise au point plus fine. Nous sommes ici dans une étape qui est encore une étape de production d'hypothèses.

Le scénario pourrait être le suivant :

- le concepteur fait dérouler la rubrique *échelles* et clique sur telle ou telle échelle : "*fonctionnelle*" par exemple. Lui seront alors fournis un stock d'organigrammes préfabriqués. Ceux-ci sont classés par nombre de constituants, par forme d'entités, par arbres hiérarchiques ou semi treillis. L'icône qu'il choisit est accompagnée d'un accès rapide aux icônes les plus voisines, lui permettant de changer d'organigramme très instantanément en fonction de sa réflexion.

- cette fois le concepteur fait dérouler la rubrique *échelles* et clique sur telle ou telle échelle : "*optique*" par exemple. Il ne s'agit pas là pour le concepteur d'examiner quelque "effet optique" de telle ou telle disposition¹⁴² mais de se voir fournir par l'ordinateur des possibilités de modeler un objet en fonction d'un point de vue. Cliquant sur le point de vue, d'une part, sur une dimension d'autre part, le concepteur pourra ensuite trouver dans le menu une série de régimes de proportion, transformant en de telles proportions une mesure donnée, et suivant lesquels il pourra déformer automatiquement un support indiqué comme tel à l'ordinateur. Celui-ci lui transmettra la conséquence visuelle, pour le point de vue donné, de la transformation effectuée. On peut penser qu'ici on puisse se contenter d'utiliser des fonctions de logiciels existants.

- il peut aussi cliquer sur "*optique (2)*". Il utilisera cette fois une autre fonctionnalité de l'échelle *optique*¹⁴³. Cliquant dans "*outils*" après avoir cliqué sur un point regardant et sur un objet cachant, il pourra déplacer à volonté un autre objet qui sera cependant assujéti à rester caché par le premier en fonction du point de vue. La fonction complémentaire lui permet de ne pas laisser cacher un objet par un autre.

¹⁴²comme l'envisageait J.M. Sandeau in *Programme de recherche-développement pour un logiciel d'aide à la conception architecturale*, ENS des Mines de Nancy- CRAI, 1988.

¹⁴³Ceci doit naturellement être réapproché de l'examen approfondi des faits de mesure relatifs aux échelles auquel nous procédons en troisième partie.

- il peut aussi cliquer sur "visibilité" etc . . .

Il s'agirait ici d'affecter des fonctionnalités à chaque échelle et de les offrir au concepteur via le "menu".

2.2. De l'informatique vers l'architecturologie :

opérations informatisées pour l'architecturologie

A la différence des logiciels de conception qui visent à apporter une aide informatique à l'effectuation d'une tâche ou d'un ensemble de tâches relevant de l'activité de conception, et qui mettent en jeu une pluralité d'opérations, nous envisagerons ici une aide beaucoup plus ponctuelle correspondant à un objectif unitaire.

A partir d'opérations informatiques existantes, graphiques pour la plupart, qui nous ont semblé présenter un intérêt certain pour la conception architecturale, nous nous sommes efforcé de trouver, grâce à la modélisation architecturologique, à quelles opérations de conception elles pouvaient être associées. On trouvera donc ci-dessous énoncée une liste d'opérations de conception avec leurs correspondants informatiques exprimée sous la forme de fonction logicielle. Une fonction logicielle désigne ici une fonctionnalité qui est en soi insuffisante pour définir une application et qui associée à d'autres fonctionnalités constitue un logiciel.

C'est bien en termes de correspondance qu'il faut envisager le rapport des opérations informatiques et de conception, et non pas en termes d'identité ou de décalque. Une telle remarque est d'importance, car elle pose l'existence distincte d'un espace de conception et d'un espace de représentation qui peut être informatique, chaque espace étant doté d'opérations distinctes qui entrent en correspondance mais ne sont pas assimilables les unes aux autres. En d'autres termes, les opérations de conception peuvent entrer en correspondance avec des opérations graphiques, avec des opérations informatiques, mais elles ne sont ni les unes ni les autres. Pour utiliser une métaphore, on pourrait dire qu'adresser un message à un destinataire peut se faire au moyen soit de l'anglais, soit du français. Chacune des deux langues nécessitera une formulation spécifique et l'expression du message ne sera pas identique. Le message ne devra pas être confondu avec l'une de ses expressions dans une langue ou dans l'autre, et il serait faux pour décrire l'opération de communication qui consiste à adresser un message de décrire la construction syntaxique de son expression en français ou en anglais. La langue fonctionne ici comme un média, une représentation qui ne peut être confondu avec la communication proprement dite. Il en va de même pour

2.2. De l'informatique vers l'architecturologie :

opérations informatisées pour l'architecturologie

A la différence des logiciels de conception qui visent à apporter une aide informatique à l'effectuation d'une tâche ou d'un ensemble de tâches relevant de l'activité de conception, et qui mettent en jeu une pluralité d'opérations, nous envisagerons ici une aide beaucoup plus ponctuelle correspondant à un objectif unitaire.

A partir d'opérations informatiques existantes, graphiques pour la plupart, qui nous ont semblé présenter un intérêt certain pour la conception architecturale, nous nous sommes efforcé de trouver, grâce à la modélisation architecturologique, à quelles opérations de conception elles pouvaient être associées. On trouvera donc ci-dessous énoncée une liste d'opérations de conception avec leurs correspondants informatiques exprimée sous la forme de fonction logicielle. Une fonction logicielle désigne ici une fonctionnalité qui est en soi insuffisante pour définir une application et qui associée à d'autres fonctionnalités constitue un logiciel.

C'est bien en termes de correspondance qu'il faut envisager le rapport des opérations informatiques et de conception, et non pas en termes d'identité ou de décalque. Une telle remarque est d'importance, car elle pose l'existence distincte d'un espace de conception et d'un espace de représentation qui peut être informatique, chaque espace étant doté d'opérations distinctes qui entrent en correspondance mais ne sont pas assimilables les unes aux autres. En d'autres termes, les opérations de conception peuvent entrer en correspondance avec des opérations graphiques, avec des opérations informatiques, mais elles ne sont ni les unes ni les autres. Pour utiliser une métaphore, on pourrait dire qu'adresser un message à un destinataire peut se faire au moyen soit de l'anglais, soit du français. Chacune des deux langues nécessitera une formulation spécifique et l'expression du message ne sera pas identique. Le message ne devra pas être confondu avec l'une de ses expressions dans une langue ou dans l'autre, et il serait faux pour décrire l'opération de communication qui consiste à adresser un message de décrire la construction syntaxique de son expression en français ou en anglais. La langue fonctionne ici comme un média, une représentation qui ne peut être confondu avec la communication proprement dite. Il en va de même pour

l'espace de représentation, graphique ou informatique, et pour l'espace de conception.

Embrayage dimensionnel.

L'embrayage de l'échelle technique recouvre en droit une infinité de cas de figure. Cependant, il se traduit souvent par 1) le choix d'une direction de portée et de support, 2) le choix d'un module.

La fonction informatique lui correspondant consisterait à superposer à un quelconque plan une trame unidirectionnelle, puis à effectuer un calage des traits du plan sur cette trame par attraction magnétique.

Voisinage.

L'échelle de voisinage pouvant se traduire par des rapports de contiguïté dans l'espace architectural (reprise de hauteurs manifestées par des éléments architecturaux)

la fonction logicielle correspondante consiste à sélectionner des éléments de voisinage sur un dessin puis à prolonger ou rendre magnétique ces éléments (la fonction devra permettre de libérer le magnétisme).

Alignement/déplacement.

Le couple métonymie/métaphore, tel que l'entend l'architecturologie, peut se traduire dans l'espace graphique par le couple alignement/déplacement. En effet décider d'alignements revient à créer des rapports de contiguïté spatiale entre des éléments de l'espace architectural. De même le déplacement permet la substitution des uns aux autres des éléments de l'espace architectural. Or créer des rapports de contiguïté et jouer des substitutions constituent dans leur opposition même deux opérations fondamentales de la conception architecturale.

La fonction de logiciel graphique correspondante consiste 1) à décider des objets soumis au magnétisme, et ce de façon changeante 2) sélectionner dans les objets des éléments soumis au magnétisme, 3) définir un gradient d'attraction magnétique.

Conception architecturale et typographie.

Le calque de l'architecte est, on le sait, rarement le lieu d'une seule figure. Ses bords, notamment, sont souvent occupés par des figures qui représentent autrement l'espace figuré par la figure principale. Celle-ci peut être également fractionnée pour faire apparaître en son sein des figurations secondes. Pour l'architecturologie, les opérations de conception sont liées à des supports architecturologiques qui en permettent l'effectuation.

2.2.1. liste des opérations

. Embrayage dimensionnel.

L'embrayage de l'échelle technique recouvre en droit une infinité de cas de figure. Cependant, il se traduit souvent par 1) le choix d'une direction de portée et de support, 2) le choix d'un module.

La fonction informatique lui correspondant consisterait à superposer à un quelconque plan une trame unidirectionnelle, puis à effectuer un calage des traits du plan sur cette trame par attraction magnétique.

. Voisinage.

L'échelle de voisinage pouvant se traduire par des rapports de contiguïté dans l'espace architectural (reprise de hauteurs manifestées par des éléments architecturaux)

la fonction logicielle correspondante consiste à sélectionner des éléments de voisinage sur un dessin puis à prolonger ou rendre magnétique ces éléments (la fonction devra permettre de libérer le magnétisme).

. Alignement/déplacement.

Le couple métonymie/métaphore, tel que l'entend l'architecturologie, peut se traduire dans l'espace graphique par le couple alignement/déplacement. En effet décider d'alignements revient à créer des rapports de contiguïté spatiale entre des éléments de l'espace architectural. De même le déplacement permet la substitution des uns aux autres des éléments de l'espace architectural. Or créer des rapports de contiguïté et jouer des substitutions constituent *dans leur opposition même* deux opérations fondamentales de la conception architecturale.

La fonction de logiciel graphique correspondante consiste 1) à décider des objets soumis au magnétisme, et ce de façon changeante 2) sélectionner dans les objets des éléments soumis au magnétisme, 3) définir un gradient d'attraction magnétique.

. Conception architecturale et typographie.

Le calque de l'architecte est, on le sait, rarement le lieu d'une seule figure. Ses bords, notamment, sont souvent occupés par des figures qui représentent autrement l'espace figuré par la figure principale. Celle-ci peut être également fractionnée pour faire apparaître en son sein des figurations secondes. Pour l'architecturologie, les opérations de conception sont liées à des supports architecturologiques qui en permettent l'effectuation.

Les logiciels de PAO différencient des zones où fonctionnent des logiciels différents. Il s'agit d'une réalité analogue à celle évoquée ci-dessus. Un espace de représentation unitaire est fractionné en sous espaces qui coexistent simultanément et qui permettent d'effectuer des opérations de nature différentes.

La correspondance dans un logiciel de CAO consisterait à définir des zones permettant des figurations particulières et où fonctionneraient des opérations différentes (cf. opérations de conception et support AA)

Déformation optique.

L'échelle optique consiste, à partir d'un point de vue donné, à définir une mesure en fonction des modalités de la vue. Un exemple emblématique en sont les *Temperaturae* de Vitruve qui consistent à moduler les hauteurs en fonction de l'angle de vue sous lequel elles sont perçues. Cela nécessite de lier grandeur de l'angle visuel et grandeur de l'espace architectural.

D'où l'idée d'une fonction logicielle à partir des deux dispositifs, vertical et horizontal, de transformation - allongement réduction de rectangles - commandées par Mac control déplacement (logiciel ?). Mais recouvrent-elles les opérations de conception engagées par les *Temperaturae* de Vitruve? Il conviendrait de pouvoir agir sur les allongements/réductions en fonction des angles de vue auxquels ils sont attachés.

Substitution par déplacement.

La substitution supposant déplacement et importation, outre la dissociation d'une "forme" sur un "fond", elle nécessite une compatibilité entre la "forme" importée ou déplacée et le "fond".

Une fonction logicielle entrant en correspondance avec cette question consisterait à importer des formes rectangulaires sur des réseaux tramés, l'ordinateur gérant soit automatiquement la compatibilité, soit proposant des manipulations à cette fin.

Papier quadrillé informatique.

Le papier quadrillé possède, on le sait, des propriétés cognitives, car il permet d'associer immédiatement une taille à une forme. Pour l'architecte, il constitue un support architecturologique dès lors qu'il est associé à des opérations de dimensionnement. Il fonctionne dans ce cas comme une trame. Toutefois la trame apparaît rarement comme un support ad hoc pour la conception à cause de sa fixité.

D'où l'idée d'une fonction logicielle qui propose comme support un papier quadrillé à trames multiples pouvant se déployer suivant d'innombrables variétés.

Une autre fonction logicielle consisterait à offrir des hypothèses de tramage successives avec informations conjointes pour aboutir à une trame satisfaisante.

. Dimensionnement.

Le module est une unité de mesure en architecture qui renvoie à un mode de dimensionnement : la proportion. Peut-on imaginer une fonction logicielle qui permettrait de mettre en oeuvre cette modalité de dimensionnement ?

Une telle fonction logicielle offrirait, à partir de la longueur L et d'un module m, trois possibilités de dimensionnement :

le module commande : L est transformée en nombre entier de m le plus proche de m

la longueur commande : L est divisée en un nombre de parties égales les plus proches de m

le nombre commande : L étant divisée en n parties, elle est redivisée en m parties avec $n \neq m$.

. Décalque.

Le dessin d'architecture est par essence sériel¹⁴⁴. Cela signifie qu'une figure entre en relation avec d'autres figures qui en précisent ou au contraire en éludent certains traits. La possibilité de reproduire dans son intégralité ou partiellement une figure sur un calque est d'un intérêt patent pour le concepteur architecte. D'où l'idée d'une fonction calque de logiciel graphique concernant la conception architecturale.

Une telle fonction calque consisterait à cliquer des éléments d'abord discrétisés d'une figure, pour les inscrire sur un calque autonome. Une variante informatique consisterait à colorier les éléments discrétisés et à utiliser la fonction séparer les couleurs de logiciels existants (Arc +).

. Visibilité

Situer un objet de telle manière qu'il soit vu, par conséquent rechercher des points de vue à partir d'un objet donné, ou encore d'un espace définir la vue sur un lieu ou un ensemble de lieux constituent autant de démarches de mensuration de l'espace architectural qui relèvent d'une échelle de visibilité. D'où l'idée d'une fonction logicielle qui à partir d'éléments de l'espace architectural permettrait de générer des points de vue.

Une telle fonction consisterait à lier des extrémités de parois à un point de vue (direction et angle de vue)

. Qualification.

La confrontation des attributs d'un espace à ceux d'un autre espace pour en évaluer la compatibilité, ou encore la confrontation des caractéristiques de solutions alternatives, sont des opérations récurrentes de la conception.

¹⁴⁴Cf. Ph. Boudon, F. Pousin, *Figures de la conception architecturale*, Dunod, 1989

L'évaluation passe par l'expression dans un espace de représentation autre des caractéristiques de l'espace architectural .

D'où l'idée d'une fonction logicielle qui permettrait de lier des sous-espaces du projet à des paquets d'informations, puis de mettre face à face les paquets d'informations afin de les confronter.

. Inférence.

L'inférence régit le passage d'une opération de conception à une autre, sans qu'il y ait relation obligée de cause à effet. Elle signifie que les opérations de mesure sont déduites de ce qui précède tout en relevant d'une intentionnalité propre au concepteur. Via l'intentionnalité qui lui est propre, l'inférence est liée à la liberté du concepteur, elle s'oppose à l'automatisme de la pure déduction. A partir de là, on pourrait imaginer qu'une opération particulière fasse suite à une décision déclarée.

Dans cet ordre d'idée, une fonction logicielle consisterait à partir d'une direction déclarée par cliquage d'inférer une trame.

. Symbole.

La symbolisation est, on le sait, essentielle à toute formalisation. Pour les logiciels proposant un historique de la conception ,

on pourrait envisager une fonction particulière qui permettrait de symboliser compatibilité, initialisation et limitation.

. Niveau de conception.

La création d'un niveau de conception désigne, entre autres, l'acte par lequel le concepteur met en relation des éléments de l'espace architectural qui ne le sont pas a priori, afin de les soumettre à des opérations communes. Ainsi, une même opération de conception concernera des supports architecturologiques qui ne sont pas nécessairement en relation de contiguïté.

Par conséquent, une fonction logicielle consisterait à lier des formes homologues distantes pour les attacher à une même déformation/transformation (cf. icônes du bureau Mac).

2.2.2. Opérations et échelles.

La liste qui précède aboutit à des opérations auxquelles un architecte se livre de fait lorsqu'il conçoit. Elles sont le plus souvent référées à des considérations architecturologiques, i.e. explicitées en termes d'échelles. Les fonctionnalités informatiques correspondantes, pour pouvoir être envisagées dans la perspective de logiciels effectifs, seraient à expliciter par rapport :

- au détail de faits de mesure examinés en troisième partie,
- aux idées de logiciel de la seconde partie.

Mais, si cette tâche s'impose, elle suggère deux remarques. La première est qu'elle suppose une collaboration avec des informaticiens, la seconde est qu'elle procède d'une posture méthodologique délibérée de notre part puisque nous visons des opérations ponctuelles et non un système général. Cette tâche nous ramènerait à une position plus classique et il conviendrait de ne pas "oublier" par là notre méthodologie initiale et ce qui la fonde. Toutefois l'inventaire des opérations et la remarque qui y est associée constituent en soi un travail, qui va être exposé en troisième partie.

Présentation.

Dans notre projet initial d'investigation relative à l'interface architecturolo-
Troisième partie : gique, notre point de vue architecturologique particulier faisait réfé-
rence, dès notre réponse à l'appel d'offre de 1989, à la force de questionne-
ment de l'outil et de la discipline informatique envers tout champ d'activité,
ceci en raison de la structuration logique intransigeante à laquelle conduit
nécessairement Faits de mesure, faits de conception,
échelles et opérations de conception. s ce dernier as-
pect, de la partie précédente relative à l'hypothèse de logiciels envisagés à
partir de ce qui, dans la conception architecturale, pouvait susciter, chez les
informaticiens, des interrogations et pistes nouvelles de travail, nous envisa-
gerons, dans la présente partie, ce qui, *dans l'ordre de l'architecturologie*,
conduit la logique intransigeante de la discipline informatique à la soumettre
à un questionnement sur l'organisation de ses propres développements. La
proposition effective de logiciels a montré, dans la partie précédente, si be-
soin était encore de le préciser, que l'enjeu relatif à l'explicitation rigoureuse
des modalités de mesure liées au concept d'échelle était prioritaire tant pour
l'hypothèse d'une articulation opératoire de l'informatique à l'architecturologie
que pour avancer dans une explicitation formelle de l'architecturologie elle-
même. C'est sur cet axe que la présente partie centre son propos.

L'examen des correspondances possibles entre la praticabilité des concepts
et opérations possibles de la conception architecturale d'une part et, d'autre
part, la praticabilité des concepts et opérations de la discipline informatique
fait apparaître deux voies distinctes mais complémentaires d'investigation :

- la première porte sur sur des cas de conception architecturalement élémen-
taires mais déjà architecturologiquement complexes puisque mettant en jeu
opérations et concepts entre-mêlés: ce que seraient, pour reprendre une ex-
pression significative de J.L. Le Moigne, des *implexes*, à savoir des unité ac-
tives élémentaires de conception, élémentaires comme on l'a dit par rapport à
la complexité globale sous-jacente à l'idée de processus de conception en ar-
chitecture, mais déjà complexes architecturologiquement parlant puisqu'irré-
ductibles à un élément, concept ou opération, unique¹⁴⁵. L'espoir serait ici
d'atteindre un niveau de correspondance avec l'outil informatique qui puisse

¹⁴⁵ J.L. Le Moigne, *La modélisation de systèmes complexés*, op.cit. p 24.

permettre d'envisager (ou, mieux, de réaliser effectivement) la construction de simulations, élémentaires, certes, dans un premier temps, mais simulations de Présentation.

Dans notre projet initial d'investigation relative à l'interface architecturologie/informatique, notre point de vue architecturologique particulier faisait référence, dès notre réponse à l'appel d'offre de 1989, à la force de questionnement de l'outil et de la discipline informatique envers tout champ d'activité, ceci en raison de la structuration logique intransigeante à laquelle conduit nécessairement la formalisation informatique. Différente, sous ce dernier aspect, de la partie précédente relative à l'hypothèse de logiciels envisagés à partir de ce qui, dans la conception architecturale, pouvait susciter, chez les informaticiens, des interrogations et pistes nouvelles de travail, nous envisagerons, dans la présente partie, ce qui, *dans l'ordre de l'architecturologie*, conduit la logique intransigeante de la discipline informatique à la soumettre à un questionnement sur l'organisation de ses propres développements. La proposition effective de logiciels a montré, dans la partie précédente, si besoin était encore de le préciser, que l'enjeu relatif à l'explicitation rigoureuse des modalités de mesure liées au concept d'échelle était prioritaire tant pour l'hypothèse d'une articulation opératoire de l'informatique à l'architecturologie que pour avancer dans une explicitation formelle de l'architecturologie elle-même. C'est sur cet axe que la présente partie centre son propos.

L'examen des correspondances possibles entre la praticabilité des concepts et opérations possibles de la conception architecturale d'une part et, d'autre part, la praticabilité des concepts et opérations de la discipline informatique fait apparaître deux voies distinctes mais complémentaires d'investigation:

- la première porte sur des cas de conception architecturalement élémentaires mais déjà architecturologiquement complexes puisque mettant en jeu opérations et concepts entre-mêlés: ce que seraient, pour reprendre une expression significative de J.L. Le Moigne, des *implexes*, à savoir des unités actives élémentaires de conception, élémentaires comme on l'a dit par rapport à la complexité globale sous-jacente à l'idée de processus de conception en architecture, mais déjà complexes architecturologiquement parlant puisqu'irréductibles à un élément, concept ou opération, unique¹⁴⁵. L'espoir serait ici d'atteindre un niveau de correspondance avec l'outil informatique qui puisse

¹⁴⁵ J.L. Le Moigne, *La modélisation de systèmes complexes*, op.cit. p 24.

permettre d'envisager (ou, mieux, de réaliser effectivement) la construction de simulations, élémentaires, certes, dans un premier temps, mais simulations de cas de conception malgré tout.

- la seconde porte sur les concepts (l'échelle, ses occurrences élémentaires, ainsi que les scalèmes) et les opérations élémentaires (surdétermination, juxtaposition, relais, cascade d'échelle etc.) mis en évidence par l'architecturologie: l'espoir serait, ici, d'atteindre une précision suffisante dans la mise en évidence des faits de mesure élémentaires concernés par ces concepts et opérations pour envisager, à terme, la construction d'une base de connaissance architecturologiquement pertinente et informatiquement exploitable.

La double perspective précédemment indiquée, vers laquelle l'examen de la praticabilité de l'interface architecturologie / informatique nous entraîne, permet de dépasser l'illusoire hypothèse d'un recensement empirique de tels faits, ceci même si une confrontation de chaque étape correspondant à l'une ou l'autre des perspectives en question avec des faits architecturaux concrets doit, bien évidemment, être posée.

Autrement dit, plutôt que de partir d'une définition de ce que peut être (ou devrait être du point de vue architectural) un "fait de conception", on tendra ici à partir de l'exploration de la praticabilité des correspondances architecturologie / informatique pour construire cette notion de fait de conception.

Rappelons, en effet, que, si l'architecturologie re-construit les opérations et modalités de la conception architecturale liée à la mesure, de son côté l'informaticien est amené à re-construire la démarche, voire la pensée, des opérateurs du champ avec lequel il dialogue en tant qu'expert¹⁴⁷. La conjonction de ces deux versants dans l'examen de la praticabilité visée ne peut donc nous conduire qu'au repérage effectif, sous l'angle de la mesure, de modali-

¹⁴⁵ Sur l'intelligibilité architecturologique de cet exemple, et sur d'autres, Cf. Ph. Boudon et Ph. Deshayes, *Introduction à la complexité de la conception architecturale*, S. Fisser, op.cit.

¹⁴⁷ On notera ici que le renversement de perspective à partir duquel nous envisageons la relation de la conception architecturale à l'informatique (ce qui est souhaitable du point de vue de la conception architecturale et non ce qui est possible du point de vue de l'informatique) renverse également les rôles de l'informaticien vis à vis de l'architecturologue: ce n'est plus ce dernier qui est "l'expert" pour l'informaticien mais l'informaticien qui devient expert auprès de l'architecturologue.

3.1. Observation empirique de faits de conception.

Qu'est-ce qu'un fait de conception? Lorsqu'un architecte envisage la teneur et la localisation de la ligne de sous-face d'un linteau, sous l'angle de l'épaisseur de la poutre d'une part et, d'autre part, de la hauteur du passage, n'y a-t-il pas "fait de conception"? Et, même si celui-ci peut apparaître tout aussi bien architecturalement rudimentaire, il implique de fait, déjà, plusieurs concepts et opérations élémentaires identifiées par l'architecturologie: la surdétermination de deux échelles -technique et fonctionnelle- à partir de deux champs de valorisation¹⁴⁶. Il apparaît alors qu'une infinité potentielle, voire des variétés indéfinies, de tels "faits" sont à envisager dans le détail et la diversité de la conception architecturale.

La double perspective précédemment indiquée, vers laquelle l'examen de la praticabilité de l'interface architecturologie / informatique nous entraîne, permet de dépasser l'illusoire hypothèse d'un recensement empirique de tels faits, ceci même si une confrontation de chaque étape correspondant à l'une ou l'autre des perspectives en question avec des faits architecturaux concrets doit, bien évidemment, être posée.

Autrement dit, plutôt que de partir d'une définition de ce que peut être (ou devrait être du point de vue architectural) un "fait de conception", on tendra ici à partir de l'exploration de la praticabilité des correspondances architecturologie / informatique pour construire cette notion de fait de conception.

Rappelons, en effet, que, si l'architecturologie re-construit les opérations et modalités de la conception architecturale liée à la mesure, de son côté l'informaticien est amené à re-construire la démarche, voire la pensée, des opérateurs du champ avec lequel il dialogue en tant qu'expert¹⁴⁷. La conjonction de ces deux versants dans l'examen de la praticabilité visée ne peut donc nous conduire qu'au repérage effectif, sous l'angle de la mesure, de modali-

¹⁴⁶ Sur l'intelligibilité architecturologique de cet exemple, et sur d'autres, Cf. Ph. Boudon et Ph. Deshayes, *Introduction à la complexité de la conception architecturale*, S. Fiszer, op.cit.

¹⁴⁷ On notera ici que le renversement de perspective à partir duquel nous envisageons la relation de la conception architecturale à l'informatique (ce qui est souhaitable du point de vue de la conception architecturale et non ce qui est possible du point de vue de l'informatique) renverse également les rôles de l'informaticien vis à vis de l'architecturologue: ce n'est plus ce dernier qui est "l'expert" pour l'informaticien mais l'informaticien qui devient expert auprès de l'architecturologue.

tés de conception associant opérations intellectuelles (faut-il dire cognitives?) et opérations spatiales (faut-il dire architecturales?): ce que nous entendrons ici provisoirement sous l'expression de "fait de conception".

3.1.1. Faits de conception, implexes ou échelles?

Des implexes pour des faits complexes.

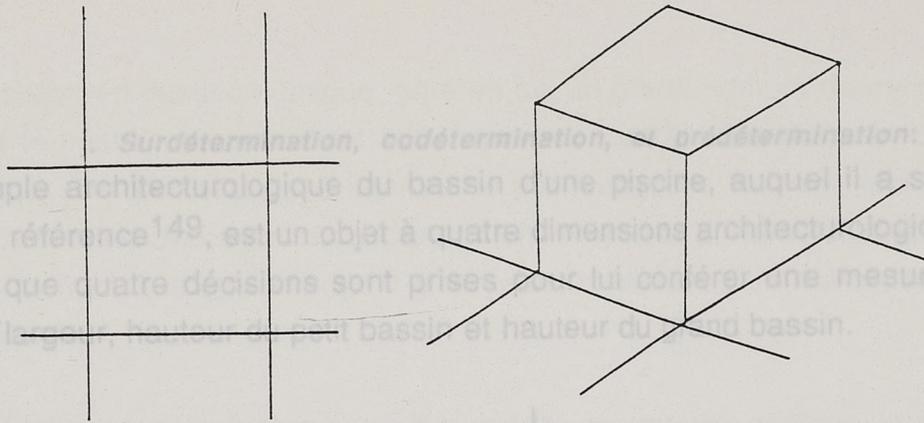
Par implexe, J.L. Le Moigne désigne, on l'a dit, "une unité d'action indécomposable, irréductible pourtant à un élément unique". L'intérêt d'un tel concept, pour nous, tient à ce que, si l'on a pu individuellement distinguer plusieurs occurrences de l'échelle dans la conception architecturale (échelle technique, échelle parcellaire, échelle sémantique etc.¹⁴⁸), elles agissent, de fait, *ensemble*: l'exemple de la ligne de sous face du linteau, par lequel nous avons introduit, plus haut, notre propos sur la notion de "fait de conception", nous renvoyait à une surdétermination par deux échelles, l'échelle technique et l'échelle fonctionnelle.

Au-delà du concept d'échelle, donc, la question est bien celle de faits de conception associant (faut-il dire conjoignant?) plusieurs échelles, sans que ces faits soient réductibles à l'une ou l'autre de ces échelles ou à une hiérarchisation de l'une après l'autre. Le concept d'implexe, parce qu'il permet de comprendre l'élémentaire en cohérence avec la complexité d'où il procède (et autrement que par une opposition du "simple" au "complexe"), nous permet d'accéder à une représentation théorique de ces faits "élémentaires... et pourtant complexes".

. Codétermination et surdétermination:

Un cube, vu sous les différents angles que peut procurer le plan sur lequel ce cube est posé, détermine d'emblée une série de zones qu'on obtient par prolongation des cotés du carré sur lequel il repose. Le plan est ainsi divisé en huit zones. Depuis quatre d'entre elles, on voit une face du cube et une seule. Des quatre autres, situées dans les angles, on voit deux faces du même cube.

¹⁴⁸ Ph. Boudon, *Richelieu ville nouvelle*, Paris, Dunod, 1978.



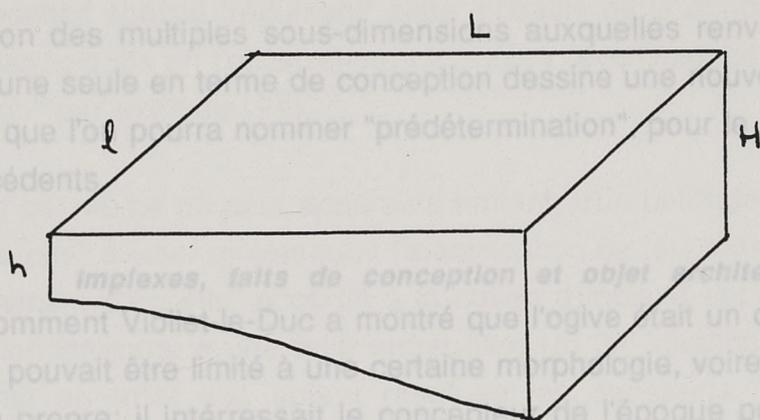
A supposer qu'une échelle optique, dans l'ordre du découpage que nous venons de décrire, ait pu contribuer à "concevoir" le cube en question, cette même échelle optique suscite une situation qui pourra amener le concepteur à utiliser l'échelle de visibilité: il pourra, par exemple, choisir de privilégier du gazon sur quatre zones de même type et non sur les quatre autres, privilégier certaines vues sur le cube plutôt que d'autres ou décorer le cube, comme l'a fait B. Lassus en Lorraine, pour en effacer en quelque sorte l'angle. Dans ce dernier cas, l'échelle optique est "relancée" par l'échelle de visibilité qu'elle avait suscité.

Dans cet exemple, comme dans celui de la ligne de sous face du linteau, le terme d'implexe permet de rendre compte de la "complexité élémentaire" d'intervention de deux échelles. Mais, à la différence de la ligne de sous face, ce cube ne fait pas intervenir les deux échelles concernées dans une même simultanéité. D'un côté (la ligne de sous face), il y a surdétermination par les deux échelles qui interviennent *à la fois* (et dans le même micro-temps), dans l'autre (le cube), il y a relance mutuelle des deux échelles qui sont tout aussi indissociables que dans le cas de surdétermination, mais du fait de la relance cette fois.

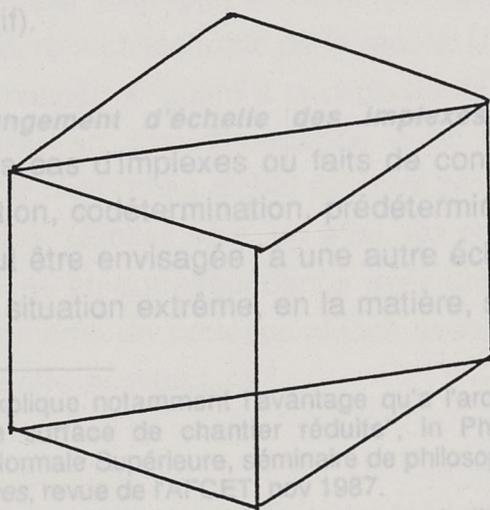
Apparaît ainsi, sous l'égide du concept d'implexe, la possibilité de configurations différentes (du point de vue de la conception), dans la construction ou la constitution de tels implexes. Alors que, dans l'exemple du linteau, on a pu parler de "surdétermination", on parlera de "codétermination" pour ce que l'exemple du cube manifeste. Au delà des dénominations elles-mêmes (importantes néanmoins pour ce que cette fonction de dénomination permet de connaissance et de communication), c'est dans le repérage de tels "micro-systèmes d'échelles" que réside la possibilité d'une connaissance de faits de conception architecturalement élémentaires mais architecturologiquement complexes.

¹⁴⁹ Cf., notamment, Ph. Boudon, *Introduction à l'architecturologie*, op.cit.

La décision en question, unique, gère en fait un grand nombre de mesures en même temps. **Surdétermination, codétermination, et prédétermination:** L'exemple architecturologique du bassin d'une piscine, auquel il a souvent été fait référence¹⁴⁹, est un objet à quatre dimensions architecturologiques, à savoir que quatre décisions sont prises pour lui conférer une mesure: longueur, largeur, hauteur du petit bassin et hauteur du grand bassin.



De la même façon, un cube peut être, selon différents cas de figure de la conception architecturale qui le produit, un cube à une, deux ou trois dimensions architecturologiques. Dans le cas d'une seule dimension architecturologique, il s'agit d'une décision unique portant sur le parallèlèpipède accompagné du postulat qu'il s'agit d'un cube. La Maison des artisans, de Le Corbusier, en fournit un exemple: décidant de la diagonale, Le Corbusier définit toutes les dimensions, ensemble.



¹⁴⁹ Cf, notamment, Ph. Boudon, *Introduction à l'architecturologie*, op.cit.

La décision en question, unique, gère en fait un grand nombre de mesures en même temps: il va notamment falloir que les quatre cotés du cube conviennent aux diverses situations intérieures par lesquelles l'espace architectural sera concerné. Une décision apparemment simple et portant sur un objet apparemment simple également est ainsi prise en fait dans un réseau complexe de relations.

L'intégration des multiples sous-dimensions auxquelles renvoie la prise en compte d'une seule en terme de conception dessine une nouvelle constitution d'implexe que l'on pourra nommer "prédétermination", pour le différencier des deux précédents.

. Implexes, faits de conception et objet architectural.

On sait comment Viollet-le-Duc a montré que l'ogive était un objet architectural qui ne pouvait être limité à une certaine morphologie, voire à une capacité technique propre: il intéressait le concepteur de l'époque pour sa capacité géométrique à enjamber des distances variées tout en n'entraînant pas de variation dans le dessin des voussoirs. Echelle technique, échelle géométrique, échelle fonctionnelle, mais aussi échelle économique voire parcellaire¹⁵⁰ contribuent ainsi, selon les cas, à la surdétermination dans laquelle il est conçu. L'unité de l'arc ogif, au-delà des cas d'arcs particuliers, renvoie donc à la surdétermination.

S'établit ainsi, implicitement, une sorte de correspondance entre un certain implexe ou fait de conception (ici la surdétermination) et un certain objet architectural (l'arc ogif).

. Changement d'échelle des implexes.

Outre les différents cas d'implexes ou faits de conception que l'on vient de voir (surdétermination, codétermination, prédétermination), l'unité d'action indécomposable peut être envisagée "à une autre échelle", dans l'ordre même du projet¹⁵¹. Une situation extrême, en la matière, serait de tenter d'associer

¹⁵⁰ "Viollet-le-Duc explique notamment l'avantage qu'a l'arc ogif de mettre en oeuvre la construction sur une surface de chantier réduite", in Ph. Boudon, "architecturologie", conférence à l'Ecole Normale Supérieure, séminaire de philosophie et mathématiques (M. Loi, dir), publiée in *Interfaces*, revue de l'AFCEP, nov 1987.

¹⁵¹ Rappelons ici que, si l'échelle et le changement d'échelle sont au coeur de la problématique architecturologique, c'est parce que l'architecte ne pense pas les formes ou configurations formelles indépendamment de leur grandeur. Il convient donc d'envisager l'implexe, entité a priori abstraite et sans grandeur, dans une relation effective avec l'échelle. D'où cette expression de "changement d'échelle des implexes".

l'idée de "style" à celle d'unité indécomposable. Ici, au-delà de l'hypothèse implicite d'invariants formels souvent associés à l'idée de style, s'envisagerait plutôt l'hypothèse de faits de conception (implexes?) récurrents. Pourtant, comme le montre la situation pédagogique du "projet à la manière de", ce qui peut faire la "manière" ou le "style" d'un concepteur (sinon d'une époque) est d'un caractère par trop global (au-delà de l'intuitif) et suppose d'être abordé par un dispositif spécial "réduisant" cette globalité de la conception en situations (pédagogiques en l'occurrence) focalisées (exercices de "traduction" ou "d'extension" par exemple¹⁵²).

Autrement dit, même s'il peut apparaître tentant, d'un point de vue instrumental, de chercher à viser directement l'identification de tels faits récurrents¹⁵³, le "changement d'échelle" accordé à la notion d'implexe apparaît comme un obstacle fondamental à une telle entreprise. Un tel "changement d'échelle" supposerait en effet que soient résolues les questions relatives à une connaissance des correspondances (ou non-correspondance) entre :

- objet architectural et implexe,
- permanence d'un objet et répétition d'un ou plusieurs implexes,
- "style" d'un concepteur et répétition (intra-processus) d'implexes.

.Implexes, faits de conception, objet architectural et niveaux de conception.

Ce qui précède montre qu'il pourrait convenir de distinguer deux ordres d'implexes: ceux qui entrent en correspondance avec un objet ou une réalité architecturale (l'ogive par exemple) et ceux qui n'entrent pas en correspondance avec une nature architecturale de la réalité. Une telle question, au-delà de ce qu'elle peut concerner quant à la capacité de la modélisation architecturologique à entrer en correspondance avec la réalité architecturale, concerne au premier chef l'objet global de notre propos: l'interface architecturologie / informatique. Quelles sont, en effet, les entités (informatiques) susceptibles d'être mises en correspondance avec des entités relevant de faits de conception eux-mêmes en correspondance avec des entités manipulables (sur écran) dans l'ordre architectural?

¹⁵² Cf. Ph. Boudon, Ph. Deshayes, *A la manière de*, chap I, LAREA, 1981.

¹⁵³ Chez un architecte par exemple, pour autant qu'un même architecte permette d'identifier une telle stabilité dans le processus de conception, au delà d'éventuelles constantes formelles. Le CRAI, à Nancy, a pu faire un moment l'hypothèse d'une telle piste de travail du côté du projet "à la manière de" en cherchant d'éventuelles adaptations à l'architecture (informatique) "blackboard".

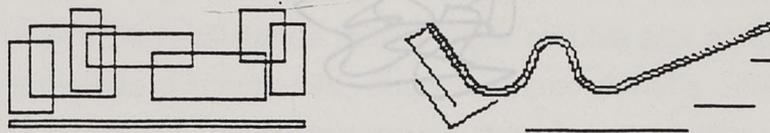
Il pourra paraître curieux que, partis de considérations relatives à l'exploration de cet interface, nous n'ayons pas évoqué, dans ce qui précède, de possibilités effectives de "correspondance" entre les deux champs. De fait, compte tenu de l'extrême difficulté à décrire "la conception architecturale", la question première est moins celle d'une recherche immédiate d'instrumentalité que celle d'une maîtrise de ce qui, du point de vue de la conception architecturale, peut effectivement s'envisager *en vue* d'une certaine instrumentalité. Qui plus est, cette instrumentalité n'est pas à envisager du point de vue de la réalité (instrumentale) des entités (ou objets) manipulés ou manipulables sur écran, mais du point de vue des opérations logico-intellectuelles compatibles avec, d'une part, la réalité des opérations de conception architecturale et, d'autre part, la réalité (logique) des opérations informatique (software).

Le repérage de faits de conception et leur distinction, en termes d'*implexes*, d'avec ce qui relève d'*opérations* élémentaires est au coeur de cette perspective visant à identifier des "unités actives élémentaires" du point de vue de la conception architecturale. La question de leur correspondance avec une réalité (architecturale ou non, comme on l'a vu) est à mettre, elle, du côté du problème de la "saisie" de ces faits de conception (implexes) en vue de la correspondance avec une certaine instrumentalité informatico-architecturale. Or, ce dernier problème de la correspondance (ou non correspondance), avec une réalité manipulable, des entités avec lesquelles et sur lesquelles travaille le concepteur architecte est, lui aussi, explicité par l'architecturologie. La notion architecturologique de niveau de conception désigne en effet, dans un même esprit de généralité conceptuelle vis à vis d'objets architecturaux que celle d'implexe pour des unités actives élémentaires, les entités virtuelles ou réelles que le concepteur découpe dans un continuum logico-spatial et sur lesquelles et avec lesquelles il travaille dans l'ordre de la conception architecturale. Autrement dit, s'il devait y avoir des correspondants informatico-architecturaux aux faits de conception, ceux-ci seraient à examiner dans leur généralité sous-jacente à la notion de "niveau de conception" et non du côté "d'entités architecturales formelles".

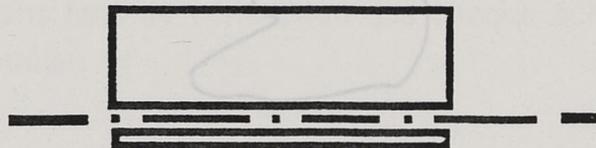
On a choisi de nommer, dans la suite, "niveaux de conception" de telles entités. Une difficulté semble poindre ici qui tient à la difficulté à résister à conférer, en architecture, une valeur de représentation à un modèle¹⁵⁴. Or cette difficulté peut être levée si l'on revient au propos architecturologique sur la conception:

¹⁵⁴ Cf. Ph. Deshayes, "modèles a priori et modèles a posteriori du travail de l'architecte", in *La recherche architecturale, un bilan international*, Parenthèses, 1986.

on a pu exprimer l'idée, en effet, que deux objets O1 et O2, semblables d'un certain point de vue, peuvent, de ce point de vue, renvoyer à des opérations de conception, C1 et C2, différentes¹⁵⁵.



$O1 \neq O2$, mais $C1 = C2$



La relative imprécision de la notion d'opération, ou plutôt la complexité à laquelle nous avons pu être confrontés à son endroit lors d'un récent travail de recherche sur l'architecte S. Fiszer, peut être ici, sinon levée, du moins quelque peu explicitée: on doit en effet distinguer ce qui relève de *faits de conception* (renvoyant aux "unités élémentaires indécomposables") de ce qui relève d'*opérations d'échelles*, élémentaires du point de vue architecturologique, mais dont on ne peut, ici, préciser la nature élémentaire ou complexe envers la réalité architecturale.

. **Notion de niveau de conception.**

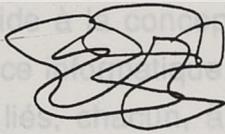
Si l'horizon du travail de la conception architecturale est bien une entité matérielle (édifice ou objet architectural), le fait que cette entité soit "représentation d'un projet qui l'a précédé" amène à considérer que le travail de conception porte sur des entités virtuelles. Celles-ci sont, certes, susceptibles d'être représentées par des traces matérielles (graphiques ou autres) mais elles sont avant tout produites en anticipation (nécessairement virtuelle) de cette réalité.

On a choisi de nommer, dans la suite, "niveaux de conception" de telles entités quelles qu'elles soient ou quelle qu'en soit la signification pour le concepteur. De fait, il s'agira de toute entité découpée (prélevée) du continuum logico-spatial sur lequel travaille le concepteur, que celui-ci soit de l'ordre de re-

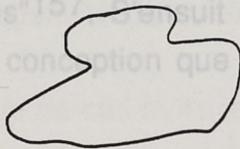
¹⁵⁵ Cf. *Introduction à la complexité de la conception architecturale*, S. Fiszer, chap I, op. cit.

présentations mentales qu'il (auto-) élabore ou de représentations plus matérielles comme des croquis, esquisses etc:

- complexe de traces "opaques" devenant "totalité" (comme telle trace graphique qui devient "pelote de ficelle").



- objet, représentation ou "concept" tenant lieu, conjoncturellement, de totalité.



- préfiguration effective d'une réalité considérée, par convention, et à un certain niveau, comme un "tout".



Liés à ce que le concepteur travaille (ou a l'intention de travailler) à un instant t, ces niveaux de conception sont, comme le précise F. Pousin¹⁵⁶, "lacunaires" par rapport à ce réel à venir: ils ne sont entité qu'en vue de quoi ils sont constitués. Ils sont en outre virtuels en ce que le référent à quoi ils sont, in fine, sensés renvoyer (l'édifice ou la partie d'édifice en cours de projet), est le plus souvent encore loin d'exister tant il peut être sujet à "déclinaison" ou "démultiplication" sans altération majeure dudit référent. Enfin, ces niveaux de conception sont "labiles" au sens où ils sont instables dans le temps: mis entre parenthèses, supprimés, ré-introduits, provisoires, émergeant, en transformation etc.

Pourtant, ce sont bien les entités sur lesquelles travaille le concepteur! On sent, ici la difficulté d'une assistance informatique quant à la saisie de tels niveaux de conception: moins qu'à une assistance quant à cette saisie, on sera donc plutôt tenté de songer à une assistance quant aux opérations les concernant.

¹⁵⁶ in Ph. Boudon, 1991, op. cit., p.131

Faits de conception et faits de mesure

J.M. Sandeau, dans sa tentative d'élaboration d'un cahier des charges pour la réalisation d'un logiciel d'aide à la conception architecturale envisage de structurer la part de l'assistance informatique relative aux contrôles de cohérence en domaines distincts liés, chacun, à une échelle différente: "à tout moment, l'architecte pourra demander à la machine de vérifier une cohérence dans le domaine qu'il désignera. Ce domaine sera choisi parmi toutes les échelles architecturologiques"¹⁵⁷. S'ensuit alors un repérage, échelle par échelle, de certains faits de conception que chaque échelle pourrait, ainsi, permettre de contrôler.

Sans entrer ici dans le fond de l'hypothèse émise par J.M. Sandeau, force est néanmoins de constater que l'inventaire empirique des vingt échelles architecturologiques suscite un appareil analytique susceptible d'entrer en correspondance (sous l'angle des contrôles de cohérence dans l'extrait précédent du travail de J.M. Sandeau) avec les faits de conception.

Autrement dit, tout en restant dans la perspective précédente d'une exploration de faits de conception "élémentaires mais déjà complexes", il convient d'envisager l'hypothèse d'une correspondance particulière entre ces faits de conception et les échelles architecturologiques. Pour aller au-delà d'un simple repérage raisonné de tels faits de conception, à la manière de celui proposé par J.M. Sandeau en matière de contrôle de cohérence, l'existence de ces faits de conception doit être examinée à la fois *du point de vue de cette correspondance* avec les échelles et *du point de vue de leur correspondance* avec une identité théorique exprimée en termes d'implexe¹⁵⁸: unité d'action élémentaire indécomposable, irréductible cependant à un élément unique¹⁵⁹.

Exemple de l'échelle technique: fait de conception et problème de conception.

Quels faits concrets relevant de la conception architecturale peuvent être mis en correspondance avec une échelle architecturologique particulière? Le cas

¹⁵⁷ J. M. Sandeau, op. cit, p. 57.

¹⁵⁸ C'est d'ailleurs cette dernière exigence qui, par rétroaction sur la première, comme on le verra, nous conduira à examiner prioritairement la relation échelle/fait de mesure.

¹⁵⁹ Une seule échelle par exemple.

de l'échelle technique a suscité¹⁶⁰ le repérage empirique de huit faits distincts et identifiables qui renvoient, chacun, à un "problème de conception" patent et concret pour l'architecte:

- le joint de dilatation
- le pont thermique
- le pont hydraulique
- la descente de charge
- le contreventement
- le travail de structure
- le tramage (espacement, régularité et orientation)
- le calepinage (hétérogénéité de matériaux dans la contigüité).

Au-delà du caractère empirique de ces huit faits liés à l'échelle technique, se pose ici la question de savoir s'ils peuvent être envisagés comme "faits de conception". Que tout architecte, en effet, puisse avoir affaire avec un "problème" de calepinage, par exemple, est une chose. Qu'il y ait également, dans ce problème, matière à conception est à considérer. Mais que ce *problème* soit un implexe ou fait de conception est tout autre chose.

Le "problème du calepinage" examiné par J.M. Sandeau dans sa perspective d'élaboration d'un logiciel d'aide à la conception¹⁶¹ revient en effet à construire un système de "règles de production et de faits"¹⁶² qui mettent le concepteur architecte en situation d'arrangement (ou de composition) de composants ou, au mieux, en situation, certes heuristique, de résolution de problème.

Si, en effet, comme le dit J.M. Sandeau lui-même, "les règles d'assemblage (des composants) doivent laisser place à un jeu architectural", ce jeu, d'une part, porte sur un certain état du projet communiqué à la machine (le détail de cet état étant, dès lors, considéré comme "données à traiter") et, d'autre part, se borne à envisager la part de la conception à partir de la seule "traduction en composants" de ce projet. Les règles de ce "jeu" se limitent alors à une géométrie d'implantation et d'assemblage; et l'imprévisibilité caractérisant la situation de conception est limitée la part de souplesse permise par le système. Celle-ci s'exprime alors en termes d'adaptation (au terrain, à l'habitabilité etc), d'ouverture technique (composants à façon, traitement complémen-

¹⁶⁰ Cf. C3AO I, LAREA, 1990.

¹⁶¹ J.M. Sandeau pp.103 et sq

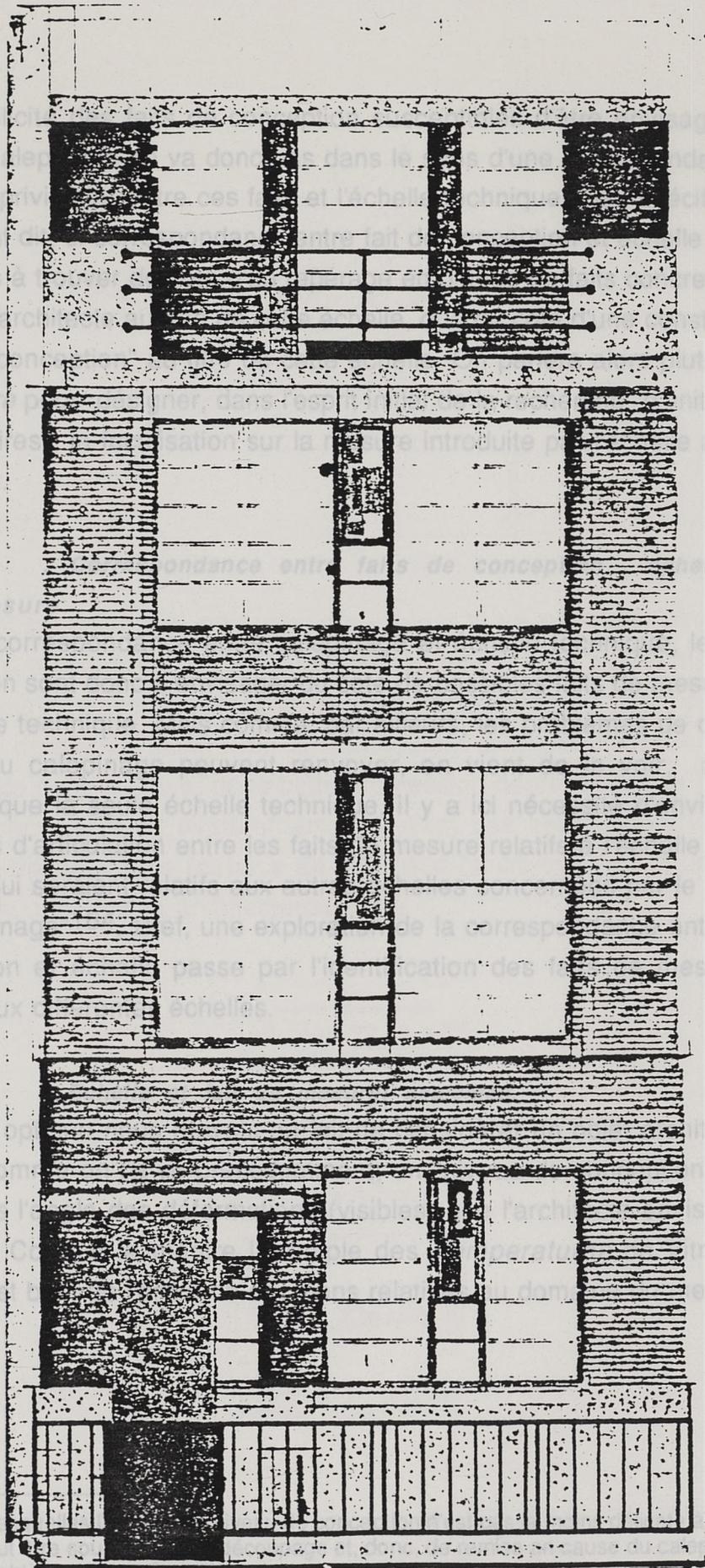
¹⁶² Cf. J.L. Laurière, "Le dossier actuel de l'intelligence artificielle, les systèmes experts", in J.L. Le Moigne et A. Demailly, *Sciences de l'intelligence, sciences de l'artificiel*, Actes du Colloque autour de H. Simon, Montpellier, PUL, 1986, p.62.

taire etc) ou de création de nouvelles règles (extension du système) mais, dans tous les cas, ni le système ni la traduction initiale de l'état du projet en composants ne peuvent a posteriori faire l'objet d'une quelconque refonte. La conception est bien ici un "problème à résoudre" à partir de données identifiées et selon des règles explicitées et ne prend pas en compte ce qui relève d'une "re-formulation" ou plutôt, comme le dit J.L. Le Moigne¹⁶³, de la part de "compréhension téléologique" à laquelle la situation de conception renvoie pourtant inmanquablement.

. *Fait de conception, échelle et fait de mesure.*

De fait, ce n'est donc pas le "problème du calepinage" qui, en lui-même, est fait de conception. En témoignerait d'ailleurs la diversité des solutions imaginables et leur articulation à de possibles transformations du problème initial, suscitant elles-mêmes d'autres "solutions". En tant que "problème", le calepinage suscite donc des "solutions" qui, elles, renvoient à de possibles faits de conception. Ils sont alors à considérer, non du seul point de vue de leur correspondance avec la seule échelle technique mais, comme le montre le projet suivant de façade pour un immeuble d'appartements à Bruxelles, en correspondance avec l'échelle de niveau de conception et l'échelle géométrique ou encore, par exemple, avec l'échelle de visibilité. Le calepinage peut alors renvoyer à des faits de conception comme ceux que l'on a vu précédemment, surdétermination ou co-détermination par exemple et non, exclusivement, à de la composition (plus ou moins compliquée -ou complexe- par ailleurs) de solutions ou d'éléments de solution.

¹⁶³ in *La modélisation des systèmes complexes* op. cit, p. 130.



PROJET DE FAÇADE POUR UN IMMEUBLE D'APPARTEMENTS À SCHAERBEEK (BRUXELLES), 1923
 CRAYON NOIR, CRAYON DE COULEUR, AQUARELLE ET ENCRE DE CHINE SUR CALQUE

La multiplicité des faits de conception susceptibles d'être envisagés à l'en-droit du calepinage ne va donc pas dans le sens d'une correspondance particulière à privilégier entre ces faits et l'échelle technique prise spécifiquement. Autrement dit, si correspondance entre fait de conception et échelle il y a, elle est moins à trouver du côté d'un repérage empirique de faits concrets rencontrés par l'architecte au titre de cette échelle, que du côté d'une construction de "faits de conception" au titre de cette échelle. On parlera alors plutôt de *faits de mesure* pour désigner, dans l'esprit initial de la recherche "d'unités actives élémentaires", la focalisation sur la mesure introduite par l'échelle architecturologique.

. *Correspondance entre faits de conception , échelle et fait de mesure.*

Dans la correspondance entre calepinage et échelle technique, les faits de conception sont donc à envisager du côté de possibles faits de mesure relatifs à l'échelle technique. Mais comme, par ailleurs, les problèmes de conception relatifs au calepinage peuvent renvoyer, on vient de le voir, à d'autres échelles que la seule échelle technique, il y a ici nécessité d'envisager des modalités d'articulation entre les faits de mesure relatifs à l'échelle technique et ceux qui seraient relatifs aux autres échelles concernées par le "problème du calepinage"¹⁶⁴. Bref, une exploration de la correspondance entre faits de conception et échelle passe par l'identification des faits de mesure associables aux différentes échelles.

. *Echelle et fait de mesure: scalèmes.*

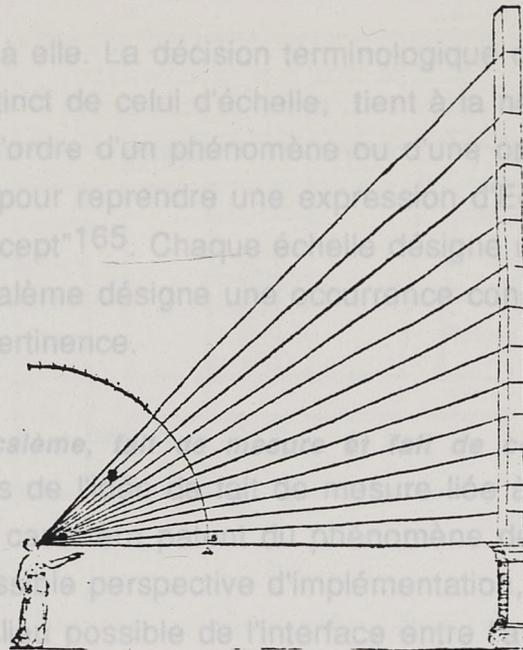
L'échelle optique nous renvoie au fait de considérer un objet architectural ou même, comme on l'a vu précédemment, un "niveau de conception" quelconque, sous l'angle des déformations (visibles) que l'architecte envisage de lui apporter. Comme le montre l'exemple des *Temperaturae* de Vitruve, cette échelle est bien de l'ordre de décisions relatives au domaine du mesurable.

¹⁶⁴ Parmi lesquelles l'échelle de niveau de conception n'est pas la moins délicate à considérer tant elle peut être source de (re-) découpage et, donc, de remise en cause du calepinage en tant que problème ...donné...et à résoudre.

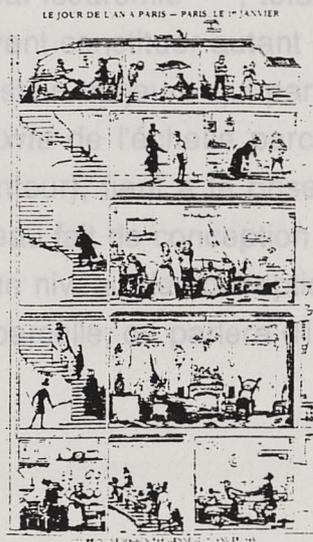
mesure associé à elle. La décision terminologique de les désigner du terme de *scalème*, distinct de celui d'échelle, tient à la nécessité de distinguer ce qui est bien de l'ordre d'un phénomène ou d'une opération effective de mesure de ce qui, pour reprendre une expression de Edgar Morin, relève plutôt d'un "macro-concept"¹⁶⁵. Chaque échelle désigne une pertinence concrète de mesure en rapport avec cette pertinence.

Scalème, échelle et pertinence de la mesure.

A la fois proches de la mesure et de la conception, les échelles et susceptibles, de par leur nature même, de renvoyer à une mesure auquel ils renvoient, d'une perspective d'implémentation, ces scalèmes apparaissent comme un espace possible de l'interface entre l'architecture et l'informatique. Il conviendrait alors d'en dresser, si cela était possible, un inventaire par échelle. Ceci nous le verrons à la suite, n'est pas sans soulever de multiples questions.



L'échelle socio-culturelle, pour prendre un tout autre exemple, semble, elle, échapper à quelque fait de mesure tant soit peu précis. Pourtant, la coupe d'un immeuble haussmanien et la hauteur dégressive des plafonds qui l'accompagne de bas en haut, si on la tient comme exemple d'échelle socio-culturelle en ce sens qu'il y a, dans cette progression dégressive, une pertinence sociale (même si, bien évidemment, elle n'est pas seule à intervenir), met bien en correspondance l'espace de référence (socio-culturel) et un système de mesure: une échelle architecturologique.



Chacune des vingt échelles peut ainsi être accompagnée ou illustrée par un tel fait patent permettant de rendre concrètement compte du ou d'un fait de

mesure associé à elle. La décision terminologique de les désigner du terme de *scalème*, distinct de celui d'échelle, tient à la nécessité de distinguer ce qui est bien de l'ordre d'un phénomène ou d'une opération effective de mesure de ce qui, pour reprendre une expression d'Edgar Morin, relève plutôt d'un "macro-concept"¹⁶⁵. Chaque échelle désigne une pertinence de la mesure, chaque scalème désigne une occurrence concrète de mesure en rapport avec cette pertinence.

. *Scalème, fait de mesure et fait de conception.*

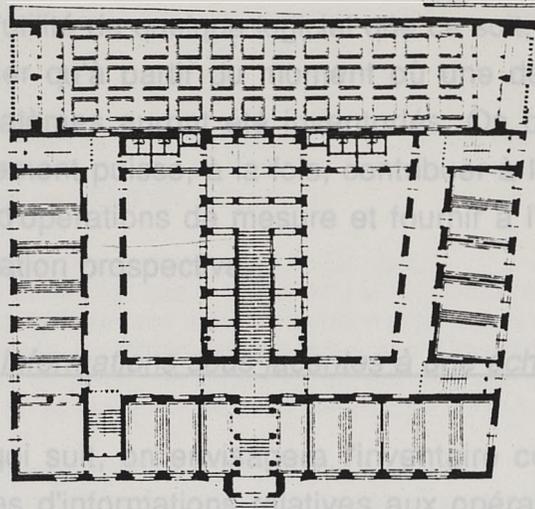
A la fois proches de l'idée de fait de mesure liée à une échelle et susceptibles, de par le caractère patent du phénomène de mesure auquel ils renvoient, d'une possible perspective d'implémentation, ces scalèmes apparaissent comme un lieu possible de l'interface entre l'architecturologie et l'informatique. Il conviendrait alors d'en dresser, si cela était possible, un inventaire, par échelle. Ceci, nous le verrons à la suite, n'est pas sans soulever de multiples et nouvelles difficultés.

Reste que, au-delà d'un tel inventaire, il conviendrait également d'identifier les scalèmes en termes de faits *de conception*, à savoir unités *actives* (opérations) de mesure et non simples phénomènes de mensuration. Si, par exemple, on se limite à l'information que le contour d'une parcelle peut susciter pour la conception (échelle parcellaire), on peut identifier d'ores et déjà au moins plusieurs scalèmes selon que cette information affecte la conception dans sa totalité ou partiellement, de façon directe ou à distance: les modalités de reproduction de forme par isodromie¹⁶⁶, totale ou partielle, accompagnée ou non d'homodromie peuvent constituer autant d'opérations couvertes par la notion de scalème. La question majeure qui paraît ici se poser, dès lors que l'on rentre dans la *complexité* de l'échelle parcellaire (au-delà, donc, d'une simple conformité à un contour), tient à la prise en compte, simultanée aux faits de mesure, d'un nouveau fait de conception que l'on nommera *inférence*: suivant que l'orientation d'un niveau de conception se fait en relation avec un côté A ou un côté B de la parcelle, on parlera d'inférence du côté A ou d'inférence du côté B.

C'est l'objet de cette deuxième partie que d'envisager une observation empirique des opérations de mesure et des scalèmes liés à chacune des échelles.

¹⁶⁵ Cf. E. Morin, *Introduction à la pensée complexe*, Paris, 1990.

¹⁶⁶ sur la notion de dromie, cf. Ph. Boudon, F. Pousin, *Figures de la conception architecturale*, Paris, 1988.



Plan

Bibliothèque nationale universitaire, Ljubljana (1936)

Autrement dit, si le scalème apparaît déterminant pour comprendre la mesure dans les opérations de conception, il n'en n'est, en quelque sorte, que l'épicentre, tant une opération de conception ne peut se réduire à une seule opération de mesure.

3.1.2. Repérage de faits de conception liés à la mesure.

L'hypothèse précédente d'une exploration des faits de conception et faits de mesure en correspondance directe avec chacune des échelles architecturologiques passe donc par l'exploration de ce qui est en jeu, du point de vue de la conception et de la mesure, au sein d'une échelle ou lors d'une opération élémentaire¹⁶⁷. Une exploration des concepts (à commencer par celui d'échelle) et des opérations élémentaires associées doit donc se substituer (provisoirement) à l'approche directe des faits de conception: la piste "faits de conception", mise en correspondance avec les échelles architecturologiques, conduit, via le scalème, à la piste "opérations de mesure" liée aux échelles.

C'est l'objet de cette deuxième partie que d'envisager une observation empirique des opérations de mesure et des scalèmes liés à chacune des échelles.

¹⁶⁷ Ceci rejoint donc la deuxième voie proposée, en introduction au présent chapitre, pour l'examen de l'interface architecturologie / informatique.

L'élaboration et l'utilité de quelque logiciel que ce soit, conçu à partir de là, ne pourra s'envisager qu'à partir du moment où une description fine de telles opérations et scalèmes auront été inventoriés. On doit d'ailleurs envisager qu'un tel recensement puisse, à la fois, contribuer à l'information du concepteur en matière d'opérations de mesure et fournir à l'informaticien les bases d'une instrumentation prospective.

Diversité des informations sous-jacentes à une échelle.

Ainsi, dans ce qui suit, on envisagera l'inventaire correspondant à chaque échelle en termes d'informations relatives aux opérations de conception recouvertes par le "macro-concept" correspondant et à la fois en termes d'informations (architecturologiques) pour le concepteur et en vue d'un recensement permettant, à terme, la *constitution* de faits de mesure correspondant à l'échelle concernée.

Pour chaque échelle, le plan suivi sera le suivant:

- *Repérage d'opérations de mesure*

(il s'agira d'énoncer les occurrences concrètes lors desquelles l'échelle concernée suscite une opération de mesure. Ainsi, par exemple, de la déformation de proportions pour l'échelle optique).

- *Formules de mesure à remarquer*

(il s'agira d'indiquer les particularités auxquelles renvoient les opérations précédentes, en termes de modalités et de support de mesure. Ainsi, par exemple, l'angle de vue est-il un support particulier pour des modalités de mesure liées à l'échelle optique).

- *Objet architectural remarquable*

(on repèrera ici le ou les cas dans lesquels la production d'un objet architectural particulier relève de l'échelle correspondante. Ainsi, par exemple, l'échelle parcellaire et le retable de l'église St Thomas, à New York¹⁶⁸).

- *Cas de monovalence de l'échelle*

(les remarques concerneront, ici, les cas dans lesquels une production, lecture, analyse, interprétation d'architecture reviennent à privilégier l'échelle concernée au détriment de la multiplicité d'échelles à laquelle, pourtant, renvoie la conception architecturale. Une expression comme "l'architecture de la pente", par exemple, renvoie ainsi à une monovalence de l'échelle géographique).

- *Cas de degré zero de l'échelle*

(a contrario, l'échelle peut être d'autant plus présente qu'elle est...absente. Tirer l'horizontale, comme le dit Le Corbusier pour le couvent de La Tourette, est une autre manière de considérer l'échelle géographique).

- *Cas d'intervention en tant que méta-échelle globale ou locale*

(toute échelle peut être envisagée comme méta-échelle agissant comme échelle globale ou comme échelle de niveau de conception. Ainsi, par exemple, de l'échelle par-

¹⁶⁸ in Ch. Moore et G. Allen, *L'architecture sensible*, Paris, 1981

cellaire qui, au Flat Iron, agit comme échelle globale et, au Hancock Building, à Boston, agit comme échelle de niveau de conception).

- *Scalèmes*

(on tentera d'énoncer ici les principaux phénomènes relevant des opérations de mesure précédentes. Ainsi, par exemple, de l'assujettissement à une trame ou de la résistance optimale pour l'échelle technique).

- *Remarques sur l'interprétation de J.M. Sandeau*

(compte tenu de l'intérêt que le travail de J.M. Sandeau porte à l'architecture dans la perspective de l'interface entre conception architecturale et informatique, on esquissera ici, à rebours, les remarques que notre propre investigation permet d'émettre à son endroit, moins en termes de critique qu'en vue de mieux positionner nos observations précédentes du point de vue de cette perspective d'interface).

- *Exercices pédagogiques de compréhension*

(outre le fait que l'énoncé de situations pédagogiques relatives aux opérations de mesure liées à une échelle peut permettre une meilleure compréhension de la relation échelle/fait de mesure, il ne faut pas non plus écarter l'idée que la capacité de l'architecture à produire un enseignement effectif de la conception architecturale - ce qui a été fait lors du précédent programme quadriennal de recherche - ait quelques conséquences du côté d'une perspective d'un enseignement de la conception architecturale assisté par ordinateur).

- *Connexions avec d'autres échelles*

(il s'agira ici d'un premier repérage de possibles articulations entre telle opération ou fait de mesure précédent avec d'autres échelles ou fait de mesure paraissant relever d'une autre échelle. Ainsi, par exemple, la difficulté, souvent constatée, à distinguer échelle de visibilité et échelle optique pourra-t-elle en sortir mieux explicitée).

Exemple de l'échelle cartographique¹⁶⁹

On rappellera, tout d'abord, qu'il s'agit bien ici d'une échelle architecturologique, à savoir, de manière générale, une opérationnalité de la mesure: la pertinence de la mesure est d'ordre cartographique. Ce sera, par exemple, le fait de décider intentionnellement du 1/100ème (et non du 1/500ème) pour concevoir un détail, un objet architectural ou, plus généralement comme on l'a vu plus haut, un "niveau de conception". Autrement dit, le 1/100ème choisi ne le sera pas pour permettre une meilleure lisibilité du niveau de conception, du détail ou de l'objet, mais bien parce que ce 1/100ème intervient dans la part de mesure liée à la conception même de ce niveau de conception.

En choisissant de réaliser une maquette 1/1 de la corniche du Palais Farnèse pour (re-) concevoir cette corniche, Michel Ange choisit ce 1/1 pour travailler certains niveaux de conception (des détails, par exemple) qu'il n'a pas pu,

¹⁶⁹ On a choisit, ici, de ne détailler qu'une échelle parmi d'autres. La totalité de la présentation du repérage empirique des informations sous-jacentes à chaque échelle est donnée en annexe.

jusqu'à présent, préciser. Mais, ce faisant, il est conduit, par ce choix du 1/1, à travailler des niveaux de conception suscités par cette échelle: l'objet architectural "corniche" sera, par exemple, le siège d'un découpage en niveaux de conception suscités par cette pertinence cartographique du 1/1. Ou encore, par cette échelle, il lui sera possible de "référencer" tel détail particulier à une entité qui lui permettra de (re-) concevoir ou (re-) dimensionner ce détail.

Dans cette triple perspective de découpage, de référenciation et de dimensionnement qui sont, rapellons-le, les trois opérations générales de mesure constitutives de l'échelle architecturologique, quelles sont les diverses modalités possibles pour ce cas spécifique de l'échelle cartographique?

. subit après qu'elle ait été initialement décidée selon quelque pertinence initiale, ou subit . **Repérage d'opérations de mesure.** cours de conception en

Cette échelle met en rapport le niveau de conception travaillé au référent lui-même (l'objet concret à venir) par le biais d'une représentation de ce référent (dessin, maquette etc.) ou, s'il n'y a pas encore de représentation effective, par le choix d'une "échelle" (au sens du 1/100ème ou du 1/1, par exemple) pour les représentations à venir. Il y a donc toujours articulation à de la "représentation", mais ceci via la mise en place d'un découpage dimensionné ou d'un dimensionnement qui va susciter un ou des découpages. Si l'on veut donc bien dépasser le statut courant de l'échelle cartographique en tant qu'instrument de lisibilité du plan ou de la carte, ses diverses modalités opératoires peuvent donc être réunies dans l'idée générale d'une trame informant les dimensions:

- Ec 1 : La trame comme homogénéisation planaire du système de dimensionnement (Marcel Lods ne signale-t-il pas sa "préférence pour dessiner sur du papier quadrillé"?).

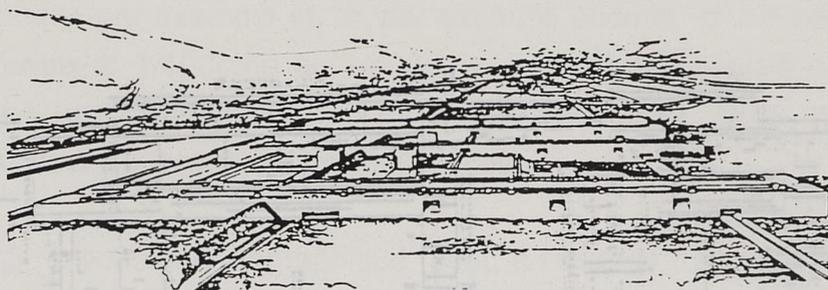
- Ec 2 : la trame comme induction d'unité préférentielle de décision dimensionnelle sur un mode

. arbitrairement subi (l'échelle cartographique peut être, dans le cas d'un concours par exemple, un support imposé du travail de conception).

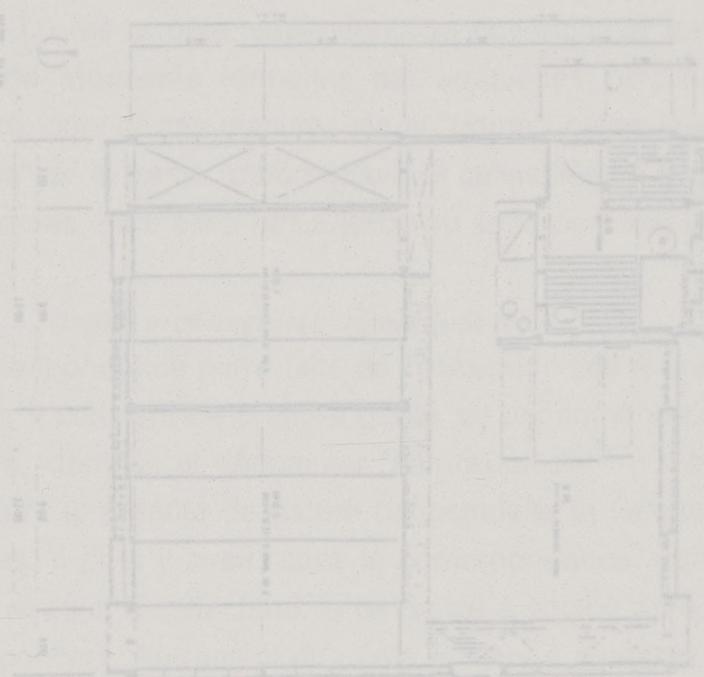
. décidé selon quelque autre pertinence explicitable (l'échelle cartographique choisie délibérément, comme dans l'exemple précédent de Michel Ange, pour quelque intention explicite).

. décidé selon quelque pertinence intuitive souvent en rapport avec ce que l'architecte nomme, d'ailleurs, "l'échelle" de façon globale (comme le se-

rait, par exemple, le sentiment paysagé ou le souci "d'intégration au paysage" qui motive, selon V. Gregotti lui-même, son projet pour une université à Florence).



. subi après qu'elle ait été initialement décidée selon quelque pertinence initiale, ou suivant des pertinences variables en cours de conception en correspondance avec différentes étapes du processus (telle trame va se trouver localement ou globalement modifiée sous l'effet d'une échelle, comme l'échelle technique, par exemple, dans le plan de K. Shinohara ci-après)



. changeant suivant une succession de pertinences différentes (comme lorsque l'architecte effectue des allers et retours, au titre, ici, d'une pertinence fonctionnelle par exemple et, là, par exemple encore, d'une pertinence technique, entre le 1/100ème au 1/500ème, eux-mêmes choisis au titre de ces deux pertinences: l'échelle cartographique est alors méta-échelle, pertinentisée par ces deux autres échelles).

- Ec 3: L'échelle cartographique peut, à l'inverse du cas précédent, être à elle-même sa propre pertinence étant alors à la fois échelle et méta-échelle (parce que le 1/500ème, par exemple, est jugé pertinent pour le projet, l'architecte va décider de cette échelle pour y effectuer, dans la représentation, un travail de "régularisation de formes": il s'agit alors, dans cet exemple, de l'arbitraire de l'échelle cartographique ou "degré zéro" de la pertinence).

. **Formules de mesure à remarquer.**

Du point de vue de la mesure, l'échelle cartographique est ici considérée, on a vu plus haut pourquoi, sous l'angle principal de la "trame". On examinera plus loin¹⁷⁰ la possibilité d'un inventaire précis des faits de mesure correspondant, dans la perspective de l'interface architecturologie / informatique qui est le nôtre. D'ores et déjà, cependant, on doit signaler les deux catégories fréquentes de modalités formelles par lesquelles l'architecte va pouvoir, concrètement, donner des mesures via la "trame": celles liées à un travail sur la "souplesse" de la trame (*déformation*) et celles liées à la possibilité de connexion de trames entre elles (*articulation* ou *superposition*).

. **Objet architectural remarquable.**

Dans la correspondance entre faits de conception liés à une échelle et objet architectural, il convient de prendre garde au phénomène particulier que l'on a pu, ailleurs, identifier et dénommer "naturalisation"¹⁷¹: l'échelle architecturologique étant une entité de nature conceptuelle et l'architecture faite d'objets sensibles, il peut y avoir, dans la correspondance entre échelle (fait de conception) et objet architectural, la tendance à vouloir prendre l'objet comme "image" du concept. Autrement dit, cela conduit à chercher à "voir", dans un objet architectural quelconque, ce que représente, en termes de signification,

¹⁷⁰ Cf. Chap 2 à la suite.

¹⁷¹ Cf. *Enseigner la conception*, LAREA, 1989, vol I, Chap 4.2.

l'échelle en question. Toute représentation offrant une certaine "échelle" (cartographique) serait, ainsi, une naturalisation possible de l'échelle cartographique. Dès lors, tout exemple un tant soit peu remarquable d'un tout autre point de vue que celui de l'échelle cartographique (au titre, par exemple, d'une "valeur" historique, sociale ou technique), présentant une telle particularité cartographique serait susceptible de devenir un "objet architectural remarquable" associable, dans l'ordre d'une praticabilité informatique¹⁷², à un ou des faits de *conception* de l'échelle cartographique. Un tel souci de praticabilité pourrait ainsi conduire à confondre ce qui relève d'un fait effectif de *conception* avec ce qui procède d'une lisibilité de la représentation grâce à l'échelle cartographique: même si, entre ce qui est de l'ordre du 1/100ème et ce qui est de l'ordre du 1/5000ème, une "différence d'échelle" existe qui peut être lue en termes comparables avec la différence, dans l'ordre de la réception, entre architecture et urbanisme, rien, dans ce qui vient d'être dit, ne permet de distinguer des situations de conception dans lesquelles ce qui est conçu au 1/5000ème est différent, du point de vue de l'échelle cartographique, de ce qui est conçu au 1/100ème.

Or on a souligné, plus haut, que la présence d'une indication d'échelle cartographique particulière au titre de la lisibilité de la représentation ne pouvait être considérée en soi comme devant relever de l'échelle cartographique architecturologique. On quitterait, en effet, le terrain de la *conception* au profit de celui de la représentation ou de la réception.

De même, dans cette correspondance entre faits de conception liés à une échelle et objet architectural, il convient de prendre garde à ce qui relève de ce que l'on a aussi identifié ailleurs sous le terme de "réification"¹⁷³: un objet architectural qui, dans sa totalité complexe, représenterait, illustrerait ou relèverait d'une seule échelle, qu'il réifierait alors. Or, aucun objet architectural, quel qu'il soit, ne peut être ainsi envisagé. Même si, pour des raisons le plus souvent didactiques d'ailleurs, l'on est confronté à la commodité d'un examen successif, d'une échelle à une autre, des notions architecturologiques comme celle, par exemple, de surdétermination, ou ce qui a pu être dit précédemment à l'endroit du concept d'implexe, témoignent de la nécessité de considérer les objets architecturaux et, plus largement encore, les niveaux de conception, en tant qu'ils relèvent d'une multiplicité d'échelles. Le Flat Iron, à New York, ou le

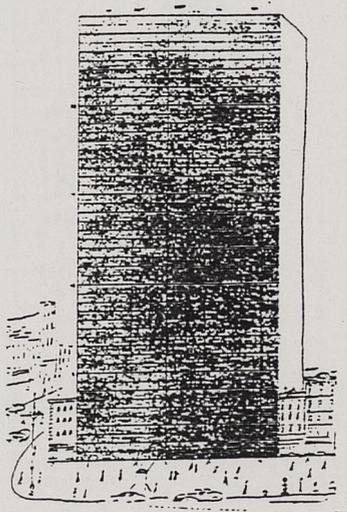
¹⁷² Et même, comme cela est très souvent vécu dans l'enseignement, de manière générale...

¹⁷³ *Enseigner la conception*, op. cit.

bâtiment de la Banque Nordique d'Helsinki, dû à Alvar Aalto, fréquemment évoqués au titre de l'échelle parcellaire pour le premier et de l'échelle de voisinage pour le second, n'ont, ni l'un ni l'autre, été conçus sous le seul effet de ces échelles architecturologiques prises isolément. Toutefois, et l'un et l'autre de ces deux bâtiments sont remarquables au titre de ces échelles: les faits de conception envisagés relativement à chacune d'elles apparaissent, de manière particulièrement patente, dans la conception de l'édifice, qu'ils se voient (ou se vivent) *a posteriori* ou non.

Ainsi, par l'idée d'objet architectural susceptible d'être particulièrement mis en correspondance avec les faits de conception d'une échelle (c'est en ce sens que l'objet est, ici, considéré comme remarquable), on ne doit donc considérer que des objets pour lesquels le ou les faits de conception envisagés au titre de l'échelle architecturologique sont particulièrement explicites *dans la conception* de l'objet en question.

Qu'un dessin de Steinberg s'attache à rendre compte de la complexité des phénomènes de changement contemporain d'échelle ne doit pas nécessairement être associé à l'échelle cartographique plus qu'à une autre. Par contre, qu'il choisisse justement une telle trame millimétrique pour traduire le changement d'échelle qu'il veut signifier, témoigne d'un tel recours et que cette trame, loin de donner l'échelle du dessin (qui, d'ailleurs, n'en n'a pas vraiment puisqu'il ne vise pas un référent: il ne s'agit pas d'un projet d'architecture), permette un dimensionnement relatif de l'édifice qu'elle représente vis à vis des autres situe, à un certain niveau de la conception du dessin, une place éminente pour la pertinence cartographique.

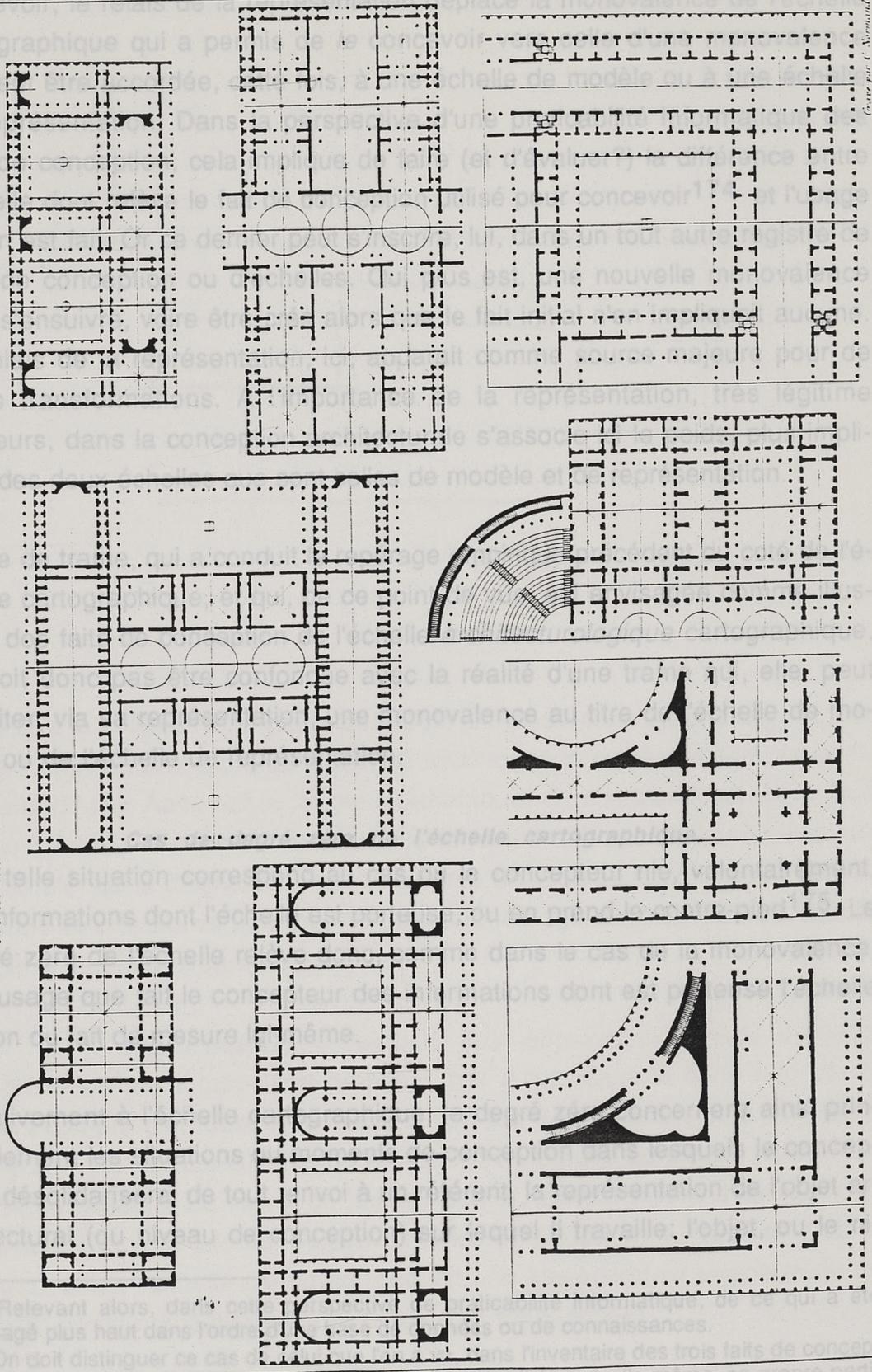


Un tel dessin ne fait que traduire la généralité, dans la production architecturale, de la prise en compte d'une telle échelle cartographique. Des bâtiments (des projets) comme ceux de l'Université de Berlin par G. Candilis, de l'Université de Florence par V. Gregotti, la Hanna House de F. L. Wright ou de multiples autres de L. Mies van der Rohe, indiquent la multiplicité d'exemples que l'on peut envisager du côté de l'architecture.

. Cas de monovalence de l'échelle cartographique.

Bien que l'on vienne d'insister sur le fait qu'un projet d'architecture mette en jeu une multiplicité d'échelles, il est des cas où l'hypothèse d'une monovalence peut être avancée. A la manière du lit de Procuste, il s'agirait de ceux où l'échelle cartographique est privilégiée par le concepteur, au détriment de toutes les autres. Si, assez logiquement par rapport à ce qui précède, aucun édifice réel ne vient à l'esprit, l'ouvrage de J.N.L. Durand dit "Grand Durand", qui représente, à la même échelle cartographique, des édifices de l'histoire les plus éloignés les uns des autres dans le temps et l'espace pourrait constituer un cas de monovalence d'échelle cartographique. Même s'il ne s'agit pas réellement de conception mais bien de représentation, la perspective de l'ouvrage d'être, en son temps, un "outil d'aide à la conception" implique d'en envisager sa signification dans l'ordre de la conception et non, seulement, dans l'ordre de la représentation.

ENSEMBLES D'ÉDIFICES
résultants de la combinaison horizontale de leurs parties.



Écrit par C. Vermeil

2^e Planche

On remarquera ici que, dans l'usage qui peut être fait du Grand Durand pour concevoir, le relais de la représentation déplace la monovalence de l'échelle cartographique qui a permis de *le* concevoir vers celle d'une monovalence qui peut être accordée, cette fois, à une échelle de modèle ou à une échelle de représentation. Dans la perspective d'une praticabilité informatique des faits de conception, cela implique de faire (et d'évaluer?) la différence entre l'échelle dont relève le fait de conception utilisé pour concevoir¹⁷⁴ et l'usage qui en est fait. Or ce dernier peut s'inscrire, lui, dans un tout autre registre de faits de conception ou d'échelles. Qui plus est, une nouvelle monovalence peut s'ensuivre, voire être créée alors que le fait initial n'en impliquait aucune. Le relais de la représentation, ici, apparaît comme source majeure pour de telles transformations. A l'importance de la représentation, très légitime d'ailleurs, dans la conception architecturale s'associe ici le poids, plus implicite, des deux échelles que sont celles de modèle et de représentation.

L'idée de trame, qui a conduit le repérage empirique précédent du côté de l'échelle cartographique, et qui, de ce point de vue, est envisagée comme illustrant des faits de conception de l'échelle *architecturologique* cartographique, ne doit donc pas être confondue avec la réalité d'une trame qui, elle, peut susciter, via sa représentation, une monovalence au titre de l'échelle de modèle ou de l'échelle de représentation.

. Cas de degré zéro de l'échelle cartographique.

Une telle situation correspond au cas où le concepteur nie, volontairement, les informations dont l'échelle est porteuse, ou en prend le contre-pied¹⁷⁵. Le degré zéro de l'échelle relève donc, comme dans le cas de la monovalence, de l'usage que fait le concepteur des informations dont est porteuse l'échelle et non du fait de mesure lui-même.

Relativement à l'échelle cartographique, le degré zéro concernera ainsi principalement les situations ou moments de conception dans lesquels le concepteur désolidarisera, de tout renvoi à un référent, la représentation de l'objet architectural (ou niveau de conception) sur lequel il travaille: l'objet, ou le ni-

¹⁷⁴ Relevant alors, dans cette perspective de praticabilité informatique, de ce qui a été envisagé plus haut dans l'ordre d'une base de données ou de connaissances.

¹⁷⁵ On doit distinguer ce cas de celui que l'on a vu, dans l'inventaire des trois faits de conception relatifs à cette échelle cartographique, où elle pouvait être, à elle-même, sa propre pertinence (Ec 3, supra). Il s'agissait, comme on l'a d'ailleurs dit, d'un cas de degré zéro de la pertinence.

veau de conception, devient, comme dans le dessin qui suit proposé par un étudiant en architecture lors d'un exercice de "traduction" du Pavillon de Barcelone de L. Mies van der Rohe, un "tableau grandeur nature".

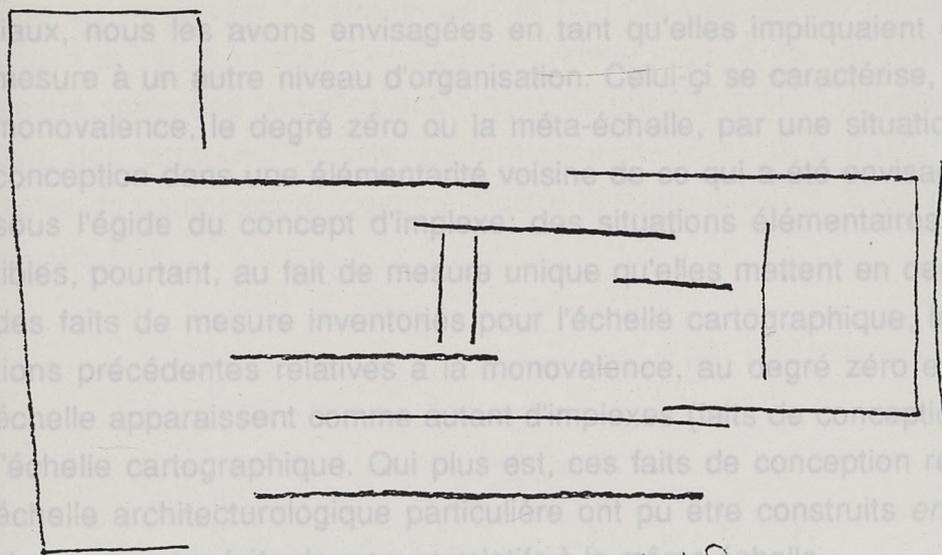


tableau . grandeur nature

Scalèmes

Les faits de mesure comme les faits de conception précédents s'inscrivent

Parce que le millimètre ne peut, réellement, avoir de sens dans le dimensionnement architectural alors qu'il peut en avoir dans la représentation, le commentaire d'Alvar Aalto sur la "trame millimétrique" de son travail est alors plus qu'une boutade. Il exprime ce caractère fondamental, pour la conception architecturale, de la distinction entre une trame considérée dans la seule représentation et une trame qui, tout en permettant d'agir dans la représentation, renvoie à un dimensionnement.

Cas d'intervention en tant que méta-échelle globale ou locale.

Les procédés de composition proposés par J.N.L. Durand dans son cours rendent compte d'un usage de la trame opérant à un niveau global: l'échelle cartographique est constitutive de l'espace architectural au niveau global. On a désigné, ailleurs, du terme de "méta échelle", les échelles architecturologiques dont chacune des autres pouvait ainsi être l'opérande. Dans le "Grand Durand", donc, l'échelle cartographique est à la fois opérateur et opérande de l'échelle globale: elle intervient aussi comme méta-échelle.

¹⁷⁶ Ceci devrait d'ailleurs être encore précisé, tant la notion de scalème est, comme on le verra à la suite, délicate.

A coté des trois principales modalités de mesure initialement envisagées pour l'échelle cartographique, nous venons, avec la monovalence, le degré zéro et, ici, la méta-échelle, de rendre concrètement compte de situations nouvelles dans lesquelles ces faits de mesure étaient impliqués. Mais, au lieu que ces situations manifestent des cas d'articulation des faits de mesure initiaux, nous les avons envisagées en tant qu'elles impliquaient ces faits de mesure à un autre niveau d'organisation. Celui-ci se caractérise, tant pour la monovalence, le degré zéro ou la méta-échelle, par une situation *active* de conception dans une élémentarité voisine de ce qui a été envisagé plus haut sous l'égide du concept d'implexe: des situations élémentaires non réductibles, pourtant, au fait de mesure unique qu'elles mettent en oeuvre. A coté des faits de mesure inventoriés pour l'échelle cartographique, les constructions précédentes relatives à la monovalence, au degré zéro et à la méta-échelle apparaissent comme autant d'implexes (faits de conception) relatifs à l'échelle cartographique. Qui plus est, ces faits de conception relatifs à une échelle architecturologique particulière ont pu être construits *en correspondance* avec les faits de mesure relatifs à la même échelle.

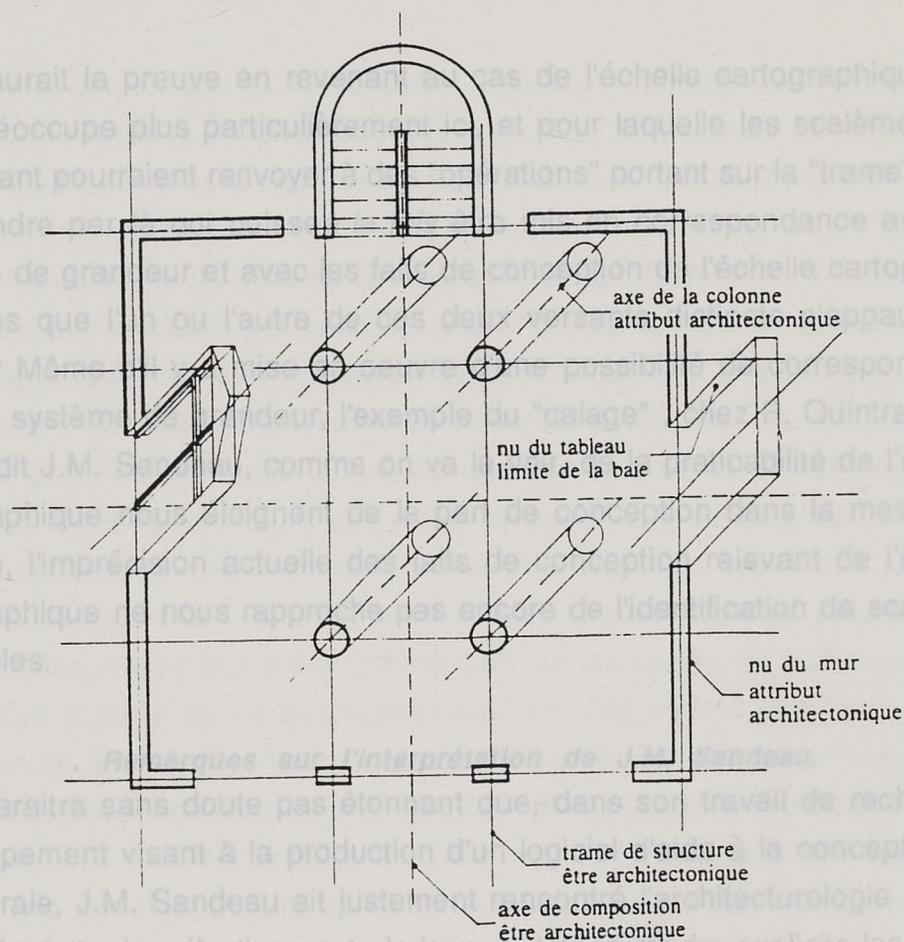
. *Scalèmes.*

Les faits de mesure comme les faits de conception précédents s'inscrivent dans les multiples opérations qui *in fine* conduisent à une mesure quantitative du positionnement et de la configuration des objets, détails ou niveaux de conception. Mais, si l'on comprend qu'ils sont les modalités par lesquelles ce positionnement et cette configuration quantitative seront possibles, ils doivent être distingués des opérations effectives par lesquelles la mesure quantitative peut être effectivement donnée: directement ou par la mise en correspondance des opérations précédentes avec un système d'êtres conceptuels correspondant eux-mêmes à un système abstrait de grandeurs. C'est à ceci que renvoie la notion architecturologique de scalème: des opérations, intermédiaires en quelque sorte, impliquant la possibilité d'une double correspondance, avec les faits de mesure ou de conception d'une part¹⁷⁶ et, d'autre part, avec un système abstrait de grandeurs.

C'est à cette sorte d'opérations à finalité quantitative que P. Quinrand fait indiscutablement référence lorsqu'il renvoie la praticabilité d'une aide informatique à la conception architecturale à la capacité de représentation des savoirs

¹⁷⁶ Ceci devrait d'ailleurs être encore précisé, tant la notion de scalème est, comme on le verra à la suite, délicate.

Autrement dit, l'intention de praticabilité envers une aide informatique de la et savoir-faire de l'architecte par des algorithmes de production d'objet construits sur des modèles (de description d'objets, de calage et de composition notamment), certes abstraits, mais, néanmoins, paramétrables¹⁷⁷. En effet, même s'il s'agit de prendre acte des aspects qualitatifs de l'objet architectural et de les envisager "abstraitemment" et non nécessairement numériquement, chacun des trois modèles en question relève aussi d'une capacité à être paramétré selon des "échelles graphiques de représentation" (relation à un référent), des "attributs" (qualité, performance, normes), des "trames" et "axes" (règles de composition), comme l'illustre la figure suivante relative au modèle de calage¹⁷⁸.



¹⁷⁷ Cf. P. Quinrand et alli, *La CAO en architecture*, Hermès, 1985

¹⁷⁸ P. Quinrand, op. cit., p.102.

Autrement dit, l'intention de praticabilité envers une aide informatique de la conception architecturale tend bien vers la production "d'êtres conceptuels" susceptibles d'être mis en correspondance avec, d'une part, un système de grandeurs et, d'autre part, des entités identifiées comme faits de conception ou faits de mesure: ce que seraient, de fait, des scalèmes. Mais, là où P. Quintrand propose concrètement de tels "êtres conceptuels", l'architecturologie, elle, s'interroge encore sur leur construction au titre de la difficulté, qu'on a pu évaluer dans ce qui précède, à les envisager *en correspondance* avec ce qui relève, effectivement, d'opérations actives de *conception* en architecture. Si la notion d'implexe nous a permis, d'un côté, de préciser quelque peu ce qui relève de faits de conception et, d'un autre côté, nous permet de distinguer faits de conception et fait de mesure, la notion de scalème reste, tant du côté d'une praticabilité informatique que du côté d'une correspondance avec ces faits de conception et ces faits de mesure, encore peu formalisable.

On en aurait la preuve en revenant au cas de l'échelle cartographique, qui nous préoccupe plus particulièrement ici, et pour laquelle les scalèmes correspondant pourraient renvoyer à des "opérations" portant sur la "trame". Mais qu'entendre par là qui puisse à la fois être mis en correspondance avec un système de grandeur et avec les faits de conception de l'échelle cartographique sans que l'un ou l'autre de ces deux versants distincts n'appauvrisse l'autre ? Même s'il y a mise en oeuvre d'une possibilité de correspondance avec un système de grandeur, l'exemple du "calage", chez P. Quintrand, ou ce que dit J.M. Sandeau, comme on va le voir, de la praticabilité de l'échelle cartographique nous éloignent de la part de conception dans la mesure. A l'inverse, l'imprécision actuelle des faits de conception relevant de l'échelle cartographique ne nous rapproche pas encore de l'identification de scalèmes praticables.

qui vient d'être précédemment dit sur les scalèmes. Elles sont donc envisagées à partir de ce qu'informatiquement l'on estime le mieux pouvoir correspondre. **Remarques sur l'interprétation de J.M. Sandeau.**

Il n'apparaîtra sans doute pas étonnant que, dans son travail de recherche-développement visant à la production d'un logiciel d'aide à la conception architecturale, J.M. Sandeau ait justement rencontré l'architecturologie qui, de son côté, s'attache effectivement, de longue date, à rendre explicite les opérations de conception relatives à la mesure. Au-delà, cependant, d'une éventuelle contribution directe (que l'on n'a pas ici cherché à évaluer) des développements architecturologiques à l'élaboration effective du prototype, l'appréhension de J.M. Sandeau envers la mise en oeuvre des échelles architec-

turologiques conduit à deux types de remarques qui, chacune, prolonge ce qui vient d'être dit quant à la difficulté à répondre, à la fois, à l'exigence d'une praticabilité et à celle d'une correspondance effective (modélisée ou simulée) des opérations de la conception architecturale.

La première de ces remarques tient à la part de difficultés liées à la reconnaissance de l'idée même de conception en architecture, idée concrètement et épistémologiquement difficile qui, du côté des échelles architecturologiques, conduit à les considérer du seul côté de la pertinence (J.M. Sandeau utilise le terme de "point de vue") sans les envisager dans leur complexité d'opérateur de mesure. Est en jeu, ici, la double nature (téléologique et embrayante) de l'information associée aux échelles ainsi que la simultanéité de mise en oeuvre d'une multiplicité d'échelles dans la conception (par opposition à la monovalence que l'on a pu voir plus haut).

Or, autant la conjonction "point de vue" / "opération de conception" permet d'identifier précisément, relativement à la part *architecturale* de la conception, les différentes échelles architecturologiques avec ce que cela permet de formaliser comme opérations effective de conception, autant leur dissociation induit une exhaustivité illimitée de "points de vue" qui deviennent, comme le dit d'ailleurs J.M. Sandeau, peu réalistes à prendre en compte et sont alors soit réduits sous la forme d'un "noyau de base minimal" soit pris comme source d'enrichissement pour l'analyse. Mais, surtout, cette dissociation conduit à faire, des échelles architecturologiques, des données ou contraintes pour des opérations d'une autre nature qui, elles, seraient alors susceptibles de recevoir une assistance informatique. Comme ces nouvelles opérations sont cependant dissociées des échelles architecturologiques, elles ne peuvent renvoyer à ce qui vient d'être précédemment dit sur les scalèmes. Elles sont donc envisagées à partir de ce qu'informatiquement l'on estime le mieux pouvoir correspondre à la représentation qu'on se fait de la conception architecturale: de la composition, gestion ou manipulation d'*objets*...dont la conception est soigneusement considérée acquise! Sans nier l'intérêt d'une telle démarche du côté des développements de l'informatique vers (ou appliquée à) l'architecture, force est néanmoins de constater que la conception architecturale s'y trouve particulièrement réduite à ses aspects sans doute les plus élémentaires.

L'échelle architecturologique cartographique interviendra notamment dans son sens le plus immédiat, à savoir "le rapport isomorphe d'une mesure représentative à une mesure représentée" ou, dans la représentation, pour "tenir compte du niveau de conception où a lieu la manipulation (et) du niveau de précision désiré par l'utilisateur ou calculé par l'ordinateur".

La seconde remarque concerne la part d'effets que la perspective d'une praticabilité informatique peut avoir en prolongement, ou indépendamment, des considérations précédentes. Il s'agit en fait ici de la ré-introduction, par J.M. Sandeau, de l'idée de la mesure *après* qu'ait été effectuée cette dissociation entre "point de vue" et "opérations de conception". Dégagée en effet de sa valeur d'opérateur de conception, l'échelle architecturologique peut rejailir dans la perspective de praticabilité d'une aide à la conception au titre de la "mise à l'échelle": chaque échelle architecturologique est alors envisagée comme "support de contrôle de cohérence" ou "moyen d'estimation et d'évaluation". L'échelle (peut-on dire encore architecturologique?), ici, n'est plus considérée comme donnée ou contrainte mais comme paramètre.

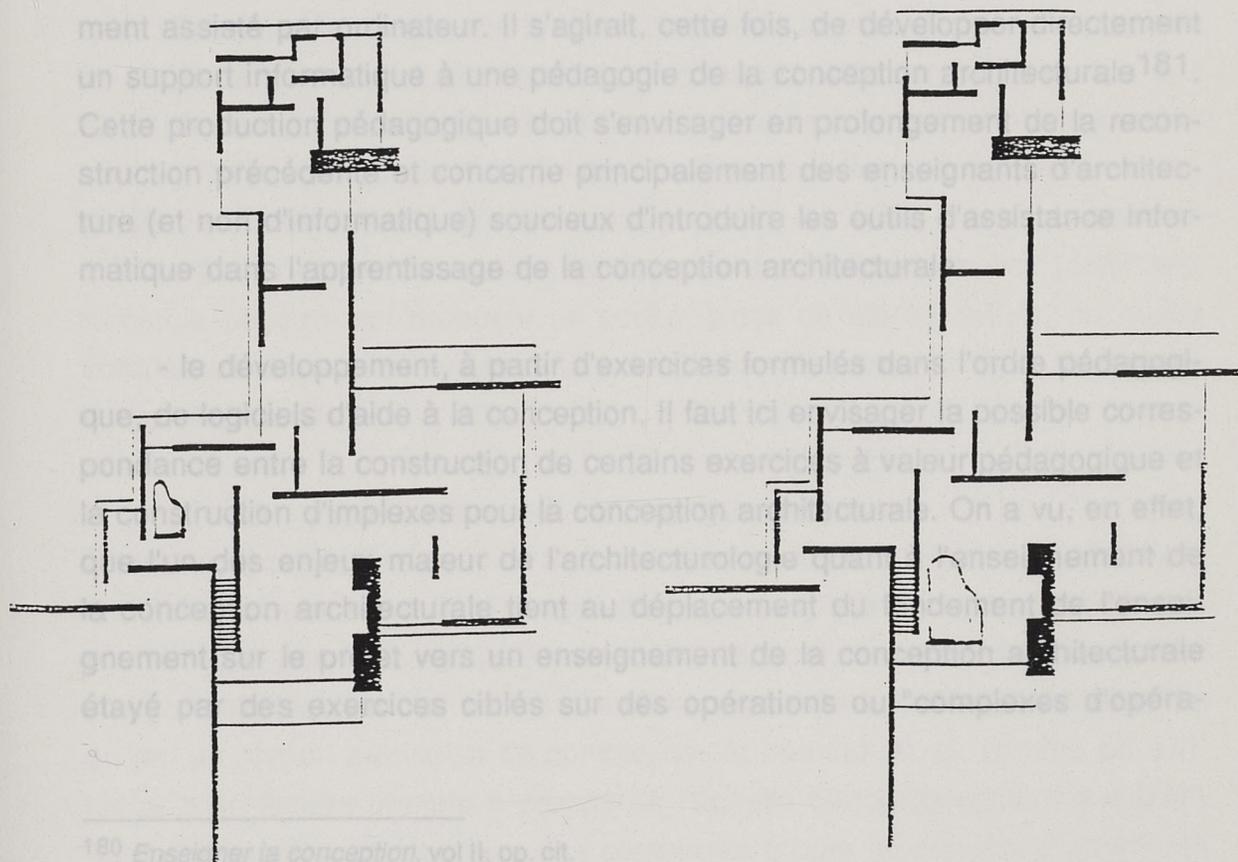
L'échelle cartographique, dans l'importance toute particulière qui lui est accordée "au moment de la mise à l'échelle", fournira, par exemple, le moyen d'un contrôle relatif à "la pertinence de cette échelle en regard des documents normalisés et sur le niveau de détail correspondant, modelable par l'architecte".

. Exercices pédagogiques de compréhension.

Dans le possible dialogue entre l'architecte et l'informaticien, ce dernier est à considérer comme l'expert permettant ou visant une production informatique susceptible d'une correspondance avec les ou certaines opérations de conception de l'architecte. Sa compréhension de la conception et de sa formalisation en opérations est, on pense l'avoir montré, un enjeu à l'évidence essentiel. Cela dit, la complexité réelle des opérations en jeu, à laquelle l'architecturologie permet d'accéder, n'est pas d'une compréhension immédiate. C'est la raison pour laquelle, dans la perspective de ce dialogue, il apparaît nécessaire de proposer des voies d'accès à cette compréhension à partir d'un point de vue pédagogique.

La compréhension, par l'informaticien, de la différence entre l'échelle cartographique prise au sens courant et l'échelle cartographique *architecturologi-*

que n'est pas, en effet des plus simple pour qui n'est pas impliqué dans l'activité de conception. Ainsi, par exemple, J.M. Sandeau lui-même, malgré une grande attention au point de vue architecturologique, présente l'échelle cartographique architecturologique en tant "qu'elle marque, dans toute production architecturale à base de dessin, le rapport isomorphe d'une mesure représentative à une mesure représentée"¹⁷⁹. Autrement dit, évacuant la part active du choix, par exemple, de ce rapport dans la conception architecturale ou, plus généralement, l'enjeu *intellectuel* de la réduction (comme on a tenté d'en rendre compte dans les paragraphes précédents), il nous renvoie au sens courant de l'échelle cartographique. La production de situations pédagogiques simples comme le repérage, sur un plan non doté d'échelle (au sens courant), des enjeux suscités par l'implantation d'un même élément à une taille différente (un piano dans le plan de Mies van der Rohe çï-après), peut, ici, être d'une grande aide pour permettre à l'informaticien de comprendre, sinon le sens architecturologique de l'échelle cartographique, du moins la nécessité de ce sens architecturologique pour rendre compte de la complexité des opérations, du point de vue de la conception, sous-jacentes à l'échelle cartographique.



¹⁷⁹ J.M. Sandeau, op. cit., p. 43.

tions" de conception¹⁸⁰. Dès lors, pour autant que les exercices concernés
Une telle formulation est à distinguer, dans ses finalités comme dans son énoncé, de celles qui renvoient à la recherche et à l'identification d'implexes en vue d'une correspondance entre opérations de conception et opérations informatiques d'aide à la conception. Cela dit, la production de telles situations pédagogiques doit être envisagée dans la multiplicité potentielle de ses implications quant à l'interface architecturologie/informatique. De ce point de vue, en effet, on doit au moins envisager les quatre perspectives suivantes, source éventuelle d'un travail de recherche ultérieur:

- l'accès, comme nous venons de le dire, à une meilleure compréhension des opérations de conception. Il s'agirait, ici, de reconstruire le contenu pédagogique et didactique élaboré lors d'un programme de recherche antérieur¹⁸⁰ en vue de sa transmission à un public d'informaticiens concernés par la conception architecturale, que ce soit dans une perspective de production de logiciels ou dans celle d'un enseignement de l'informatique en école d'architecture.

- un enseignement de la conception architecturale, architecturologiquement assisté par ordinateur. Il s'agirait, cette fois, de développer directement un support informatique à une pédagogie de la conception architecturale¹⁸¹. Cette production pédagogique doit s'envisager en prolongement de la reconstruction précédente et concerne principalement des enseignants d'architecture (et non d'informatique) soucieux d'introduire les outils d'assistance informatique dans l'apprentissage de la conception architecturale.

- le développement, à partir d'exercices formulés dans l'ordre pédagogique, de logiciels d'aide à la conception. Il faut ici envisager la possible correspondance entre la construction de certains exercices à valeur pédagogique et la construction d'implexes pour la conception architecturale. On a vu, en effet, que l'un des enjeux majeur de l'architecturologie quant à l'enseignement de la conception architecturale tient au déplacement du fondement de l'enseignement sur le projet vers un enseignement de la conception architecturale étayé par des exercices ciblés sur des opérations ou "complexes d'opéra-

¹⁸⁰ *Enseigner la conception*, vol II, op. cit.

¹⁸¹ Une telle tentative a été faite dans le contexte architecturologique de l'enseignement de l'architecture, à l'endroit de l'échelle de représentation et non de l'échelle cartographique. On en rend compte en annexe.

tions" de conception¹⁸². Dès lors, pour autant que les exercices concernés soient maîtrisés par rapport à l'implexe particulier auquel ils renvoient, le support informatique les concernant doit être considéré pour ce qu'il peut valoir en tant que logiciel d'aide à la conception architecturale et non plus seulement d'aide à l'enseignement de la conception architecturale. Si l'énoncé pédagogique peut ainsi avoir des incidences sur la production de logiciels d'aide à la conception, à l'inverse, la perspective de tels logiciels, telle qu'elle a pu être développée dans la seconde partie de la présente recherche, doit être envisagée dans de possibles incidences pédagogiques: il s'agirait alors de les re-construire dans l'ordre d'un exercice correspondant à l'objet d'enseignement qu'ils recouvrent (on rejoint ici ce qui a été envisagé au précédent paragraphe).

- la perspective, enfin, d'un enseignement de l'architecturologie sur un mode assisté par ordinateur. Il s'agit, ici, de considérer explicitement la perspective d'une formation d'architecturologues -et non d'architectes- et d'envisager, pour cette formation, des exercices de compréhension et de manipulation de concepts susceptibles d'être assistés par ordinateur, tout comme il en existe, par exemple, pour l'enseignement des langues ou des mathématiques. Bien que l'on quitte, ici, la visée directe de la conception architecturale au profit de son explicitation architecturologique, cette perspective n'est pas sans pouvoir rejoindre la finalité initiale d'une aide à la compréhension de la conception architecturale à destination de l'informaticien. Le détour par la linguistique n'a-t-il pas été et n'est-il pas toujours, en effet, d'une immense richesse pour l'informaticien dans sa visée de description formelle? L'architecturologie peut en soi proposer un accès, sinon de même nature, du moins comparable dans ses finalités, à une description des opérations de la conception architecturale.

. Connexions avec d'autres échelles.

Chacune des échelles spécifie une occurrence du "macro-concept" d'échelle architecturologique. Le découpage analytique proposé par ces spécifications ne recouvre pas la complexité, même élémentaire, des faits de conception: chaque échelle n'est pas un cas d'implexe; ceci même si chaque échelle met en jeu un niveau particulier de complexité. Autrement dit, si, comme on s'attache à en rendre compte à propos de l'échelle cartographique, il y a bien, dans l'ordre de la conception, une complexité propre au concept d'échelle, la

¹⁸² cf. *Enseigner la conception*, vol I, op. cit.

complexité relative à la notion de "fait de conception" est d'une autre nature : plusieurs échelles sont, comme on l'a dit, à l'oeuvre dans l'implexe.

Ainsi l'échelle cartographique, reliant à la fois le représentant au référent et au représenté, pourra-t-elle être associée à l'échelle architecturologique de représentation dans un implexe de surdétermination ou, comme on a pu le voir au chapitre précédent, dans un implexe de co-détermination, l'une relançant l'autre. Dans l'exemple de la maquette au 1/1 de la corniche du Palais Farnèse par Michel Ange, l'échelle cartographique (qui s'appuie sur la relation du représentant au référent) et l'échelle de représentation (qui s'appuie sur la relation du représentant au représenté) sont en situation de relance mutuelle ou de surdétermination : l'implexe correspondant dépend de la suite du processus effectif dans lequel s'inscrit la maquette au 1/1 et dans lequel Michel Ange l'inscrit lui-même. Il importe ici de comprendre que le repérage des implexes est une chose et que leur observation ou identification dans un processus réel de conception en est une autre.

3.1.3 Conclusion.

En première partie, on a pu poser les deux hypothèses d'articulation possibles de l'informatique avec l'architecture : ou bien cette articulation s'effectue au niveau de l'*espace architectural* (et/ou de sa représentation), ou bien elle s'effectue au niveau de l'*espace architecturologique*, à savoir l'espace de conception de l'architecte rendu explicite par les concepts et propositions architecturologiques. On ne reprendra pas, ici, le privilège accordé à la seconde tout au long de ce qui précède. Si l'on revient à ces prolégomènes, cependant, c'est qu'au sein même de cette seconde hypothèse se pose le problème de la réalité tangible des "objets" susceptibles d'être construits par l'informaticien en vue d'une praticabilité instrumentale pour le concepteur (l'architecte). En outre, à un tout autre niveau, ce problème doit être envisagé dans l'interface homme/machine, à savoir la capacité de ces "objets" élémentaires de s'accorder à la singularité et aux finalités du concepteur. Trois questions ou problèmes généraux majeurs se posent donc :

- celui de la nature de ces "objets" élémentaires sur lesquels pourront porter les manipulations informatiques aidant la conception architecturale. Ce qui précède montre, en effet, que le terme d'objet ne doit pas désigner des entités

formelles, architecturales notamment, mais des *faits* ou *opérations* de conception. Autrement dit, même si ces "objets" doivent aider à la conception d'entités formelles (architecturales), ils doivent relever des opérations (cognitives, mentales, intellectuelles) auxquelles se livre le concepteur pour concevoir et non d'une doctrine implicite de manipulation d'entités formelles (pré-)constituées, architecturalement élémentaires ou réduites à une abstraction géométrique.

L'importance de la construction de faits élémentaires de conception en termes - celui de la mesure nécessairement sous-jacent, pour ne pas dire constitutivement lié, à ces opérations ou faits de conception. A l'inverse du paragraphe précédent, en effet, même si ces entités ne doivent pas être formelles ou architecturales, il s'agit de les considérer en tant qu'elles visent à concevoir de l'*architecture* et, donc, en tant qu'elles impliquent simultanément de la mesure. La part de mesure dans ces opérations et faits de conception est donc tout aussi essentielle.

du côté des échelles architecturologiques. On soulignera d'abord que, si la - celui de leur cohérence avec la variété des processus et finalités des concepteurs. Il s'agit ici de faire la distinction (conceptuelle) entre opérations ou faits de conception (auxquels le concepteur se livre ou a recours) et pertinence de ces opérations ou faits de conception. Ceci doit s'entendre aussi bien du côté d'une liberté du concepteur à inscrire ces faits ou opérations dans des finalités variées (activité effective de conception ou activité de contrôle par exemple) que du côté d'une liberté procédurale renvoyant, elle, à la singularité du concepteur. Ainsi, par exemple, dans le recours à une monovalence d'échelle pour définir la mesure de la hauteur sous plafond des appartements dans la coupe d'un immeuble, ce pourra être aussi bien l'échelle économique (jeu sur cette hauteur pour "densifier" le nombre d'étages et, donc, d'appartements) que l'échelle symbolique dimensionnelle (créer des hauteurs d'étage convenable du point de vue du "prestige" de l'immeuble) qui sera privilégiée par le concepteur. L'opération mise en oeuvre (monovalence d'échelle) est, dans les deux cas, la même alors que la pertinence de l'opération, elle, est différente: économique dans un cas, symbolique dimensionnelle dans l'autre.

Il faut clairement indiquer ici que l'état de la recherche ne permet pas encore d'identifier précisément, en respect des trois points précédents, les faits et opérations de conception pouvant apparaître rapidement praticables d'un point de vue informatique. Ce n'était d'ailleurs pas l'objet de la présente re-

¹⁸⁴ Différent même si imbriqué, Cf. E. Morin, *Introduction à la pensée complexe*, Paris, 1990.

cherche qui, par rapport à cette perspective instrumentale, visait avant tout à identifier les enjeux et voies d'une telle praticabilité, en relative indépendance envers les capacités actuelles et concrètes de résolution informatique: énoncer, de manière aussi satisfaisante que possible, pour une communication avec des informaticiens, ce qui, du point de vue de la conception architecturale, paraît essentiel en vue d'une assistance informatique de cette activité.

L'importance de la construction de faits élémentaires de conception en termes d'implexes est ici fondamentale. Un premier repérage a permis de distinguer, dans cette perspective, la co-détermination de la surdétermination. D'autres "complexes élémentaires" comme l'*inférence* ou le *champ de valorisation*, mais aussi comme les opérations de *cascade* et de *relais*¹⁸³ d'échelle seraient, pour l'avenir de cette piste de recherche, tout aussi nécessaires.

Les difficultés qui apparaissent du côté des implexes sont moins apparentes du côté des échelles architecturologiques. On soulignera d'abord que, si la conjonction de plusieurs échelles dans l'implexe oriente l'investigation du côté des complexités inhérentes à de telles conjonction, l'investigation liée à l'échelle (à chaque échelle) s'oriente du côté des "faits de mesure" sous-jacents à ces échelles. Autrement dit, du côté de l'échelle, l'investigation porte plutôt sur les faits de mesure que sur les faits de conception. En second lieu, même si, de fait, dans la conception architecturale, faits de conception et faits de mesure sont indissolublement liés, il faut accepter de considérer l'implexe comme un problème relevant d'un niveau d'organisation différent¹⁸⁴ de celui concernant la relation entre échelle et fait de mesure. L'investigation relative aux faits de mesure au niveau des implexes apparaît donc comme un axe de travail supposant que, d'une part, soient effectivement précisés (dans leur diversité opératoire comme dans leur identité théorique) ces implexes et que, d'autre part, les faits de mesure mis en jeu par les échelles opérant dans les implexes soient également explicités.

Autrement dit, à côté de la voie d'investigation en matière de faits de conception élémentaires, apparaît bien la nécessité, au-delà du repérage empirique précédent, d'une investigation relative aux faits de mesure propres à chaque échelle architecturologique, ceci non en soi, mais en vue de mieux com-

¹⁸³ Sur ces autres "complexes élémentaires" identifiés par l'architecturologie, Cf. Ph. Boudon, *Introduction à l'architecturologie*, op. cit.

¹⁸⁴ Différent même si imbriqué, Cf. E. Morin, *Introduction à la pensée complexe*, Paris, 1990.

prendre l'implication de la mesure dans les faits de conception élémentaires mais déjà complexes: les implexes.

Tant par rapport à une perspective méthodologique que dans l'ordre d'une praticabilité informatique, il convient finalement, à ce stade, de distinguer conceptuellement opération de conception et opérations de mesure.

distinction est construite par la problématique particulière qu'est l'architecturologie (elle ne relève donc pas d'une observation empirique ni, a fortiori, d'un vécu de l'architecte) et que, d'autre part, les opérations de mesure sont au coeur des opérations de conception de l'architecte: même s'il ne peut en percevoir ou en construire lui-même une intelligibilité, l'architecte met en oeuvre des opérations différenciables du point de vue de la mesure et de la conception¹⁸⁵. Le concept d'échelle architecturologique, en tant qu'opérateur de mesure d'une part et, d'autre part, en tant qu'il est pris dans le système modèle / échelle, rend compte de cette double implication: les opérations constitutives de l'échelle (découpage, référenciation et dimensionnement) sont, en effet, à distinguer des opérations de conception que sont, par exemple, l'inférence ou le champ de valorisation.

Dès lors, l'identification des opérations de mesure associées aux opérations de conception passe par l'exploration détaillée des faits de mesure sous-jacents aux échelles architecturologiques. Derrière chaque échelle, en effet, se cache une multiplicité potentielle de modalités élémentaires de mesure. L'exemple précédent de l'échelle cartographique¹⁸⁶ a empiriquement permis d'isoler, sinon d'identifier en tant que tel, trois opérations (ou modalités) de mesure: l'homogénéisation planaire, l'induction d'une unité préférentielle de décision dimensionnelle et l'arbitraire d'une unité cartographique scalaire. Chaque échelle architecturologique, prise isolément, doit donc faire l'objet d'une telle exploration et, au-delà de l'inventaire présenté au chapitre précédent, conduire à la construction précise d'un corpus de faits de mesure.

Hors du problème général d'un possible interface entre l'architecturologie et l'informatique du côté des opérations de conception, problème qui renvoie à la perspective (encore lointaine) d'une assistance informatique pour ces opérations, il convient en effet d'évaluer la capacité d'inscription des

¹⁸⁵ Cf. Ph. Boudon, Ph. Deshayes, *Introduction à la complexité de la conception architecturale*, S. Fiszer, LAREA, 1992.

¹⁸⁶ Cf. supra, 1.2.2.

3.2. Elaboration d'un corpus de faits de mesure.

On vient de préciser la nécessaire distinction entre opérations de conception et opérations de mesure. Rappelons cependant que, d'une part, cette distinction est construite par la problématique particulière qu'est l'architecturologie (elle ne relève donc pas d'une observation empirique ni, a fortiori, d'un vécu de l'architecte) et que, d'autre part, les opérations de mesure sont au coeur des opérations de conception de l'architecte: même s'il ne peut en percevoir ou en construire lui-même une intelligibilité, l'architecte met en oeuvre des opérations différenciables du point de vue de la mesure et de la conception¹⁸⁵. Le concept d'échelle architecturologique, en tant qu'opérateur de mesure d'une part et, d'autre part, en tant qu'il est pris dans le système modèle / échelle, rend compte de cette double implication: les opérations constitutives de l'échelle (découpage, référencement et dimensionnement) sont, en effet, à distinguer des opérations de conception que sont, par exemple, l'inférence ou le champ de valorisation.

Dès lors, l'identification des opérations de mesure associées aux opérations de conception passe par l'exploration détaillée des faits de mesure sous-jacents aux échelles architecturologiques. Derrière chaque échelle, en effet, se cache une multiplicité potentielle de modalités élémentaires de mesure. L'exemple précédent de l'échelle cartographique¹⁸⁶ a empiriquement permis d'isoler, sinon d'identifier en tant que tel, trois opérations (ou modalités) de mesure: l'homogénéisation planaire, l'induction d'une unité préférentielle de décision dimensionnelle et l'arbitraire d'une unité cartographique scalaire. Chaque échelle architecturologique, prise isolément, doit donc faire l'objet d'une telle exploration et, au-delà de l'inventaire présenté au chapitre précédent, conduire à la construction précise d'un *corpus* de faits de mesure.

Hors du problème général d'un possible interface entre l'architecturologie et l'informatique du côté des opérations de conception, problème qui renvoie à la perspective (encore lointaine) d'une assistance informatique pour ces opérations, il convient en effet d'évaluer la capacité d'inscription des

¹⁸⁵ Cf. Ph. Boudon, Ph. Deshayes, *Introduction à la complexité de la conception architecturale*, S. Fiszer, LAREA, 1992.

¹⁸⁶ Cf. supra, 1.2.2.

modalités particulières de mesure liées à la conception architecturale dans une éventuelle instrumentation informatique.

On a pu voir en effet, dans la partie consacrée aux pistes de logiciels d'aide à la conception architecturale¹⁸⁷, qu'à côté d'hypothèses de logiciels portant effectivement sur de telles opérations, d'autres hypothèses soulevaient le problème plus restreint -mais non moins difficile- de la mesure.

Au-delà de l'intérêt proprement architecturologique d'une telle exploration des faits de mesure sous-jacents à chacune des échelles (progression dans la capacité architecturologique à décrire les opérations de la conception architecturale), la construction d'un tel corpus est donc également impérative pour la concrétisation instrumentale de l'interface architecturologie/informatique.

Avant d'aborder concrètement l'élaboration et la construction d'un tel corpus, on rappellera d'abord, par souci de communication autant que par souci de précision scientifique, les concepts et notions sur lesquelles va se fonder une telle élaboration et, donc, son énonciation.

3.2.1 Modalités opératoires de mesure.

Opérations architecturologiques

La construction architecturologique repose sur la prise en considération du double caractère mental (ou intellectuel) et iconique des configurations avec et sur lesquelles travaille l'architecte: des modèles conceptuels (construits dans la tête de l'architecte¹⁸⁸) et des modèles iconiques (construits dans un espace de représentation).

Les opérations dans lesquelles ces modèles sont pris ont, elles-mêmes, ce double caractère, intellectuel et iconique. Plus exactement, ces opérations associent des mécanismes de la pensée et des modalités qui, elles-mêmes, associent à leur tour de tels mécanismes intellectuels à des modalités concrètes d'émergence et de dimensionnement des formes architecturales.

¹⁸⁷ Cf. supra IIème partie.

¹⁸⁸ Cf. la célèbre métaphore de K. Marx et, par ailleurs, Ph. Deshayes, "Le crâne de l'architecte", in Forum de la recherche architecturale, Paris, 1990.

Le système modèle/échelle, qui rend compte des opérations de conception associe donc, à un premier niveau, les opérations de répétition et de réduction relatives aux modèles conceptuels et iconique¹⁸⁹ tandis que du côté de l'échelle pris en tant qu'opérateur, ce même système met en jeu trois opérations constitutives de l'échelle: le découpage, la référenciation, et le dimensionnement.

Découpage, référenciation, dimensionnement..

La référenciation tient à ce que, pour pouvoir mesurer, l'architecte se définit ou sélectionne un point de vue qui participe à la mesure¹⁹⁰: il inscrit l'opération de mesure dans une référenciation à ce ou ces points de vue que le recensement des vingt échelles architecturologiques a par ailleurs permis d'identifier. La référenciation associe donc un modèle (conceptuel ou iconique) à un point de vue sur ce modèle qui va permettre les autres opérations constitutives de l'opérateur échelle.

Le découpage renvoie au fait que, mesurant, l'architecte découpe dans le continuum spatial, une entité sur laquelle va porter la mesure.

Le dimensionnement, enfin, correspond à l'attribution de mesures effectives.

Ainsi, à l'Institut du Monde Arabe, à Paris, une double référenciation opère, vis à vis des bâtiments de l'université voisine d'une part et, d'autre part, vis à vis de l'île de la Cité également voisine. Le découpage en barre et partie courbe en procède. Enfin, la hauteur respective des deux parties découpées est pensée indépendamment¹⁹¹.

Répétition, réduction.

Les modèles sur lesquels et avec lesquels travaille l'architecte peuvent faire, exclusivement ou simultanément, l'objet d'une répétition ou d'une transformation. Le choix du terme de "réduction", pour qualifier cette dernière opération, tient à ce qu'il permet de prendre en compte la part conceptuelle à laquelle ces transformations peuvent donner lieu¹⁹² et pas seulement la part iconique ou concrète.

Ainsi, la réduction de la carte de France à un hexagone est-elle tout autant réduction conception que réduction iconique.

¹⁸⁹ Cf. Architecture et architecturologie III, Paris 1975

¹⁹⁰ Cf. B. Mandelbrot, *Les objets fractals*, Paris, 1983 et, plus précisément, le chapitre consacré à la mesure de "la côte de Bretagne".

¹⁹¹ Cf. *Enseigner la conception*, op. cit., vol II, Chap 8.

¹⁹² Cf. G.G. Granger, "Modèles qualitatifs et modèles quantitatifs dans la connaissance scientifique" in *Cahiers STS*, n°5, 1989.

voutains¹⁹⁴. L'espace support n'est pas ici embrayé en tant que tel à un référent, il l'est via les figurations qui, elles, par contre, sont effectivement embrayées. **Opérationnalité architecturologique de la mesure**

L'énoncé précis des faits de mesure relatifs à chaque échelle architecturologique suppose d'aller au delà de la seule identification des opérations de mesure sous-jacentes à toutes les échelles architecturologiques. Chaque échelle spécifie l'effectuation concrète des opérations de mesure, dans la conception architecturale, associant les opérations précédentes constitutives de l'échelle architecturologique (et du modèle M/E des opérations de conception) à un "environnement" assurant (permettant, ou encore accompagnant) ces opérations. Cet environnement a été décrit par l'architecturologie. L'énoncé des opérations de mesure doit donc reposer sur les notions ayant conduit, par ailleurs, à en engager une intelligibilité

Les opérations de mesure s'exercent sur des entités dont la matérialité (graphique ou autre) est support. **Espace de figuration, espace de représentation.**

Ces opérations s'effectuent dans un espace (graphique ou autre) qui tient, à la fois, d'espace de représentation et d'espace porteur d'ordres de grandeur et de positionnement. Si l'architecte donne des mesures dans un espace pouvant être considéré comme un espace de représentation, il les donne ou peut les donner en relation avec les mesures dont est lui-même porteur cet espace de représentation par rapport à un référent qu'il représente: l'architecte, ici, prend des mesures tout en en donnant. Dans les modalités de mesure auquel se livre l'architecte, la qualité de l'espace dans lequel il travaille peut donc être considérée:

- soit dans l'espace indifférent de la feuille de papier (situation de conception où le support -graphique- n'est pas lui-même "embrayé" sur un référent): l'espace de représentation est alors un espace de figuration: la relation des entités représentées avec un référent appartenant au monde réel (l'édifice ou la partie d'édifice considérée) relève de la relation qu'entretient l'architecte avec ce qu'il représente (relation mentale) et non d'une matérialité cartographique associant le référent au support cartographique¹⁹³. Autrement dit, c'est l'architecte qui, en concevant, attribue à l'espace support une (ou plusieurs) échelles cartographiques au lieu que celle-ci soit le fait a priori d'un choix pour cet espace support. Une esquisse de Louis Kahn pour le musée Kimbell fait ainsi apparaître, sur le même espace support, l'organisation générale du musée et certains détails d'éclairage des

¹⁹³ Cf. Ph. Boudon, F. Pousin, *Figures de la conception architecturale*, Dunod, 1988.

voutains¹⁹⁴. L'espace support n'est pas ici embrayé en tant que tel à un référent, il l'est via les figurations qui, elles, par contre, sont effectivement embrayées.

- soit dans ce même espace considéré comme déjà "embrayé", c'est à dire porteur des significations du référent: le terrain ou le site par exemple. L'espace de représentation est alors la représentation d'un espace "réel". Ce ne sera pas ici le concepteur qui, prioritairement, se situera (mentalement) par rapport au référent, mais bien les figurations qui, via la représentation de l'espace réel par l'espace support, seront immédiatement situées par rapport à cet espace réel. Un tel cas se rencontrera, par exemple, lorsqu'un architecte travaille directement sur un "fond de plan" représentant le site ou le terrain sur lequel les entités en train d'être conçues doivent s'implanter.

. Emergence et transformation.

Les opérations de mesure s'exercent sur des entités dont la matérialité (graphique le plus souvent) découpe l'espace amorphe du support:

- soit que ces entités émergent de cet espace amorphe.
- soit que, pré-existantes, elles soient transformées par l'opération de mesure, dans l'ordre d'une répétition, d'une réduction ou de modalités associant répétition et réduction.

Cette double perspective d'émergence et de transformation est ici essentielle pour rendre compte de l'activité de conception même si, du point de vue de la mesure, il n'est peut-être pas nécessaire de les différencier¹⁹⁵.

On pourra enfin remarquer que certaines opérations de transformation peuvent relever d'une transcription d'un fait de mesure lié à une autre échelle : ce sera par exemple le cas lorsqu'un tel fait de mesure, relatif à telle échelle, fait l'objet d'une transcription de l'univers dans lequel il est pris en compte vers celui d'une autre échelle comme le permet, notamment, l'échelle géométrique¹⁹⁶.

. Découpage: implantation, positionnement et division.

¹⁹⁴ Cette esquisse est analysée in F. Schatz et S. Fiszer, "Histoires et mesures de projets", in *De la'architecture à l'épistémologie*, op. cit., pp. 256-258.

¹⁹⁵ On retrouve ici, sous une autre forme, la différence précédemment faite entre opérations de mesure et opérations de conception.

¹⁹⁶ Ce serait le cas, par exemple de la transcription d'un fait de voisinage de l'univers euclidien d'un plan vers celui de la géométrie affine, projective ou autre.

Cette émergence s'accompagne d'un découpage de l'espace support. Ce découpage peut être effectué:

- en soi (émergence "pure") par division de l'espace support ou correspondre à l'implantation d'un niveau de conception émergeant par rapport à d'autres pré-existant. La salle de l'assemblée, à Chandigarh peut illustrer ce cas.
- par rapport au "sens" dont l'espace support est porteur: l'implantation est alors "embrayée" sur le référent, comme c'est le cas, par exemple, du solarium de la villa Savoye implantée à l'aboutissement de la rampe.

Dans chacun de ces cas, l'implantation s'accompagne d'un positionnement relatif du niveau de conception par rapport à d'autres (alors antérieurs dans l'espace support comme dans le cas du restaurant extérieur aux dortoirs du MIT par rapport à la façade) ou par rapport à la configuration du référent comme c'est le cas, toujours au MIT, de l'entrée qui est implantée par rapport à l'existant du campus.

Niveaux et unités de conception.

On a désigné précédemment du terme de "niveau de conception" les entités sur lesquelles travaille l'architecte. Leur caractère virtuel a pu être souligné et, au titre même de ce caractère, une difficulté de compréhension peut s'ensuivre. On devrait donc distinguer le "niveau de conception" (en tant que construction cognitive de l'entité) de l'"unité de conception" qui serait son correspondant formel dans l'espace support. Le niveau de conception "circulation verticale" peut, en effet, se traduire formellement par un escalier, une rampe ou un plan incliné, un ascenseur ou toute autre unité de conception possible.

On doit noter que cette différenciation permet de distinguer ce qui relève de la construction architecturologique de la notion (l'inscription dans la problématique architecturologique et son intelligibilité en termes de complexes d'échelle) de ce qui, du point de vue des opérations concrètes de mesure, relève d'un travail sur des modèles tant conceptuels qu'iconiques. Si, en effet, trois façades de l'IMA semblent constituer, du point de vue de leur géométrie commune, un seul niveau de conception, en fait, ce niveau de conception est constitué de trois unités de conception distinctes: la façade extérieure sud (avec ses moucharabiés et ses diaphragmes), la façade intérieure nord (vitrée) et la façade intérieure sud (avec son calepinage opaque). Autrement dit, derrière l'expression d'unité de conception, on

renverra aussi bien à la "concrétisation" mentale du niveau de conception qu'à son corespondant formel (graphique)¹⁹⁷.

Autrement dit, il convient d'apprécier, dans la construction des faits de mesure relatifs à un : **Support architecturologique.**

Toute opération de mesure s'exerce selon un support architecturologique, choisi par l'architecte ou arbitraire¹⁹⁸, et dont il convient d'apprécier le rôle éventuel de "faciliteur", d'"inducteur" ou de "récepteur" pour les opérations de mesure. Au-delà, le choix de tels supports peut même être envisagé comme décisif pour la conception et, par conséquent, privilégier certaines opérations de mesure plutôt que d'autres. A l'Ecole des Beaux Arts, certains programmes étaient censés mener à un "parti de coupe" (la coupe étant alors le support principal des opérations imaginées de la conception). Sans pour autant qu'il y ait de relations de nécessité entre telle ou telle échelle et un support particulier (comme, ici, la coupe), la notion de support architecturologique manifeste une certaine adéquation entre des opérations de conception renvoyant à une échelle (et donc les opérations et faits de mesure correspondant) et moyen de représentation, de saisie de l'objet architectural¹⁹⁹. Ainsi la coupe, à la différence du plan, suscitera-t-elle plus des opérations de mesure liées, par exemple, à l'échelle technique ou à l'échelle économique.

- celle où plusieurs de ces dimensions sont nécessairement concernées comme, par : **Association et organisation de niveaux de conception.**

Ce qui vient d'être dit à l'endroit d'une entité particulière vaut, aussi bien, sur la réunion de plusieurs niveaux (ou unités) de conception, elle-même considérée comme association (libre) ou comme organisation.

L'émergence comme la transformation peuvent porter sur un ou plusieurs niveaux de conception. Il convient donc d'envisager la part du travail de conception, non plus limitée à un niveau de conception particulier (une entité) mais à une association (ou une organisation) de niveaux de conception. Cet aspect du travail nous renverra à la part de mesure sous-jacente à l'activité d'*organisation* de plusieurs niveaux de conception²⁰⁰. L'émergence ou la

¹⁹⁷ Un autre exemple serait celui de la croisée du transept et de la nef qui peut -ou non- donner lieu à une concrétisation par une lanterne.

¹⁹⁸ Cf. *Figures de la conception architecturale*, op. cit., chap 1.

¹⁹⁹ Cf. *Enseigner la conception*, op. cit., vol II, chap 7.3.

²⁰⁰ Au-delà, les opérations mentales de répétition/réduction ou les opérations constitutives de l'échelle, opérations de référence, de découpage et de dimensionnement peuvent s'exercer, non plus sur une entité particulière, mais sur la réunion de plusieurs niveaux (ou unités) de conception, elle-même considérée comme association (libre) ou comme organisation.

transformation d'un niveau de conception doit alors s'envisager dans ses relations avec les autres niveaux de conception et non plus isolément. Autrement dit, il convient d'apprécier, dans la construction des faits de mesure relatifs à une échelle, la part de ces faits pouvant concerner, non plus un niveau de conception mais plusieurs, ensemble ou conjointement. L'exemple des changements apportés au "système" de distribution lié aux escaliers lors du passage d'une place à une autre, dans le livre de P. Le Muet, *la Manière de bien bâtir*²⁰¹, nous montre que, si ce "système" peut être envisagé comme un niveau de conception global, il réunit en fait un escalier, des paliers et des hypothèses de distribution associant nécessairement d'autres niveaux de conception plus ou moins voisins (une pièce, un corps de bâtiment, la cour et la rue etc.). Autrement dit, dans le changement de place, il y a transformation d'une association de niveaux de conception en non pas, seulement, changement d'un seul comme, par exemple, le serait un changement de modèle d'escalier.

Dimension architecturologique.

Toute opération de mesure s'exerce *via* une dimension architecturologique. Or, on doit distinguer au moins deux modalités franchement distinctes d'intervention de ces dimensions architecturologiques:

- celle où *plusieurs* de ces dimensions sont nécessairement concernées comme, par exemple, lors de l'émergence d'un niveau de conception par des opérations mettant en jeu plusieurs dimensions architecturologiques. Sans nécessairement réduire ces dimensions architecturologiques aux trois dimensions de l'espace euclidien²⁰², c'est un fait que le cube de la Grande Arche de la Défense met en jeu une compatibilité de mesures concernant (au moins) ses trois dimensions géométriques prises, en l'occurrence, comme dimensions architecturologiques.

- celle où *une* dimension architecturologique particulière, et non plusieurs, est concernée. Ceci renvoie nécessairement à une situation de transformation d'un niveau de conception (selon cette dimension architecturologique) et non à la situation précédente d'émergence qui, on vient de le voir, met en jeu plusieurs dimensions architecturologiques. Les exercices

²⁰¹ Rappelons que cet ouvrage du XVIII^e siècle se présente comme la description successive de configurations d'habitations sur des parcelles urbaines de dimensions de plus en plus vastes (Cf. Ph. Boudon, Ph. Deshayes, F. Schatz, *Etude architecturologique sur la Manière de bien bâtir pour toutes sortes de personnes*, LAREA, 1983).

²⁰² Comme l'évoquent empiriquement Ch. Moore et G. Allen (in *L'architecture sensible*, Paris, 1981, chap 1) et comme le précise architecturologiquement Ph. Boudon (in *Introduction à l'architecturologie*, op. cit.).

architecturologiques de traduction de la maison des artisans de Le Corbusier selon une échelle²⁰³ (exercices consistant à transformer n fois la maison des artisans en faisant jouer, à chaque fois, une échelle architecturologique et une seule) supposent d'associer, à chaque échelle prise isolément, une dimension architecturologique particulière selon laquelle la transformation sera mise en oeuvre.

Faits et opérations de mesure

Si l'on a pu distinguer ce qui relève des opérations de conception de ce qui est, proprement, une opération de mesure, il convient de noter, avant de s'engager dans la construction des faits de mesure relatifs à chaque échelle architecturologique, que ces opérations de mesure sont effectuées par un concepteur: l'opération renvoie à une action en train de se faire alors que le fait de mesure, lui, renvoie à une réalité (plus "objective" ou extérieure au sujet) qui peut être constatée du point de vue de ce qui se passe sur les entités sur lesquelles s'exercent les opérations. Le langage, de son côté, confond, souvent, les deux: le cas de l'homogénéisation planaire, dans l'exemple précédent de l'échelle cartographique, réunissait, par l'usage du participe présent, l'action d'homogénéiser (l'opération mentale à laquelle se livre le sujet) et le fait que le plan soit homogénéisé. Or, pour ce qui est de la perspective dans laquelle nous nous situons ici, à savoir celle d'un interface entre l'architecturologie et l'informatique, le caractère épistémologique de cette différenciation doit, avant tout, être considéré²⁰⁴ et par ailleurs mis en correspondance avec le caractère pragmatique de la relation homme/machine: si l'on considère la prospective d'élaboration de logiciels d'aide à la conception architecturale, tel que cela a pu être envisagé en seconde partie²⁰⁵, la construction de ces logiciels doit se fonder sur la capacité de la machine à traiter ces *faits de mesure* dans une interactivité avec la concepteur qui, elle, doit être construite sur l'inscription de ces faits dans des *opérations* de mesure²⁰⁶.

²⁰³ Exercices faits de longue date dans le cadre de l'enseignement d'architecturologie dont un compte-rendu critique est à paraître prochainement.

²⁰⁴ S'agissant de conception, donc de processus, une telle différenciation a pu être notée comme épistémologiquement primordiale (Cf. la différence organisé/organisant explicitée par J.L. Le Moigne in *La théorie du système général*, Paris, 1990, pp. 188-189).

²⁰⁵ Cf. supra

²⁰⁶ Sous réserve d'approfondissements, on retrouverait ici l'interrogation, émise au tout début du présent programme de recherche (Cf. *C3AO*, vol I, 1990), quant à une perspective

néanmoins très fortement présent puisqu'il est le pivot de l'homogénéisation

Dans l'énoncé effectif des faits de mesure sous-jacents à chacune des échelles architecturologique, on s'attachera donc à bien manifester, par le recours à l'infinitif de verbes (par exemple "référer") ou à des participes présent (par exemple "référenciation") ou en core des noms communs (par exemple la "division"), cette distinction entre faits et opérations.

3.2.2 Construction de faits de mesure d'une échelle particulière (échelle cartographique).

Cette échelle, on le sait, renvoie au rapport entre une mesure représentative et sa mesure représentée²⁰⁷.

Complexité des opérations de mesure dans une échelle

Dans ce rapport, deux considérations majeures sont associées: le rapport dimensionnel d'une part et, d'autre part, l'homogénéisation des différentes entités considérées au sein de la représentation. Si, du côté du rapport dimensionnel, il y a clairement référenciation des entités en question (un quelconque niveau de conception) à ce qu'elles représentent, du côté de l'homogénéisation dans la représentation, deux aspects sont simultanément mis en jeu: d'une part une homogénéisation cartographique au sens de la prise en compte du support cartographique comme espace de représentation homogène et, d'autre part, une homogénéisation dimensionnelle (ou scalaire) par le fait de conférer, à cet espace support, une unité de mesure identique en tout point de cet espace.

Autrement dit, l'opération de mesure sous-jacente à l'échelle cartographique implique:

- l'insertion et l'homogénéisation mutuelle des niveaux de conception concernés dans un univers formel réticulé dont le caractère virtuel est

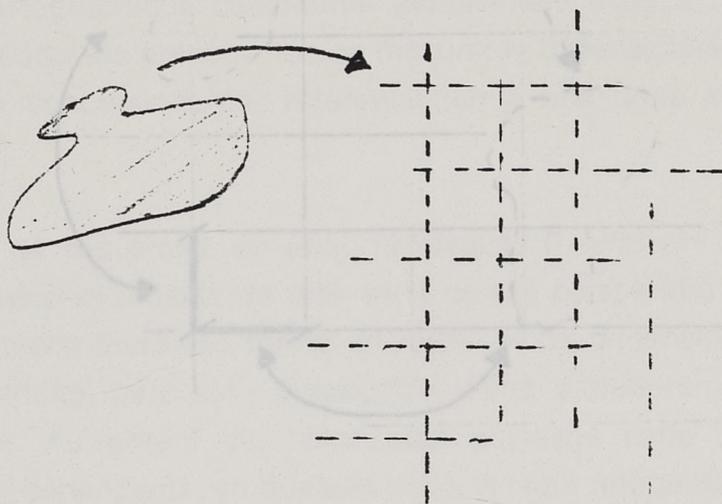
devient un système dimensionnel homogène qui, par le biais de l'insertion des

d'interface architecturologie /informatique dans l'ordre de l'élaboration d'une base de données ou d'une base de connaissances...

²⁰⁷ Cf. Richelieu, ville nouvelle, op. cit. Chap.2.

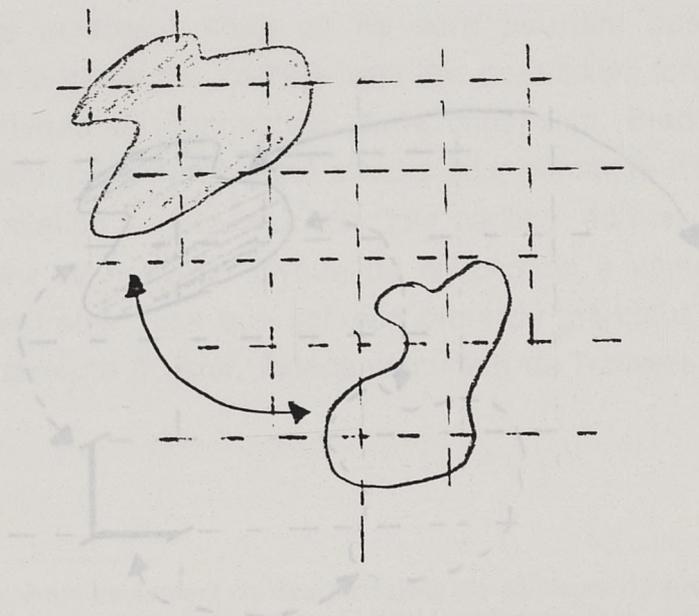
néanmoins très fortement présent puisqu'il est le pivot de l'homogénéisation cartographique: mesure...

a) insertion (d'un niveau de conception)



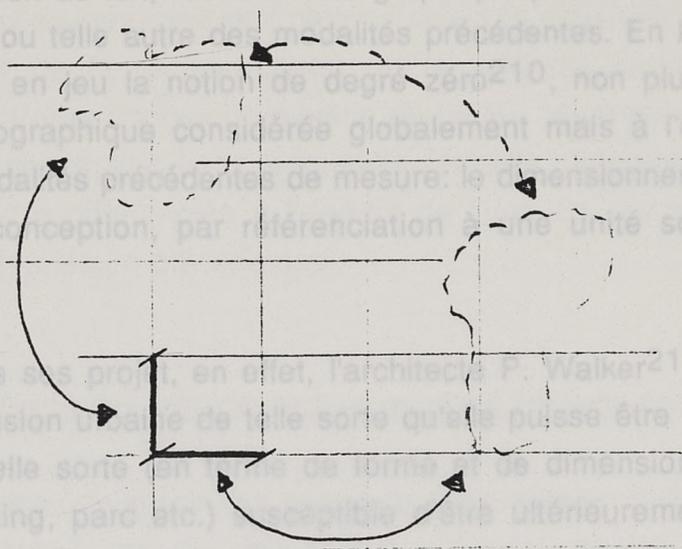
- le dimensionnement, par référenciation, de l'un de ces niveaux de conception (ou de l'unité de mesure cartographique à laquelle ils sont déjà eux)

b) homogénéisation (de plusieurs niveaux de conception entre eux) par la correspondance avec l'espace réel.

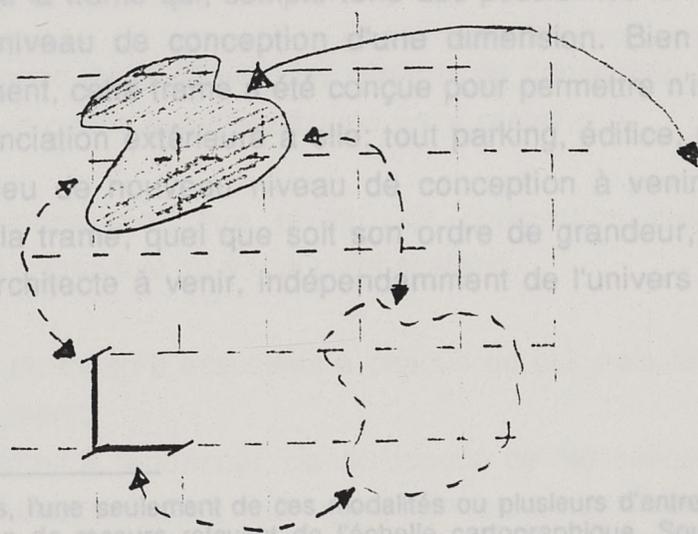


- leur dimensionnement mutuel, au sein de l'espace de représentation, par référenciation de l'univers réticulé à une unité de mesure: l'univers réticulé devient un système dimensionnel homogène qui, par le biais de l'insertion des différents niveaux de conception dans le même univers formel réticulé, leur même échelle (ici l'échelle cartographique) doit d'apprécier par rapport à leur

confère une homogénéisation dimensionnelle (ou scalaire) rapportée à une même unité de mesure.



- le dimensionnement, par référencement, de l'un de ces niveaux de conception (ou de l'unité de mesure cartographique à laquelle ils sont déjà eux-même référés) à une unité scalaire ou à un module assurant la correspondance avec l'espace réel.



208 Selon les cas, l'une seule ou deux de ces modalités ou plusieurs d'entre elles ensemble fondent l'opération de mesure relevant de l'échelle cartographique. Souvent, même, la référencement de la dernière des trois modalités précédente est prise comme seule opération propre à l'échelle cartographique. Or elle renvoie aux deux précédentes par extension aux autres niveaux de conception de ce qui est donc propre à l'un d'entre eux: elle confère à l'ensemble des différents autres niveaux de conception une même unité de mesure qui, compte tenu de leurs relations dans l'univers réticulé, leur confère également une organisation

Une telle distinction entre plusieurs modalités de mesure sous-jacente à une même échelle (ici l'échelle cartographique) doit d'apprécier par rapport à leur

211 *Process Architecture*, op. cit., pp. 74-77.

inéluçtable imbrication dans la réalité des opérations de conception²⁰⁸. Cela dit, l'exemple d'un projet de l'architecte Peter Walker²⁰⁹ montre que, malgré cette imbrication de fait, l'échelle cartographique peut être impliquée par le biais de telle ou telle autre des modalités précédentes. En l'occurrence, cet exemple met en jeu la notion de degré zéro²¹⁰, non plus à l'endroit de l'échelle cartographique considérée globalement mais à l'endroit de l'une seule des modalités précédentes de mesure: le dimensionnement de l'un des niveaux de conception, par référencement à une unité scalaire ou à un module.

Dans l'un de ses projet, en effet, l'architecte P. Walker²¹¹ envisage une trame d'extension urbaine de telle sorte qu'elle puisse être compatible avec n'importe quelle sorte (en terme de forme et de dimension) d'objet urbain (édifice, parking, parc etc.) susceptible d'être ultérieurement envisagé ou programmé. Autrement dit, l'architecte envisage cette trame dans une généralité indépendante, en quelque sorte, à toute référencement spécifique à un niveau de conception particulier. Cette trame doit, néanmoins, être formellement définie (réticulée) et auto-dimensionnée: l'univers réticulé de la trame doit simultanément offrir une insertion des niveaux de conception potentiels dans un univers formel et dimensionnel homogène, rapporté à une même unité de mesure. Mais ce ne sera pourtant pas le système dimensionnel de la trame qui, compte tenu des possibilités formelles, dotera tout nouveau niveau de conception d'une dimension. Bien au contraire puisque, justement, cette trame a été conçue pour permettre n'importe quelle sorte de référencement extérieure à elle: tout parking, édifice, parc ou autre entité tenant lieu de nouveau niveau de conception à venir doit pouvoir s'insérer dans la trame, quel que soit son ordre de grandeur, voulu par un urbaniste ou architecte à venir, indépendamment de l'univers dimensionnel de la trame.

Les opérations de mesure associées à chacun de ces trois faits de mesure sont, respectivement:

- l'action consistant à référencer, dans l'espace de représentation, (tant en

²⁰⁸ Selon les cas, l'une seulement de ces modalités ou plusieurs d'entre elles ensemble fondent l'opération de mesure relevant de l'échelle cartographique. Souvent, même, la référencement de la dernière des trois modalités précédente est prise comme seule opération propre à l'échelle cartographique. Or elle renvoie aux deux précédentes par extension aux autres niveaux de conception de ce qui est donc propre à l'un d'entre eux: elle confère à l'ensemble des différents autres niveaux de conception une même unité de mesure qui, compte tenu de leurs relations dans l'univers réticulé, leur confère également une organisation associée à un système dimensionnel doté, qui plus est, d'une commune unité de mesure.

²⁰⁹ in *Process Architecture*, n°85, oct 1989.

²¹⁰ Cf. supra, IIIème partie, 1.2.2

²¹¹ *Process Architecture*, op. cit., pp. 74-77.

De cet exemple de degré zéro d'une modalité particulière de mesure sous-jacente à l'échelle cartographique à l'exemple de Yamoussoucro fondé, lui, sur un système réticulé composé de plusieurs trames superposées (compatibles chacune avec des natures diverses d'équipement) en passant par l'exemple de la reconstruction de la ville du Havre pour laquelle l'architecte A. Perret impose un module de 6m40, on identifie donc plusieurs situations de conception dans lesquelles l'échelle cartographique intervient bien de manière différenciée à l'endroit de l'une ou l'autre des modalités particulières de mesure précédentes.

Enoncé résumé des faits de mesure relatifs à l'échelle cartographique

Fait 1: un quadrillage sans pas

Trois faits de mesure seront, en définitive, à considérer; qu'il s'agit d'énoncer aussi précisément que possible, à la fois du point de vue de ce qui est en jeu quant à la mesure, du point de vue des remarques faites quant à leur insertion dans la problématique architecturologique²¹² et du point de vue de la distinction entre fait de mesure, opérations de mesure et opérations de conception²¹³:

1. *Le dimensionnement ou le positionnement relatif de niveaux de conception entre eux par référencement à un système formel réticulé .*
2. *La référencement de la totalité des niveaux de conception à un système dimensionnel homogène exprimé par une unité scalaire.*
3. *Le dimensionnement d'un niveau de conception quelconque par référencement à un module ou à une unité scalaire.*

Les opérations de mesure associées à chacun de ces trois faits de mesure sont, respectivement:

- l'action consistant à référencer, dans l'espace de représentation, (tant en termes de dimensionnement que de positionnement) ces niveaux de conception au système formel réticulé.

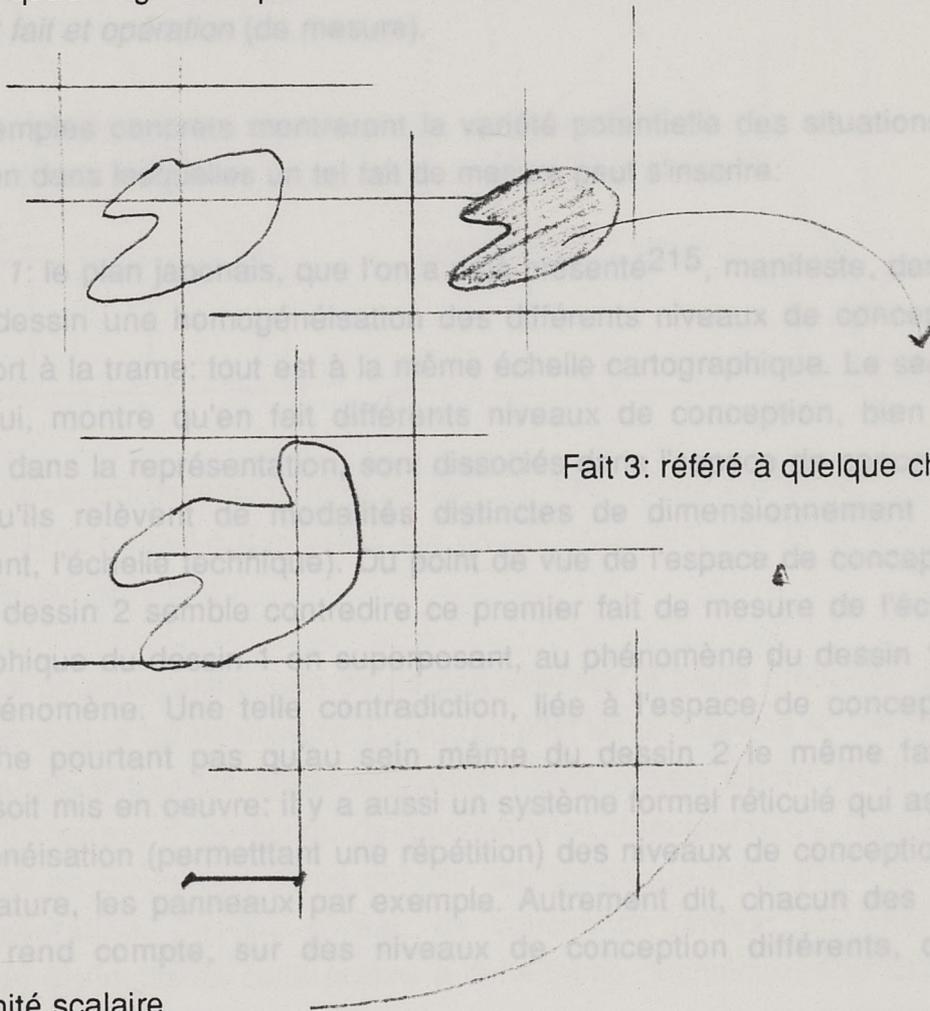
²¹² Cf. supra 2.1.1 et 2.1.2

²¹³ Cf. supra 2.1.3

- l'action consistant à référencer, dans l'espace de représentation, le ou les niveaux de conception concernés au système abstrait de grandeurs sous-jacent à l'univers formel réticulé.
- l'action consistant à référencer un niveau de conception présent dans l'espace de représentation à une entité de l'espace réel.

On peut alors représenter simplement les trois faits et opérations de mesure de l'échelle cartographique en réunissant sur un même croquis, par exemple, une représentation figurant un quadrillage et quelques niveaux de conception virtuels:

Fait 1: un quadrillage sans pas



Fait 2: unité scalaire

²¹⁴ On doit considérer que l'énoncé "général" du fait de mesure peut être restreinte à ce qui relève d'une représentation planimétrique (ce qui n'évacuerait donc pas les cas d'une telle opération de mesure dans des faits de conception relevant, par exemple, d'un travail direct en maquette)

²¹⁵ cf. supra, lors de l'examen empirique des faits de conception (Ec2 in chap 1.2.2)

Exemples associés

- Fait 1: *Le dimensionnement ou le positionnement relatif de niveaux de conception entre eux par référencement à un système formel réticulé.*

Au-delà du caractère planaire propre à l'exemple d'un Marcel Lods exprimant sa préférence pour dessiner sur du papier quadrillé²¹⁴, et de son implication en termes de processus de conception (exprimable en terme de décision), le quadrillage est un tel système formel réticulé qui crée une situation où les différents niveaux de conception à venir seront, de fait, dimensionnés ou positionnés entre eux par référencement aux unités (élémentaires et réticulées) de ce quadrillage: *le quadrillage crée une situation de mesure associant fait et opération (de mesure).*

Deux exemples concrets montreront la variété potentielle des situations de conception dans lesquelles un tel fait de mesure peut s'inscrire:

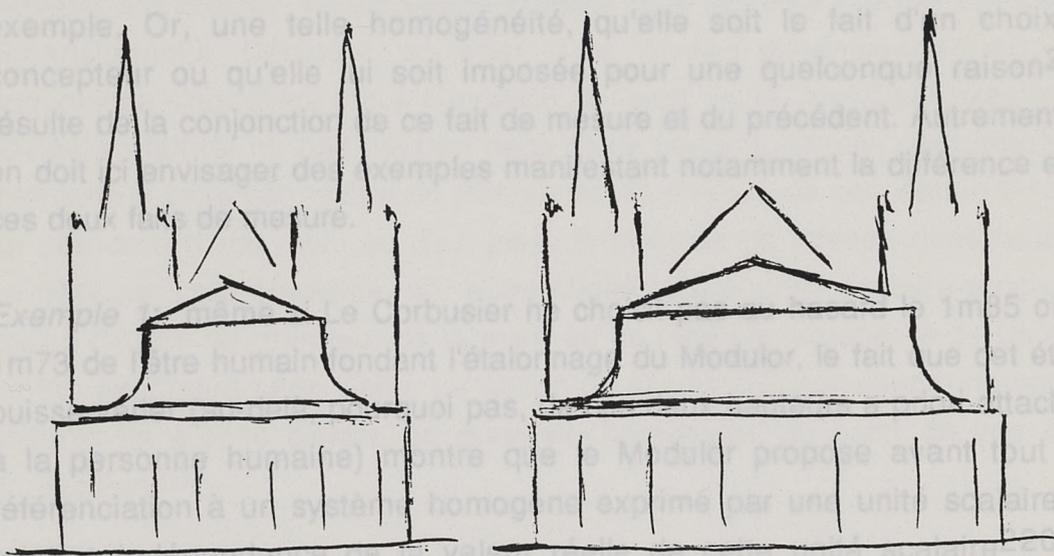
Exemple 1: le plan japonais, que l'on a déjà présenté²¹⁵, manifeste, dans le premier dessin une homogénéisation des différents niveaux de conception par rapport à la trame: tout est à la même échelle cartographique. Le second dessin, lui, montre qu'en fait différents niveaux de conception, bien que conjoints dans la représentation, sont dissociés dans l'espace de conception en ce qu'ils relèvent de modalités distinctes de dimensionnement (via, notamment, l'échelle technique). Du point de vue de l'espace de conception, donc, le dessin 2 semble contredire ce premier fait de mesure de l'échelle cartographique du dessin 1 en superposant, au phénomène du dessin 1, un autre phénomène. Une telle contradiction, liée à l'espace de conception, n'empêche pourtant pas qu'au sein même du dessin 2 le même fait de mesure soit mis en oeuvre: il y a aussi un système formel réticulé qui assure l'homogénéisation (permettant une répétition) des niveaux de conception de même nature, les panneaux par exemple. Autrement dit, chacun des deux dessins rend compte, sur des niveaux de conception différents, d'une

²¹⁴ On doit considérer que l'énoncé "général" du fait de mesure peut être restreinte à ce qui relève d'une représentation planimétrique (ce qui n'évacuerait donc pas les cas d'une telle opération de mesure dans des faits de conception relevant, par exemple, d'un travail direct en maquette).

²¹⁵ cf. supra, lors de l'examen empirique des faits de conception (Ec2 in chap 1.2.2).

les niveaux de conception mais comme unité de référence pour la opération de mesure fondée sur le premier fait de mesure de l'échelle cartographique.

Exemple 2: dans la conception de la ville de Richelieu, la différenciation des référenciations selon les trois dimensions que sont la longueur, la largeur et la hauteur²¹⁶ conduit à une insertion particulière du modèle jésuite de l'église²¹⁷: la largeur du bâtiment fait l'objet d'une référenciation indépendante de la hauteur.



L'homogénéisation dimensionnelle se fait, ici, selon deux systèmes formels réticulés distincts mais superposés qui jouent, pour l'un, sur la hauteur et, pour l'autre, sur la largeur.

Exemple 3: on aura, enfin, soin de ne pas assimiler la seule présence d'une trame à cet unique fait de mesure. Lorsqu'en effet les architectes A. Cartignies et M.J. Canonica trament systématiquement leurs projets sur un module de 30cm, qu'il s'agisse d'une école, de logements ou d'équipements, l'opération en question ne relève pas d'une échelle cartographique mais d'une échelle de représentation. Chaque niveau de conception relève, en effet, de pertinences distinctes de celle propre à cette trame (technique, économique etc.). Le module de 30cm n'intervient donc pas ici comme fait de mesure pour

²¹⁶ Ph. Boudon, *Richelieu, ville nouvelle*, op.cit., § 3.2.2.2.

²¹⁷ op. cit, illustrations 11 et 24

les niveaux de conception mais comme unité de référence pour la représentation²¹⁸.

- Fait 2: *La référenciation de la totalité des niveaux de conception à un système dimensionnel homogène exprimé par une unité scalaire.*

L'expression d'une telle homogénéité cartographique est le plus souvent ramenée au fait qu'une organisation de niveaux de conception, dans l'espace de représentation, se situe à telle ou telle échelle: le 1/500e ou le 1/100e par exemple. Or, une telle homogénéité, qu'elle soit le fait d'un choix du concepteur ou qu'elle lui soit imposée pour une quelconque raison²¹⁹, résulte de la conjonction de ce fait de mesure et du précédent. Autrement dit, on doit ici envisager des exemples manifestant notamment la différence entre ces deux faits de mesure.

Exemple 1: même si Le Corbusier ne choisit pas au hasard le 1m85 ou au 1m73 de l'être humain fondant l'étalonnage du Modulor, le fait que cet étalon puisse varier (au-delà, pourquoi pas, de ces deux hauteurs a priori attachées à la personne humaine) montre que le Modulor propose avant tout une référenciation à un système homogène exprimé par une unité scalaire, en relative indépendance de la valeur réelle de cette unité scalaire²²⁰. Le Modulor apparaît donc, de ce point de vue, comme tout autre système dimensionnel même si l'on doit envisager, à l'endroit particulier du Modulor, que ce fait de mesure s'accompagne simultanément du précédent fait de mesure: l'homogénéisation dimensionnelle s'associe à une homogénéisation fondée sur un système formel réticulé (les différentes parties du corps humain), au moins dans l'espace de représentation.

Exemple 2: le "principe de la méthode modulaire" proposée par A. Choisy comme "loi" présidant aux proportions dans la conception des temples

²¹⁸ Ceci nous renvoie à la nécessaire identification de faits de mesure pour les méta-échelles, qu'un travail ultérieur devrait s'assigner de produire.

²¹⁹ Ce qui, du point de vue de la conception, n'est certes pas équivalent comme le montre, d'une part, la différence entre échelle et contrainte (in Ph. Boudon, *Introduction à l'architecturologie*, op.cit.) et, d'autre part, la variété des situations de conception du point de vue de la figuration (Cf. Ph. Boudon / F. Pousin, *Figures de la conception architecturale*, op. cit.).

²²⁰ Au sein, cependant, d'un certain ordre de grandeur pensé, vraisemblablement, comme homogène. Ceci, toutefois, nous fait quitter le terrain d'une exploration des faits de mesure vers celui, plus délicat, d'un questionnement relatif à la notion d'ordre de grandeur en architecture.

grecs²²¹ revient, à l'instar du Modulor, à envisager la référence à une unité (scalaire) rendant homogène (entre eux) tous les niveaux de conception de l'édifice. L'insistance d'A. Choisy sur "l'hésitation" de la référence de l'unité en question à tel ou tel membre de l'édifice (rayon intérieur du fût de la colonne, largeur du triglyphe, rayon de la base ou rayon inférieur etc.) renforcerait plutôt qu'elle n'amoindrirait cette indépendance entre la nature de l'unité scalaire de référence et le fait qu'une telle unité inscrive les différents niveaux de conception dans un même système dimensionnel homogène.

Exemple 3: à l'inverse des deux exemples précédents, l'architecte Hauvette parvient à dissocier l'homogénéité formelle d'un système réticulé et l'identité dimensionnelle. Décidant, en effet, d'un "niveau dimensionnel" en deçà duquel il ne s'attachera pas à concevoir (le "pied" ou la "main" par exemple), il décide en fait de ne pas aller en deçà d'une certaine échelle cartographique inférieure à celle permettant de référencer les niveaux de conception à l'ordre de grandeur d'une main ou d'un pied. Bien qu'un tel "niveau dimensionnel" se traduise, chez Hauvette, par autre chose qu'une unité scalaire précise, la notion d'ordre de grandeur de la main ou du pied s'y ramène: le 1/10^e ou le 1/50^e exprimera cette limite. La notion de système dimensionnel homogène s'élargit ici à celle d'ordre de grandeur homogène, du point de vue de la conception²²².

Fait 3: Le dimensionnement d'un niveau de conception quelconque par référencement à un module ou à une unité scalaire.

Extérieur aux précédents enjeux d'homogénéisation formelle ou dimensionnelle, ce fait de mesure concerne la référencement locale ou particulière d'un niveau de conception permettant, via une unité de mesure, la mise en rapport entre sa représentation et ce qu'il représente dans l'espace réel. Que, sur un même dessin représentant plusieurs niveaux de conception, plusieurs ordres de grandeurs différents puissent co-exister (comme dans l'esquisse de L. Kahn pour le musée Kimbell²²³) témoigne, si besoin était, de la nécessité de penser un tel fait de mesure indépendamment des précédents.

²²¹ Cf. A. Choisy, *Histoire de l'architecture*, Paris, Vincent Fréal, vol I, p.306 et sq.

²²² Et, peut-être aussi, du point de vue de la représentation...

²²³ Cf. F. Schatz, S. Fiszer, "Histoires et mesures de projets", op.cit.

Exemple 1: tout niveau de conception peut être référé à une unité de mesure propre, que celle-ci s'étende ou non à une multiplicité d'autres niveaux de conception, par le biais d'une inscription de ce niveau de conception dans un système formel ou dimensionnel le réunissant aux autres niveaux de conception considérés. Ainsi, dans ses écoles, l'architecte S. Fiszer dimensionne la hauteur des vitrages des classes en référence à une norme de l'Education Nationale: jusqu'à une hauteur de 1m75, le verre sera "sécurit". Au-delà, un verre ordinaire (ou autre) pourra être utilisé. Selon qu'une telle partition du vitrage sera considérée localement ou inscrite dans un système formel particulier associant le niveau de conception concerné (le vitrage) à d'autres (ce qui est parfois le cas²²⁴), ce fait de mesure sera, ou non, seul mis en oeuvre.

Exemple 2: dans son projet pour les futurs bâtiments de l'école d'architecture de Nancy, l'architecte Vacchini réunit la partie de l'espace comprenant les salles de cours et les circulations en un seul niveau de conception (distinct de celui correspondant aux accès et au hall). Ce niveau de conception fait l'objet d'une référenciation à un module dimensionnel précis: un hourdis de 1m83 sur 4m52²²⁵. Outre cette référenciation d'un niveau de conception à un module, on identifie également, sur cet exemple, la possibilité d'un découpage des niveaux de conception fondé sur une différenciation des faits de mesure pouvant les régir. Autrement dit, on entrevoit ici le fait qu'un fait de mesure propre à un échelle particulière puisse s'inscrire dans l'ordre d'une opération de mesure liée à une méta-échelle: l'échelle de niveau de conception, en l'occurrence²²⁶.

E3. Échelle d'extension

3.2.3 Enoncé du copus de faits de mesure.

Au total soixante-deux de tels faits de mesure ont été empiriquement identifiés sur la base du travail qui vient d'être présenté pour la seule échelle cartographique²²⁷. Chaque échelle renvoie de deux (échelle optique) à six (éch. géométrique) faits différents de mesure.

²²⁴ Cf. F. Schatz, S. Fiszer, op. cit.

²²⁵ relevant, par ailleurs, d'une pertinence constructive et, au-delà, tributaire du second fait de mesure puisque ce module renvoie lui-même à un système dimensionnel homogène: le modulator (1m83 d'une part et, d'autre part, 4m52 à savoir 2x 2m26).

²²⁶ On ne développera pas ici plus avant cette perspective nouvelle, fondée sur la relation échelle/méta-échelle.

²²⁷ On trouvera, en annexe IV, la présentation de la construction des faits de mesure pour toutes les autres échelles, à l'exception des trois méta-échelles que sont l'échelle de

E4. Échelle fonctionnelle

Il faut ici préciser que ces faits de mesure ont été systématiquement examinés en tant qu'ils renvoient à des opérations de conception (découpage, dimensionnement ou référencement), qu'ils sont liés à des choix de dimensions et supports architecturologiques et qu'ils correspondent à l'émergence ou à la transformation de niveaux de conception.

On a, par ailleurs, préféré parler systématiquement de niveau de conception plutôt que d'objet architectural pour rendre explicitement compte du fait que ces faits de mesure sont les unités élémentaires pouvant porter de manière fugace sur les entités que travaille le concepteur²²⁸ - entités ne correspondant pas nécessairement à un objet ou une partie d'objet architectural identifiable.

*E1. échelle cartographique*²²⁹.

E1/1. Le dimensionnement relatif des niveaux de conception entre eux par référencement à un système formel réticulé

E1/2. La référencement de la totalité des niveaux de conception à un système dimensionnel homogène exprimé par une unité scalaire

E1/3. Le dimensionnement d'un niveau de conception quelconque par référencement à un module ou à une unité scalaire

E2. échelle économique

E2/1. L'émergence d'un niveau de conception par une référencement à un coût.

E2/2. La transformation d'un niveau de conception par l'extension, suivant une dimension architecturologique, d'une mesure référée à des coûts.

E2/3. L'émergence ou l'association de niveaux de conception par un découpage en rapport avec un jeu associant les coûts respectifs (à ces niveaux de conception) et le coût global.

E3. échelle d'extension

E3/1. L'émergence d'une organisation fondée sur un processus artificiel d'engendrement de formes ou de niveaux de conception.

E3/2. Choix d'un support architecturologique, permettant répétition ou substitution de niveau de conception.

E3/3. Surdimensionnement a priori, suivant une dimension architecturologique, d'un niveau de conception en attente d'une extension envisagée.

E3/4. Sous-dimensionnement a priori, suivant une dimension architecturologique, d'un niveau de conception en vue de rendre possible une extension.

représentation, l'échelle de niveau de conception et l'échelle globale. Pour ces échelles, une investigation équivalente est conditionnée par une précision quant à leur fonction embrayante et, comme le montrait la note précédente, par l'examen de leur articulation avec les faits de mesure des autres échelles.

²²⁸ Cf. supra § 1.1 du chap1 de la III^e partie

²²⁹ L'indication *E* désigne l'échelle, l'indice associé numérotant chacune des échelles architecturologique prise dans l'ordre alphabétique. L'indication générique *E_{i/j}* désigne le fait de mesure n°*j* de l'échelle *E_i*.

E4. échelle fonctionnelle

E4/1. L'émergence de niveaux de conception par référenciation à un découpage lié à des critères d'usage, d'organisation fonctionnelle ou de pratique.

E4/2. Transformation de niveaux de conception par leur ré-organisation au sein d'un nouveau niveau de conception suscité par l'application, dans l'espace auquel il correspond, d'une organisation fonctionnelle.

E4/3. Référenciation d'un niveau de conception à une organisation fonctionnelle le dotant d'une configuration ou d'un ordre de grandeur.

E4/4. Transformation d'un niveau de conception par application d'un usage, d'une pratique ou d'une organisation fonctionnelle dont l'ordre de grandeur est compatible avec le niveau considéré.

E4/5. Référenciation, selon une ou plusieurs dimensions architecturologiques, d'un niveau de conception à un autre déjà doté, lui, de mesure.

E5. échelle géographique

E5/1. Découpage et implantation de niveaux de conception en référence à des considérations géographiques locales.

E5/2. Référenciation d'un niveau de conception, selon une ou plusieurs dimensions architecturologiques, à des modèles (formels, constructifs etc.) associés à des considérations géographiques locales.

E5/3. transformation d'un niveau de conception par l'extension, selon une dimension architecturologique, d'une mesure référée à des considérations géographiques.

E6. échelle géométrique

E6/1. Découpage de niveaux de conception selon des modalités géométriques de division d'un espace.

E6/2. Référencier une organisation de niveaux de conception à des modalités géométriques de positionnement.

E6/3. Référencier un niveau de conception (ou une organisation de niveaux de conception) à des modalités géométriques d'engendrement de figures.

E6/4. Transformation d'un niveau de conception, selon une ou plusieurs dimensions architecturologiques, par optimisation géométrique a posteriori.

E6/5. Transformation d'un niveau de conception par changement d'univers géométrique.

E6/6. Transcription géométrique d'un fait de mesure relevant d'une autre échelle.

E7. échelle humaine

E7/1. Dimensionnement d'un niveau de conception par référenciation au gabarit d'une personne humaine.

E7/2. Dimensionnement ou positionnement relatif de niveaux de conception par référenciation à une proportion humaine.

E7/3. Référenciation ou découpage de niveaux de conception par référenciation à des qualités ou attributs du fait humain.

E8. échelle de modèle

E8/1. Répétition d'un modèle de forme, organisation ou process existant ou de certains de leurs traits caractéristiques.

E8/2. Transformation d'un niveau de conception par référenciation à un modèle existant ou à certains de ses traits caractéristiques.

E8/3. Emergence d'un niveau de conception (ou d'une organisation de niveaux de conception) au titre de sa capacité à être répétable.

E8/4. Transformation d'un niveau de conception en vue de le rendre répétable.

E9. échelle optique

E9/1. Transformation, par déformation selon une ou plusieurs dimensions architecturologique, d'un niveau de conception en relation à un point de vue privilégié, réel ou fictif.

E9/2. Référencer une organisation de niveaux de conception à un point de vue particulier sur elle ou sur l'un d'entre eux, réel ou fictif, fixe ou mouvant.

E10. échelle parcellaire

E10/1. Découpage d'une parcelle en parties susceptibles de générer des niveaux de conception.

E10/2. Emergence ou positionnement d'un niveau de conception en relation isodromique avec un contour envisagé comme parcelle.

E10/3. Emergence ou positionnement d'un niveau de conception en relation holodromique avec un contour envisagé comme parcelle.

E10/4. Emergence ou positionnement d'un niveau de conception en relation anti/homo ou para-dromique avec un contour envisagé comme parcelle.

E10/5. Transformation d'un niveau de conception par une référenciation (selon une dimension architecturologique) à contour envisagé comme parcelle.

E11. échelle sémantique

E11/1. Emergence d'un niveau de conception par référenciation à une dénomination.

E11/2. Référenciation d'une forme ou une organisation à une dénomination connotant (ou dénotant) un certain ordre de grandeur.

E11/3. Référenciation d'un découpage de niveaux de conception (ou d'une organisation de niveaux de conception) à une structure de la langue.

E12. échelle socio-culturelle

E12/1. Référenciation d'un niveau de conception à une pratique sociale ou à un univers culturel en recourant à un modèle jugé signifiant ou emblématique.

E12/2. Emergence ou positionnement de niveaux de conception en relation à une représentation de l'organisation de la vie sociale ou de valeurs culturelles.

E12/3. Transformation d'un niveau de conception par référenciation, selon une dimension architecturologique, à une norme.

E12/4. Emergence ou positionnement d'un niveau de conception selon une convention, des valeurs ou un code partagé.

E13. échelle symbolique formelle

E13/1. Emergence d'un niveau de conception par référenciation à une forme symbolique.

E13/2. Transformation d'un niveau de conception par référenciation, selon une dimension architecturologique, à un motif numérique ou formel ayant valeur symbolique.

E13/3. Référenciation d'un niveau de conception (ou d'une organisation de niveaux de conception) à un motif symbolique, numérique ou formel.

E14. échelle symbolique dimensionnelle

E14/1. Choix d'une unité de mesure en référence à une valeur symbolique.

E14/2. Transformation, suivant une dimension architecturologique quelconque, d'une mesure en référence à une valeur symbolique.

E14/3. Référenciation d'un niveau de conception à une valeur symbolique associée à un dimensionnement.

E15. échelle technique.

E15/1. Découpage ou émergence de niveaux de conception en correspondance avec un découpage relatif à l'univers technique.

E15/2. Transformation, selon une dimension architecturologique, d'une mesure en référence à des considérations techniques, d'ordre constructif ou de mise en oeuvre.

E15/3. Transformation d'un niveau de conception par son assujettissement à une logique technique ou constructive d'engendrement ou de signification.

E16. échelle de visibilité

E16/1. Découpage de niveaux de conception selon des zones de visibilité.

E16/2. Emergence ou positionnement de niveaux de conception ayant valeur de supports au regard.

E16/3. Emergence ou positionnement d'un niveau de conception en vue de permettre ou de supprimer des regards.

E17. échelle de voisinage

E17/1. Emergence ou positionnement d'un niveau de conception par la prise en considération d'un voisinage.

E17/2. Transformation d'un niveau de conception, selon une dimension architecturologique, par la prise en considération d'un niveau de conception voisin.

E17/3. Répétition paradigmatique d'un modèle voisin sans relation syntaxique.

E17/4. Répétition syntaxique d'un niveau de conception voisin.

E17/5. Répétition syntaxique de certains traits d'un niveau de conception voisin.

3.2.4. Conclusion: insertion du corpus dans la perspective d'interface architecturologie/informatique.

Dès lors que toute investigation liée à l'informatique exige une description extrêmement fine du phénomène considéré et que, s'agissant de l'architecturologie, le "phénomène" repose sur le système modèle/échelle, il était apparu incontournable de rendre explicite, en détail, cette modélisation M/E et, en particulier, les opérations de mesure sous-jacentes à chaque échelle E.

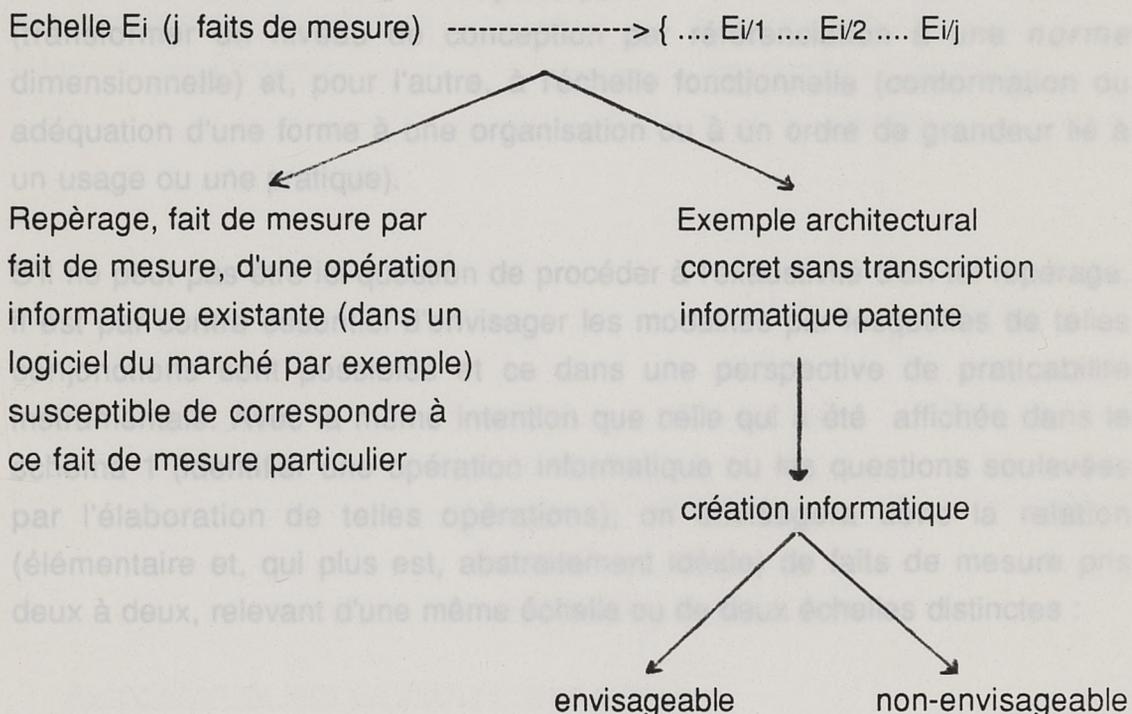
Un premier résultat tient donc à l'identification de n faits de mesure (en l'occurrence 62) qui s'inscrivent dès lors tout autant dans la double perspective d'une avancée dans la capacité architecturologique de description des modalités de conception liées à la question de la mesure que dans la possibilité concrète, à partir de cette description affinée, d'un interface de ces faits de mesure avec l'informatique.

Praticabilité de l'interface

Deux schémas sont à envisager: équivalent à celui rencontré pour les faits de conception, surgit: celui du repérage de tels "complexes de faits de mesure"

- Le premier reviendrait à associer, pour chaque fait élémentaire de mesure, une opération informatique elle-même élémentaire, à élaborer (sous réserve que cela soit possible dans l'état des connaissances du domaine) ou à reprendre à partir d'autres logiciels déjà élaborés dans d'autres perspectives d'usage.

Schéma 1 :



Ce schéma rend compte de l'intention d'associer, à chaque unité élémentaire de mesure, une opération informatique précise ou, à défaut, d'identifier les questions préalables à l'élaboration de telles opérations informatiques.

- Le second schéma renvoie au fait que la réalité de la dynamique de conception met en oeuvre, de fait, plusieurs échelles. Autrement dit, plutôt que d'envisager des opérations informatiques correspondant à chaque fait élémentaire de mesure, il conviendrait d'envisager ces opérations en correspondance avec des conjonctions (complexes) de tels faits. On revient ici aux questions précédemment soulevées autour de la notion d'implexe, mais à l'endroit des faits de mesure cette fois et non plus des faits de

conception²³⁰. Or un problème, équivalent à celui rencontré pour les faits de conception, surgit: celui du repérage de tels "complexes de faits de mesure".

Un tel travail suppose de quitter le terrain de l'exploration des pistes d'interface entre l'architecturologie et l'informatique et nécessite un retour à l'identification concrète de tels complexes de faits de mesure dans les opérations d'échelle: surdétermination, co-détermination, cascade d'échelle, relais d'échelle etc. Ainsi, par exemple, la mesure donnée à l'allège d'une fenêtre de salle de classe chez S. Fiszer²³¹ peut s'expliciter par l'association de deux faits de mesure renvoyant, pour l'un, à l'échelle socio-culturelle (transformer un niveau de conception par référencement à une *norme* dimensionnelle) et, pour l'autre, à l'échelle fonctionnelle (conformation ou adéquation d'une forme à une organisation ou à un ordre de grandeur lié à un usage ou une pratique).

S'il ne peut pas être ici question de procéder à l'exhaustivité d'un tel repérage, il est par contre essentiel d'envisager les modalités par lesquelles de telles conjonctions sont possibles et ce dans une perspective de praticabilité instrumentale. Avec la même intention que celle qui a été affichée dans le schéma 1 (identifier une opération informatique ou les questions soulevées par l'élaboration de telles opérations), on envisagera donc la relation (élémentaire et, qui plus est, abstraitement idéale) de faits de mesure pris deux à deux, relevant d'une même échelle ou de deux échelles distinctes :

Association de faits de mesure deux à deux

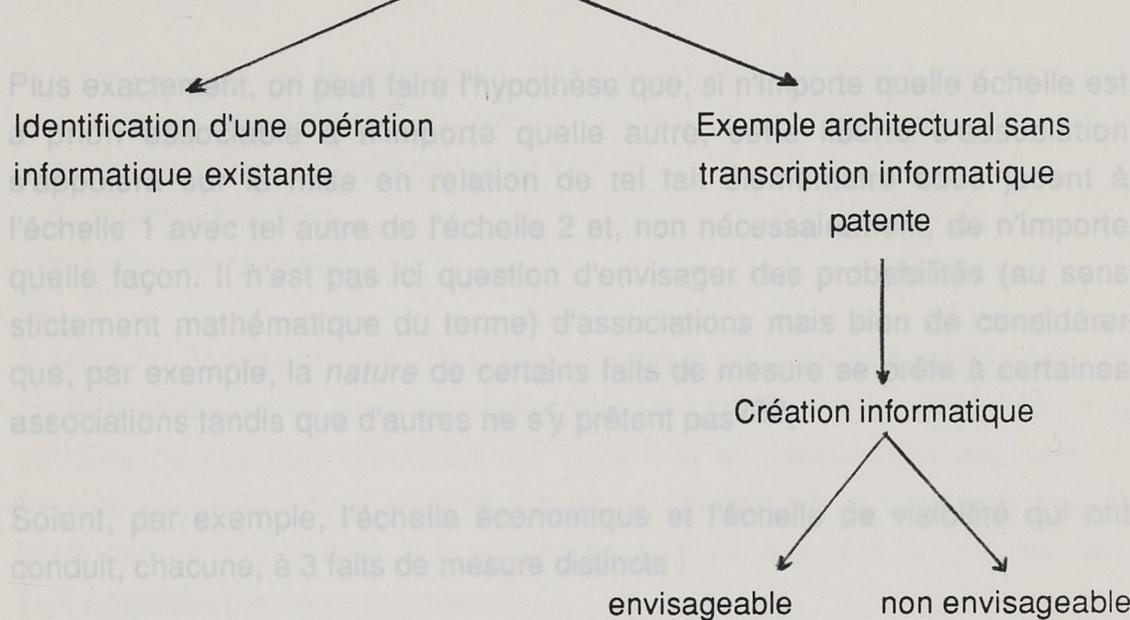
Le nombre total de cas à examiner correspond à la combinaison des 62 faits de mesure deux à deux. Si l'on considère qu'une telle articulation de deux faits de mesure n'est pas a priori symétrique (hypothèse justifiée par la distinction architecturologique des opérations de champ de valorisation et d'inférence - cette distinction impliquant un ordre non symétrique dans la relation de deux échelles) le nombre global des relations entre deux faits de mesure s'élève à $C_2/62$, soit 7564 cas à envisager ! L'ampleur du travail qu'il conviendrait d'effectuer est donc à mesurer par rapport à l'idéalité théorique d'une telle situation, tant du point de vue de la construction de la combinatoire (y-a-il réellement, 7564 cas ?) que du point de vue de la conception architecturale (y-a-t-il pratiquement, dans les opérations de conception architecturale, une telle mise en oeuvre de faits de mesure deux à deux ?)

²³⁰ Cf. supra, Chap 1 de la III^e partie.

²³¹ cf. F.Schatz, S.Fiszer in *De l'architecture à l'épistémologie*, op.cit.

Schéma 2 : *Construction de la combinatoire.*

Les faits de mesure peuvent être a priori associés entre eux de n'importe quelle manière par le concepteur. C'est en fait sa liberté de sujet de pouvoir décider de telle ou telle association. Néanmoins, compte-tenu de ce qui précède, on peut faire l'hypothèse que, si n'importe quelle échelle est associée en relation de tel fait de mesure de l'échelle 1 avec tel autre de l'échelle 2 et, non nécessairement de n'importe quelle façon. Il n'est pas ici question d'envisager des probabilités (au sens strictement mathématique du terme) d'associations mais bien de considérer que, par exemple, la nature de certains faits de mesure se prête à certaines associations tandis que d'autres ne s'y prêtent pas.



Soient, par exemple, l'échelle économique et l'échelle de visibilité qui ont conduit, chacune, à 3 faits de mesure distincts :

- faits de mesure de l'échelle économique
 - E2/1, choix d'une entité en relation à un coût de mise en oeuvre
 - E2/2, optimisation d'un niveau de conception en regard d'un

Association de faits de mesure deux à deux

Le nombre total de cas à examiner correspond à la combinaison des 62 faits de mesure deux à deux. Si l'on considère qu'une telle articulation de deux faits de mesure n'est pas a priori symétrique (hypothèse justifiée par la distinction architecturologique des opérations de champ de valorisation et d'inférence - cette distinction impliquant un ordre non symétrique dans la relation de deux échelles) le nombre global des relations entre deux faits de mesure s'élève à $C2/62$, soit 7564 cas à envisager ! L'ampleur du travail qu'il conviendrait d'effectuer est donc à mesurer par rapport à l'idéalité théorique d'une telle situation, tant du point de vue de la construction de la combinatoire (y-a-il réellement, 7564 cas ?) que du point de vue de la conception architecturale (y-a-t-il pratiquement, dans les opérations de conception architecturale, une telle mise en oeuvre de faits de mesure deux à deux ?)

- ceux qui sont liés à la convergence de deux faits ensemble
 - ceux qui sont liés à une divergence/explosion de deux faits ensemble

. Construction de la combinatoire.

Les faits de mesure peuvent être a priori associés entre eux de n'importe quelle manière par le concepteur. C'est effectivement sa liberté de sujet de pouvoir décider de telle ou telle association. Néanmoins, compte-tenu de ce qui est en jeu dans tel ou tel fait, on ne peut exclure l'hypothèse d'associations qui, sinon privilégiées, ont une possibilité plus grande d'être mise en oeuvre.

Plus exactement, on peut faire l'hypothèse que, si n'importe quelle échelle est a priori associable à n'importe quelle autre, cette liberté d'association s'appuiera sur la mise en relation de tel fait élémentaire sous jacent à l'échelle 1 avec tel autre de l'échelle 2 et, non nécessairement, de n'importe quelle façon. Il n'est pas ici question d'envisager des probabilités (au sens strictement mathématique du terme) d'associations mais bien de considérer que, par exemple, la *nature* de certains faits de mesure se prête à certaines associations tandis que d'autres ne s'y prêtent pas²³².

Soient, par exemple, l'échelle économique et l'échelle de visibilité qui ont conduit, chacune, à 3 faits de mesure distincts :

- faits de mesure de l'échelle économique

- . E2/1, choix d'une entité en relation à un coût de mise en oeuvre
- . E2/2, optimisation d'un niveau de conception en regard d'un coût
- . E2/3, jeu sur le découpage en niveaux de conception en regard d'un coût

- faits de mesure de l'échelle de visibilité

- . E16/1, découper des zones de visibilité
- . E16/2, introduire des supports au regard
- . E16/3, déplacer une localisation pour susciter/empêcher des regards.

²³² D'autres modes d'association seraient également à prendre en compte en fonction de ce qu'ils permettent ou non :

- ceux qui sont liés à la convergence de deux faits ensemble
- ceux qui sont liés à une divergence/explosion de deux faits ensemble.

Si, théoriquement, l'association des deux échelles peut passer par C2/3 modes d'association des faits de mesure leur correspondant, en réalité, on peut considérer que l'association E2/2::E16/3 a peu de chance d'être effective, à la différence de E23::E16./3. Autant, en effet, le travail de découpage en niveaux de conception peut simultanément être associé à une pertinence relative à leur localisation du point de vue de la visibilité, autant le travail d'*optimisation* en regard d'un coût, par nature si l'on peut dire, ne peut s'accompagner d'une pertinence extérieure.

Autrement dit, dans la perspective d'une exploration complète des 7564 cas, une étape importante du travail serait d'examiner les légitimités d'associations, et ce du double point de vue:

- d'exemples identifiés
- de justifications théoriques.

A rebours, compte-tenu du caractère empirique de cette liste des 62 faits de mesure élémentaires, le travail précédent peut conduire à la reformulation de certains de ces faits élémentaires, voire à la re-identification des faits de mesure associés à telle ou telle échelle. Autrement dit, si la perspective de 7564 cas peut, d'un côté, être réduite en nombre, elle peut, d'un autre côté, être amplifiée par ce ré-examen.

. Faits de mesure et faits de conception..

A l'oeuvre de la conception, le concepteur n'est pas directement aux prises avec ces faits de mesure. Ainsi, par exemple, au titre de l'échelle technique, on a pu voir que le concepteur peut être amené à rencontrer l'un quelconque des "problèmes" de conception suivant²³³ :

- joint de dilatation
- pont thermique
- pont hydraulique
- descente de charge
- contreventement
- travail de structure
- tramage
- contiguité de matériaux hétérogènes.

²³³ Cf. chapitre précédent.

Outre la liberté qu'a le concepteur de privilégier tel ou tel autre de ces "problèmes", il sera surtout conduit à les envisager et à les traiter sans pour autant l'explicitier lui-même, ni en rapport aux faits de mesure de l'échelle technique (en l'occurrence au nombre de 3), ni en relation avec d'autres faits de mesure (il ne traitera pas isolément tel ou tel des précédents problèmes).

Il convient donc de considérer que, d'une part, les faits de mesure ne sont pas directement les faits de conception rencontrés par le concepteur et, d'autre part, que les faits de conception mettent en jeu des réseaux variés de tels faits de mesure, réseaux dont la constitution relève, au moins :

- de la relation du sujet concevant à son projet et à son environnement
- du projet lui-même que cela soit au titre du niveau de conception considéré, du support, etc²³⁴...

Aux difficultés précédemment envisagées dans l'ordre de l'exploration de la combinatoire doit donc s'ajouter une autre correspondant à la mise en perspective, plus concrète, des faits empiriques de mesure dans des "problèmes de conception" identifiés de manière, eux aussi, empirique²³⁵.

²³⁴ On a pu voir, lors d'une étude architecturologique consacrée à l'architecte S. Fiszer, quelques exemples d'une telle complexité (Cf. les notions de transduction et de bouclage in *Introduction à la complexité de la conception architecturale*, op.cit.).

²³⁵ Le caractère nécessairement complexe de tels faits de conception doit donc conduire à associer plusieurs fait de mesure, renvoyant vraisemblablement à deux échelles au moins, à un fait de conception. Ainsi pourrait être posée la correspondance entre problème empirique de conception (le joint de dilatation par exemple), fait de conception et fait de mesure. Le "joint de dilatation" mettrait en oeuvre certains fait de mesure relatifs à l'échelle technique et d'autres relevant - au moins - de l'échelle de voisinage via des faits de conception à identifier.

3.3. Algorithmes logiques d'association de faits de mesure.

Malgré les difficultés précédentes, liées à la construction de la combinatoire des faits de mesure et à la réalité de leur correspondance envers les faits de conception, se pose dans tous les cas, vis à vis de l'interface envers l'informatique, la question d'une intelligibilité de l'association de plusieurs faits de mesure. Ceci revient à déplacer l'enjeu de l'exploration des modalités d'association des faits de mesure, du problème du "réalisme" de telles association vers celui, plus abstrait, de la possibilité théorique de leur énonciation dans l'ordre d'un tel interface. D'où cette expression "d'algorithmes logiques" pour désigner la nécessité d'une énonciation rigoureuse des enchainements logiques mis en oeuvre dans une association de faits de mesure et la nécessité de penser simultanément une possible transcription dans des opérations informatiques.

Compte tenu de l'ampleur de la combinatoire précédente, ce travail s'est ici limité à l'examen pratique des possibilités effectives d'une telle énonciation. Un tel examen, restreint en l'occurrence aux associations deux à deux de faits de mesure internes à une échelle ou entre deux échelles, même s'il est spécifié sur deux échelles particulières (l'échelle cartographique et l'échelle économique), est donc à considérer du point de vue de ce qu'il permet d'envisager comme énonciation d'algorithmes logiques dans la perspective générale d'association de faits de mesure. Pour rendre plus patent ce caractère générique des configurations d'association qui suivent, on a choisi de les présenter chacune dans un ordre identique permettant d'identifier l'enjeu de l'association correspondante (son énoncé), un exemple illustrant concrètement l'association de faits de mesure (là où de tels exemples pouvaient être proposés²³⁶) et l'algorithme logique (schéma logique) pouvant être construit à son endroit.

- 1/ Les niveaux de conception sont "dimensionnés" entre eux (proportionnés) par le système formel réticulé (E1/2) seul.
- 2/ Une unité scalaire "dimensionnée" (donne une échelle) le système formel réticulé (effet de E1/2).
- 3/ Du même coup, l'unité scalaire dimensionne chaque niveau de conception.
- 4/ Grâce à 1/, les niveaux de conception sont également dimensionnés entre eux.

²³⁶ Ce qui n'est pas toujours le cas, loin de là, puisque l'on pris soin d'insister sur la distance qu'il y avait à considérer entre le caractère abstrait de telles associations et la réalité concrète de leur mise en oeuvre. Un travail particulier serait ici à envisager, qui consisterait à envisager délibérément la construction d'artefacts correspondant à ces associations élémentaires. Loin de correspondre à des exemples concrets, de tels artefacts relèveraient alors du versant expérimental que, par ailleurs, l'architecture s'attache à développer.

3.3.1 Croisement des faits de mesure de l'échelle cartographique entre eux.

Rappel des faits de mesure de l'échelle cartographique.

- E1/1:

"Dimensionnement mutuel de niveaux de conception par référencement à un système formel réticulé global"(exemple: un quadrillage).

- E1/2:

" Référenciation de la totalité des niveaux de conception à un système dimensionnel homogène exprimé par une unité scalaire" (exemple: le Modulor).

- E1/3:

" dimensionnement d'un niveau de conception quelconque par référencement à un module ou à un unité scalaire"(exemple: un gabarit pour un niveau de conception).

Algorithmes logiques

- E1/1 puis E1/1:

ENONCÉ: changement de système réticulé.

EXEMPLE: superposition (ou substitution) de trame.

SCHÉMA LOGIQUE:

1/ Les niveaux de conception sont "dimensionnés" entre eux (proportionnés) par le système formel réticulé (E1/1 seul)

2/ Un second système réticulé vient s'adjoindre (ou se substituer) au premier, confirmant le dimensionnement mutuel précédent (adjonction) ou le modifiant (substitution).

- E1/1 puis E1/2:

ENONCÉ: adjonction d'une référencement de ce système réticulé à une unité scalaire.

EXEMPLE: un quadrillage lié à un module.

SCHÉMA LOGIQUE:

1/ Les niveaux de conception sont "dimensionnés" entre eux (proportionnés) par le système formel réticulé (E1/1 seul)

2/ Une unité scalaire "dimensionne" (donne une échelle) le système formel réticulé (effet de E1/2)

3/ Du même coup, l'unité scalaire dimensionne chaque niveau de conception

4/ Grâce à 1/, les niveaux de conception sont également dimensionnés entre eux.

- E1/1 puis E1/3:

ENONCÉ: dimensionnement des différents niveaux de conception relevant d'un même système formel réticulé grâce au dimensionnement de l'un d'entre eux par sa référencement à un module (via une autre échelle) ou à une unité scalaire.

EXEMPLE: la dénomination "stade" d'un ovale inscrit dans une trame confère une dimension à la trame et tout autre niveau de conception qui y serait représenté²³⁷.

SCHÉMA LOGIQUE :

1/ Les niveaux de conception sont "dimensionnés" entre eux (proportionnés) par le système formel réticulé (E1/1 seul)

2/ L'un quelconque des niveaux de conception est "dimensionné" (mis à l'échelle) par référencement à un module ou à une unité scalaire (effet de E1/3)

3/ Du même coup tous les niveaux de conception sont dimensionnés

4/ Du même coup le système formel réticulé est totalement dimensionné

- E1/2 puis E1/2 :

ENONCÉ: substitution d'un système dimensionnel homogène à un autre.

EXEMPLE: le même ovale peut se voir qualifié de "stade" ou de "gélule", impliquant une substitution d'ordre de grandeur pour une même représentation²³⁸.

SCHÉMA LOGIQUE :

1/ Les niveaux de conception sont individuellement et mutuellement dimensionnés par une unité scalaire de référence (E1/2 seul)

2/ Les mêmes niveaux de conception sont envisagés hors de leur "grandeur", pour ce qu'ils sont en tant que système (ou ensemble?) de traces graphiques

3/ Une nouvelle unité scalaire de référence est retenue qui va re-dimensionner les niveaux de conception entre eux et individuellement (E1/2 seul à nouveau).

- E1/2 puis E1/3 :

ENONCÉ: adjonction d'un dimensionnement lié à un niveau de conception à un dimensionnement initial fondé sur un système dimensionnel homogène portant sur plusieurs niveaux de conception entre eux.

Ce cas doit être lui-même distingué selon que l'adjonction en question suscite un changement effectif de dimensionnement (changement d'échelle cartographique) ou qu'il s'agit, par cette adjonction, d'une surdétermination de fait.

EXEMPLE: Le premier cas peut être illustré par le changement d'échelle cartographique induit par le changement de taille dans la représentation du "piano" inscrit dans le plan de Mies van der Rohe²³⁹. Le second cas, lui, correspondrait à l'exemple de trame conçue par l'architecte P Walker²⁴⁰ dans laquelle tout niveau de

²³⁷ On peut ici constater que cette association de faits de mesure internes à l'échelle cartographique ne suffit pas pour dimensionner effectivement l'ovale et la trame: l'ovale est le siège d'une référencement passant par une autre échelle (ce dont on verra plus loin un exemple dans l'association avec les faits de mesure de l'échelle géographique, infra 3.2.2). Sur un autre plan, on peut également revenir ici à la différence envisagée précédemment entre fait et opération de mesure: pour qu'il y ait opération il convient qu'il y ait effectivement dotation d'une mesure, un dimensionnement, alors qu'un fait de mesure ne fait que soutenir les diverses modalités propres à ces opérations sans que, nécessairement, chaque fait s'accompagne d'une telle dotation dimensionnelle.

²³⁸ Sur ce sujet, cf. le corrigé architecturologique élaboré pour l'exercice dit "Mies/Simounet", in LAREA, 1989, vol I, op. cit. Certains projets de R. Mac Carthy ou de C.A. Gasso pour des éléments de mobilier conçus comme des bâtiments ou des façades (in *Progressive Architecture* n°5.85) pourraient par ailleurs, du point de vue de l'échelle cartographique, illustrer cette association particulière de faits de mesure.

²³⁹ Cf. supra, chap.1 de la II^e partie.

²⁴⁰ Cf. supra, 2.2.3.

conception se voit potentiellement surdéterminé par une référenciation extérieure, puisque la trame est conçue pour cela.

SCHÉMA LOGIQUE (premier cas):

- 1/ Les niveaux de conception sont individuellement et mutuellement dimensionnés par une unité scalaire de référence (E1/2 seul)
- 2/ Un niveau de conception quelconque change de dimension par sa référenciation à une nouvelle unité scalaire ou à un modèle (effet de E1/3)
- 3/ La totalité des autres niveaux de conception (pris individuellement et mutuellement) change consécutivement de dimension (effet de E1/3 sur E1/2)

SCHÉMA LOGIQUE (second cas):

- 1/ Les niveaux de conception sont individuellement et mutuellement dimensionnés par une unité scalaire de référence (E1/2 seul)
- 2/ Un niveau de conception quelconque est confirmé dans ses dimension par la nouvelle référenciation liée à une unité scalaire propre ou à un modèle (effet de E1/3)
- 3/ La totalité des autres niveaux de conception (pris individuellement et mutuellement) est confirmée dans ses dimensions (effet de E1/3 sur E1/2)

- E1/2 puis E1/1:

ENONCÉ: superposition d'une modalité globale de mesure liée à un système formel réticulé à une modalité globale précédente liée, elle, à un système dimensionnel exprimé par une unité scalaire.

EXEMPLE: la superposition d'un calque représentant une trame à une organisation de niveaux de conception déjà mutuellement dimensionnés par leur mise en rapport avec une unité de mesure²⁴¹.

SCHÉMA LOGIQUE :

- 1/ Les niveaux de conception sont individuellement et mutuellement dimensionnés par une unité scalaire de référence (E1/2 seul)
- 2/ Les niveaux de conception sont "re-dimensionnés" entre eux (proportionnés) par un système formel réticulé sans que quoi que ce soit change (effet de E1/1)
- 3/ Ce système réticulé devient doté de l'unité scalaire initiale de référence²⁴².

- E1/3 puis E1/3:

ENONCÉ: Cas de substitution d'une unité scalaire de référenciation à une autre qui, initialement, "dimensionnait" le niveau de conception en question²⁴³.

²⁴¹ Comme le signalera la note suivante, une telle situation s'inscrit plus que vraisemblablement dans une perspective de relais pour laquelle la trame joue le rôle de support

²⁴² Ce cas conduit à envisager deux situations selon que le système réticulé est ou non associé à des faits de mesure relevant d'une autre échelle (comme l'échelle géométrique): on parlerait alors de relais de modalités de mesure. Plus compliqué serait le cas où ces mêmes faits de mesure liés à une autre échelle s'inscriraient eux-même dans la perspective d'un relais par une troisième échelle (d'extension par exemple): le relais de fait de mesure serait, en fait, porteur d'un relais d'échelle ! Dans tous ces cas, le schéma logique verrait s'adjoindre une quatrième proposition: le système réticulé, doté d'une unité scalaire, devient le support de nouvelles opérations de conception.

²⁴³ Apparemment simple, ce recèle cependant une complexité qui dépasse la seule question de la mesure: lorsqu'on change la taille, ne change-t-on pas, en même temps, tout ce dont est porteur le niveau de conception. Autrement dit, au-delà de certains cas sans doute très particuliers (par exemple le §1.2.2 du corrigé architecturologique de l'exercice "Mies/Simounet", op.cit.), la validité architecturale du schéma logique pouvant être proposé pour cette articulation de faits de mesure reste incertaine ..

EXEMPLE: telle représentation d'un niveau de conception, envisagée initialement dans l'ordre de grandeur d'une maison, devient envisagée dans l'ordre de grandeur d'une...ville!

SCHÉMA LOGIQUE :

- 1/ Un niveau de conception quelconque est dimensionné par sa référenciation à une unité scalaire ou à un module (E1/3 seul)
- 2/ Ce niveau de conception est re-dimensionné sous l'effet d'une nouvelle unité scalaire venant se substituer à la première.

- E1/3 puis E1/2:

ENONCÉ: à partir du dimensionnement d'un niveau de conception (en référence à un module ou à une unité scalaire) une organisation de niveaux de conception est dimensionnée en référence à ce module ou cette unité scalaire.

EXEMPLE: tout ordre de grandeur donné à une quelconque partie du dessin de F. di Giorgio superposant le plan d'une cathédrale à un corps humain confère un ordre de grandeur à la cathédrale ou...au corps humain.

SCHÉMA LOGIQUE :

- 1/ Un niveau de conception quelconque est dimensionné par sa référenciation à une unité scalaire ou à un module (E1/3 seul)
- 2/ Chacun des autres niveaux de conception est dimensionné en référence à ce niveau de conception initial (proportionné)
- 3/ L'unité scalaire initiale (ou celle du module auquel se réfère le niveau de conception initial) est étendue à la totalité des autres niveaux de conception et, par conséquent, les dimensionne mutuellement et individuellement (effet de E1/2).

- E1/3 puis E1/1:

ENONCÉ: à partir du dimensionnement d'un niveau de conception (en référence à un module ou à une unité scalaire) et de l'inscription de ce niveau de conception dans un système formel réticulé, une organisation de niveaux de conception inscrite dans un système formel réticulé est dimensionnée en référence à ce module ou cette unité scalaire.

EXEMPLE: dans l'exercice dit "Mies/Simounet", le fait même de proposer un dimensionnement pour une partie quelconque de la représentation étend, à l'intégralité des autres parties de cette représentation, un dimensionnement effectif là où il n'y avait que proportion.

SCHÉMA LOGIQUE :

- 1/ Un niveau de conception quelconque est dimensionné par sa référenciation à une unité scalaire ou à un module (E1/3 seul)
- 2/ Plusieurs niveaux de conception sont "dimensionnés" entre eux (proportionnés) par un système formel réticulé (E1/1 seul)
- 3// L'unité scalaire initiale (ou celle du module auquel se réfère le niveau de conception initial) est étendue à la totalité des autres niveaux de conception et, par conséquent, les dimensionne mutuellement et individuellement
- 4/ Le système réticulé devient doté de l'unité scalaire initiale de référence.

3.3.2 Croisement des faits de mesure de l'échelle cartographique avec ceux de l'échelle géographique.

Rappel des faits de mesure de l'échelle cartographique.

- E1/1 puis E2/2:

- E2/1:

"Emergence ou choix d'un niveau de conception par référencement à un coût" (exemple: un modèle de fenêtre moins cher).

- E2/2:

"Transformation d'un niveau de conception par extension, suivant une dimension architecturologique, d'une mesure référée à un coût" (exemple: transformation du niveau de conception "piliers d'un arc de triomphe" par rentabilisation de ceux-ci en les transformant en autant "d'immeubles de bureaux": la grande arche par exemple).

- E2/3:

"Emergence ou association de niveaux de conception par un découpage en rapport avec un jeu associant les coûts respectifs (de ces niveaux de conception) à un coût global".(exemple: le cas 10-1# 9 chez S. Fiszer²⁴⁴).

Algorithmes logiques

- E1/1 puis E2/1:

ENONCÉ: dimensionnement des différents niveaux de conception relevant d'un même système formel réticulé grâce au dimensionnement de l'un d'entre eux par sa référencement à un coût²⁴⁵.

EXEMPLE: l'affectation d'un coût à l'un quelconque des cercles représentés sur un graphique confère une dimension à la trame du graphique (et à tous les autres cercles du graphique)²⁴⁶.

SCHÉMA LOGIQUE :

1/ Les niveaux de conception sont "dimensionnés" entre eux (proportionnés) par le système formel réticulé (E1/1 seul)

2/ L'un quelconque des niveaux de conception est économiquement "dimensionné" (mis à l'échelle) par référencement à un module ou à une unité scalaire "économique" (effet de E2/1)

3/ Du même coup tous les niveaux de conception sont dimensionnés

4/ Du même coup le système formel réticulé est totalement dimensionné dans une pertinence économique²⁴⁷.

²⁴⁴ Cf. *Introduction à la complexité de la conception architecturale*, op. cit.

²⁴⁵ Ce cas est à rapprocher du croisement "E1/1 puis E1/3" pour lequel la référencement à un module ou à une unité scalaire impliquait une autre échelle (cf. supra; note 237).

²⁴⁶ Conformément à la note précédente, on retrouve ici l'exemple de l'association des faits de mesure E1/1 et E1/3 pour lequel l'ovale serait dimensionné par une référencement économique.

²⁴⁷ Ce dimensionnement global du système formel réticulé est le fait de la transformation de l'échelle économique (initialement restreinte au niveau de conception) en méta-échelle (échelle économique globale) via l'échelle cartographique qui, du point de vue de la mesure, étend, à tous les niveaux de conception, ce qui est le fait de l'un d'eux.

- E1/1 puis E2/2:

ENONCÉ: transformation (sous l'effet d'une pertinence économique) d'un niveau de conception déjà doté de mesures de par sa relation à d'autres niveaux de conception insérés dans un système formel réticulé.

EXEMPLE: transformation d'une parcelle d'un lotissement sous l'effet d'une décision de lui affecter un investissement beaucoup plus important ou, au contraire nettement réduit²⁴⁸.

SCHÉMA LOGIQUE :

1/ Les niveaux de conception sont "dimensionnés" entre eux (proportionnés) par le système formel réticulé (E1/1 seul).

2/ Un niveau de conception quelconque est "re-dimensionné" par l'extension, selon une dimension architecturologique, d'une mesure référée à des coûts (effet de E2/2 qui peut, ou non, s'accompagner d'un changement de taille).

3/a. La totalité des autres niveaux de conception (pris individuellement et mutuellement) est confirmée dans ses dimensions (extension de l'effet de E2/2 via E1/1 sans changement de taille).

3/b. La totalité des autres niveaux de conception (pris individuellement et mutuellement) change consécutivement de dimension (extension de l'effet de E2/2 via E1/1 avec changement de taille).

4/ Du même coup le système formel réticulé est totalement dimensionné dans une pertinence économique (échelle économique globale implicite).

- E1/1 puis E2/3:

ENONCÉ: le dimensionnement mutuel de plusieurs niveaux de conception inscrits dans un système formel réticulé est transformé par la mise en rapport de ces niveaux de conception au sein d'un "jeu" économique.

EXEMPLE: les espaces numérotés 1 à 7 du square de la figure ci-après (lieux de repos, jeux d'enfants, bac à sable etc.) peuvent être mutuellement re-dimensionnés au titre d'une pondération liée à leur coût respectif d'exploitation ou de réalisation.

SCHÉMA LOGIQUE :

1/ Les niveaux de conception sont "dimensionnés" entre eux (proportionnés) par le système formel réticulé (E1/1 seul).

2/ Les niveaux de conception sont "re-dimensionnés" entre eux (re-proportionnés) par le jeu économique associant chaque niveau de conception aux autres et au coût global.

3/ Du même coup le découpage du système formel réticulé est totalement "dimensionné" (proportionné) par une pertinence économique²⁴⁹.

- E1/2 puis E2/1:

ENONCÉ: au dimensionnement initial fondé sur un système dimensionnel homogène, portant sur plusieurs niveaux de conception entre eux, s'adjoint le dimensionnement d'un niveau de conception quelconque par une référencement à un coût²⁵⁰.

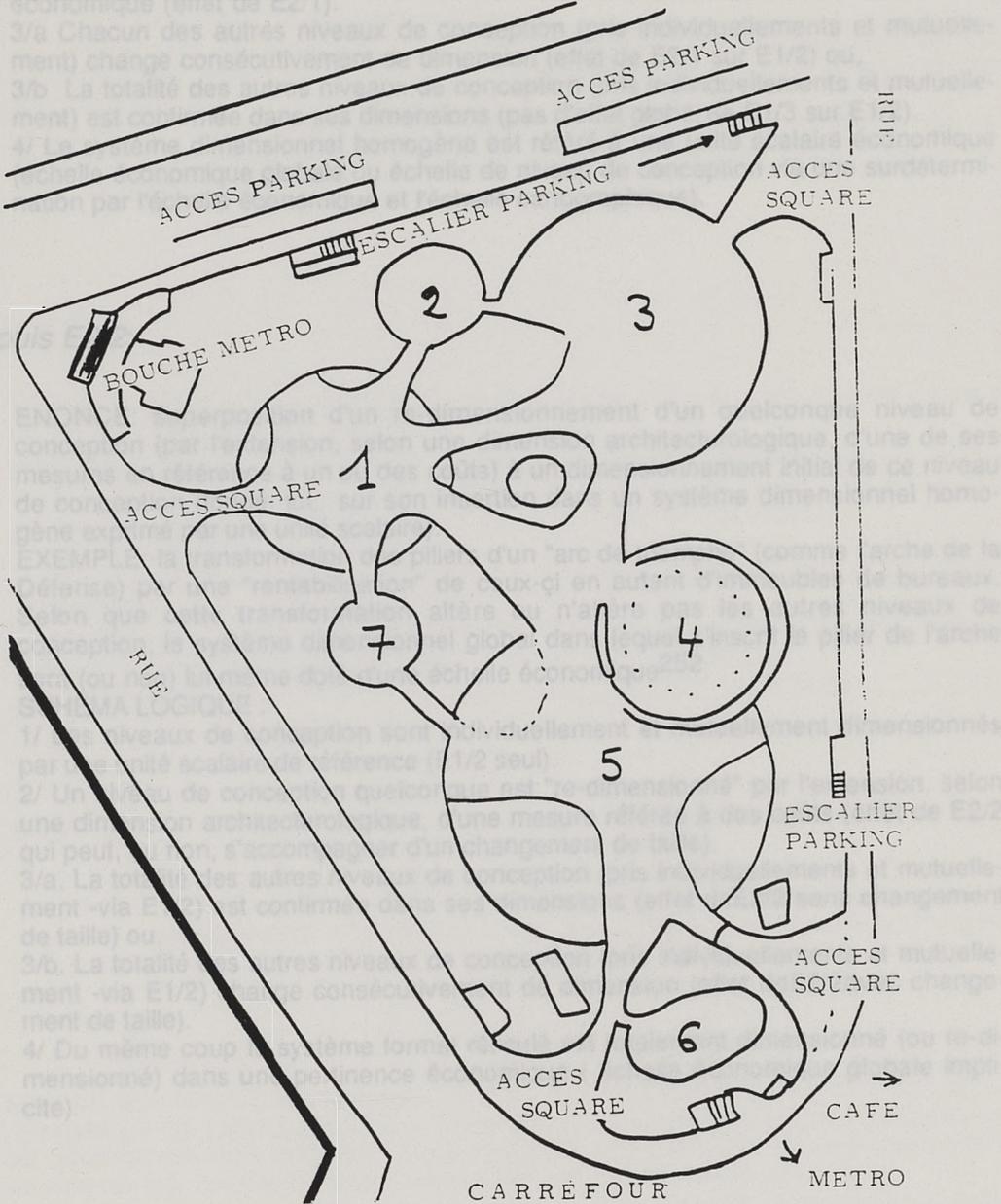
²⁴⁸ On notera que cette décision peut, ou non, avoir des répercussions sur les autres parcelles du lotissement. Cet aspect de la question conduira, on va le voir, à deux variantes dans le schéma logique.

²⁴⁹ Le système réticulé est par ailleurs inscrit dans une pertinence économique globale qui génère, de fait, une échelle économique de niveau de conception.

²⁵⁰ Ce cas est pratiquement équivalent à "E1/2 puis E1/3", à la nature de la pertinence du second fait de mesure près.

EXEMPLE: le choix d'un modèle économique de fenêtre dans une trame de façade
 Un tel choix peut être circonscrit à un percement particulier ou affecter l'ensemble des
 percements, auquel cas il y a non seulement extension, à la totalité des niveaux de
 conception, de la référenciation économique, mais aussi transformation des relations
 entre les différents niveaux de conception (percements / trumeaux par exemple)²⁵¹
 SCHEMA LOGIQUE:

- 1/ Les niveaux de conception sont individuellement et mutuellement dimensionnés
 par une unité scalaire de référence (E1/2 seul)
- 2/ Un niveau de conception quelconque change de dimension par sa référenciation
 économique (effet de E2/1)



- E1/2 puis E2/3:

251 Cette "extension" peut se faire par le biais de la transformation de l'échelle économique locale en échelle économique globale ou par une surdétermination de l'échelle économique et de l'échelle cartographique via une échelle de référence de conception.

252 D'où, comme dans le cas "E1/2 puis E2/3", deux variantes dans le schéma logique.

EXEMPLE: le choix d'un modèle économique de fenêtre dans une trame de façade. Un tel choix peut être circonscrit à un percement particulier ou affecter l'ensemble des percements, auquel cas il y a non seulement extension, à la totalité des niveaux de conception, de la référenciation économique, mais aussi transformation des relations entre les différents niveaux de conception (perçements / trumaux par exemple)²⁵¹.

SCHÉMA LOGIQUE:

- 1/ Les niveaux de conception sont individuellement et mutuellement dimensionnés par une unité scalaire de référence (E1/2 seul).
- 2/ Un niveau de conception quelconque change de dimension par sa référenciation économique (effet de E2/1).
- 3/a Chacun des autres niveaux de conception (pris individuellement et mutuellement) change consécutivement de dimension (effet de E2/1 sur E1/2) ou,
- 3/b La totalité des autres niveaux de conception (pris individuellement et mutuellement) est confirmée dans ses dimensions (pas d'effet global de E1/3 sur E1/2).
- 4/ Le système dimensionnel homogène est référé à une unité scalaire économique (échelle économique globale ou échelle de niveau de conception via une surdétermination par l'échelle économique et l'échelle cartographique).

- E1/2 puis E2/2:

ENONCÉ: superposition d'un re-dimensionnement d'un quelconque niveau de conception (par l'extension, selon une dimension architecturologique, d'une de ses mesures en référence à un ou des coûts) à un dimensionnement initial de ce niveau de conception (fondé, lui, sur son insertion dans un système dimensionnel homogène exprimé par une unité scalaire).

EXEMPLE: la transformation des piliers d'un "arc de triomphe" (comme l'arche de la Défense) par une "rentabilisation" de ceux-ci en autant d'immeubles de bureaux. Selon que cette transformation altère ou n'altère pas les autres niveaux de conception, le système dimensionnel global dans lequel s'inscrit le pilier de l'arche sera (ou non) lui-même doté d'une échelle économique²⁵².

SCHÉMA LOGIQUE :

- 1/ Les niveaux de conception sont individuellement et mutuellement dimensionnés par une unité scalaire de référence (E1/2 seul).
- 2/ Un niveau de conception quelconque est "re-dimensionné" par l'extension, selon une dimension architecturologique, d'une mesure référée à des coûts (effet de E2/2 qui peut, ou non, s'accompagner d'un changement de taille).
- 3/a. La totalité des autres niveaux de conception (pris individuellement et mutuellement -via E1/2) est confirmée dans ses dimensions (effet de E2/2 sans changement de taille) ou,
- 3/b. La totalité des autres niveaux de conception (pris individuellement et mutuellement -via E1/2) change consécutivement de dimension (effet de E2/2 avec changement de taille).
- 4/ Du même coup le système formel réticulé est totalement dimensionné (ou re-dimensionné) dans une pertinence économique (échelle économique globale implicite).

- E1/2 puis E2/3:

²⁵¹ Cette "extension" peut se faire par le biais de la transformation de l'échelle économique locale en échelle économique globale ou par une surdétermination de l'échelle économique et de l'échelle cartographique via une échelle de niveau de conception.

²⁵² D'où, comme dans le cas "E1/2 puis E2/1", deux variantes dans le schéma logique.

ENONCÉ: superposition d'un découpage en niveaux de conception fondé sur un jeu de valeurs économiques à un système dimensionnel homogène exprimé par une unité scalaire²⁵³.

EXEMPLE: dans l'affectation d'une valeur (économique) aux parcelles d'un lotissement préalablement mesurées en m², il n'y a pas que mise en correspondance entre le nombre de m² des parcelles et la valeur du m², mais prise en compte d'une grande variété d'éléments (configuration de la parcelle, localisation etc.) qui modifient le système dimensionnel du lotissement²⁵⁴.

SCHÉMA LOGIQUE :

- 1/ Les niveaux de conception sont individuellement et mutuellement dimensionnés par une unité scalaire de référence (E1/2 seul)
- 2/ Les niveaux de conception sont "re-dimensionnés" entre eux (re-proportionnés ou dotés d'une "valeur économique") par le jeu économique associant chaque niveau de conception aux autres et au coût global
- 3/ Du même coup le découpage du système formel réticulé est totalement "dimensionné" (proportionné) par une pertinence économique (échelle économique de niveau de conception).

- E1/3 puis E2/1:

ENONCÉ: superposition d'une référencement (à un coût) à une référencement initiale à un module ou à une unité scalaire²⁵⁵.

EXEMPLE: selon le budget affecté à la construction d'une maison individuelle, le prix au m² peut, à surface égale, correspondre à 5000F le m² ou à 8 voire 12 000F le m², ce qui n'est pas sans importance quant à la conception de cette maison...

SCHÉMA LOGIQUE:

- 1/ Un niveau de conception quelconque est dimensionné par sa référencement à une unité scalaire ou à un module (E1/3 seul)
- 2/ Ce niveau de conception change de "dimension" par sa nouvelle référencement économique (effet de E2/1): il est doté d'une "échelle économique".
- 3/ Le module initial, ou l'unité scalaire, est doté d'une valeur économique.

- E1/3 puis E2/2:

ENONCÉ: Transformation d'un niveau de conception par enchainement, sur un niveau de conception (déjà dimensionné par référencement à un module ou a une unité

²⁵³ Le système dimensionnel exprimé par une unité scalaire est inscrit dans une pertinence économique globale qui génère, de fait une échelle économique de niveaux de conception associée au dimensionnement précédent. Les modalités de cette association restent elles-mêmes imprécises (par surdétermination/juxtaposition, en vue de cascade/relais etc.).

²⁵⁴ Une nouvelle carte du lotissement, en coordonnées "espace-prix", pourrait être figurée, tout comme, sur un autre plan, la prise en compte du nouveau rapport distance-temps crée par le TGV a suscité de nouvelles cartes de France ou de l'Europe...

²⁵⁵ Deux hypothèses seraient à considérer ici selon que, dans l'adjonction de E2/1, on privilégie la perspective de dimensionnement (du niveau de conception) ou celle du choix (du niveau de conception) au titre de la pertinence économique. Dans le premier cas il y a simple référencement du dimensionnement initial à un coût tandis que, dans le second cas, il y a d'abord choix d'un niveau de conception (parmi les niveaux de conception quelconques) au titre d'un coût, son dimensionnement devenant à ce titre (mais alors secondairement en terme d'opération) référé à un coût. Ces deux hypothèses, distinctes dans l'ordre des intentions du concepteur, se rejoignent néanmoins sur le même fait de mesure.

scalaire) et selon une dimension architecturologique particulière, d'une référenciation liée à un coût²⁵⁶.

EXEMPLE: pour une surface habitable donnée, l'obligation soudaine d'effectuer des économies sensibles peut conduire à des transformations n'affectant pas cette surface habitable mais, par exemple, la hauteur de plafond.

SCHÉMA LOGIQUE:

1/ Un niveau de conception quelconque est dimensionné par sa référenciation à une unité scalaire ou à un module (E1/3 seul).

2/ Ce niveau de conception est "re-dimensionné" par l'extension, selon une dimension architecturologique, d'une mesure référée à des coûts (effet de E2/2).

3/ Le niveau de conception est doté d'une "échelle économique".

4/ L'unité scalaire ou le module de référence du niveau de conception est potentiellement associé à une (cette) pertinence économique (sans, toutefois, que cela devienne un état de fait nécessaire).

- E1/3 puis E2/3:

Strictement parlant, cette association est impossible: un niveau de conception, seul, est concerné par E1/3 tandis que E2/3 implique plusieurs niveaux de conception. Autrement dit, l'articulation "E1/3 puis E2/3" suppose qu'entre les deux un autre fait de mesure soit impliqué qui permette d'associer le niveau de conception concerné par E1/3 à d'autres niveaux de conception permettant, eux, l'introduction de E2/3

3.3.3. Conclusion.

Limité ici, pratiquement, à l'examen de l'association de faits de mesure relatifs à deux échelles particulières, le travail effectué doit être inscrit dans la question plus large de l'énonciation générale de tels algorithmes logiques. Si, comme le montrent les énoncés précédents, une telle énonciation apparaît maintenant possible, il reste aussi à considérer leurs perspectives tant au sein de l'architecturologie qu'envers un interface avec l'informatique.

L'architecturologie:

On rappellera d'abord que l'investigation relative à l'association de faits de mesure cherchait à s'attacher autant à énoncer, aussi précisément que possible, ce qui était élémentairement mis en oeuvre qu'à construire cette élémentarité en termes d'implexes²⁵⁷. De ce point de vue, les algorithmes logiques ont plus une valeur instrumentale pour l'intelligibilité des opérations

²⁵⁶ On est sans doute ici dans un cas des plus courants, à savoir le travail, sous l'effet d'une nouvelle échelle (ici économique), sur un niveau de conception déjà dimensionné par une première échelle (ici cartographique par référenciation à un module ou à une unité scalaire).

²⁵⁷ L'investigation relative aux faits de mesure au niveau des implexes apparaissait, en fin de chapitre 1 de cette seconde partie, comme un axe de travail supposant que, d'une part, soient effectivement précisés (dans leur diversité opératoire comme dans leur identité théorique) ces implexes et que, d'autre part, les faits de mesure mis en jeu par les échelles opérant dans les implexes soient également explicités.

de mesure de la conception architecturale qu'une pertinence scientifique pour la modélisation architecturologique de la conception architecturale²⁵⁸. Par contre, l'énonciation élémentaire à laquelle ils conduisent implique de considérer l'inscription des faits de mesure auxquels ils renvoient dans la complexité des opérations de conception. Volontairement indiquées en note lors de l'exposé des schémas logiques, les perspectives de relais d'échelle via des relais de faits de mesure²⁵⁹ et de transformation d'une échelle en méta-échelle²⁶⁰, sont partie prenante de la construction des énoncés des algorithmes logiques. Autrement dit, l'effort d'intelligibilité propre aux phénomènes élémentaires de mesure rejoint nécessairement celui relatif aux opérations d'échelle²⁶¹.

D'un point de vue formel -sinon théorique-, cette fois, les exemples de l'échelle cartographique et de l'échelle économique ont également permis d'appréhender deux aspects distincts dans l'association de faits de mesure:

- celui, tout d'abord, qui concerne l'association de faits de mesure d'une même échelle. On a vu, en effet, que, si l'échelle cartographique renvoyait à trois faits distincts de mesure, sa mise en oeuvre effective dans les *opérations* de mesure pouvait mettre en jeu, de fait, plusieurs de ces faits de mesure. L'association de faits de mesure internes à une même échelle apparaît donc comme une situation particulière à expliciter, à la fois pour des "raisons" logiques et pour ce qui est de leur réalité dans la conception architecturale.

- en second lieu, l'association de faits de mesure de deux échelles distinctes, et a priori très différentes dans la nature des opérations de mesure qu'elles recouvrent, a été pris en compte. L'examen d'une telle association s'est limité à l'exploration de l'association de faits de mesure deux à deux. Compte tenu de ce qui vient d'être dit sur l'association de faits internes à une même échelle, il conviendrait sans doute d'envisager séparément les associations de faits de mesure de deux échelles selon qu'elles mettent en jeu l'un ou l'autre des faits de l'une des deux échelles ou qu'elles concernent

²⁵⁸ Cf. la distinction soulignée entre fait de mesure et fait de conception et les notes 237 et 255 supra.

²⁵⁹ Cf. notes 241 et 242, supra.

²⁶⁰ Cf. notes 247, 249, 251 et 253 supra.

²⁶¹ On devrait d'ailleurs s'interroger sur le fait que les opérations d'échelles apparemment concernées par l'énoncé des algorithmes logiques sont celles qui relèvent du champ temporel de relation d'échelles (relais, cascade) et non celles qui relèvent du champ de relations spatiales: la surdétermination et la juxtaposition.

plusieurs de tels faits d'une des deux échelles (voire des deux). Les opérations de cascade et de relais d'échelle (et peut-être de surdétermination et de juxtaposition²⁶²), *du point de vue des opérations d'échelle* (et non plus du point de vue d'une logique d'association de faits de mesure), en seraient très certainement précisées.

Enfin, au-delà de leur aspect quelque peu rudimentaire (compte tenu, notamment, du caractère exploratoire du cas des deux échelles explicitées), les exemples proposés en regard des schémas logiques soulèvent la question de la construction d'artefacts correspondant aux algorithmes logiques. Or, de tels artefacts sont à envisager triplement: vis à vis du réalisme architectural auquel, inéluctablement, ils doivent être confrontés, vis à vis de la perspective d'instrumentalité dans laquelle ils s'inscrivent²⁶³ et, en dernier lieu, vis à vis de la construction scientifique de l'architecturologie elle-même. En relation avec les différents algorithmes logiques susceptibles d'être énoncés, mais aussi avec les faits de mesure et les faits de conception examinés auparavant, la question, ici, est celle de la construction d'un corpus d'*artefacts architecturologico-architecturaux* ayant valeur de fondement pour un *versant expérimental* de l'architecturologie²⁶⁴.

L'interface architecturologie / informatique:

L'autre question qui se pose, à l'issu de l'énoncé des précédents algorithmes logiques, est celle de savoir si, vis à vis de tels algorithmes, une "création informatique" est effectivement possible²⁶⁵. L'espoir d'atteindre un niveau de correspondance avec l'outil informatique qui puisse permettre d'envisager (ou, mieux, de réaliser effectivement) des logiciels, voire la construction de simulations²⁶⁶, implique ici à la fois un retour sur les idées de logiciel développés en première partie du présent rapport et la perspective qui vient

²⁶² Cf note supra.

²⁶³ Celle-ci est, ici, principalement informatique mais elle doit aussi comprendre, comme en témoignent les observations pédagogiques faites à l'endroit de chaque échelle dans l'inventaire empirique des faits de conception, l'annexe II et des travaux antérieurs (Cf. *Enseigner la conception*, op. cit.), une perspective pédagogique.

²⁶⁴ Sans aller jusqu'à cette hypothèse forte d'élaboration d'un tel corpus, l'hypothèse d'un tel versant expérimental pour l'architecturologie (à défaut d'une "architecturologie expérimentale" encore très lointaine) avait été envisagée dès 1985 (Cf., Ph. Boudon, Ph. Deshayes, *Expérience de l'architecturologie et architecture de l'expérimentation*) et affirmée en 1990 dans les attendus d'un travail recherche menée dans le cadre d'un appel d'offre sur les processus de conception (Cf., Ph. Boudon, Ph. Deshayes, *Introduction à la complexité de la conception architecturale*, op. cit.).

²⁶⁵ Cf. chapitre 2.4 supra

²⁶⁶ Élémentaires, certes, dans un premier temps, mais simulations de cas de conception malgré tout.

d'être énoncée d'artefacts architecturologico-architecturaux correspondant aux algorithmes logiques.

- Le premier de ces deux aspects suppose, en effet, que la description des opérations logiques (sous-jacentes à ces "idées de logiciels") puisse être enrichie par les "algorithmes logiques". La distinction faite, par l'architecturologie, entre l'espace (sans mesure) de la géométrie, l'espace (scalaire) de la cartographie et l'espace architectural verrait sans doute, du point de vue des logiciels d'aide à la mesure²⁶⁷ et dans l'ordre d'une praticabilité informatique instrumentale de la conception architecturale, un enrichissement notable par la mise en relation entre, d'une part, les faits de mesure conjoints des échelles cartographique et géométrique et, d'autre part, ceux d'une quelconque autre échelle²⁶⁸.

Face à l'ampleur de la combinatoire d'association de faits de mesure et, donc, au nombre potentiellement très élevé d'algorithmes logiques à énoncer, l'accent mis sur cette perspective de logiciels permet, ici, d'envisager la possibilité de cibler certaines priorités dans l'énonciation d'associations de faits de mesure. On notera toutefois que, tout comme l'ont laissé pensé les remarques précédentes faites du point de vue spécifiquement architecturologique, la perspective de logiciels nous conduit à envisager des associations de faits de mesure allant au-delà d'une combinatoire binaire.

- Le second aspect suppose que, sur un plan plus général, un dialogue effectif s'installe, par rapport à la perspective d'une conception architecturale assistée par ordinateur, entre informaticiens et architecturologues. Le partage de l'idée de conception est, ici, d'un point de vue épistémologique, crucial²⁶⁹. D'un autre côté, cependant, la construction d'artefacts architecturologico-architecturaux correspondant aux algorithmes logiques (tel qu'il vient d'en être fait état par rapport à l'avancée architecturologique vers un versant expérimental) peut s'offrir comme une base plus concrète de dialogue et, donc, de praticabilité de l'interface architecturologie / informatique.

²⁶⁷ Cf. IIème partie, supra.

²⁶⁸ Sans parler du "relais" vers l'une ou l'autre des méta-échelle...

²⁶⁹ D'où le versant pédagogique de l'architecturologie vis à vis d'un public situé à l'interface de l'architecture et non plus seulement engagé vers une pratique de la conception ou vers la recherche architecturale (Cf. annexe III).

