



HAL
open science

**Assister la conduite de la conception en architecture :
vers un système d'information orienté pilotage des
processus**

Ahmed Laaroussi

► **To cite this version:**

Ahmed Laaroussi. Assister la conduite de la conception en architecture : vers un système d'information orienté pilotage des processus. Architecture, aménagement de l'espace. Institut National Polytechnique de Lorraine, 2007. Français. NNT : 2007INPL077N . tel-01752903

HAL Id: tel-01752903

<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01752903>

Submitted on 29 Mar 2018

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.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

N° attribué par la bibliothèque

/ / / / / / / / / / / / / / / /

ASSISTER LA CONDUITE DE LA CONCEPTION EN ARCHITECTURE: VERS UN SYSTEME D'INFORMATION ORIENTE PILOTAGE DES PROCESSUS

THESE

Pour l'obtention du
Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine
Discipline : Sciences de l'Architecture

par
Ahmed LAAROUSSI

Soutenance publique
Le 29 octobre 2007

Directeur de thèse :
M. Jean-Claude BIGNON
Architecte et Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy

Composition du Jury :

Rapporteurs :

M. Jean-Claude MANGIN Professeur à l'université de Savoie (Chambéry) – ESIGEC / LGCH

M. Khaldoun ZREIK Professeur à l'université de Paris 8, département Hypermédia

Examineurs :

M. Jean-Claude BIGNON Architecte et Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy

M. Gilles HALIN Maître de Conférences HDR en Informatique à l'Université de Nancy2

M. Alain ZARLI Docteur en Sciences Informatiques, chef de la division I2S au CSTB

A Benyouness et Sabine LAAROUSSI

Remerciements

Comme le veut la tradition, je vais tenter de satisfaire au difficile exercice de la page des remerciements, peut-être la tâche la plus ardue de ces années de thèse. Non qu'exprimer ma gratitude envers les personnes en qui j'ai trouvé un soutien soit contre ma nature, bien au contraire. La difficulté tient plutôt dans le fait de n'oublier personne. C'est pourquoi, je remercie par avance ceux dont le nom n'apparaît pas dans cette page et qui m'ont aidé d'une manière ou d'une autre. Ils se reconnaîtront.

La première personne que je tiens à remercier est Alain ZARLI, qui a su me laisser la liberté nécessaire à l'accomplissement de mes travaux, tout en y gardant un œil critique et avisé. Nos continues discussions, oppositions, contradictions et confrontations ont sûrement été la clé de notre travail commun. Plus qu'un encadrant ou un collègue, je crois avoir trouvé en lui un ami qui m'a aidé aussi bien dans le travail que dans la vie lorsque j'en avais besoin. « *Merci à toi Général* ».

Si il est beaucoup de personnes que l'on qualifie à tort de sage ou de sachant, ce n'est pas le cas avec Jean-Claude BIGNON. Il sait, crée, transmet, écoute, comprend, tempère. Il a toujours montré de l'intérêt pour mes travaux et a répondu à mes sollicitations lorsque le besoin s'en faisait sentir. J'espère que cette thèse sera un remerciement suffisant au soutien et à la confiance sans cesse renouvelée dont il a fait preuve en mon égard.

Je les remercie particulièrement tous les deux d'avoir fait de moi leur « *Padawan* ».

Je remercie Khaldoun ZREIK et Jean-Claude MANGIN de m'avoir fait l'honneur d'être les rapporteurs de cette thèse. J'éprouve un profond respect pour leur travail et leur parcours. Le regard critique et avisé qu'ils porteront sur mes travaux ne peut que m'encourager à être encore plus perspicace et engagé dans mes recherches.

Je remercie tout particulièrement Gilles HALIN pour nos fréquentes discussions, mais aussi pour son implication dans mes travaux. Sa manière bien à lui de pousser continuellement à la remise en question m'a été d'une aide précieuse et ses remarques et commentaires ont jeté un courant d'air frais qui m'a permis de clarifier certains points de cette thèse.

Ma reconnaissance va également à Yacine REZGUI, pour sa participation à mon jury de thèse et pour l'intérêt qu'il a porté pour ce travail.

«Faire une thèse» est une échappée solitaire au milieu de compagnons de fortune (ou d'infortune). On ne se rend pas toujours compte à quel point ils peuvent être importants dans le travail et dans la vie, jusqu'au jour où nos chemins se séparent.

Je ne remercierai jamais assez Sylvain KUBICKI, Annie GUERRIERO pour leur esprit critique, leur soutien infailible et leur aide précieuse. Je me contenterai donc de regretter les moments que l'on a passés autour des incomparables diners, les plans guitare, la danse bretonne et les soirées dans les méandres du vieux Nancy.

Enfin, ces remerciements ne sauraient être complets si je n'y incluais mes parents pour l'aide morale et la motivation qu'ils m'ont apporté pour achever ce travail et mes proches pour leur soutien, leur confiance et leurs encouragements tout au long de ces années de thèse. Un énorme merci à vous tous.

Sommaire

| | |
|---------------------------------|----|
| Introduction | 10 |
| <i>Contexte de la recherche</i> | 10 |
| <i>Problématique générale</i> | 11 |
| <i>Plan du mémoire</i> | 12 |

PARTIE I : APPROCHE ANALYTIQUE DE LA CONCEPTION EN ARCHITECTURE : CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE _____ **15**

| | |
|---|-----------|
| Chapitre 1. Généralité sur la conception | 16 |
| 1.1. <i>Une activité à la fois contrainte et créative</i> | 17 |
| 1.2. <i>Une activité à la fois cognitive et productive</i> | 17 |
| 1.3. <i>Une activité à la fois individuelle et collective</i> | 18 |
| 1.4. <i>Une activité coopérative et collaborative</i> | 19 |

| | |
|---|-----------|
| Chapitre 2. Caractérisation et problématiques de la conception en architecture | 23 |
| 2.1. <i>Particularités de la conception en architecture</i> | 23 |
| 2.2. <i>Les enjeux de la conception en architecture</i> | 29 |
| 2.3. <i>Conclusion du chapitre</i> | 30 |

| | |
|--|-----------|
| Chapitre 3. La conduite de la conception en architecture : mise en évidence d'une problématique | 32 |
| 3.1. <i>Caractéristiques de la conduite de la conception en architecture</i> | 33 |
| 3.2. <i>Les limites de la conduite de la conception en architecture</i> | 36 |
| 3.3. <i>Conclusion du chapitre</i> | 42 |

PARTIE II : APPROCHES THEORIQUES SUR LES PROCESSUS DE CONCEPTION EN ARCHITECTURE ET LEUR CONDUITE. _____ **45**

| | |
|--|-----------|
| Chapitre 4. La conception en architecture entre processus et projet | 46 |
| 4.1. <i>La notion de processus comme figure privilégiée de la conception en architecture</i> | 46 |
| 4.2. <i>La notion de projet au cœur de la conception en architecture</i> | 50 |

| | |
|---|-----------|
| Chapitre 5. Décrire les processus de conception | 54 |
| 5.1. <i>Le problème en conception</i> | 54 |
| 5.2. <i>Description de la conception : opposition entre le paradigme de résolution de problème et le paradigme de réflexion dans l'action</i> | 58 |
| 5.3. <i>Quel modèle pour les processus conception en architecture ?</i> | 60 |
| 5.4. <i>Conclusion du chapitre</i> | 80 |

| | |
|--|-----------|
| Chapitre 6. Vers une modélisation de la conduite de la conception en architecture | 89 |
| 6.1. <i>La conduite de la conception en architecture comme garant de la construction des hypothèses de solutions aux problèmes</i> | 89 |
| 6.2. <i>De la situation problématique à la situation visée</i> | 93 |
| 6.3. <i>Comment atteindre une situation visée ?</i> | 97 |
| 6.4. <i>L'activité pour répondre à la situation visée</i> | 99 |

| | |
|--|------------|
| Chapitre 7. Difficultés de spécification d'un outil adapté à l'unicité et à la temporalité des projets d'architecture | 102 |
| 7.1. <i>La spécificité des entités à manipuler</i> | 102 |
| 7.2. <i>Niveau de précision et temporalité des représentations</i> | 103 |
| 7.3. <i>Le choix d'une approche dynamique pour assister la conduite</i> | 104 |

PARTIE III : VERS UNE APPROCHE INSTRUMENTEE DE LA CONDUITE DE LA CONCEPTION EN ARCHITECTURE. _____ **108**

| | |
|---|------------|
| Chapitre 8. Spécification d'un outil d'assistance à la conduite de la conception en architecture | 109 |
| <i>8.1. Modèles pour les processus métiers</i> | 109 |
| <i>8.2. Scénario d'utilisation de l'outil</i> | 115 |
| Chapitre 9. Développement informatique | 118 |
| <i>9.1. Besoins fonctionnels et non fonctionnels de l'outil</i> | 118 |
| <i>9.2. Présentation de l'outil : Les modules de support à la conduite de la conception en architecture</i> | 121 |
| <i>9.3. Conclusion du chapitre</i> | 131 |
| CONCLUSION GENERALE | 134 |
| <i>Points d'intérêt et nouveaux apports</i> | 134 |
| <i>Concernant la modélisation</i> | 134 |
| <i>Concernant l'instrumentation</i> | 135 |
| <i>Limite de la recherche</i> | 135 |
| <i>Perspectives d'évolution</i> | 136 |
| Références bibliographiques | 138 |
| TABLE DES MATIÈRES DÉTAILLÉE | 149 |
| LISTE DES ILLUSTRATIONS | 152 |
| LISTE DES TABLEAUX | 154 |
| RESUME | 158 |
| ABSTRACT | 158 |

Introduction

Ce mémoire présente notre travail de thèse, financé par le CSTB et mené en étroite collaboration avec l'équipe du projet CoCAO (Co Conception Assistée par Ordinateur) du Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie (MAP-CRAI¹). Ce travail de thèse s'est effectué sous la direction de M. Jean-Claude Bignon et se place dans la continuité des travaux entrepris au CRAI dans le domaine de l'assistance aux activités coopératives dans le secteur du bâtiment.

Contexte de la recherche

Cette thèse prend place dans un secteur en pleine évolution socio-organisationnelle et dont la prise en compte des particularités est un préalable à toutes propositions d'instrumentation. Ces particularités ont été largement décrites et commentées au cours de différents projets de recherche ou études financées notamment par le PCA². Pour synthétiser et ne retenir que les aspects pertinents pour notre problématique, le secteur du bâtiment se caractérise par les points suivants :

- La production du bâtiment est toujours une activité située. La dépendance d'un édifice à sa localisation (données techniques, réglementaires, climatiques...) en fait toujours une production prototype.
- Il existe une grande unicité de chaque projet. Si les tâches élémentaires à mener font l'objet d'une reproductibilité pour des raisons de rentabilité, la combinaison des tâches est particulière à chaque opération.
- Le déroulement d'une opération se fait sur une longue durée avec de nombreux temps non directement productifs. Les flux d'informations et de décisions sont souvent discontinus.
- L'activité du bâtiment (de la programmation-conception à la réalisation-maintenance) est portée par de nombreux acteurs indépendants entre lesquels il n'existe pas de relations hiérarchiques fortes. Chaque intervenant conserve (et préserve) une part d'autonomie.
- Les acteurs en présence s'inscrivent dans des structures professionnelles très hétérogènes par leur taille, leur statut socio-économique (artisans, grandes entreprises...) et qui font appel à des cultures, des méthodes de travail, des outils d'échanges très différents.
- Les équipes de conception-construction sont éphémères et évolutives. Le concept d'entreprise-projet caractérise bien la dimension temporaire qui unit les acteurs à un moment donné pour une opération donnée. L'éphémérité indique la recomposition lors de chaque nouvelle opération des équipes. Tandis que l'évolutivité indique que l'équipe est en constante transformation durant l'évolution du projet.

De plus, de nos jours, nombre de projets d'architecture font participer de nombreux acteurs différents de plus en plus éloignés géographiquement et cependant regroupés dans le cadre de l'élaboration d'un seul et même projet. Ces acteurs doivent faire face, aujourd'hui, à une complexité sans cesse croissante des projets (délais plus courts, nombre d'acteurs croissant, exigences qualité plus forte (HQE³), variétés des technologies, ...). Cette complexité réside en particulier en la prise en compte des différents enjeux liés au caractère collectif et itératif des processus, à l'environnement du projet et au déroulement de la conception.

¹ Unité Mixte de Recherche CNRS/culture N° 694

² Plan Construction et Architecture du ministère de l'équipement.

³ Haute Qualité Environnementale.

Ainsi, intégrer les points de vue de tous ces acteurs de la conception en prenant en compte le cycle de vie du bâtiment suggère une certaine « *transversalité* » de la conception et est rendu possible par une prise en compte très tôt dans les processus, de contraintes ou de paramètres gérés beaucoup plus tard dans les organisations traditionnelles.

Pour parvenir à gérer une telle « *transversalité* » de la conception en architecture, il semble important d'adopter une approche, qui induit un abaissement des barrières entre les différents acteurs en unifiant leur concentration sur les objectifs principaux du projet. Une telle approche permet de :

- appréhender l'équipe de conception (maîtrise d'œuvre) comme un système unique et non comme un conglomérat de fonctions, de services, de métiers, de responsabilités, etc.,
- décloisonner les métiers et favoriser la coopération entre les acteurs,
- unifier la concentration sur les objectifs principaux,
- améliorer la gestion des interfaces entre les processus.

Par cette approche nous retrouvons ce qu'Alexandre Tzonis a intitulé *une intelligence de la forme*⁴, inséparable selon nous d'une intelligence des processus.

Problématique générale

Notre intérêt dans cette recherche porte sur les processus de conception en architecture et particulièrement sur la manière de supporter leur conduite.

Ce travail de thèse succède à plusieurs travaux de recherche qui ont permis de définir la conception en architecture comme une activité qui vise à atteindre un objectif représenté dans la plupart des cas par un objet à concevoir, plus ou **moins précis** dans sa définition initiale. L'évolution de cet objet en conception est rythmée par un ensemble d'**étapes de phases** et d'**activités** dont l'enchaînement est non forcément linéaire. Ceci a comme conséquence une tendance vers des degrés de certitudes qui ne sont pas absolus.

Par ailleurs, toute conception est caractérisée par des **associations temporaires** de compétences complémentaires pour la réalisation d'un projet, et par des pratiques spécifiques, **plus ou moins explicites** et **relativement codifiés**, limitées par **l'unicité** des projets. Cette situation est une conséquence logique de la diversité des acteurs, des documents, des étapes et de la multiplicité des pratiques quotidiennes.

Dans de tels processus, où les concepteurs abordent le bâtiment de manière globale, le cloisonnement par connaissances ou métiers, est fortement remis en cause. Les liens qui unissaient jusqu'alors les différents métiers ont évolué. Cette évolution de la conception et cette complémentarité entre les acteurs de métiers différents ont conduit à penser de nouvelles activités d'interface. Ainsi a émergé **la conduite de la conception en architecture**.

Mais la mise en place de cette activité pour supporter la conception reste aujourd'hui faiblement instrumentée aussi bien au niveau des outils qu'au niveau des méthodes. Ce manque d'instrumentation se fait ressentir à tous les niveaux des processus et particulièrement au niveau de leur conduite.

⁴ Cité par Jean-Jacques Terrin dans « Maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entreprises. De nouveaux enjeux pour les pratiques de projet » Ed Eyrolles 2004

Face à ce premier constat, des efforts importants ont été mis en place pour assister les acteurs dans leur activité de conduite. Ainsi de nombreux outils sont nés pour permettre d'aborder les différentes facettes de cette activité (e.g. HyperArchi⁵, e-Project⁶, FastTrack Schedule⁷, Primavera⁸, Prosys Online⁹, Active3D¹⁰, etc). Néanmoins, si l'instrumentation de la conduite de la conception s'étoffe sans cesse, l'offre actuelle des outils est majoritairement axée sur les aspects économiques de cette activité. Elle permet aux acteurs d'aborder efficacement la dimension financière, la maîtrise du temps et la gestion des ressources mobilisées au sein des projets.

Cette offre reste toutefois incomplète lorsque l'on aborde l'aspect cognitif et l'aspect coordination des processus de conception en architecture. Pourtant, ces deux aspects restent deux facettes d'une même activité, qui ne peuvent être dissociées dans une recherche d'efficacité dans la conception des bâtiments.

Apporter une réponse à un tel besoin reste néanmoins une tâche difficile. Cette difficulté réside en premier lieu dans l'extrême hétérogénéité des contenus manipulés par les acteurs des projets. De plus, le caractère contingent et évolutif des processus mis en œuvre représente un frein à une modélisation et donc à une instrumentation de ces processus. Cette difficulté réside également dans le nombre de points de vue différents - exprimés par des acteurs de métiers, de compétences et de logiques d'action différentes - que doit intégrer la conduite de la conception pour aborder le bâtiment sous tous les aspects de son cycle de vie.

C'est en partant du constat qu'il est extrêmement difficile de prendre efficacement en compte l'état du bâtiment à concevoir dans ses choix d'orientation et d'organisation du processus, que ce travail de recherche a été initié. Son objectif est de fournir un outil de conduite de la conception, capable de supporter le recueil de tous les points de vue, leur traduction sur le bâtiment à concevoir, puis leur intégration dans les processus.

La démarche que nous avons suivi a été dans un premier temps de mettre en relation les aspects cognitifs de la conception en architecture avec les aspects coordinations des processus afin de proposer un modèle des processus de conception capable d'exprimer les différentes situations rencontrés au cours de la conception d'un bâtiment. Dans un second temps, notre objectif a été de transposer ce modèle à l'activité de conduite de la conception en architecture. Nous avons ainsi, enrichi notre modèle par des concepts basés sur notre analyse des situations permettant la conduite de la conception. Cette modélisation nous a permis de définir les aspects particuliers sur lesquels portent les besoins d'instrumentation d'un **outil d'assistance à la conduite de la conception en architecture**.

Plan du mémoire

Les chapitres de ce mémoire sont organisés en **trois parties** :

La première partie, constituée des chapitres un à trois a pour objectif de définir notre sujet d'étude et de cibler notre problématique de recherche.

⁵ <http://www.hyperarchi.com>

⁶ <http://www.cyber-chantier.com/droiteproject.htm>

⁷ <http://www.cesyam.fr>

⁸ <http://www.primavera.com>

⁹ <http://www.prosysonline.com>

¹⁰ <http://www.active3d.net>

- **Le chapitre 1** de ce document est consacré à l'analyse de l'activité de conception et de ses propriétés dialogiques. Ces différentes propriétés permettent de souligner le caractère collectif et interactif de la conception qui s'opère selon des modalités de coopération et de collaboration.
- **Le chapitre 2** poursuit cette analyse en la focalisant sur notre objet d'étude qu'est la conception en architecture. Il nous permet ainsi d'entrevoir les parallèles possibles entre la conception en général et la conception en architecture. Il permet également de cerner certaines particularités de la conception en architecture et quelques uns de ses dysfonctionnements.
- **Le chapitre 3** fait état de la pratique de conduite de la conception en architecture. Il met en lumière un certain décalage entre l'activité de conduite de la conception – activité transversale et multidisciplinaire par essence- et les outils spécifiques et cloisonnés dont elle dispose pour la supporter.

La deuxième partie de ce mémoire a pour objectif de proposer une modélisation de la conduite de la conception en architecture et se compose des chapitres quatre à sept.

- **Le chapitre 4** propose des repères pour un usage précis de deux notions structurantes et fréquemment utilisées dans la conception en architecture. Il s'agit de la notion de processus et de la notion de projet.
- **Le chapitre 5** fait état du caractère multidimensionnel des processus de conception en architecture. Il aborde différents travaux de modélisations des processus de conception selon deux aspects : l'aspect cognitif qui considère la conception comme un problème à résoudre et l'aspect collectif qui la considère comme un processus à coordonner entre les différents acteurs. Sur la base de ces deux approches nous proposons un processus générique de la conception en architecture.
- **Le chapitre 6** permet de saisir les particularités de l'activité de conduite de la conception et de décrire comment la conduite de la conception met en place, de manière souvent informelle, des moyens pour gérer les événements imprévus. Ce chapitre introduit ainsi deux entités étroitement liées, généralement implicites mais omniprésentes dans les projets de conception : **la situation problématique** et la **situation visée**. Ces situations conduisent généralement à une distribution des activités au sein du projet et constituent le lieu et le moment pour réagir aux imprévus qui peuvent modifier considérablement le bâtiment à concevoir ou entraver le bon déroulement des processus de conception. Elles permettent également d'enrichir la modélisation des processus de conception pour permettre la prise en compte de l'aspect **prédictif** et **réactif** de la conduite de la conception en architecture.
- **Le chapitre 7** aborde les difficultés auxquelles l'instrumentation de la conduite de la conception doit faire face pour maintenir la cohérence dans un processus non monotone et collectif. Il présente le parti pris d'une instrumentation basée sur la représentation des modifications apportées au cours du processus de conception c'est-à-dire les entités de **situation problématique** et de **situation visée**.

La troisième partie de ce mémoire, constituée des chapitres huit et neuf, propose une méthode d'assistance à la conduite de la conception en architecture. Nous y exposons les concepts retenus pour modéliser et instrumenter la conduite de la conception en architecture.

- **Le chapitre 8** propose un ensemble de concepts qui permettent la modélisation de la conduite de la conception en architecture. Ils sont mis en correspondance avec les composants des différents langages de modélisation des processus que nous étudions dans ce chapitre.
- **Le chapitre 9** présente la maquette informatique développée en vue d'instrumenter notre méthode. elle permet un premier niveau de validation de notre méthode d'assistance à la conduite de la conception en architecture.

Enfin, nous **concluons** ce mémoire en esquisant les perspectives possibles qu'il serait intéressant de conduire pour la poursuite de ce travail.

Partie I : Approche analytique de la conception en architecture : contexte et problématique

L'objet de cette première partie est d'exposer le contexte et la problématique de notre recherche.

Ainsi dans le chapitre 1, nous exposerons le contexte général de notre étude par le biais des propriétés dialogiques de la conception.

Dans le chapitre 2, nous définirons notre sujet d'étude en nous basons sur les particularités de la conception en architecture, qui ont orienté nos investigations et constituent en ce sens les hypothèses de notre travail.

Le chapitre 3, présentera l'activité de conduite de la conception en architecture et nous permettra de constater ses limites. Ceci nous offrira un regard sur la définition de notre problématique et sur la construction de notre proposition de réponse.

Si ton expérience contredit ma parole, crois ton expérience.

Tenzin Gatsyo, quatorzième Dalaï Lama.
Traduction de M. Ricard

Chapitre 1. Généralité sur la conception

Notre propos dans ce chapitre n'est pas de constituer une définition précise de la conception, mais de mettre en exergue certaines de ses propriétés *dialogiques*¹¹ et *collectives* qui engendrent un contexte de coopération particulier. Ainsi, la conception est à la fois **contrainte** (on conçoit en vue de répondre à un besoin, donc à un ensemble de contraintes) et **créative** (on ne peut prédire son résultat et son cheminement, même à très court terme). Elle est à la fois **cognitive** et **productive**, puisqu'on ne peut concevoir sans produire des supports et des environnements externes appelés artefacts. Enfin la conception est le plus souvent à la fois **individuelle** et **collective**.

Étymologiquement, la conception concerne la manipulation de concepts, c'est à dire la manipulation d'une « *représentation générale et abstraite d'un objet ou d'un ensemble d'objets* »¹².

Simon définit la conception comme une activité visant à imaginer et à réaliser en temps fini des choses appelées « *artefact* », dont la finalité est de satisfaire les besoins de l'Homme [Simon 1969]. Le produit de la conception, c'est-à-dire l'artefact, peut être un « *objet technique* » [Simondon 1989] ou un service. Si nous généralisons les propos de Simon, l'artefact peut être aussi un « *environnement* » [Forest & Micaëlli 2002]. Il peut alors s'agir d'un jeu, d'un système de réalité virtuelle, d'une norme ou d'une méthode qui doit être assimilée pour assurer une action donnée, ou encore d'une organisation [Jacot 1994].

Par ailleurs, la conception est du registre de l'idée, de la projection mentale. Mais la conception, relève également de l'action, de la mise en oeuvre de mécanismes ou de méthodes formelles qui ont pour objectif de permettre la création d'un système. Car le but de l'activité de conception est de définir de manière exhaustive un objet ou un système répondant à un besoin plus ou moins exprimé. Ainsi comme le décrit Serge Tichkiewitch, « *la conception consiste à donner un ensemble de propositions permettant de décrire le produit (forme, dimensions, moyens d'obtention...) et répondant globalement à un cahier des charges (fonctions à assurer, conditions de fonctionnement, durée de vie souhaitée, environnement,...)* » [Tichkiewitch, 93].

Cette approche de la conception permet de la définir comme une activité qui vise à formuler un besoin et à y répondre de façon satisfaisante en temps fini. Mais pour mieux comprendre

¹¹ Caractère d'un système intégrant deux (ou plusieurs) logiques complémentaires, concurrentes et contradictoires à la fois, et permettant de maintenir la dualité (ou la pluralité) au sein de l'unité. Ces logiques peuvent être antagoniques mais restent nécessaires l'une à l'autre et obligent au compromis.

¹² Dictionnaire Larousse 2001

les mécanismes de la conception, il importe d'appréhender quelques-unes de ses propriétés, à savoir son caractère à la fois *contraint* et *créatif*, *cognitif* et *productif* et *individuel* et *collectif*.

1.1. Une activité à la fois contrainte et créative

Pour agir le concepteur doit expliciter et répondre à un besoin qui s'exprime par un ensemble de contraintes. Ces dernières sont généralement prescrites (réunies dans un cahier des charges) et temporelles (la solution attendue doit être imaginée et réalisée en temps fini).

Dire que la conception est contrainte ne signifie pas qu'elle est une activité triviale ou purement causale. Elle ne peut être envisagée comme une réponse réflexe, prédéterminée, à l'état de quelques contraintes de l'environnement externe [Micaëlli & Forest 2002]. Le concepteur joue avec ces contraintes. Non seulement il répond à des contraintes « *prescrites* » par les spécifications initiales, donc par un prescripteur ou par des normes (e.g. celles relatives à la consommation énergétique d'un bâtiment), mais il en, « *formule* » certaines, le plus souvent en s'inspirant de règles de métier ou d'un style de conception donnée, et il en « *construit* » un certain nombre [Forest 1999]. Ces contraintes sont produites à des moments et en des lieux différents.

La gestion des contraintes en conception ne se fait pas de façon « *substantive* » [Simon 1976]. En effet on ne peut pas poser *a priori*, complètement et avec une grande précision, les contraintes d'un problème de conception donné. Cet ensemble de contraintes, ou « *espace de problème* » [Simon 1995], est cerné progressivement, par itérations, si bien que des contraintes prescrites initiales identiques ne signifieront pas des résultats identiques : un même programme d'architecture donne autant de projets différents qu'il y a d'architectes ou de groupes de conception (e.g. concours d'architecture). Certaines de ces propositions sont contradictoires à d'autres et pourtant tout aussi valables que celles-ci.

Pour gérer ces contraintes de conception, le concepteur adopte différentes tactiques cognitives, telles que itérer en permanence, réaliser des analogies, avoir recours à l'avis d'un tiers (e.g. un spécialiste), reporter au plus tard leur traitement (stratégie de moindre compromission) [Darses 1997], les hiérarchiser en les classant par niveau de définition (synonyme de granularité, d'iconicité), etc.

Comprendre la conception comme une activité contrainte est important mais insuffisant. Il apparaît nettement que cette activité est aussi créative. En effet on ne peut prédire son résultat et son cheminement malgré les nombreuses contraintes qui pèsent sur elle (Midler parle à ce propos de « *conversation avec la situation* », expression qu'il reprend à D. Schön [Schön 78]). La créativité est une « *propriété ontologique* » de la conception [Rabardel & Béguin 2001]. Il faut entendre ici la créativité non comme une « *créativité d'œuvre* » propre à l'artiste, à fort contenu personnel et affectif, mais comme une « *créativité de produit* » [Deforge 1990]. Cette créativité s'apprécie en comparant les conceptions de différentes personnes ou équipes à qui un même cahier des charges est donné [Falzon 1987].

1.2. Une activité à la fois cognitive et productive

Outre le fait d'être contrainte et créative, la conception présente une deuxième propriété dialogique, à savoir d'être à la fois cognitive (interne) et productive (externe) [Simon 1969]. Autrement dit, il s'agit d'une activité « *proactive* » [Micaëlli & Forest 2002].

D'un point de vue cognitif, la conception peut être caractérisée par des propriétés (i) du problème à résoudre (ii) des représentations et des processus de résolution mis en œuvre pour le résoudre (iii) et de la solution développée [Falzon & al 1988 / 1992].

En effet, un problème de conception est souvent qualifié de problème « mal défini » [Reitman 1965] ou « mal structuré » [Newell, 1969] et [Simon 1973/1984]. Il n'est pas spécifié complètement, de façon immuable et non ambiguë par les spécifications initiales, qui souvent énoncent des contraintes conflictuelles et sont exprimées en termes de nature différente de celles de la solution [Lawson 1979/1989]. Les variables d'un problème de conception et leurs relations ne peuvent être scindées en sous-systèmes indépendants. Une partie importante de l'activité de conception consiste à spécifier le couple *problème-solution*. Dès le moment où le concepteur commence à construire une représentation des spécifications initiales de problème et qu'il entreprend leur analyse, il commence à spécifier une solution. Ceci se fait notamment en résolvant des conflits entre contraintes. Globalement, pour résoudre un problème de conception, la personne procède à des activités de trois types : (i) construction d'une représentation mentale de problèmes (ou « *formulation de problèmes* » en termes d'autres auteurs), (ii) développement (ou « *générations* ») d'une solution, et (iii) évaluation de cette solution.

En définitive, c'est au cours de la réalisation de la conception qu'apparaissent les prescriptions caractérisant l'intervention. Pour De Terssac, « *concevoir, c'est avant tout se représenter un contexte, des solutions possibles compte tenu des choix des autres qu'il faudra réaliser ; au plan cognitif, cela signifie qu'à tout moment le concepteur est amené à recoder le contexte : il est donc en permanence en situation d'apprentissage, réinstancié à chaque décision prise par les autres* » [De Terssac 96].

D'un point de vue productif, on ne peut concevoir sans produire des supports et des environnements externes, appelés « **objets intermédiaires** » [Mer & al 1995]. Comme le fait remarquer A. Jeantet, « *les concepteurs passent la plupart de leur temps à créer, manipuler, discuter, interpréter, évoluer, transformer, etc... des textes, des graphes, des calculs, des modèles informatiques, des dessins, des maquettes...* » [Jeantet 1998], ensemble d'éléments rassemblés dans la catégorie « **objets intermédiaires de la conception** ». Pour l'auteur, il s'agit d' « *objets produits ou utilisés au cours du processus de conception, traces et supports de l'action à concevoir, en relation avec des outils, des procédures et des acteurs* ». Ainsi, le « plan » est un document graphique normalisé, qui décrit avec plus ou moins de détails la forme et l'arrangement de l'*artefact*¹³ final. Le plan est « *un puissant moyen de coordination. Il intègre dans ses solutions le réalisme du projet [de conception], en restituant des invariants de l'objet sous un point de vue qui permet de capter le maximum d'informations sur l'objet, pour le minimum de coût graphique* » [Lebahar 1983]. Sa fonction est de supporter des processus, d'apprentissage, individuels et collectifs, par lesquels se trouve réduite l'incertitude propre à l'*artefact* final (forme cohérente, dimensions correctes, arrangements astucieux et adaptés, etc), au quel cas le plan facilite la formulation de problème et la caractérisation de solutions cohérentes. Il permet aussi de réduire l'incertitude inhérente aux interactions entre les concepteurs.

1.3. Une activité à la fois individuelle et collective

Les travaux sur la conception, depuis les années 1990, ont contribué à démentir la représentation traditionnelle des activités de conception, attachée le plus souvent à un acteur central : l'architecte dans la construction ou plus généralement l'inventeur ou l'artiste. Si cette

13

représentation renvoie à une certaine réalité, celle-ci reste néanmoins marginale, cantonnée à une époque révolue, à un secteur très spécifique ou à des personnalités d'exception.

De ce fait, la conception n'est plus décrite uniquement comme une activité cognitive susceptible d'être menée par un esprit unique, capable de :

- réaliser une idée (approche allemande, [Pahl & Beitz, 97]),
- procéder à des essais-erreurs (approche empirique de la conception prévalente au dix-neuvième siècle, [Babbage, 1834])
- d'itérer de la formulation et de la résolution de problème (approche anglo-saxonne, [Simon, 69] et Simon, 95)).

Mais aussi, comme une situation d'interaction entre plusieurs concepteurs guidées par deux objectifs : se synchroniser dans le temps et sur le plan de l'action « *synchronisation temporo-opératoire* », et se synchroniser sur le plan cognitif « *synchronisation cognitive* » [Darses & Falzon, 96].

- **Synchronisation temporo-opératoire** : se fait à travers des activités de coordination, cette synchronisation remplit une fonction de caractère plutôt opératoire - l'allocation des tâches - et une fonction de caractère temporel - l'articulation des actions à réaliser (leurs déclenchement, séquençement, arrêt, simultanéité et rythme). L'analyse faite par Béguin [Béguin 94] a montré que cette forme de synchronisation est un mécanisme crucial en *conception distribuée* (cf. chapitre § 1.4.2.2).
- **Synchronisation cognitive** : se fait à travers des activités de communication, cette synchronisation a comme objectif « *d'établir un contexte de connaissances mutuelles, de construire un référentiel opératif commun* » [De Terssac & Chabaud 90]. Il s'agit de s'assurer que tous les concepteurs participant à un projet de conception ont, d'une part, connaissance des faits relatifs à l'état de ce projet et, d'autre part, un savoir partagé quant aux connaissances invoquées.

Ces différents éléments soulignent le caractère collectif et interactif de la conception qui s'opère selon différentes modalités de nature fondamentalement collective : la coordination la coopération et la collaboration que nous détaillons ci dessous.

1.4. Une activité coopérative et collaborative

La coopération tend à être confondue avec d'autres formes d'activités collectives et plus particulièrement avec la collaboration. En effet, il est souvent fait référence aux termes de coopération et de collaboration de manière interchangeable. Si les dictionnaires renvoient chaque terme l'un à l'autre comme parfaitement équivalents, des distinctions apparaissent par l'usage de ces mots insérés dans un énoncé scientifique. Cerisier [Cerisier 1999] attribue à ce souci de clôture sémantique la distinction entre des situations d'apprentissage différentes. Il choisit la distinction opérée par les ergonomes qui s'appuie sur la répartition des tâches. Selon cette orientation de Cerisier, « la coopération désigne une organisation collective du travail dans laquelle la tâche à satisfaire est fragmentée en sous-tâches. Chacune de ces sous-tâches est ensuite affectée à un acteur, soit selon une distribution parfaitement horizontale dans laquelle tâches et acteurs sont équivalents, soit selon une logique d'attribution en fonction des compétences particulières de chacun ». La collaboration quant à elle se définit par « une situation de travail collectif dans laquelle tâche et but sont communs. Tous les acteurs travaillent sur les mêmes points. » La nature des opérations est du même ordre [Bignon, Malcurat et Halin, 1999]. C'est la principale distinction avec la coopération.

Cerisier évoque l'idée que dans la pratique, les activités collectives conduites relèvent souvent partiellement d'une logique de coopération et partiellement d'une logique de collaboration.

En effet, un travail coopératif peut induire, par exemple, des confrontations collaboratives de points de vue. De même, des stratégies de partage des tâches peuvent être remarquées dans des travaux collaboratifs. Cependant, chaque projet fonctionne selon une logique dominante, coopérative ou collaborative. Cerisier ajoute que ce choix n'est pas neutre sur la vie des projets et leur effet sur les apprentissages.

Si la littérature tend à confondre les concepts de coopération et de collaboration que nous venons de distinguer sur la dimension tâche, la réalité des pratiques de coopération tend à montrer qu'un projet coopératif comprend des étapes collaboratives.

Dès que la conception est considérée comme une activité collective, il importe de comprendre comment les individus interagissent au sein du projet, et parviennent à donner un sens à leur action. Les activités peuvent être partagées entre divers acteurs, ou réalisées en commun par certains d'entre eux. En effet, la situation de chacun n'est pas identique dans la conception : « certains sont engagés dans des activités de co-conception, tandis que d'autres participent à des activités de conception distribuée. Ces deux situations peuvent être rencontrées au cours d'un même processus de conception et peuvent également être successivement prises en charge par un même acteur » [Darses & Falzon 1996].

- Co-conception : c'est la situation dans laquelle les concepteurs travaillent conjointement sur le projet de conception. Ils partagent un but commun identique, à l'atteinte duquel chacun contribue selon ses compétences spécifiques. Il s'agit d'une forme de coopération « forte ».
- Conception distribuée : dans cette situation les concepteurs travaillent simultanément, non conjointement, mais en parallèle, sur un projet de conception. Chacun accomplit une des différentes tâches dans lesquelles le projet a été décomposé préalablement et qui lui a été allouée. Chacun a ses propres sous-buts, tout en connaissant le but commun final, et il y contribue indirectement. Il s'agit d'une forme de coopération « faible »

De ces deux situations on peut considérer que le premier cas « Co-conception » peut être rapproché de la collaboration puisque « les partenaires développent la solution conjointement : ils partagent un but identique et contribuent à son atteinte grâce à leurs compétences spécifiques, ceci avec des contraintes très fortes de coopération directe pour garantir le succès de la résolution du problème ». Le second cas « conception distribuée » peut être rapproché de la coopération puisque « les acteurs sont simultanément (mais non conjointement) engagés sur le même processus de coopération et ils accomplissent des tâches bien déterminées, celles-ci ayant été allouées préalablement, et poursuivent donc des buts (ou du moins des sous-buts) qui leur sont propres tout en ayant pour objectif de participer le plus efficacement possible à la résolution collective du problème. »

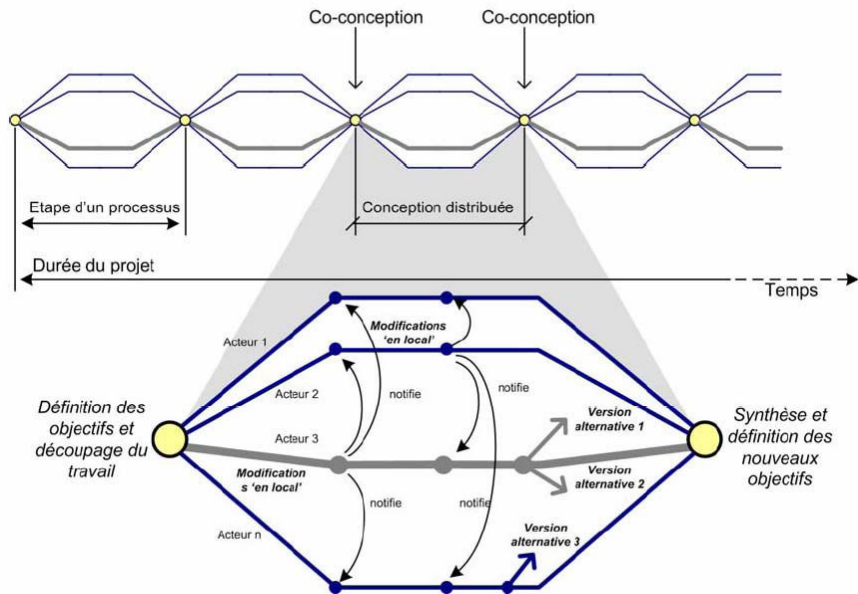


Figure 1: Conception distribuée et points de synthèse (co-conception) [Damien Hanser, 2003 d'après Turk & al, 1997]

La **Figure 1** illustre ces deux principes. Ainsi, lors de réunions d'enclenchement ou de définition de principes, par exemple, c'est dans une dynamique de co-conception que s'inscrit le travail de l'ensemble du groupe projet. Les acteurs développent alors conjointement la solution. Ils partagent un but identique qui est de définir un principe de solution pour atteindre le besoin exprimé. Tous ces acteurs utilisent des compétences spécifiques mais avec une forte contrainte collective pour atteindre un but commun. : le choix d'un principe de solution. Par ailleurs, avec le choix des principes qui marquent le début du travail sur la structure de la future œuvre, les acteurs ne sont plus conjointement mais simultanément impliqués dans le processus. Ils vont alors travailler à des tâches spécifiques, liées à leurs compétences spécifiques. Nous abordons là le principe de la conception distribuée. Ces acteurs poursuivent donc des buts et des objectifs qui leur sont propres, tout en participant le plus efficacement possible à la définition collective de l'œuvre.

Chapitre 2. Caractérisation et problématiques de la conception en architecture

2.1. Particularités de la conception en architecture

Les termes de conception en architecture et de conception architecturale, et les concepts qu'ils recouvrent, sont centraux dans notre discours. La question de leur distinction s'est rapidement posée comme un enrichissement possible de notre réflexion. Les textes réglementaires ne nous aident pas dans cette tâche¹⁴ puisqu'ils créent un clivage entre compétences esthétiques et technique, ce qui ne permet pas de régler les désaccords sur l'esthétique ou sur les rapports entre esthétique, fonctionnalité et constructibilité. Or l'imbrication technique et esthétique est telle que l'architecture ne peut se passer de l'un ou de l'autre, en raison de l'impact des systèmes techniques et de leur juxtaposition dans l'espace sur l'activité de création.

En effet, concevoir un bâtiment nécessite, à la fois, *une conception architecturale*, *une conception technique* et *une conception de production*.

- **La conception architecturale** : a vocation d'élaborer une proposition répondant à des contraintes connues *ex ante* (e.g. contraintes de site) préalablement à toute consultation des autres concepteurs (ingénieur structure, thermicien, acousticien, économiste du bâtiment, etc.) [Raynaud 2001]. Elle doit répondre à un programme dans le but d'organiser l'espace. Elle fait appel à un certain nombre de qualités intellectuelles et créatives particulières dans l'approche du programme (e.g. attente active [Tric 1999] référence [Scalety 2003], échelle [Boudon & al 1994], etc.). C'est autour de cette proposition que les interactions entre les différents acteurs peuvent prendre corps.
- **La conception technique** : a vocation de proposer des solutions techniques et scientifiques pour la structure porteuse, les systèmes et équipements nécessaires au confort de l'utilisateur (système de conditionnement, d'extraction de l'air vicié, d'équipements thermiques, électriques, acoustiques), etc.
- **La conception de production** : consiste à imaginer les différentes étapes de l'ouvrage du début jusqu'à sa configuration finale. Par exemple : le procédé de construction (préfabrication foraine ou en usine) ou le procédé de mise en œuvre des matériaux.

En définitive, nous prenons le parti d'employer le terme de **conception en architecture** pour désigner l'activité qui se déroule en phase d'études d'un projet d'architecture et où architecte, ingénieurs, économiste, paysagiste ...etc sont engagés dans un travail collectif de conception et de synthèse et sont attentifs aux mode de fabrication et de mise en œuvre des ouvrages. Il

¹⁴ Il existe une séparation entre mission de conception architecturale et mission de conception technique - instituée de façon claire en France à partir de 1973 (décret sur l'ingénierie) confirmée et renforcée par la loi Maîtrise d'Ouvrage Publique (1985) et les décrets sur la maîtrise d'œuvre (1993)

ne s'agit pas en soi d'un processus (classique) de résolution de problèmes, mais d'un processus où il existe une multiplicité de problèmes mal structurés à caractère distinct, à énoncer et à résoudre [Scaletsky 03]. En outre, par **conception architecturale** nous désignons l'activité de création propre à l'architecte recentrée sur l'expertise spatiale et esthétique, ainsi que sur l'imagination et l'invention architecturale.

2.1.1. La conception en architecture : un processus cognitif et collectif

L'œuvre conçue (bâtiment) est, le résultat d'un travail où entre intuition et sensibilité individuelle, savoir, connaissances de techniques appropriées (concernant tant les outils que les méthodes), culture, savoir-faire, l'architecte doit faire advenir l'idée et rendre celle-ci partageable, donc communicable aux différents intervenants du projet. *« C'est un débat intérieur au cours, duquel les arguments s'affrontent selon les différents points de vue que l'architecte est capable de saisir et d'alimenter par son expérience, ses désirs esthétiques et ses connaissances acquises. Quand ces dernières sont insuffisantes, il fait appel à plus qualifié que lui »* [Tric 1999].

En effet, concevoir un bâtiment nécessite des savoirs multiples [Boudon, 1997] (esthétiques, graphiques, techniques, juridiques, financiers, etc.), *partagés* avec et entre les différents acteurs. Il y a de fait, une forte interaction de l'architecte en tant que sujet avec l'environnement du projet (textuel, graphique, physique) mais également avec d'autres partenaires (autre architecte, maître d'ouvrage, ingénieur, constructeur,...) co-acteur de la conception.

Comme l'affirme M.Conan, étant donné que dans la majorité des cas, le travail de conception n'est qu'une construction mentale de groupe, il oblige à l'interaction entre individus et devrait produire un apprentissage collectif. Cette conception réputée « classique » depuis les années 70 représente la conception en architecture comme processus cyclique et tourbillonnaire ou processus en hélice.

Selon cette représentation, la réussite du projet demande une vraie coopération entre architectes, ingénieurs de bureaux d'études, entrepreneurs et autres acteurs partie prenante.

Une difficulté naît du fait que l'activité de chaque acteur est en évolution continue mais que chacun ne la voit qu'à partir d'une perspective individualisée; or le projet est la résultante d'un ensemble d'activités et d'interactions qui doivent converger sur des objectifs définis dans un temps et un espace contraints. Comme le signale J.Bobroff, *« l'excellence de la conception dans le projet passe par l'excellence du processus de coopération entre des partenaires, par l'organisation d'une confrontation entre des acteurs affichant des enjeux différents »* [Bobroff 99]. Il s'agit notamment de reconnaître que concevoir doit être pensé comme un ensemble d'activités collectives et interactives, qui demande une maîtrise de l'ensemble des activités, des vérifications et des validations, tout en laissant des espaces d'autonomie importants pour que chaque acteur développe son travail spécialisé.

2.1.2. Le caractère unitaire de la conception en architecture

La conception d'un bâtiment n'est pas uniquement réalisée sous l'influence de critères explicites et objectifs : des critères culturels, esthétiques ou encore politiques et idéologiques interviennent [Bobroff 93]. Ainsi, chaque nouveau projet de bâtiment exige une reformulation importante, car il n'existe pas deux opérations identiques. La prise en compte de la singularité de chaque opération peut être appréhendée par au moins deux facteurs : l'expression de la demande qui peut faire ressortir ou pas cette singularité et la stratégie de production. Cette

dernière révèle l'ambiguïté suivante : dans le secteur du bâtiment, ce sont des raisonnements au coup par coup qui induisent la standardisation des réponses qui est en revanche souvent le résultat d'un effet de série dans l'industrie [GREMAP 96]. De ce fait, la conception d'un bâtiment est une activité non répétitive de type « *one shot* » comme la décrit Christian Navarre (in [Bobroff 93]). C'est-à-dire qu'à chaque fois, une opération unique est mise en place ce qui la rend difficile à gérer à partir de moyens statistiques voir l'automatiser. Par ailleurs, d'une opération à l'autre, l'identité des partenaires change car la spécificité de chaque projet mobilise des compétences à chaque fois différentes en fonction du type de bâtiment, de terrain, de région, etc.

En définitive tout bâtiment est un prototype résultant de réponses singulières qui sont construites dans le processus de conception.

Cette situation influe fortement sur la conception en architecture car elle implique des réseaux d'acteurs éphémères et spécifiques à chaque opération et fait appel à des savoir-faire très différents. Il en résulte une difficulté d'obtenir une continuité dans la mise en œuvre de pratiques et méthodes communes. Les relations que les intervenants établissent pour concevoir puis réaliser un projet deviennent de ce fait d'une faible durée ce qui rend la mise en place de procédures de coordination des acteurs plus délicate.

2.1.3. La multiplicité et la diversité des intervenants

L'augmentation de la complexité du contexte réglementaire, la diversification des techniques et l'augmentation de la complexité des projets ont conduit à la formation de « nouveaux métiers », et à l'identification des acteurs correspondants.

Ainsi l'apparition des paysagistes, acousticiens, coloristes, éclairagistes, scénographes etc, a permis de répondre aux nouvelles exigences, mais parallèlement accentue la déqualification des intervenants « traditionnels ».

Ces nouveaux métiers sont venus s'ajouter aux métiers d'architectes, bureaux d'études techniques et économistes, formant ainsi des équipes de maîtrise d'œuvre véritablement pluridisciplinaires. Le nombre de ces intervenants n'est d'ailleurs pas forcément lié à la taille de l'opération mais à la spécificité et la complexité de l'étude.

Par ailleurs, ce nombre sans cesse croissant des intervenants dans l'acte de concevoir participe à la dispersion des savoirs et des responsabilités, multiplie à la démesure les interfaces et surtout, rend impossible la couverture de tous les savoirs par un seul acteur omniscient.

Bien que permettant un travail plus précis, l'apparition de ces nouveaux métiers suppose la nécessité, de garder une vision transversale de la conception.

Dans un tel dispositif, gérer l'apport contradictoire et convergent de nombreux professionnels d'origine disciplinaire différente, résoudre la faible intégration organisationnelle et la gestion d'incertitude de nature multiple (technique, financière, juridique, politique) entraînent des besoins concomitants accrus de gestion des compétences, nécessaires pour un bon avancement de la conception.

2.1.4. La multiplicité et la diversité des points de vue

La forte hétérogénéité des logiques professionnelles induite par la spécialisation fine des activités constitue un obstacle à une optimisation globale de la conception car chaque partie prenante tend à privilégier son point de vue dans les mécanismes d'interaction.

En cherchant par exemple à séduire la maîtrise d'ouvrage, un architecte mettra en avant l'aspect visuel et créatif du bâtiment. Cette recherche « d'esthétisme » peut se traduire dans certains cas par la recherche de formes complexes, ayant des courbes particulières difficiles à

obtenir avec des méthodes de construction traditionnelles (e .g. musée Guggenheim à Bilbao). Dans le même temps, le bureau d'études techniques reste pour sa part attentif aux problèmes techniques qu'il est susceptible de rencontrer lors de la réalisation de l'œuvre. Cela se traduit généralement par la recherche de solutions simples ou tout au moins facilement constructibles et/ou « *une exigence de surfaces et de volumes pour les locaux techniques ou la structure porteuse du bâtiment*» [Farel]. Dans de tels cas, ces points de vue et contraintes peuvent aller à l'encontre l'un de l'autre.

Ce paradigme met en évidence que les relations entre les acteurs ne sont, la plupart du temps, pas dynamisantes. Elles sont empreintes à la fois de protectionnisme et d'une volonté de chacun d'augmenter son propre territoire d'action au détriment de celui de ses partenaires. Cette pluralité des points de vue, et des objectifs, est une source perpétuelle de conflit. De tels conflits sont d'autant plus fréquents que le nombre d'experts des différents domaines augmente.

Ainsi, Intégrer les points de vue de tous les acteurs suggère un certain « parallélisme » de l'activité de conception et est rendu possible par une prise en compte très tôt dans le processus, de contraintes ou de paramètres métiers gérés beaucoup plus tard dans les organisations traditionnelles [Kusiak, 93] [Alting, 93]. Ainsi, une conception architecturale, ne jouera son rôle de référent que si l'architecte démontre sa capacité à intégrer les points de vue par anticipation dès l'esquisse [Hanrot 2003].

2.1.5. Des connaissances construites dans l'action

Durant la conception, la coordination des différentes activités, conduisant de la situation initiale (programmation architecturale) à une solution développée (réalisation du bâtiment), se construit de manière coopérative entre les différents acteurs de la conception.

Ainsi, l'organisation de la conception se construit plus sûrement dans l'interaction entre les acteurs à partir de connaissances contextuelles construites par les concepteurs au cours de leurs pratiques.

Par ailleurs, différentes représentations vont être les supports médiatiques ou instruments des ces interactions. Ces objets intermédiaires donnent prise à chaque acteur et lui permettent d'engager une négociation avec les autres acteurs. Cela conduit à la construction, dans l'action, de connaissances, propres au groupe d'acteurs et au projet, prenant en compte l'ensemble des points de vue des acteurs métiers.

Il s'agit ainsi, d'une démarche transdisciplinaire où chaque élément se nourrit de la réflexion des autres, tout en alimentant la réflexion d'ensemble vers le but ultime. On est donc davantage face à un processus itératif similaire à une grande spirale où chaque nouvelle réflexion tient compte des démarches précédentes.

De plus, la composition du groupe d'acteurs peut évoluer au cours de la conception, en fonction des expertises nécessaires pour construire des connaissances sur un principe physique, sur les performances possibles de solutions technologiques, sur des aspects législatifs correspondant à des préoccupations réglementaires, de normalisation, ou juridiques. La conception est donc très loin d'un processus, connu et applicable, de résolution d'un problème défini explicitement et figé dès le départ de l'action de concevoir.

En ce sens, concevoir est une démarche collective réunissant les connaissances d'acteurs de différents métiers, afin de diminuer l'incertitude relativement à un bâtiment. Cette diminution d'incertitude se fait dans un univers incertain, concernant tant le problème à résoudre que le « *chemin* » à suivre, et le groupe d'acteurs impliqués.

De ce fait, il faut être conscient que chaque acteur a sa propre pondération ou hiérarchisation (souvent implicite d'ailleurs) des différentes contraintes et critères du bâtiment à concevoir. Cette pondération est nécessaire pour pouvoir prendre des décisions qui sont souvent le résultat de compromis entre plusieurs critères.

2.1.6. La décentralisation des décisions

Les décisions prises dans le cadre de la conception d'un bâtiment peuvent être lourdes de conséquences. Ainsi, une mauvaise orientation d'un bâtiment peut se révéler désastreuse en matière de confort visuel ou en gestion de l'énergie. Il y a donc, lieu de faire en sorte que cette prise de décision soit aussi sécurisée que possible afin d'obtenir une solution optimale [Brousseau & Rallet 95].

Cependant, on remarque que la décentralisation des décisions est une caractéristique essentielle du secteur. Elle résulte de l'indépendance des entités juridico-économiques qui se coordonnent et qui ne sont pas soumises à un *acteur central* capable de les contraindre de manière tangible [Ménard 90]. Ainsi, en phase d'études, aucun acteur ne se voit investi d'un droit de regard sur les activités des autres. Au contraire, la plupart des intervenants dans une opération conservent une autonomie relativement importante pour mener à bien les opérations qui sont à leur charge. Cette autonomie va jusqu'à la possibilité de redéfinir ces opérations [Brousseau & Rallet 95], (e.g . réorganisation des tâches, redistribution des ressources). Cette autonomie bien que promouvant la responsabilisation des acteurs et diminuant, sans l'éliminer, la hiérarchie, ne favorise pas le décloisonnement des compétences et la coopération. De plus il n'existe pas une fonction d'*acteur central* qui permettrait la pratique de cette autonomie dans un cadre donné.

Par ailleurs, assez souvent une *co-décision*¹⁵, prise lors d'une réunion par exemple, n'est pas explicitement relayée aux différents acteurs. Prenons l'exemple d'un mur dont on décide, lors d'une réunion de conception, de changer la composition sans en modifier les dimensions. Apparemment ceci n'a pas d'incidence sur les dimensions des espaces mais risque de modifier la méthode de mise en œuvre du mur, le coût de sa réalisation et l'acoustique de l'espace. Ceci souligne la nécessité de communiquer cette décision aux différents acteurs concernés. Or, l'absence d'un *acteur central* chargé de cette communication et garant de la traçabilité des différentes décisions, multiplie le risque d'oubli et peut avoir des répercussions sur la cohérence de l'ensemble des études voir provoquer des désordres de l'ouvrage à réaliser.

2.1.7. Le caractère informel des relations

Contrairement aux modes « procéduriers » et très codifiés mis en œuvre dans l'industrie manufacturière, la conception en architecture repose sur des relations interpersonnelles dont les règles de fonctionnement ne sont ni complètement codifiées, ni totalement préétablies et « écrites ». En effet le caractère « aléatoire » de l'activité, la spécificité de chaque projet et du réseau de partenaires qui le réalise s'opposent à une codification précise des règles d'interactions [Brousseau & Rallet 95]. Par ailleurs, l'investissement que représente la mise au point de procédures codifiées, a priori, ne semble pas se justifier du fait du caractère éphémère des relations. En conséquence, les procédures de coordination mises en œuvre dans cette phase sont relativement peu formalisées. Cela ne signifie pas que des contrats écrits n'existent pas, ni que les réglementations ne définissent pas certaines procédures de

¹⁵ concerne les décisions de groupe ou inspirées par le groupe.

coordination. Cela signifie que les textes éventuels sont soumis à une plus grande marge d'interprétation que dans l'industrie manufacturière.

De ce fait les savoir-faire en matière de coordination font partie des compétences implicites et empiriques détenues par les individus. Eux seuls peuvent les mobiliser pour composer « sur place » avec les aléas et surmonter la complexité des problèmes techniques et d'organisation du travail.

En définitive, la décentralisation des décisions et le caractère informel des relations apparaissent comme satisfaisantes au sens de Simon [Simon 56] dans le sens où, répondant aux caractéristiques du secteur. Elles permettent à la coordination de se réaliser. Mais le caractère faiblement coordonné du secteur entraîne d'importants dysfonctionnements.

2.1.8. Dysfonctionnements

La réalisation d'un bâtiment est soumise à d'importantes perturbations qui sont à l'origine de nombreux dysfonctionnements, propres à la non qualité du processus de conception et ayant pour conséquences des coûts et des délais supplémentaires et une baisse de la qualité des ouvrages. Cette non-qualité trouve ses origines dans toutes les étapes du cycle de vie d'un bâtiment mais est principalement constatée en phase de conception [Gobin 94]. Les recherches menées dans ce domaine ont distingué deux types de dysfonctionnements principaux [PCA-PIRTTEM 93] :

- Les dysfonctionnements liés à la circulation de l'information entre les différents intervenants, principalement aux interfaces des grands jalons du projet. En cause la segmentation des activités et le fractionnement des processus de conception.
- Les dysfonctionnements liés à la difficulté à maîtriser les technologies et techniques avancées. Ils concernent particulièrement les entreprises de construction.

Dans les paragraphes suivants, nous nous intéressons en particulier aux dysfonctionnements qui apparaissent lors de la conception.

2.1.8.1. Dysfonctionnements liés à la gestion et à l'échange de l'information

Comme présenté auparavant, la conception fait intervenir de nombreuses disciplines. Chacune d'elle a évolué indépendamment, avec ses terminologies, ses technologies propres, et ses moyens spécifiques d'exprimer et de communiquer les informations. Cette segmentation cause de nombreux problèmes de pertes d'informations et entraîne des difficultés de communication entre les différents intervenants. De nombreux acteurs interviennent, en effet, à différents stades du cycle de vie du bâtiment, chacun ajoutant et récupérant des informations. En conséquence, l'information transférée peut être perdue, mal interprétée ou enregistrée de manière erronée. Ainsi on constate par exemple :

- des documents ne circulant pas toujours très bien auprès de toutes les personnes concernées,
- une absence de mise à jour ou un grand écart entre les différentes mises à jour,
- une disparité des informations selon les différents exemplaires d'un même document, et l'écart conflictuel qui peut s'ensuivre entre les plans papier et l'état du chantier,
- des erreurs répétées dans la lecture ou dans l'interprétation de certains documents par différents professionnels, et qui restent fréquentes,

- des incompréhensions des informations liées au vocabulaire professionnel spécialisé.
- Une cohérence difficile à assurer entre différents documents.

Ces dysfonctionnements observés sont principalement liés à une méconnaissance des différents partenaires entre eux, à une méfiance mutuelle, ou encore aux divergences d'intérêts entre les acteurs et sont accentués par la spécificité pour chaque profession du vocabulaire et des pratiques professionnelles, ainsi que les systèmes de représentation.

2.1.8.2. Dysfonctionnements liés aux relations entre les acteurs

Le caractère informel des relations encourage, la manifestation de comportements opportunistes (négligence, défaillances, fraudes...) (Williamson [1985]).

Dans la mesure où les rapports inter-acteurs ne sont définis que de manière vague et où ils sont structurellement tendus par le faible niveau des marges et des stratégies de report des difficultés, les acteurs sont amenés à « frauder » ou à être défaillants. La « parole donnée » est certes une garantie d'exécution des arrangements informels puisque sa valeur, liée à la réputation personnelle, joue un rôle crucial dans le secteur. Mais le poids de la « parole donnée » est relatif. Il dépend de la valeur que celui qui s'engage accorde à sa propre réputation et de la capacité de celui qui reçoit la promesse à nuire effectivement à la réputation de l'autre.

Par ailleurs, il est plus facile de ne pas respecter un engagement moral, pour lequel il n'existe pas de « preuve » de la nature exacte de l'engagement, qu'un engagement écrit. Des comportements opportunistes peuvent donc se manifester lorsque la pression économique sur les acteurs est forte.

2.1.8.3. Dysfonctionnements liés à la décentralisation des décisions

Le caractère décentralisé des décisions engendre des problèmes de coordination. En effet, la décentralisation des décisions empêche tout processus d'optimisation systémique (Deiss [1988]) et génère des externalités négatives. Elle a tendance à favoriser une résolution des problèmes consistant à reporter les externalités sur le maillon le « plus faible » ou le maillon « suivant » de la chaîne des acteurs. Les acteurs y sont d'autant plus incités qu'une forte contrainte de rentabilité pèse sur eux. Les maîtres d'ouvrage leur imposent des contraintes de plus en plus drastiques qui, eux-mêmes, pour conserver leurs marges ont tendance, d'une part, à réaliser leurs prestations à l'économie, d'autre part, à externaliser les contraintes les plus fortes vers des sous-traitants qui, pour des raisons diverses, n'ont pas les moyens de refuser certaines conditions de marché. Ces stratégies aboutissent à des résultats collectifs qui peuvent s'avérer désastreux tant au plan des coûts que de la qualité architecturale car certaines contraintes deviennent si fortes et irréalistes que les défaillances deviennent inévitables.

2.2. Les enjeux de la conception en architecture

2.2.1. Intégrer les différents points de vue

Nous avons vu précédemment qu'une des particularités de la conception en architecture est la multiplicité des points de vue. Prendre en compte ces points de vue parfois différents des acteurs, lors des décisions qui « construisent » progressivement le bâtiment, semble essentiel pour améliorer la conception en architecture. En effet, Concevoir un bâtiment n'est pas une somme d'éléments de réflexion superposés les uns aux autres. Ainsi, même si chacun de ces éléments de réflexion est parfaitement réfléchi par rapport à sa propre logique, il ne peut être

abordés de manière autonome. D'où le besoin de prendre en compte les différents points de vue portés par les différents intervenants dans l'acte de concevoir.

Cependant, capitaliser les recommandations et les contraintes portées par les différents métiers ne constitue qu'un premier pas vers l'intégration des points de vue. La réelle difficulté d'une telle démarche réside dans la traduction de ces contraintes en spécifications pour le bâtiment. Intégrer les points de vue consiste à traduire en spécifications l'ensemble des préconisations des acteurs de la conception, qui tendent à optimiser le bâtiment dans chaque phase de sa conception. Traduire un point de vue en spécifications ne semble pas une tâche insurmontable. Elle devient néanmoins beaucoup plus difficile lorsqu'il s'agit de faire cohabiter les traductions de différents points de vue, car peuvent se heurter à des antagonismes (§ chapitre 2.1.3). De ce fait, dans ce processus d'intégration qui permet de progresser depuis le champ d'action d'un acteur jusqu'à une traduction physique de ses recommandations, existe-t-il des règles générales pour assurer ces traductions ? Existe-t-il une relation de priorité entre les différents points de vue des acteurs ? Qui assure ces traductions ? Comment parvenir à les concilier pour obtenir un bâtiment optimisé dans tous les domaines ? C'est à ce niveau que se situe l'enjeu de l'intégration des points de vue en conception.

2.2.2. Coordonner l'ensemble des connaissances

La complexité croissante des bâtiments complique davantage ce processus d'intégration car il est maintenant nécessaire d'intégrer et de propager la connaissance d'experts de plus en plus nombreux. Il apparaît donc que la capacité des acteurs à communiquer entre eux représente la clef du succès de la conception en architecture. Cependant la pluralité des connaissances nécessaires à la conception d'un bâtiment représente un frein à cette communication, entre des concepteurs, dont les connaissances de plus en plus pointues sont également de plus en plus spécifiques et cloisonnées.

Dans un tel contexte, concevoir ne se résume plus à traduire en paramètres techniques des spécifications fonctionnelles. Concevoir devient « [...] *réussir à mettre en relation des entités (individus, objets, connaissances) qui ne peuvent être déterminées au préalable* » [Brissaud 98]. Ainsi les acteurs doivent donc quitter un mode de fonctionnement propre à leur métier et s'orienter vers une organisation commune de leur activité. Cette démarche commune ne peut intervenir que si les objectifs des acteurs concernés sont renégociés. Il ne s'agit pas de les agréger et de les hiérarchiser, mais d'en construire de nouveaux qui répondent aux besoins de tous et qui doivent être atteints par le travail de chacun.

Cette problématique de la communication et de l'échange entre les acteurs, représente maintenant un autre enjeu de la conception car cette capacité à réunir et coordonner l'ensemble des connaissances requises pour la conception d'un bâtiment est un facteur clé de succès de la conception en architecture.

2.3. Conclusion du chapitre

La qualité de la conception des bâtiments concerne à la fois le cadre humain, organisationnel et opérationnel d'un projet de construction et les phénomènes interactionnels entre la conception et son environnement. Ces liens et interactions sont multiples et pas toujours établis explicitement.

Toute la particularité de la conception en architecture réside dans l'articulation entre le cognitif et le collectif.

Par ailleurs, l'acte de concevoir est confronté à des dysfonctionnements liés à la nature et aux caractéristiques spécifiques d'un bâtiment (caractère unitaire, multiplicité des intervenants, caractère éphémère des relations entre les intervenants,...) mais aussi à son organisation et à son mode de gestion. En effet, le domaine du bâtiment est, entre autres, caractérisé par une forte segmentation des activités et des connaissances. Cette segmentation est concomitante d'un découpage normatif du projet en missions qui sont assignées à chaque intervenant. Elle entraîne parfois des ruptures entre la conception architecturale, technique et de mise en œuvre d'un bâtiment. Ces discontinuités qui sont pourtant caractéristiques du fonctionnement actuel de la conception posent des problèmes en terme d'échange de l'information, de relations entre les acteurs, de prise de décisions et de coordination des actions de chacun des intervenants.

Ainsi, la conduite de la conception est devenue une exigence inévitable pour les acteurs de la conception afin d'améliorer la qualité de la conception et réduire de la sorte l'apparition de dysfonctionnements. Toutefois, son application dans les projets reste encore limitée aux grandes opérations.

L'objet du chapitre suivant est de faire l'état de la pratique de la conduite de la conception en architecture.

Chapitre 3. La conduite de la conception en architecture : mise en évidence d'une problématique

Nous nous sommes aperçu très vite dans notre recherche que le terme de conduite de la conception en architecture était porteur de positions multiples, compte tenu de l'absence de définition juridique qui conduit certains à prétendre que cela incombe forcément à l'architecte mandataire, d'autres à englober, sous ce terme, tout ce qui relève de la conduite d'opération, seule procédure effectivement encadrée et reconnue juridiquement, les derniers enfin à n'aborder cette notion qu'à travers le prisme réducteur de la planification des tâches et la gestion des organisations.

Nous n'avons pas la prétention dans ce chapitre de résoudre cette ambiguïté ou cette confusion, mais plutôt le souci de rendre compte des pratiques effectives et difficultés de mise en œuvre de cette activité de la part des acteurs de la conception et des possibles incidences sur leurs pratiques.

En ce sens, il est important de souligner qu'une des particularités de la conception en architecture est qu'elle comporte une part d'inconnu et d'incertitude et doit être bien conduite par « *le reste à faire* ». Il en est de même pour le navigateur en solitaire dans la compétition du tour du monde : il détermine sa route, non pas par rapport aux prévisions initiales mais par une reprojection du reste à faire, à partir de nouvelles données météo, de l'évolution des courants marins et du positionnement de son bateau vis-à-vis de ses concurrents.

En d'autres termes, l'environnement politique, réglementaire, socioculturel, etc, influence aussi la conception en architecture. Ainsi les changements dans les attentes du maître d'ouvrage ou de l'utilisateur final, les évolutions techniques ou organisationnelles chez les acteurs, la progression de l'interdépendance entre tous ces facteurs « *pèsent* » sur la conception et commandent une conduite où il faut s'adapter en permanence. Nous présentons à ce stade de notre analyse que conduire la conception en architecture réside dans ce principe ***d'adaptation permanente***. On sort donc d'une logique de conformité à un programme pour aller vers une conduite de la conception créatrice de valeur par le jeu des redéfinitions et des ajustements prenant en compte les opportunités des actions et de l'environnement.

Ce point de vue amène à reconsidérer l'excès de rigidité et de déterminisme introduit dans la conception en architecture par les méthodes traditionnelles de planification et d'organisation.

En effet, Aujourd'hui, la réponse trouvée à ces problèmes de complexité, d'incertitude et de réduction des délais, reste la *plannification*. Or, il paraît hasardeux de conduire la conception qu'à partir de paramètres figés (programme, planning, équipe, etc.) construits bien en amont d'une situation qui peut évoluer. En effet conduire une conception s'effectue en fonction des

connaissances acquises durant le déroulement du projet. Cela consiste à réajuster au fur et à mesure l'organisation des acteurs, la planification, les solutions, les coûts en fonction de la réduction progressive de la *part d'inconnu* et d'*incertitude* du projet quand on se rapproche des échéances et du terme.

En ce sens et pour mieux cerner la pratique de la conduite de la conception, il semble important de faire état de ses caractéristiques et de ses limites.

3.1. Caractéristiques de la conduite de la conception en architecture

3.1.1. une activité multidisciplinaire

La conception d'un bâtiment met le groupe d'acteurs à l'épreuve du *temps*. Conduire une conception, a consisté de tout temps à assurer la production d'un travail singulier dans un *décalai* donné. L'époque actuelle, un peu plus qu'au temps des pyramides ou des cathédrales dont l'élaboration s'échelonnait sur plusieurs siècles, impose une rigueur des *échéances* et commande d'aller *vite*.

Si l'échéance est une valeur impérative de la conception (« l'angoisse des délais »), elle n'est pas la seule. Aux contraintes de temps s'ajoutent de façon encore plus aiguë qu'auparavant des contraintes techniques, financières et écologiques, le tout dans un contexte de plus en plus multidisciplinaire. Cette complexité n'est pas un vain mot et pour bien des projets, même petits, toutes les contraintes sont plus ou moins interdépendantes, voire inextricablement liées.

De ce fait, les délais, l'économie et de plus en plus l'écologie (avec le regain d'intérêts pour le développement durable), tout comme le droit obligent à concevoir tout bâtiment en *liberté surveillée*. Conduire la conception, c'est en ce sens faire l'expérience des *limites*: limites financières, limites des moyens, limites de la science et de la technologie, limites des lois, mais aussi limites culturelles (habitudes, pratiques, usages, tabous...).

En définitive, conduire la conception peut se décliner en quatre axes qui représentent la trame de l'activité de conduite de la conception :

3.1.1.1. Supporter l'état courant et les évolutions du bâtiment

Durant la conception, le produit bâtiment est au centre de l'activité et le processus de conception se construit autour de ses évolutions successives. Cela signifie que le produit bâtiment, ou plutôt les représentations du futur bâtiment, deviennent des entités non stabilisées, susceptibles d'évoluer à chaque instant, et dans tous les domaines. Il faut néanmoins maintenir cette entité non stabilisée et évolutive, qui sert de référence commune à l'ensemble des acteurs et qui guide leur action dans le projet. Mais si l'état courant du bâtiment était le seul guide de l'activité des concepteurs, le bâtiment ne parviendrait que rarement, voire jamais, à devenir une traduction physique de tous les objectifs et de toutes les contraintes portées par les différents acteurs de la conception. C'est pourquoi dans ce processus très mouvant, la conduite de la conception assure la régulation et l'orientation des activités, au regard de l'évolution de la solution, afin de maintenir une certaine cohérence dans le bâtiment en cours de conception. La conduite de la conception est alors le garant et la mémoire de l'état courant du bâtiment et de son évolution vers un optimum recherché. En ce sens, elle assure le pilotage et l'orientation des processus métiers. Pour orienter les processus métiers il faut assurer l'intégration des points de vue et instaurer la coopération au sein du projet.

3.1.1.2. Intégrer les points de vue des acteurs

Nous l'avons vu précédemment, chaque acteur du processus de conception est porteur d'un point de vue. Ce point de vue dépend de son statut, de son expérience et de sa position dans le cycle de vie du bâtiment. L'intégration de tous les points de vue passe par une double traduction. Une traduction des connaissances de l'acteur afin de les rendre accessibles et exploitables dans le projet, et une traduction physique de ses objectifs et de ses contraintes sur le bâtiment en cours de conception. Conduire la conception consiste donc à assurer cette tâche de double traduction. Elle garantit la cohabitation entre ces différentes traductions qui « dessinent » le bâtiment. Elle gère la cohérence et la légitimité des possibles évolutions du bâtiment afin de répondre à ce panel de spécifications, de contraintes et de solutions proposées.

Par ailleurs, l'intégration des points de vue n'est pas l'apanage d'un seul acteur ; elle n'est pas une discipline faisant appel à des connaissances spécifiques, comme c'est le cas dans les métiers. L'intégration des points de vue est une activité qui se retrouve dans chaque acte de conception, dans chaque apport au processus de définition d'un bâtiment. L'intégration est donc du ressort de plusieurs acteurs de la conception. Aussi, cette intégration passe par une coopération entre tous les acteurs de la conception.

3.1.1.3. Instaurer la coopération

Les acteurs des différents métiers qui interviennent dans le cycle de vie d'un bâtiment ont, au cours du temps, construit un certain nombre de connaissances et de savoir-faire qui leur sont propres. Le dialogue et la coopération entre ces acteurs de métier ne sont pas toujours aisés. Leurs référents, leur vocabulaire ou leurs objectifs sont souvent différents.

Il reste toutefois que le bâtiment n'est pas la seule entité capable de supporter la convergence. Conduire la conception ne consiste pas qu'à faire le « gendarme régulant la circulation des différentes connaissances et des différents objectifs, à ce carrefours des points de vue que représente le bâtiment en cours de conception ». La conduite de la conception assure également la coopération entre les acteurs, en amont d'une traduction de leurs points de vue sur le bâtiment. Cette tâche ne se résume pas qu'à faire cohabiter des points de vue différents mais à également orienter l'activité de chacun pour amener les acteurs à converger vers des attentes communes. L'objectif de la conduite de la conception est donc, d'instaurer une concourance dans la définition d'un bâtiment « unique », permettant de répondre aux attentes de chacun.

3.1.1.4. Prendre des décisions

Il existe une différence entre gérer et conduire une conception. Le premier terme renvoie à des fonctions d'évaluation et de contrôle. Le second apporte une connotation de plus grande influence sur le déroulement de la conception. Conduire signifie prendre part aux décisions qui dessinent le projet. Pour Conduire, il faut décider. Mais comme toutes décisions, celles qui modèlent le projet sont soumises à des critères, et répondent à des contraintes. De plus l'environnement extérieur peut influencer le mode de conduite d'une conception et intervient dans le contenu des décisions qui la construisent. Pourtant, l'environnement n'est pas le seul paramètre influent dans la prise de décision. L'état du bâtiment en cours de conception ou d'un processus métier sont également des facteurs qui entrent en compte dans la prise de décision. Ainsi pour passer d'une entité non stabilisée que représente le bâtiment en cours de conception, à une entité stable que représente le bâtiment conçu, un certain nombre de décision est pris (parti architectural, principe constructif, solutions diverses, etc.). Il reste néanmoins que ces décisions sont prises dans l'action, qu'elles sont étroitement liées aux

évolutions du bâtiment et à la configuration des processus. Elles restent donc difficilement planifiables.

De plus, la pluralité des points de vue, des techniques, des méthodes et des objectifs, est une source perpétuelle de conflits. De tels conflits sont d'autant plus fréquents que le nombre d'experts des différents domaines augmente. Mais conduire la conception ne consiste pas qu'à régler les conflits, il s'agit plutôt d'amener ces experts à les identifier et les résoudre eux même au plus tôt. De ce fait, conduire la conception n'est pas éviter les crises, c'est les remonter en amont, lorsque l'on peut encore les résoudre de manière posée, sans subir l'agitation et la frénésie d'une fin de projet. Conduire la conception consiste également à orienter ces conflits ou ces crises pour que leurs dénouements s'inscrivent dans des limites acceptables pour le projet, en termes de coût, de qualité et de délais. Il ne suffit pas de résoudre les crises qui se présentent, encore faut-il que les solutions à ces crises s'inscrivent dans une recherche d'optimum, pour le bâtiment ou pour les processus.

Conduire une conception consiste donc à orienter l'activité de chacun pour qu'elle s'inscrive dans une démarche globale où le bâtiment répond aux exigences techniques financières et temporelles.

Mais ce triptyque ne représente évidemment pas la seule contrainte que doit satisfaire le bâtiment en cours de conception. Nous pouvons également identifier d'autres domaines connexes qui doivent être considérés dans la conduite de la conception. Ainsi la gestion de l'incertitude, la gestion du risque, sont autant de domaines que doit également interroger la conduite de la conception pour être efficace.

En définitive, les différentes activités assurées dans la conduite de la conception sont donc des activités contingentes. La nature et l'origine d'un projet influent sur la conduite de la conception. Un projet peut alors répondre à plusieurs schémas de déroulement qui impliquent une conduite différente, répondant à des caractéristiques et des objectifs propres au bâtiment à concevoir et au projet.

Pour comprendre comment les acteurs parviennent à conduire et orienter la conception en architecture, il nous semble essentiel de mettre en lumière une propriété dialogique de la conception qui engendre une particularité dans la conduite de la conception.

3.1.2. Une activité à la fois prédictive et réactive

La conception d'un bâtiment est souvent trop complexe pour être menée de manière uniquement intuitive, sans être préalablement structurée. Elle ne peut être menée efficacement qu'à l'intérieur d'un cadre préalablement défini et relativement strict, qui impose aux concepteurs une certaine « ligne de conduite » (e.g. programme, contraintes, échancier, etc.). Ainsi, une proportion importante des actions mises en œuvre au cours de la conception d'un bâtiment, sont très bien identifiées, outillées et planifiées (types de phases, les moments de synthèse, etc.). En effet, dans tout projet d'architecture les acteurs de la conception disposent, plus ou moins, d'un besoin à satisfaire, exprimé sous la forme d'un programme auquel il faut répondre, et un ensemble de contraintes (réglementaires, techniques, financières etc.). Une grande part de leur activité consiste en l'analyse de ces données (programme et contraintes) pour permettre d'installer des idées, des concepts qui pourraient générer le projet puis de les évaluer. Mais pour que cet acte de conception soit efficace, les acteurs ont besoin d'une certaine liberté, d'une capacité à définir leur propre démarche, et à la modifier selon l'évolution de la conception et des processus.

L'observation des pratiques nous apprend que certaines activités mises en oeuvre, certaines actions entreprises au cours d'une conception, sont peu structurées, peu formalisées, voire complètement intuitives (e.g. réagir à des événements imprévus, intégrer de nouvelles activités dans le processus global, etc.). Il nous faut donc accepter que mener une conception à son terme consiste, d'une part à gérer, organiser et planifier un certain nombre de tâches dont les mécanismes et les résultats sont déjà connus (e.g. fournir des documents d'une certaine nature, effectuer des études, faire des propositions de solution, effectuer des synthèses. etc). Ainsi, au cours de la conception d'un bâtiment, un certain nombre de dispositifs techniques et organisationnels sont stabilisés et prédictifs. Ces dispositifs comportent des procédures, des outils, des règles et des objets qui permettent non seulement de structurer les activités de conception, mais également de décrire les résultats qu'elle permet d'atteindre (e.g. loi MOP).

Mais d'autre part, mener une conception consiste également à gérer un certain nombre de tâches, de situations, d'événements et d'actions qui, elles, ne sont pas initialement connues et formalisées.

Nous abordons ici les deux aspects différents mais complémentaires d'un même processus. La conception est une activité prédictive, qui doit être planifiée et instrumentée, une activité où l'on définit au préalable les actions qui seront menées. Dans le même temps, la conception est une activité réactive, qui évolue et s'adapte. Une activité dont le contenu change avec l'environnement, avec la personnalité des acteurs.

La conduite de la conception comporte donc une dimension prédictive et une dimension réactive. Cela signifie qu'une partie de l'activité de conception ne peut être préalablement planifiée mais dépend de l'évolution de la conception.

La planification ne garantit pas le succès de la conception, mais la manière de gérer et de contrôler les différentes situations non planifiées est bien souvent à l'origine de l'échec ou de la réussite d'un projet de conception.

Cette part non planifiable de la conception fait donc appel à une conduite qui l'est tout aussi peu. Assurer l'intégration des points de vue et leur traduction en spécifications sur le bâtiment, fait partie de ces tâches de conduite de la conception et qui sont difficiles à planifier.

3.2. Les limites de la conduite de la conception en architecture

L'effacement de l'expertise reine de l'architecte au profil d'une multidisciplinarité dans la conception engage de fait la question de la cohabitation des professions et de leur langage professionnel. Ainsi, toute la difficulté réside dans le fait de tenir ensemble le technique, l'économique, le social, le culturel ...etc.

C'est à cet égard qu'on parle de conduite de la conception qui doit prendre un caractère transversal pour maîtriser les informations, ordonnancer et coordonner les intervenants et les activités, maîtriser les modifications, assurer la synthèse des points de vue, suivre les processus, etc.

Or, l'observation des pratiques montre que la conduite de la conception est souvent négligée par les concepteurs et le raccourcissement des délais de conception imposé aux équipes de maîtrise d'œuvre ne fait qu'accentuer cette situation. En effet, la conduite de la conception ne constitue pas une pratique reconnue par les différents intervenants. « Improviser » une

solution pour répondre aux aléas et imprévus de la conception, dus à cette absence de concertation, devient alors pour la plupart d'entre eux une action naturelle et habituelle. De plus il n'existe pas de méthode de conduite de la conception, et par conséquent les responsabilités des intervenants ne sont pas définies.

Cet état de fait est dû essentiellement à trois problèmes :

- Un problème réglementaire : l'absence d'une mission réglementée pour la conduite de la conception,
- Un problème organisationnel : l'absence d'un acteur leadership de la conduite de la conception,
- Un problème méthodologique : l'absence d'outil de conduite de la conception.

3.2.1. Une mission non réglementée et une fonction d'intégration non clarifiée

Il est tout à fait étrange de remarquer que ce terme de « *conduite de la conception* » n'est indiqué nulle part dans les textes réglementaires (Loi 1977 sur l'architecture et la loi MOP). Il est sans doute sous-entendu, mais les acteurs de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre sont davantage décrits comme des acteurs devant répondre à des actions séquentielles. Or, l'essentiel de la difficulté est bien dans le « *travailler ensemble* ».

Il est vrai que dans les petites et moyennes opérations, des conventions, et des contrats, des familiarités et des amitiés régulent et favorisent les partages de tâches et de responsabilités, mais ils paraissent fréquemment insuffisants dans les grandes opérations au regard du nombre d'intervenants et des luttes pratiques et symboliques que se livrent quotidiennement les divers professionnels mobilisés dans la conception.

Ainsi, et en l'absence d'une réglementation claire en la matière, nous constatons que la conduite de la conception fait l'objet de tous les conflits potentiels, de tous les malentendus entre gestion économique, technique, administrative, réglementaire, etc, que nous considérons pour notre part indissociables de la conception elle-même.

De plus, on assiste à une dichotomie de la conduite de la conception entre la maîtrise d'ouvrage qui la conçoit comme une gestion de projet « classique » avec des objectifs d'optimisation des coûts, des délais et de la qualité, et la maîtrise d'œuvre qui la conçoit comme intrinsèquement liée à la conception elle-même avec son lot de résolution de problèmes, de production de coordination et de synthèse et considère qu'elle mérite une mission normalisée, une rémunération déclarée et un statut clarifié. En effet, la conduite de la conception n'est ni rémunérée ni commandée par des ordres de service. Par conséquent, ces acteurs peuvent ne pas l'exécuter et évitent d'y consacrer du temps et des ressources économiquement improductifs.

Cette situation est d'autant plus importante et difficile à vivre pour les acteurs de la conception quand il s'agit d'utiliser des plans d'action et d'animation divergents entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre. Ce qui aboutit généralement à des conflits internes et par voie de conséquence, à une dégradation du résultat escompté.

3.2.2. Le manque d'un leadership

Cette non-clarification de la conduite de la conception engendre par ailleurs un autre problème. En effet et compte tenu des répercussions des décisions prises en amont sur leur

propre part de risque, plusieurs acteurs souhaitent s'investir dans cette « activité » qui s'apparente parfois à une « prise de participation » !

Actuellement les architectes sont très généralement mandataires des groupements de maîtrise d'œuvre au titre de la loi 1977 et du fait de la solidarité obligatoire entre les acteurs des groupements de conception. A ce titre, l'architecte mandataire de l'équipe de maîtrise d'œuvre, semble être celui qui possède la position la plus favorable pour cadrer non seulement les acteurs qui participent à la conception, mais également les prescripteurs et les acteurs institutionnels qui sont à l'extérieur de l'équipe de conception. Mais il peut arriver, que cette tâche lui paraisse hors de portée, trop contraignante ou pas clarifiée dans les contrats et qu'il s'en désintéresse pour se consacrer entièrement à la conception architecturale.

De ce fait, nous voyons, des ingénieurs des bureaux d'études, des AMO, des entreprises et d'autres acteurs extérieurs à l'acte de conception (e.g. cabinets spécialisés), revendiquer de plus en plus cette tâche de conduite de la conception.

Ainsi, on constate, de plus en plus, que cette fonction est tenue par des acteurs professionnels différents. Un tel constat n'est pas surprenant car ce n'est pas tant l'appartenance à une profession qui va déterminer la capacité d'action de l'acteur « conducteur », que des variables telles que le temps disponible sur le projet, la continuité d'intervention le long du déroulement du projet, la compétence spécifique de l'acteur par rapport à des problèmes clé du projet et sa capacité de décision. Ainsi son rôle est alors de faire en sorte, par son positionnement et son action, que l'énergie de l'ensemble des acteurs soit canalisée dans le même sens et mise au service d'un projet.

Face à ce déficit, des évolutions sont pourtant possibles. La nature nous donne un exemple avec « *le vol des canards en triangle* ». Celui qui est dans la pointe change durant le vol, permettant le maintien permanent de quelqu'un de « *frais* » pour « *conduire* » l'ensemble du groupe.

C'est, selon cette métaphore, appliquée à la conception en architecture, que quelques majors du secteur de la construction, ont imaginé une *conduite interprofessionnelle de la conception*, distribuée entre les acteurs majeurs de la conception. Ainsi la conduite de la conception devient du ressort de la maîtrise d'ouvrage durant la programmation, de l'architecte durant la conception architecturale, de l'ingénieur généraliste durant la conception technique et de l'entreprise durant la conception de production. Cependant, donner à chacun le rôle majeur, au moment où sa compétence peut contribuer à la conduite de la conception, est une notion importante, mais il est essentiel que ces acteurs soient mobilisés ensemble pour créer des solutions cohérentes et harmonieuses.

Si de nombreuses expériences sont menées depuis quelques années sur la fonction et la nature du conducteur de la conception, aucune n'a réellement approfondi ses conséquences en termes juridiques et économiques. Il est difficilement acceptable de maintenir l'opacité des pratiques de conduite actuelles.

En définitive, les modalités d'une conduite efficace évoluent d'un projet à l'autre et l'acteur responsable de la conduite reste généralement le mieux placé pour choisir une démarche efficace selon la physionomie de son projet et l'état courant du bâtiment. Pourtant, qu'il s'agisse d'un acteur individuel ou d'un groupe d'acteurs, le conducteur d'une conception a besoin d'outils pour l'aider à mettre en place une telle démarche. Il doit avoir à sa disposition des instruments pour supporter cette activité complexe et éclectique.

3.2.3. l'outil de conduite de la conception n'existe pas

Il existe une multitude d'outils utilisés durant l'activité de conduite de la conception. Cependant, il n'est pas question ici de faire un état des lieux sur l'instrumentation mise à disposition de l'activité de conduite. Certains outils sont disponibles dans le commerce, d'autres ont été développés en interne par des acteurs pour instrumenter une conduite de conception spécifiquement adaptée à la nature de leurs projets ou de leurs modes de fonctionnement. Ces outils, qu'ils soient méthodologiques ou logiciels, couvrent la presque totalité des tâches que doit assurer la conduite de la conception. Mais le large éventail des tâches ne permet pas à un outil unique de supporter l'intégralité de cette activité. Ces outils sont donc construits pour répondre à des aspects cernés et spécifiques du besoin d'instrumentation dans l'activité de conduite de la conception.

3.2.3.1. Les outils spécifiques de gestion

Certains outils ont été développés spécifiquement pour permettre aux acteurs de conduire leur activité de conception au regard des contraintes que le projet doit satisfaire. Ainsi on trouve des outils de :

- *Planification et partage des ressources* : il existe une liste conséquente de ce type d'outils. Conduire la conception pour favoriser la concourance est l'une des fonctions de la conduite de la conception. Pour y parvenir, les acteurs disposent d'une multitude d'outils parmi lesquels nous pouvons citer des diagrammes *PERT*, les diagrammes *GANTT* ou les représentations *Potentiel-tâches*. Ces outils permettent une planification, un suivi et un contrôle détaillé et global de la répartition et de l'exécution des différentes tâches du projet. De plus, avec le développement actuel des *EDI* (échange de données informatisées), les plannings peuvent être accessible en ligne et réactualisés en permanence. Cependant, si les outils de planification sont bien connus en phase d'exécution, ils sont encore trop peu développés en phase conception. Introduire son usage durant cette phase permet de mieux préparer la conception et de mobiliser les différents intervenants sur les enchaînements des tâches qui les concernent directement et indirectement.
- *Suivi des coûts* : nous pouvons également trouver de nombreux outils financiers, de calcul des coûts, permettant une approche économique de la conduite de la conception. Ces outils utilisent des règles et des théories toujours plus poussées et plus précises telles que la comptabilité analytique, le coût global, le ratio utile, etc. ces outils permettent de contrôler le respect des objectifs financiers et de comparer les ratios obtenus avec ceux issus d'opérations comparables. De plus ils permettent une évolution de la notion de ratio/m² à celle de métré détaillé ce qui facilite le contrôle de la cohérence des données par rapport aux diverses exigences issues des phases précédentes.

3.2.3.2. Les outils d'aide à l'intégration

D'autres outils sont également utilisés pour supporter la conduite de la conception. Parmi eux, certains ne sont pas initialement conçus à cet effet.

- *Assemblage* : les outils de CAO modernes peuvent être mobilisés, outre leur fonction première, comme outil de conduite de la conception. Ils permettent de visualiser rapidement l'agrégation de solutions développées localement durant la conception distribuée. Ils donnent ainsi la capacité de prendre connaissance des dysfonctionnements, qu'ils soient techniques, géométriques ou fonctionnels, de la solution assemblée. Bien qu'ils ne soient pas construits pour cet usage premier, ils représentent néanmoins un support maintenant indispensable à la conduite de l'intégration.
- *Simulation* : les outils de simulation, tout comme les outils de CAO, ne sont pas des outils spécifiquement dédiés à la conduite de la conception. Néanmoins leur apport est incontestable. Ils permettent de prendre rapidement connaissance des différents comportements physiques du bâtiment (thermique, acoustique, éclairage, structure, sallissure des façades, etc.), et donc de déterminer les fonctions techniques assurées ou qu'il faudra assurer pour maintenir la cohérence de l'ensemble du bâtiment. Ils procurent une certaine réactivité en permettant de redéfinir constamment les tâches à entreprendre à l'instant t+1, au regard de l'état du bâtiment à l'instant t.
- *Gestion des données* : sur un autre plan, les Systèmes de Gestion de Données Techniques permettent quant à eux, de structurer, capitaliser et réutiliser les différentes données techniques qui sont produites et manipulées au cours d'un projet de conception. En effet une modélisation architecturale, tout comme un modèle de calcul de structure, sont des entités qui perdent leurs sens en dehors de leur contexte de définition. La volonté de concourance qui prévaut dans la conception passe par une coopération et donc un partage de l'information entre les différents acteurs de la conception. Cette volonté amène donc à privilégier deux critères particuliers dans la structuration des données, à savoir leur extensibilité et leur non-redondance. Cette approche a pour objectif de favoriser une meilleure circulation de l'information et donc une meilleure coordination entre des acteurs de compétences et de connaissances différentes.

Par ailleurs, quel que soit le ou les outils utilisés, ils ne permettent d'aborder que très imparfaitement toute la complexité des problèmes de la conduite de la conception. En effet cette complexité est à l'origine de cette profusion d'outils de plus en plus pointus et perfectionnés, mais également de plus en plus cloisonnés et spécifiques. Certes, ces outils gèrent davantage de paramètres mais ils s'avèrent également de plus en plus spécialisés et décontextualisés.

3.2.3.3. Des outils cloisonnés et décontextualisés

Le nombre relativement important d'outils utilisés lors de la conduite de la conception implique une certaine redondance dans l'offre. Il est ainsi possible d'aborder un axe particulier de la conduite par différentes méthodes, implémentés dans des outils différents.

Pourtant, si nous pouvons observer une certaine redondance dans ce « bouquet » d'outils, nous pouvons également observer un non recouvrement de leurs champs d'action. Ce cloisonnement dans leurs champs d'action respectifs est le fruit de leur spécialisation. Ces outils sont construits comme des entités autonomes qui doivent pouvoir s'intégrer dans tous les types de projet. Leur capacité d'adaptation à la nature spécifique d'un projet de conception reste donc limitée. Pourtant, tous les aspects d'un projet de conception sont

interdépendants. Dans ce cas, comment prendre en compte la spécificité du bâtiment à concevoir dans des outils basés sur une certaine généralité de l'approche des projets ? Ainsi, comment prendre en compte dans un outil de planification, les répercussions d'un choix technologique ? De même, est-il possible de mesurer précisément le poids d'une décision technique dans la conduite des délais ? Tous les aspects d'un projet de conception s'influencent mutuellement, entretiennent d'étroites relations. Il n'en est pas toujours de même pour ces outils qui deviennent moins efficaces lorsque l'on aborde la conduite à l'interface de tous les aspects d'une conception.

Par ailleurs, et au-delà du cloisonnement qui apparaît entre tous ces outils, leur nature souvent générale limite également leur efficacité. Tous ces outils sont basés sur des méthodes et des connaissances largement admises et répandues. Il faut cependant garder à l'esprit que la particularité d'une conception est de pouvoir élaborer ses propres règles d'action. Si toutes les conceptions possèdent certaines similitudes, elles cultivent également certaines différences.

La question de l'instrumentation de la conduite de la conception se pose alors en ces termes : dans la course à l'uniformisation des outils, qui s'accompagne d'une certaine décontextualisation, comment trouver le juste milieu pour conserver aux outils leur fonction première d'aide à la conduite, sans les transformer en un carcan trop contraignant, sans qu'ils deviennent les vecteurs d'une organisation bureaucratique lourde et pénalisante ? Il semble aujourd'hui que ces outils laissent de moins en moins de place à la personnalité propre d'une conception, au profit d'une trame parfois trop rigide et trop éloignée de la réalité du terrain pour pouvoir être totalement efficaces.

En ce sens, fournir des outils efficaces de conduite qui répondent à la réalité physique de la conception, tel est le défi qui se présente à nous. Cette « réalité physique » de la conception pose de nombreux problèmes. Comment répondre aux besoins spécifiques d'une conception en particulier ? Ces outils ne le peuvent que partiellement. Les outils efficaces de conduite de la conception nous semblent alors ceux qui aborderont l'activité de conduite par les domaines communs à toutes les conceptions. Il est donc logique d'observer que les outils actuels sont basés sur la prise en compte de considérations partagées par l'ensemble des projets de conception (gestion du temps, gestion des ressources, etc). En revanche, lorsque l'on observe l'état actuel de l'offre sur les outils de conduite, il apparaît qu'il n'existe pas (à notre connaissance) d'outils qui permettent de conduire la traduction physique ou technologique des points de vue. Il est vrai que l'intégration des points de vue se traduit différemment selon la nature du bâtiment à concevoir, selon le processus mis en place. Dans ce contexte, comment un outil peut-il supporter la conduite au regard de la réalité physique d'une conception, alors qu'il n'existe pas une, mais une multitude de réalités physiques ?

Nous aboutissons donc à un certain paradoxe. La conduite de la conception garantit les coûts, les délais et la qualité. Mais l'objectif premier d'une conception reste de parvenir à la définition d'un bâtiment, par une confrontation des points de vue et par leur traduction en spécifications techniques esthétiques et fonctionnelles pour le bâtiment. De nombreux outils existent pour instrumenter la conduite suivant ces différentes contraintes de coût de qualité et de délais. En revanche, il n'existe pas d'outil pour aider à assurer la cohérence et la cohabitation des solutions portées par les différents acteurs de la conception. C'est pourquoi cet aspect de l'activité de conduite est généralement laissé au savoir-faire et à l'expérience personnelle des acteurs.

La Figure 2 rend compte, de manière schématique et non exhaustive, des outils utilisés pour conduire la conception en architecture. Elle les met en correspondance avec le trèfle fonctionnel inspiré du modèle d'Ellis et Wainer [Ellis et Wainer, 1994]. Elle décrit particulièrement leur articulation avec l'aspect prédictif et l'aspect réactif de la conduite de la conception et représente notre positionnement pour instrumenter la conduite de la conception en architecture.

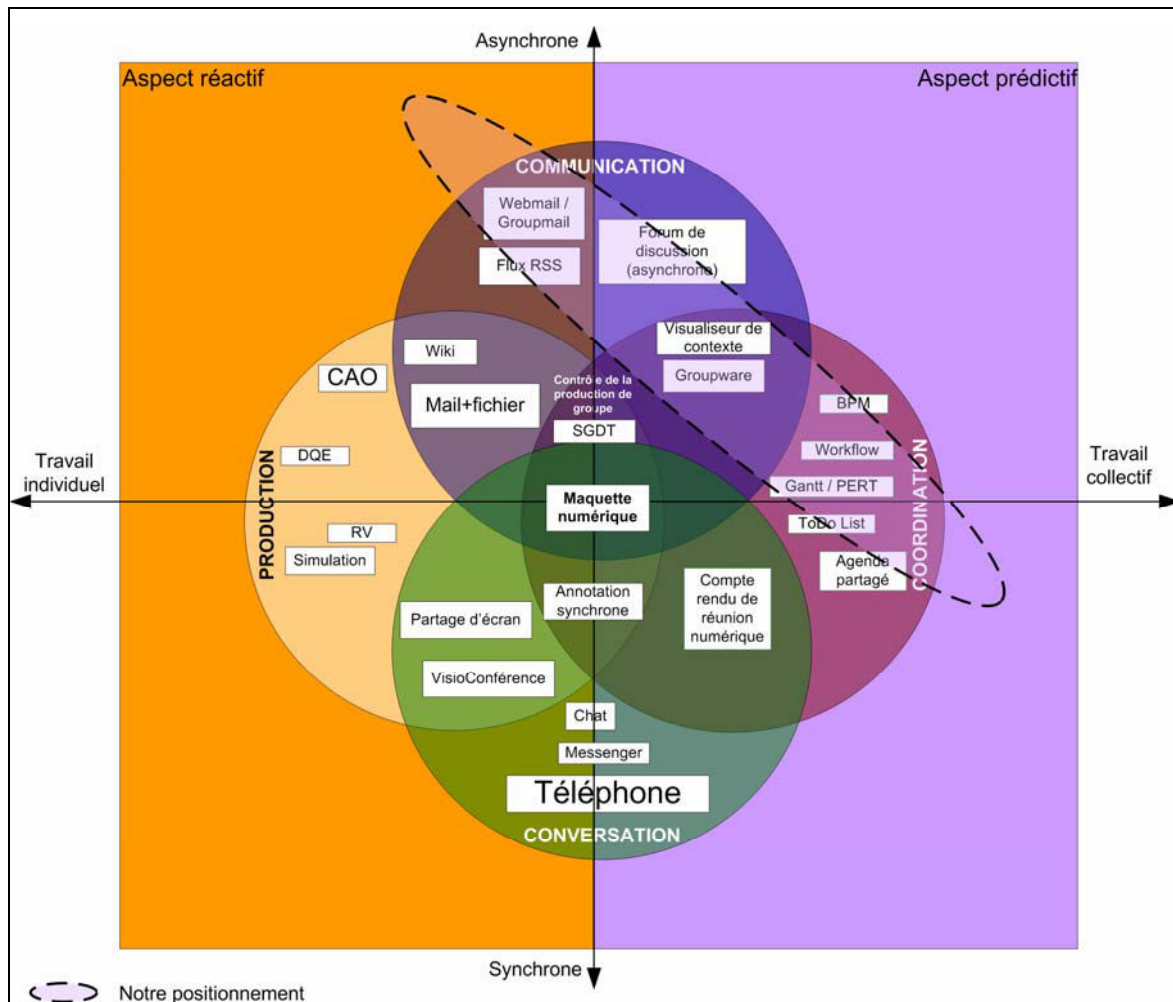


Figure 2: Résumé des outils et positionnement pour instrumenter la conduite de la conception en architecture

3.3. Conclusion du chapitre

Conduire la conception en architecture c'est trouver les meilleures réponses possibles aux résistances qu'elle rencontre tant en amont pour imaginer les actions préventives, qu'en aval pour trouver les bonnes mesures curatives.

C'est aussi prendre en compte l'interaction permanente entre le projet et son environnement. Dans certains cas, cela appellera un simple décalage ou glissement, dans d'autres cas quelques modifications ou retouches. Certaines résistances ou obstacles majeurs peuvent conduire à réviser les objectifs (modifications du programme) voir la portée et le sens du projet.

Ainsi, durant la conception en architecture, il est important de savoir arrêter, adopter une position de repli, sans désordre. C'est le propre d'une conduite de la conception. Même si on ne peut pas tout prévoir, on peut, par le jeu des simulations, se préparer mentalement et dans

la pratique à réagir stratégiquement. Une simple solution de remplacement disponible est un facteur de sécurité pour les acteurs de la conception.

Par ailleurs, nous observons un certain décalage entre l'activité de conduite de la conception – activité transversale et multidisciplinaire par essence- et les outils spécifiques et cloisonnés dont elle dispose pour la supporter. A l'intérieur de cette activité, le registre de l'intégration et de ses répercussions sur le bâtiment constitue le maillon faible de l'instrumentation. Cette activité d'intégration des points de vue est étroitement liée à l'évolution de l'état du bâtiment en cours de sa conception. En ce sens elle représente une activité réactive qui ne peut être conduite efficacement qu'en tenant compte à chaque instant de l'avancement de la conception. La conduite de la conception est donc une activité qui se doit d'être tour à tour prescriptive et réactive. Ainsi on peut planifier un certain nombre de tâches et de paramètres, et tenir compte dans le même temps de l'évolution de la conception comme source potentielle de remise en cause du travail planifié.

Il demeure toutefois que malgré le manque d'instrumentation de l'intégration, les acteurs parviennent généralement à mener leurs projets de conception avec succès. La question que nous pouvons donc légitimement nous poser est de savoir alors, comment parvenir à assurer une conduite efficace, qui tient compte de la spécificité du bâtiment à concevoir ? Comment mettre en place des démarches communes aux différentes instances de conduite de la conception ?

Pour ce faire, nous allons dans un premier temps analyser des modèles théoriques existants sur la conception en architecture afin de construire sur la base de nos observations un modèle de la conduite de la conception en architecture. Ce modèle a pour fonction de décrire la démarche de conduite de la conception, pour coordonner le travail de chacun et intégrer des solutions locales dans le bâtiment. Ce travail nous permettra par la suite de déterminer dans quelle mesure cette activité est outillable et proposer des spécifications afin d'instrumenter l'activité de conduite de la conception en architecture.

Partie II : Approches théoriques sur les processus de conception en architecture et leur conduite.

L'objectif de cette partie est de mettre en évidence les éléments de la littérature qui ont été utilisés pour construire notre réflexion, d'en cerner les limites et de proposer des éléments complémentaires relatifs à la conduite de la conception en architecture.

Dans le chapitre 4, nous reviendrons sur deux notions structurantes et communément utilisées dans la conception en architecture : les notions de processus et de projet. Il s'agit d'en saisir les sens au travers des différentes définitions et de présenter les principaux concepts.

Le chapitre 5 dresse un état de l'art nous permettant d'identifier, dans les travaux existants, plusieurs modes de représentations du processus qui décrivent autant de ses dimensions.

Dans le chapitre 6, et sur la base de cet état de l'art, nous définirons un processus générique orienté conduite de la conception en architecture.

Dans le chapitre 7, nous aborderons les difficultés d'une instrumentation de la conduite de la conception en architecture liées à la temporalité et l'unicité des projets. Nous exposerons, ensuite, notre parti pris d'instrumenter la conduite de la conception sur la base des modifications apportées au cours du processus.

La recherche, c'est ce que je fais quand je ne sais pas ce que je fais.

Werner Von Braun

Chapitre 4. La conception en architecture entre processus et projet

Les notions de processus et de projet sont aujourd'hui partie intégrante de la définition de la conception en architecture. Cependant, alors qu'il y a un quasi-consensus sur l'emploi de ces termes pour caractériser la conception en architecture, on observe une grande diversité dans leur utilisation et une variation dans leurs niveaux de granularité. L'objectif de ce chapitre est de proposer des repères pour un usage précis de ces notions dans la suite de notre étude. De plus la synthèse qui est proposée dans ce chapitre permet de mieux appréhender les modélisations dans le cadre de la conception en architecture.

4.1. La notion de processus comme figure privilégiée de la conception en architecture

La notion de processus est largement répandue, notamment dans les théories des organisations et les approches qualité.

En architecture, l'émergence de la notion de processus est concomitante de celle de conception.

Dans les années soixante s'opère une rupture épistémologique et les interrogations qui avaient essentiellement pour objet, les objets projetés et qui faisaient l'enjeu des doctrines architecturales se déplacent. C'est l'activité de projet qui devient l'objet questionné.

Cette rupture ouvre le champ d'une véritable architecturologie au sens large, c'est-à-dire, d'une approche scientifique qui questionne l'architecture non plus comme objet conçu ou comme objet réel mais comme activité cognitive singulière.

Dès lors apparaissent de nouveaux concepts comme opération, acteur, processus, échelle (au sens de Boudon [Boudon, 2002])

Cependant, on observe une grande diversité dans l'utilisation de la notion de processus. Les niveaux de granularité sont variés, les langages multiples et les approches différentes.

Nous rappelons que l'objectif de cette section est d'apporter les éléments d'une « lecture processus » de la conception en architecture. Il nous semble donc nécessaire, de revenir sur quelques définitions de processus avant de proposer un cadre unificateur de la notion de processus de conception en architecture.

Afin de proposer une définition pertinente du terme processus, il nous faut d'abord rappeler la distinction courante entre les termes proches à savoir : *procédure* et *procédé*.

4.1.1. Processus, procédure et procédé

Processus, procédure et procédé sont trois termes à l'origine commune et en partie proches par les usages. On y trouve, à des degrés divers, une dimension chronologique entre des éléments, étapes ou opération, ainsi qu'une dimension méthodologique. Les trois termes dérivent du latin « *procedere* », qui signifie « aller en avant »¹⁶.

Le terme *procédure* a reçu une signification juridique qui a perduré : le mot désigne les formes et règles selon lesquelles on doit se comporter en justice. Par ailleurs le terme *procédé* après avoir évoqué de façon générale une « *manière de faire* » a pris au XVII^e siècle le sens technique de « *manière méthodique employée pour parvenir à un résultat* ». Cet usage a influencé, notamment via l'anglais, un deuxième sens de *procédure*, qui s'est largement répandu dans le domaine de l'organisation comme « ensemble d'étapes successives dans la conduite d'une opération complexe ».

Le terme *Processus*, après avoir désigné en anatomie une prolongation d'organes, a pris au XIX^e siècle le sens de « *suite d'événements naturels, se déroulant dans le même ordre* ». Ensuite, dans le domaine technique, on l'a utilisé dans un sens le rapprochant de procédure, comme une « *suite ordonnée d'opérations aboutissant à un résultat* », notamment dans l'expression *processus de fabrication*.

Nous voyons, donc, que les deux termes processus et procédure, bien distincts à une époque, le premier relevant du domaine de la nature et le second de la science de l'artificiel, se sont rapprochés et parfois substitués dans le langage courant.

Aujourd'hui, ils recommencent à être différenciés. En effet, la distinction entre ces deux termes a été normalisée par la norme ISO9000 qui définit la procédure comme « *une manière spécifique d'effectuer une activité ou un processus* ». Cela signifie qu'une procédure a été définie sur le plan organisationnel : les rôles ont été attribués, les supports identifiés (documents, logiciels...) et les méthodes de travail arrêtées. Un même processus peut donc donner lieu à plusieurs procédures différentes. Les procédures dites « *documentées* » sont celles qui ont fait l'objet d'une description écrite.

Attachons nous maintenant à éclairer la notion de processus.

4.1.2. Quel cadre unificateur au terme processus ?

Plusieurs définitions du terme processus existent dans la littérature. Ainsi, M. Périgord [Périgord 87] définit le processus comme étant « *une succession de tâches réalisées à l'aide de moyens tels que le personnel, les équipements, le matériel, les informations, les procédures. Le résultat final escompté est un produit* ». Cette définition se heurte à une limite puisqu'elle sous entend que le résultat d'un processus est obligatoirement un produit manufacturé.

Ceci nous amène à la définition de référence de processus qui est aujourd'hui celle donnée par la norme ISO9000:2000. C'est « *un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforment des éléments d'entrée en éléments de sortie* ». Cette définition intègre la réalisation des produits et des services. De plus elle est succincte, ce qui autorise une application très large. À l'inverse, elle offre une aide limitée pour l'identification, la construction ou la représentation des processus. Pour la compléter nous faisons appel à la définition donnée par Théroude qui considère qu'un processus est « *un enchaînement*

¹⁶ Définition tirée du Dictionnaire historique de la langue française, dir. A. Rey, Le Robert, 2000

partiellement ordonné d'exécution d'activités qui, à l'aide de moyens techniques et humains, transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie en vue de réaliser un objectif dans le cadre d'une stratégie donnée » [Thé 02]. De cette définition se dégage l'idée que les processus sont conçus pour apporter une valeur ajoutée et réaliser des orientations stratégiques. Ainsi l'objectif d'un processus est l'expression de la mission qu'il doit accomplir.

L'objectif est parfois proche du résultat. En effet l'objectif d'un processus se concrétise dans le résultat final du processus. C'est ainsi que dans les organisations, les objectifs stratégiques sont déclinés en objectifs assignés aux processus et l'objectif de chaque processus est traduit en résultat à atteindre. C'est pourquoi Y. Mouglin perçoit le processus comme « une boîte noire qui a une finalité (les données de sortie) et qui pour atteindre cette finalité, utilise des éléments extérieurs (les données d'entrée) et les transforme (en leur donnant une valeur ajoutée) par du travail et des outils (activité et ressources) » [Mouglin, 02].

Dans cette définition nous voyons un premier parallèle avec la conception en architecture qui a été longtemps assimilé à une boîte noire avec des données d'entrée et des données de sortie. De même la conception en architecture utilise cette notion d'objectifs pour faciliter la prise en compte des spécificités de l'opération par tous ses acteurs par la voie d'un programme architectural.

Cette notion d'objectif comme une caractéristique générale du processus est donc distincte du résultat comme sortie ou **production** du processus.

Par ailleurs, tout processus s'inscrit dans la durée et traduit à la fois une succession d'évènements et une progression¹⁷. Il est donc caractérisé, par le développement temporel de chaque activité, avec un cheminement d'étapes qui inclut des retours en arrière, des interactions de causes et d'effets. Cette **temporalité** affecte directement l'organisation en réseau des activités du processus de manière séquentielle ou parallèle [Tarondeau, 98].

De plus, un processus n'est constitué qu'en apparence d'activités individuelles coordonnées. En réalité, le processus ne résulte pas plus de la coordination d'activités individuelles qu'une conversation ne résulte de la coordination de monologues, parce que les activités de chacun des acteurs impliqués ne sont pas « individuelles » : leur appartenance au processus, leur nature sociale, est inscrite dans leur contenu même, dans leur caractéristiques, dans leur instrumentation et dans leur développement, que les acteurs en soient conscients ou non.

En ce sens, en gestion, la notion de processus désigne, la coopération d'activités locales qui ne se caractérisent pas par leur similitude, mais par leur complémentarité pour atteindre un certain type de résultat, porteur de sens au plan technique économique ou social.

Le processus apparaît alors comme figure de l'activité collective : ce n'est pas une activité collective caractérisée par la communauté de pratique des acteurs, puisqu'en son sein coopèrent des acteurs qui réalisent des activités différentes, mais une activité collective caractérisée par la complémentarité des activités individuelles qui s'y jouent, une activité conjointe et non une activité commune, selon la terminologie adoptée par Denis Vernant [Vernant, 1997].

Le terme « processus » s'applique donc, à des configurations « conjointes » de l'activité collective [Vernant, 1997], c'est-à-dire des configurations caractérisées par l'hétérogénéité des compétences mises en œuvre et par des complémentarités pratiques entre l'action de

¹⁷ Selon, l'Encyclopédie de la gestion et du management de 1999

plusieurs acteurs, dont l'intervention combinée est nécessaire à l'atteinte d'une visée, du fait notamment de la division du travail.

A ce stade de notre analyse du terme processus nous remarquons un deuxième parallèle avec la conception en architecture (activité collective par excellence) qui comme le processus présente un caractère **interactionnel**. En effet, pour qu'elle puisse se réaliser, il faut que les différents acteurs impliqués dans la conception interagissent entre eux, directement ou indirectement, via la coordination. Ces interactions sont marquées du sceau de l'hétérogénéité. Ainsi l'activité de chaque acteur est littéralement « adressée » aux autres acteurs du processus. (Notion de prescription réciproque selon Hatchuel [Hatchuel, 2002]).

Sur la base de ces différentes définitions, certes non exhaustives mais représentatives des différentes approches de définition du terme processus, nous mettons en évidence quatre dimensions qui permettent de constituer un cadre unificateur du terme processus:

1. Une **dimension temporelle**. Cela signifie que le temps borne le processus et intervient comme variable explicative de phénomènes générés par la progression du processus. Ces derniers peuvent être :
 - *cinématiques*, c'est à dire liés à la configuration et aux propriétés des flux qui chaînent entre elles les activités ou transforment l'état des produits ou des ressources,
 - *dynamiques*, c'est à dire liés aux phénomènes d'apprentissage qui ne manquent pas d'apparaître au cours du temps, dès que sont mis en relation des activités et des acteurs, donc des connaissances hétérogènes.
2. Une **dimension relationnelle** car un processus met en relation des activités différentes selon un ordre prédéfini ou non. Cette dimension se traduit par une distinction entre :
 - *processus routiniers*, dont les activités sont ordonnées et exécutent ce qui a été prévu,
 - *processus non routiniers*, dont les activités ne sont pas ordonnées *a priori* car pilotées selon une stratégie opportuniste.
3. Une **dimension productive** puisqu'un processus assure une transformation d'état de produits et de ressources. En effet le processus consiste d'une part à transformer les produits en assurant, de façon dynamique, la création de valeur [LORINO 95]. D'autre part le processus consiste à transformer l'état des ressources utilisées par les activités qu'il intègre, soit en les utilisant, en les consommant, ou en les créant. C'est de par cette création dynamique de valeur, ou cette transformation d'état des ressources que le processus a une dimension productive.
4. Une **dimension coopérative** qui est présente entre les acteurs de sorte à avoir une offre finale satisfaisante.

L'examen des propriétés de la conception (§ Chapitre 1) et des caractéristiques de la conception en architecture (§ Chapitre 2), montre une convergence autour de ces quatre dimensions qui nous permettent de caractériser la notion de processus.

En effet, toute conception est bornée dans le temps, et intègre des activités dont la durée se mesure selon un temps physique ou logique [Laaroussi, 2004]. Ceci permet de créer un lien avec **la dimension temporelle du processus**.

De plus, la recomposition du système d'acteurs, l'existence de métiers et de compétences différentes nécessitent des interactions entre les acteurs. Ce caractère collectif et interactif de

la conception qui s'opère selon des modalités coopératives et collaboratives permet d'inscrire la conception dans **la dimension relationnelle du processus**.

Par ailleurs, le caractère productif et cognitif de la conception lui permet de créer de la valeur par la transformation d'une intention, une idée ou un concept en données susceptibles de répondre à un besoin. Ceci se fait par l'utilisation de ressources matérielles ou humaines afin de produire des données ou des connaissances. Nous abordons ici **la dimension productive du processus**.

Enfin, les échanges très variables entre les acteurs de la conception ainsi que les protocoles souples mis en place dans la conception en architecture, témoignent de situations caractérisées principalement par une « *coopération opportune* » [Bignon et al, 1998]. Ceci permet d'inscrire la conception en architecture dans **la dimension coopérative du processus**

En définitive et quelque soit le degré de compréhension et de description de la conception, on peut conclure que le terme « processus » peut s'appliquer pour désigner la conception en général et la conception en architecture en particulier.

Toutefois, et contrairement aux processus répétitifs, l'organisation de la conception en architecture est toujours à redéfinir. En effet l'unicité de la conception implique que pour chaque opération, il faut une identification des activités particulières. De plus, les aléas font partie de toute conception et représentent parfois un degré d'imprévisibilité élevé, alors que dans les processus répétitifs, l'amélioration continue repousse les frontières de l'incertitude. Il s'agit ici d'une forme particulière de processus que nous présentons sous l'expression « processus projet » et qui est communément utilisée sous le terme « projet » que nous détaillons dans la section suivante.

4.2. La notion de projet au cœur de la conception en architecture

En architecture l'activité de conception est centrée sur le « produit » bâtiment. Ce produit occupe une place centrale et les processus se construisent en fonction de son état. Ainsi, l'intervention d'un acteur ne survient pas parce que c'est à son tour de contribuer à la définition du bâtiment, mais parce que l'on estime que son action, à cet instant donné, dans cet état d'avancement du bâtiment, permettra de le faire évoluer de manière satisfaisante. Cependant, la grande difficulté d'un tel fonctionnement est que le bâtiment devient alors une entité très peu stabilisée, susceptible d'évoluer à chaque instant en fonction des acteurs qui interviennent. Supporter la pluralité, les évolutions, et gérer toutes les compétences mobilisées, sont autant de facteurs indispensables pour mener efficacement la conception. Tous ces facteurs sont réunis sous une entité maintenant indissociable de la conception en architecture : **la notion de projet**.

4.2.1. Le projet d'architecture : un seul concept mais plusieurs significations

Il n'est pas aisé de donner une définition à la fois concise et précise de ce qu'est un projet. En effet le terme « projet » est un terme quelque peu ambigu. L'origine du mot *projet* provient du mot latin *projectum* de *projicere*, «jeter quelque chose vers l'avant» dont le préfixe *pro* signifie «qui précède dans le temps» (par analogie avec le grec *πρό*) et le radical *jacere* signifie «jeter». Ainsi, le mot «projet» voulait initialement dire «*Quelque chose qui vient avant que le reste ne soit fait*».

Quand le mot a été initialement adopté, il se rapportait au plan de quelque chose, non à l'exécution proprement dite de ce plan. Quelque chose accomplie selon un projet était appelée «*objet*». Cette utilisation du mot «*projet*» changea dans les années 1950, quand plusieurs techniques de gestion de projet¹⁸ ont été élaborées : avec cette avancée, le mot a légèrement dévié de sens pour couvrir à la fois les projets et les objets.

A l'usage, ce mot est devenu polysémique. Ainsi, il est maintenant employé indifféremment pour décrire l'activité de conception et l'organisation de cette activité. Il représente à la fois l'action et l'organisation cette action. L'intention et le réel.

Il existe pourtant une composante commune dans la littérature managériale concernant le sens du mot. Le projet y est parfois purement est simplement réduit à la notion de *but* ou *objectif*. Ainsi la définition normalisée de ce qu'est un projet insiste sur ces objectifs et non sur sa description. «*le projet est une démarche spécifique qui permet de structurer méthodiquement et progressivement une réalité à venir [...] et implique un objectif et des besoins à entreprendre avec des ressources données*» [AFITEP AFNOR, 92].

Le projet d'architecture, comme d'ailleurs d'autres projets, ne suit pas une route tracée d'avance mais subit d'incessantes modifications liées à sa socialisation. Si bien que ses énonciations ou ses «*inscriptions*», du papier à l'ouvrage, ralentissent sans fléchir cette inévitable «*dérive*» du projet. Comme le dit justement M. Callon, «*un projet ne se réalise jamais : il dérive*» [Callon, 1996]. Ce phénomène de dérive des projets d'architecture, exprime le fait que les choix initiaux du concepteur (e.g. l'architecte) peuvent être modifiés, dans la phase de conception, par l'apparition de données, contraintes ou possibilités d'action, inconnues ou négligées à une date antérieure par les concepteurs.

De ce fait, le projet d'architecture «*existe*» à partir du moment où on l'a considéré comme possible. Le travail du projet consiste dès lors en un processus de révélation, de découverte, d'explicitation de son identité.

Etablir un projet d'architecture consiste, donc, à réfléchir, conceptualiser et puis consigner toute une série d'indications, dessins, modèles, capables de conduire à une réalisation.

En définitive, le projet d'architecture, vise à passer de l'infinité des possibles à l'unicité de la nécessité, les décisions ne sont pas laissées au hasard, elles sont raisonnées.

La manière de poser la question est fondamentale pour appréhender le processus de conception ainsi, le projet d'architecture n'est pas le lieu des solutions, il est avant tout le lieu où se génèrent des «*possibles*».

En ce sens, et comme le signale Pascal Rollet, «*on ne passe pas du virtuel au réel simplement¹⁹*», le réel, autrement dit l'expérience d'un bâtiment construit, renvoie des informations dont le projet d'architecture doit se nourrir. La «*fabrication*» d'un projet d'architecture est donc un mouvement du virtuel au réel et inversement.

Par ailleurs, la pratique de projet est perçue différemment par les acteurs de la conception et chaque acteur accorde une signification au projet qui lui est propre.

Ainsi, les architectes font référence au projet architectural en l'inscrivant dans une longue période qui précède la conception même et se poursuit au-delà de la seule maîtrise d'œuvre.

¹⁸ Parfois appelée *management projet* est la science des projets qui consiste à prévenir les difficultés d'exécution. (Vauvenargues).

¹⁹ WebZine CSTB, 31 Mai 2006

De fait ils le rattachent à la programmation et à la définition des besoins et le poursuivent jusqu'à la livraison de l'ouvrage. Pour eux, le projet présente une mise en cohérence des aspects à la fois quantitatifs et qualitatifs, techniques, fonctionnels, esthétiques, économiques ...etc. [Hanrot 2003].

A contrario, pour les ingénieurs, la notion de projet est assez conforme à la définition de la loi MOP c'est-à-dire, à la fois la phase de la conception (PRO) et la définition la plus aboutie de l'objet conçu avant sa réalisation. Ils situent leurs projets comme techniques (structure, ventilation, système électriques ...) traitant d'aspects quantifiables et faisant appel à des calculs et des normes. De fait ils se satisfont bien mieux du découpage de la loi MOP dans la mesure où ils définissent leur projet comme technique, inscrit dans le cadre global défini par le projet architectural.

4.2.2. la conception en architecture entre projet objet et projet processus

Une meilleure compréhension du projet d'architecture passe par la compréhension de ce qu'il recouvre en tant que pratiques. Il est donc opportun de distinguer « *l'art de faire* » et son « *résultat* ». Ainsi, la notion de projet en architecture peut être considérée aussi bien sous sa forme « *générative* » que sous sa forme « *substantive* ». Par conséquent, elle signifie soit un processus soit un objet. De ce fait, il existe une distinction essentielle entre d'une part le *projet-processus* qui, pour simplifier, est le projet en tant que pratique organisationnelle et d'autre part le *projet-objet* qui, pour simplifier, est le projet à travers son expression documentaire et ses artefacts.

Le *projet-objet* est de nature tant matérielle que conceptuelle (intention, concepts, référence, ...etc). Il est la représentation de l'état du processus de conception et du problème posé à un moment donné, puisque balisé par la production de quantité *d'objets intermédiaires* [Jeantet&Coll, 1996] de tous ordres et qui diffèrent d'une organisation à l'autre (e.g. plans, maquettes, graphiques, notices, etc.).

le *projet objet* est à la fois le produit bâtiment dans sa représentation finale (via des artefacts) qui permet sa construction, mais aussi toutes les solutions intermédiaires de modification portant sur ces artefacts. Il est, donc, le passage obligé vers la réalisation de l'œuvre.

Par ailleurs, le principe du *projet-processus* est son ouverture, bien plus que dans le cadre du *projet-objet*, le *projet processus* établit les « *protocoles* » du travail collectif, du compromis, de la négociation, de l'engagement, etc où chacun devra composer avec les désirs, les latences, les contraintes des autres acteurs.

Le *projet-processus* renvoie donc à la complexité des pratiques organisationnelles. C'est un savoir en constitution inséparable d'une dynamique des relations entre acteurs, et ce qui est fondamentalement en jeu est la gestion du collectif d'acteurs. Cette gestion par le projet se fait de deux manières irréductibles l'une à l'autre : le projet joue sur la qualité de la coopération et de la coordination à travers l'engagement qu'il favorise s'il y a adhésion au projet, à travers aussi la compréhension du sens de l'action, sans qu'il n'annihile pour autant d'éventuelles divergences de points de vue entre acteurs notamment sur leurs objectifs respectifs.

Le tableau ci-dessous résume ces deux notions à travers les deux étapes conception et réalisation²⁰ :

²⁰ Sans pour autant accepter l'idée que conception et la réalisation soient fondamentalement dissociables

| | Conception | Réalisation / construction |
|-------------------------|--|--|
| Projet-objet | Contenu A faire advenir | Référent Dans l'action |
| Projet-processus | Démarche d'élaboration Entre définition du problème et solutions | Gestion Du collectif d'acteurs |

Tableau 1 : Le projet d'architecture entre objet et processus

Le *projet-objet* durant la conception (objet de notre recherche) est un contenu à faire advenir, durant la phase de construction c'est un référent dans l'action. Alors que le *projet processus* est une démarche d'élaboration durant la conception et un mode de gestion du collectif d'acteurs durant la construction.

Cependant, la pratique des projets d'architecture, montre que le *projet-objet* est indissociable du *projet-processus* qui l'a fait naître et vice-versa.

Pour conclure, le *projet-processus* peut être considéré comme un vecteur d'intégration des pratiques de conduite de la conception en architecture. Il s'impose comme phase préalable et concourante à la conception de l'objet. Le *projet-objet* serait limité par sa condition disciplinaire dans le sens où les modes de conception ne vont pas au delà des pratiques des acteurs tandis que le *projet-processus* garantirait à l'objet des occasions d'hybridations transdisciplinaires.

Le *projet processus* garantit l'adaptabilité des moyens mis en œuvre par rapport aux objectifs définis visant les enjeux du projet. Autrement dit, **le projet-processus est stratégique.**

Cette notion de *projet-processus* en architecture constitue un enjeu majeur, à condition de ne pas en faire un simple artifice de discours ou croire ou faire croire que le projet doit être abouti et complet dans sa conception pour pouvoir être «exécuté» mais comprendre que son état actuel n'est qu'une étape de développement vers un horizon probable; faire remonter l'obsession de l'exactitude d'une représentation exhaustive à celle de la rigueur d'une démarche évolutive, faire basculer l'habitude de la définition d'objectifs arrêtés à l'exigence de la formalisation rigoureuse d'intentions ouvertes, passer de la volonté de **répondre à un problème** déjà posé à la nécessité de **reformuler ce problème.**

A ce stade de notre étude nous constatons que la conception en architecture en tant que *projet processus*, peut être abordée comme une chaîne de situations concrètes à partir d'un certain nombre d'éléments. C'est un processus qui met en œuvre des savoirs, des savoir-faire, des techniques et des instruments répartis entre les différents acteurs, dont le but est d'atteindre un objectif fixé. Ce dernier est alors le résultat d'un travail d'équipe et de collaboration entre les différents acteurs de la conception qui transforment un besoin, ou tout du moins un besoin plus ou moins exprimé en définition d'une solution. Ceci permet de passer d'une situation initiale problématique, dans laquelle un besoin n'est pas satisfait, ou est considéré comme pouvant être mieux satisfait, à une situation dans laquelle il l'est, ou l'est mieux. D'un point de vue macroscopique, nous sommes donc en face d'une résolution de problème.

Chapitre 5. Décrire les processus de conception

5.1. Le problème en conception

Dans l'esprit de chacun, un problème est un phénomène objectivable, une réalité extérieure et indépendante ; poser un problème consiste donc à connaître objectivement cette réalité. Ainsi, la façon d'appréhender le problème diffère selon qu'on s'inscrit dans une perspective positiviste²¹ ou constructiviste²². Dans le premier cas nous allons rechercher le problème réel, l'identifier et le résoudre. Dans le second cas nous allons le construire.

S'il existe des réalités extérieures qui impliquent un consensus de perception et qu'il est absurde de discuter (la réalité d'un arbre par exemple), il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit de conception en architecture.

Les représentations que les acteurs de la conception en architecture se construisent du problème sont dues notamment à l'histoire, à leur niveau de compétence et leur expérience dans un domaine « connu » ou « nouveau » pour eux. Un novice et un expert n'aborderont pas les problèmes de la même façon, de même d'ailleurs que deux experts confrontés au même problème.

A ce stade de notre propos, il apparaît nécessaire de présenter les caractéristiques du problème de conception.

5.1.1. Un problème mal défini et ouvert

Selon Simon [SIMON, 73], il existe une distinction entre les problèmes *bien définis* et les problèmes *mal définis*, selon que l'état initial, l'état but et les opérateurs qui permettent de passer de l'un à l'autre soient ou non spécifiés de façon explicite ou conformément à certaines conventions formelles. La différence, pour Simon, entre les problèmes bien et mal définis est donc, une différence de degré sur un continuum.

Par ailleurs, pour Kitchener [Kitchener, 1983] (cité par Schraw, Dunkle et Bendixen [Schraw & al, 1995]), ces deux types de problèmes appartiennent à des catégories qui s'excluent mutuellement. Il présente les problèmes bien définis comme ceux pour lesquels il y a des solutions absolument correctes et connaissables. Et les problèmes mal définis comme ceux pour lesquels il y a des évidences et opinions conflictuelles qui peuvent mener à différentes solutions.

²¹ Courant qui dérive de la pensée d'Auguste Comte. Il renonce au « pourquoi », c'est-à-dire à chercher les causes primaires des choses et se limite au « comment » c'est-à-dire à la formulation des lois de la nature, exprimées en langage mathématique afin d'expliquer la réalité des choses

²² Courant de l'épistémologie qui considère le caractère construit (et construisant) de la connaissance et par suite de la réalité

Pour Kitchener, il y a une seule solution correcte dans les problèmes bien définis, cette solution pouvant être déterminée avec une totale certitude ; alors que les problèmes mal définis peuvent avoir de multiples solutions ou aucune solution du tout.

Il y a de plus, dans les problèmes bien définis, une procédure fiable garantissant l'atteinte de la solution ; ce qu'il n'y a pas dans les problèmes mal définis.

En conception, l'état initial et final d'un problème sont flous et, il n'y a pas de procédures préétablies pour les résoudre. De plus, les concepteurs doivent **se construire progressivement une représentation** du problème à traiter. Ainsi, et comme le signalait Pierre Falzon « *concevoir une solution à un problème de conception c'est en partie décider de l'énoncé du problème* » [Falzon, 1990]

De ce fait, la conception est une activité d'exploration qui tend en premier lieu, non à résoudre mais à définir le problème dont l'énoncé n'est que la phase provisoire de son développement. La formulation du problème demeure, donc partie intégrante du processus de conception dans le sens où elle apporte des éléments qui orienteront de manière significative les recherches de solutions [Perrin, 2006].

Dans le cas d'un problème de conception en architecture, nous conviendrons que certains aspects sont initialement incomplets, ou non spécifiés formellement. Certaines données peuvent par exemple être déterminées durant le déroulement du processus, et modifier la connaissance que l'on a du problème ou de l'état final (e.g. une nouvelle exigence technique, conflit entre programme et réglementation, apparition d'un acteur oublié...etc).

Ainsi, M.Conan met l'accent sur l'idée que concevoir un bâtiment est « *résoudre un problème* », ce qui amène inéluctablement le concepteur à une confrontation à des « *énoncés incomplets* » de ce problème [Conan 90].

Par ailleurs, selon Fustier [Fustier, 89], il existe une distinction entre les problèmes *fermés* et les problèmes *ouverts*. Dans le cas d'un problème fermé, la solution, ou l'état final, consiste en un réagencement des données du problème, ou de l'état initial, le réagencement étant soumis à des règles de transformation. Dans ce cas, la solution du problème est soit unique, soit appartient à un ensemble fini.

Par opposition, les problèmes ouverts admettent plusieurs solutions, leur nombre n'étant ni prévisible ni fini.

En conception les solutions à un problème sont plus ou moins acceptables. En effet il n'existe pas une seule « bonne » solution mais un problème peut donner autant de solutions acceptables que d'acteurs.

Aussi, on ne peut pas distinguer deux phases consécutives : analyse du problème, puis résolution de ce problème. Les deux s'effectuent en interaction : il n'y a pas "le" problème qui précède "la" solution.

Dans le cas d'un problème de conception en architecture, les acteurs ne disposent pas de chemin de résolution prédéterminé. Ils connaissent un certain nombre de procédures et de méthodes utiles, et peuvent s'appuyer sur des projets similaires déjà traités ou sur des prototypes existants, mais il faut à chaque fois recombinaison, sinon réinventer, des stratégies pour élaborer une solution.

Prenons l'exemple d'une façade, grandement vitrée et orientée plein sud. Ceci risque de poser, en été, un problème d'ordre thermique lié à un effet de serre. A ce problème nous identifions plusieurs solutions possibles que nous considérons comme non exhaustives :

- Réduire la surface vitrée
- Changer l'orientation du bâtiment
- Installer des brise-soleils sur les surfaces vitrées
- Utiliser un verre réfléchissant
- Optimiser la ventilation
- Etc...

Par cet exemple, nous soulignons, d'une part, la diversité des solutions et de leurs domaines, et d'autre part, l'apparition dans ces solutions d'autres problèmes qui peuvent eux aussi admettre plusieurs solutions.

En définitive, la conception en architecture doit répondre à des contraintes de départ plus ou moins précises. Dès lors, l'architecte s'inscrit dans un processus, manipulant de larges connaissances issues de domaines transversaux, aussi bien dans des domaines techniques (nombreuses et diverses techniques du bâtiment) qu'artistiques, historiques ou socioculturels. De ce fait, un problème de **conception en architecture est par nature mal défini** car toutes les données ne sont et ne peuvent être formulées au départ. En même temps c'est un **problème ouvert** puisque admettant un nombre infini de solutions imprévisibles.

5.1.2. Un problème complexe dont la résolution est collective

Nous situons notre travail dans un cadre de conception collective²³. Dans ce contexte, et nous l'avons souligné dans la partie I de ce mémoire (§ Chapitre 2.1.1), la conception en architecture est aujourd'hui l'œuvre de plusieurs acteurs différents, issus de différents métiers. En effet, la complexité croissante des projets, inscrit les concepteurs dans un processus manipulant de larges connaissances issues de domaines transversaux.

En ce sens, l'état des données d'un problème, réclame des compléments qui ne seront amenés que par la coopération des acteurs concernés par le problème.

Ces relations d'acteurs, font apparaître certains mécanismes fondamentaux de la pensée complexe²⁴, comme le principe de récursion ou la déviance de la démarche. Fréquemment en effet, un événement imprévu oblige les concepteurs à revenir en arrière pour réaliser une boucle, une récursion, d'enrichissement ou reconstruction du problème. Ainsi l'élaboration du problème est permanente jusqu'à la réalisation d'une solution.

C'est à partir de ce point que Robert Prost propose une réflexion sur la conception orientée non seulement sur le « concepteur » mais sur l'ensemble des acteurs du processus, leurs rapports et leurs multiples rationalités. Son approche englobe en amont la formulation du problème et en aval, l'appropriation et la transformation comme parties intégrantes du problème de la conception.

Ainsi, le projet « *dans ces formes multiples, confuses et rarement opératoires, traduit la relation qui s'établit entre un problème d'architecture et l'acteur qui l'énonce* » [Prost, 92]. De plus et quelque soit le degré de complexité, les énoncés de problème ne peuvent contenir l'ensemble des éléments opératoires capables de définir une solution. Par ce point essentiel, Prost souligne que la résolution de problème passe par des rapports constants entre les acteurs

²³ Par opposition à une conception individuelle, dans laquelle un acteur est unilatéralement impliqué dans la conception.

²⁴ Nous nous référons à l'œuvre d'Edgard Morin et en particulier à l'ouvrage *Introduction à la pensée complexe*, (E.S.F., 1990), dans lequel sont définis les trois principes de la pensée complexe (récursif, dialogique et hologrammatique) et leurs conséquences au niveau des systèmes (infinitude, incertitude et déviance)

concernés par la formulation / résolution du problème. Cela induit la prise en considération de la composante organisationnelle d'une conception dans la résolution d'un problème, c'est-à-dire le nombre et la nature des acteurs impliqués et leur mode de mise en relation.

En ce sens, les acteurs de la conception peuvent et doivent, enrichir le problème posé par des « données » qui leur sont propres. Ces acteurs se réfèrent à des critères différents, en affectant une valeur différente à certaines données du problème au détriment d'autres qu'ils peuvent même carrément occulter.

Il nous paraît, donc évident qu'un seul acteur est « incapable » de solutionner, seul de manière satisfaisante, les problèmes rencontrés au cours d'un projet d'architecture : « *le projet d'architecte n'est jamais considéré en lui-même, mais il est toujours étroitement mis en rapport avec le système d'acteurs (maîtres d'ouvrages, entrepreneurs, administrateurs, riverains...), qui pèse d'un poids déterminant sur l'activité de création particulière qu'est l'architecture* » [Tric, 1999].

Cette implication d'acteurs différents dans la conception va de paire avec la prise en compte de nombreux aspects intervenants dans la résolution de problème (qualité, coût, délai, fiabilité, esthétique, performance...). Ces interdépendances, ainsi que le nombre de ces aspects en interdit toute décomposition en sous-problèmes indépendants [Visser, 02], ainsi qu'une possible unicité [Reitman, 64].

Ces aspects correspondent à l'expression de certains points de vue, le plus souvent hétérogènes. Il est impossible de dégager un point de vue unique et global, qui constituerait un référentiel. Ainsi chaque solution proposée lors de la conception peut être appréciée différemment selon chacun des aspects. L'achèvement de la conception correspondra au choix d'une solution parmi l'ensemble des solutions acceptables, la solution finale n'étant pas optimale [Béguin, 97].

On entend par là que les problèmes de conception ne sont pas circonscrits, généralement, à des problèmes locaux, et que les variables et leurs interrelations sont trop nombreuses pour pouvoir être scindées en sous-systèmes indépendants.

En définitive, la conception en architecture est une activité de résolution de problème singulière. Ces problèmes sont caractérisés par le fait qu'ils ne sont pas initialement complètement définis (et qu'ils peuvent même évoluer en cours de conception), qu'ils font appel à des connaissances de différents domaines plus ou moins maîtrisées, qu'il n'y a pas de solution unique optimale mais plusieurs solutions acceptables.

De plus c'est une activité complexe, au sens où elle ne peut être réduite à un ensemble d'activités élémentaires juxtaposées qui conduirait de l'expression initiale du besoin à une réponse possible à ce besoin.

On peut donc avancer que c'est la considération interactive du problème initial (programme initial, environnement, contexte) et des solutions envisageables qui vont progressivement construire le problème traité et la solution proposée.

Concevoir consiste donc à diminuer le niveau d'incertitude autant concernant le problème que l'on traite que les solutions possibles à ce problème. On parle bien des solutions possibles, car il n'y a pas une solution unique optimale, mais un certain nombre de solutions acceptables qui vont répondre à une situation problématique donnée.

5.2. Description de la conception : opposition entre le paradigme de résolution de problème et le paradigme de réflexion dans l'action

Le processus de conception a été décrit de manières différentes, chaque chercheur se focalisant sur le thème qui est à la base de sa recherche et de ses hypothèses. Mais toutes ces recherches peuvent être incluses dans l'un des deux paradigmes plus généraux décrivant le processus de conception. Le premier considère la conception comme un processus de résolution de problème rationnel, tandis que le second le voit plus comme un processus de réflexion dans l'action.

5.2.1. La conception comme processus de résolution de problème rationnel

Au début des années soixante, est née une première génération de méthodes pour étudier la conception. Cette génération a été influencée par les théories des systèmes techniques qui voient la conception comme un processus rationnel. Mais ce fondement positiviste ne donnait pas une description assez détaillée de la conception, il se focalisait uniquement sur la conception, sans prendre en compte les concepteurs eux-mêmes et leurs problèmes de conception.

Simon, [Simon 1969], a alors fourni un cadre, avec des théories de résolution de problème, qui permettaient cette extension sur l'étude des concepteurs et de leurs problèmes de conception dans ce même paradigme de rationalité technique.

Ce paradigme est alors devenu l'influence dominante en permettant une méthodologie descriptive, et est toujours suivi aujourd'hui dans la plupart des travaux faits en méthodologie de la conception.

Avec cette école de pensée, l'attention est portée sur la rigueur de l'analyse des processus de conception. L'analyse permet une observation objective et des découvertes directement généralisables. Cette école considère, en effet, que l'analyse logique profonde de la conception est la principale manière de produire de la connaissance sur le processus de conception. Elle voit celui-ci comme un processus de recherche, limité par les capacités de traitement de l'information du sujet actif, la théorie du traitement de l'information étant au centre de ce paradigme. Les études qui ont été menées à l'intérieur de ce paradigme tentent de caractériser le processus de conception dans sa forme la plus générale. Elles identifient les opérations et représentations responsables du développement des conceptions, elles étalonnent les aspects opérationnels du système cognitif humain, décrivent la tâche de conception dans le contexte d'une taxonomie générale des tâches.

Les résultats de ces travaux indiquent que le processus de conception présente les caractéristiques partagées par d'autres phénomènes de traitement de l'information, que certains comportements des concepteurs peuvent être décrits par différents modèles cognitifs et de résolution de problème, et que certains aspects du comportement de conception vont au delà de ceux qui peuvent être démontrés par de simples procédures algorithmiques [Akin, 1991].

5.2.2. La conception comme processus de réflexion dans l'action

Ce paradigme, radicalement opposé, a été proposé par Schön quinze ans plus tard [Schön, 1993]. Il s'agit d'une théorie constructiviste qui a été élaborée en réaction à l'approche positiviste de résolution de problème. Schön considère, en effet, que le paradigme positiviste va à l'encontre de l'expérience du praticien, en définissant les processus de conception en terme de généralité sur les problèmes de conception.

Pour cet auteur, chaque problème de conception est unique, et une des compétences fondamentales des concepteurs est de déterminer comment chaque problème seul peut être abordé. Schön, qui appelle cette compétence *"l'essence de la pratique de la conception"*, pense que celle-ci peut être descriptible et généralisable de manière significative.

Schön voit la conception comme une conversation réflexive avec la situation, son approche est basée sur une vue constructiviste du processus de perception et de pensée humaine. Dans cette optique, les problèmes sont déterminés par les concepteurs, qui mettent en place des actions pour tester la situation actuellement perçue. Le concept de *"réflexion dans l'action"* fait référence au fait que le concepteur réfléchit sur ce qu'il est en train de faire et a la capacité de le réinterpréter.

L'essence de cette théorie repose donc sur le fait que les concepteurs sont actifs dans la structuration du problème et que ce sont leurs propres actions qui sont évaluées et non les concepts. Par la perception visuelle de son dessin, l'architecte fait plus qu'enregistrer des informations visuelles, il construit sa signification de la situation. Schön parle alors de *"mener une conversation avec le matériel"*.

Au contraire, dans le premier paradigme, la définition du problème est supposée stable et c'est cette définition qui détermine l'espace-solution qui doit être passé en revue.

La notion de *"réflexion"* de Schön fournit une base cognitive, selon Gero [Gero, 1999], pour l'activité de conception. Selon ce dernier, l'habileté à réinterpréter ce qui a été dessiné apparaît être un des traits distinctifs de la conception, celui-ci ne pouvant être étudié par l'approche de résolution de problème.

Les études, prescriptives cette fois, issues de ce paradigme, se centrent sur les objets et les représentations comme l'esquisse, en les considérant comme la base rationnelle de la pensée de conception.

Alors que les études basées sur la théorie du traitement de l'information focalisent leurs analyses sur le processus de conception, celles issues du paradigme de réflexion dans l'action prennent en compte le contenu de la conception.

Dorst et Dijkhuis , [Dorst & al, 1995] ont résumé ces deux écoles de pensée. Le (Tableau 2) reprend leur synthèse.

| | RESOLUTION DE PROBLEME RATIONNEL | REFLEXION DANS L'ACTION |
|-----------------------------------|---|---|
| CONCEPTEUR | Personne qui traite l'information (dans une réalité objective) | Personne qui construit sa réalité |
| PROBLEME DE CONCEPTION | Mal défini, non structuré | Essentiellement unique |
| PROCESSUS DE CONCEPTION | Un processus de recherche rationnel | Une conversation réflexive |
| CONNAISSANCE DE CONCEPTION | Connaissance des procédures de conception et des lois scientifiques | Art de la conception : quand appliquer quelle procédure |
| EXEMPLE | Optimisation de la théorie, les sciences naturelles | Art, les sciences sociales |

Tableau 2: Résumé des paradigmes de résolution de problème rationnel et de réflexion dans l'action selon Dorst & Dijkhuis (1995)

5.2.3. Critique de ces deux paradigmes

Dorst et Dijkhuis critiquent ces deux types de méthodologies. Selon ces auteurs, dans les méthodologies s'inscrivant dans le premier paradigme de résolution de problème, on peut avoir une idée sur les raisons des différentes étapes, ainsi que sur le cheminement du processus de conception, mais les liens logiques permettant de passer d'une étape à une autre ne sont pas investigués. Il est nécessaire pour cela de se centrer en partie sur le contenu de la conception. De plus, ce paradigme ne fournit pas une base pour l'étude des structures des problèmes de conception, ce qui limite notre compréhension du processus. Il n'explique pas, en outre, les différences en terme de qualité entre plusieurs conceptions.

Par ailleurs, les méthodologies appartenant au deuxième paradigme prennent mieux en compte, toujours selon Dorst et Dijkhuis, le lien entre le processus de conception et le contenu. Mais ce traitement de la conception comme une conversation réflexive perd la clarté et la rigueur du paradigme de résolution de problème rationnel.

On considère alors que décrire la conception en terme de processus de résolution de problème rationnel est pertinent lorsque le problème peut être décomposé clairement et que le concepteur peut suivre des stratégies. Par contre, décrire la conception en terme de processus de réflexion dans l'action serait plus pertinent dans les phases conceptuelles du processus, lorsque le concepteur ne dispose pas de stratégie standard à suivre.

Akin considère que tous les modèles appartenant à ces deux catégories de théories apportent des résultats se limitant à leur champs d'investigation respectif et ne sont pas suffisamment compréhensifs [Akin, 1993]. Ainsi, les modèles issus du paradigme de résolution de problème rationnel ne nous informent pas sur les ressources et les aptitudes nécessaires pour résoudre les sous problèmes. Ils ne nous disent pas non plus si la formulation du problème est la meilleure qui soit.

De même, les modèles issus du paradigme de réflexion dans l'action ne couvrent pas d'autres aspects de la pensée, que des formulations de formes géométriques et topologiques, comme par exemple la constructibilité des formes dans l'objet ou la performance de l'objet construit dans le monde réel.

5.3. Quel modèle pour les processus conception en architecture ?

Plusieurs approches coexistent pour modéliser les processus de conception en architecture. Elles sont basées sur deux aspects théoriques qui font le fondement et les modélisations des processus de conception en architecture : un aspect issu de l'approche cognitive des processus de conception et un courant issu de l'approche collective des processus de conception.

Nous choisissons de confronter ici quelques uns de ces modèles.

5.3.1. la conception en architecture comme processus cognitif

5.3.1.1. Les modèles basés sur le paradigme de la conception comme un processus de résolution de problème rationnel

Le modèle de Chan (1992)

Le modèle de Chan fait référence à la conception architecturale. Il la considère comme une sorte de résolution de problème qui inclut une série d'actions devant être réalisées le mieux possible pour résoudre le problème. Chan a développé un modèle cognitif de la conception

architecturale incluant plusieurs composantes dans l'espace-problème. Parmi ces composantes, on retrouve tout d'abord une série d'unités de conception qui est donnée par le client au départ, comme le "programme de la conception" ; ou qui peut être générée par le concepteur lui-même à chaque état problème intermédiaire. Les unités de conception sont les éléments physiques des composants du bâtiment qui sont manipulés au cours de la conception. Il peut par exemple s'agir de la cuisine.

Une seconde composante est une série d'opérateurs qui font partie de la connaissance de base du concepteur. Les opérateurs peuvent correspondre à des règles arithmétiques ou à d'autres règles permettant de générer une unité de conception. Ils contribuent à changer l'état de connaissance.

Une série de contraintes de conception constitue la troisième composante. Elle est spécifiée par le client ou est générée par le concepteur. Il s'agit par exemple de la surface maximale d'un étage ou d'une pièce.

Et enfin, la dernière composante incluse dans l'espace-problème est le but dans lequel le concepteur trouve un objet satisfaisant toutes les contraintes. Un état de connaissance dans une résolution de problème de conception correspond, dans ce modèle, à une étape dans laquelle le concepteur connaît à la fois l'unité de conception, la contrainte de conception et les règles à appliquer.

Le modèle de Chan considérant la conception comme une activité de résolution de problème se résume alors ainsi :

La conception peut être divisée en séquences de buts. Ceux-ci sont générés, soit à partir d'un plan de buts stocké en mémoire, soit à partir d'un test perceptuel, en fonction de la stratégie de conception opérée. Chan pense en effet que, dans la conception architecturale, les concepteurs disposent d'une méthode générale de conception stockée en mémoire à long terme. Cette méthode générale, appelée également "plan de buts", consiste en une séquence de buts qui guide le processus de conception. Ainsi, pour résoudre un problème à un état de connaissance particulier, le concepteur développe des sous-buts qui vont être activés en mémoire à court terme.

Mais le concepteur peut également générer des buts, parmi d'autres, à partir du test perceptuel. Le principe de celui-ci est que, d'état de problème en état de solution, l'information externe représentée par l'esquisse, change. La manière dont le concepteur rassemble l'information sur la situation du problème est la perception.

Le test réalisé est habituellement un test sur la présence ou l'absence d'un symbole particulier dans le stock de buts, pour déterminer la démarche appropriée. Cette démarche peut prendre la forme d'un trait dessiné sur l'esquisse, aussi bien que la génération d'une solution ou encore le test de cette solution. Dans tous les cas, une nouvelle information apparaît et change le contenu de la mémoire à court terme.

Le test perceptuel peut également être utilisé comme une sorte de répertoire donnant accès aux informations de la connaissance de base. Mais il a d'autres rôles encore. Celui de vérifier si un but a abouti, si la solution générée satisfait bien les contraintes globales, si une unité de design figure bien dans la solution actuelle, ou encore comprendre le contexte du problème afin de déterminer la meilleure marche à suivre.

En avançant dans l'atteinte d'un but, le concepteur manipule une série d'unités de conception. En récupérant celles-ci dans les schémas qui leur sont associés, les solutions en regard d'un but particulier sont générées et ensuite testées.

Les schémas stockés dans une base de connaissance de la mémoire à long terme, contiennent les contraintes de conception associées, ainsi que les opérateurs qui permettent d'appliquer ces contraintes.

Ainsi, le concepteur avance petit à petit, d'un but à un autre, pour aboutir à l'objectif final consistant à concevoir un bâtiment.

Le modèle de Chan est résumé dans la Figure 3 .

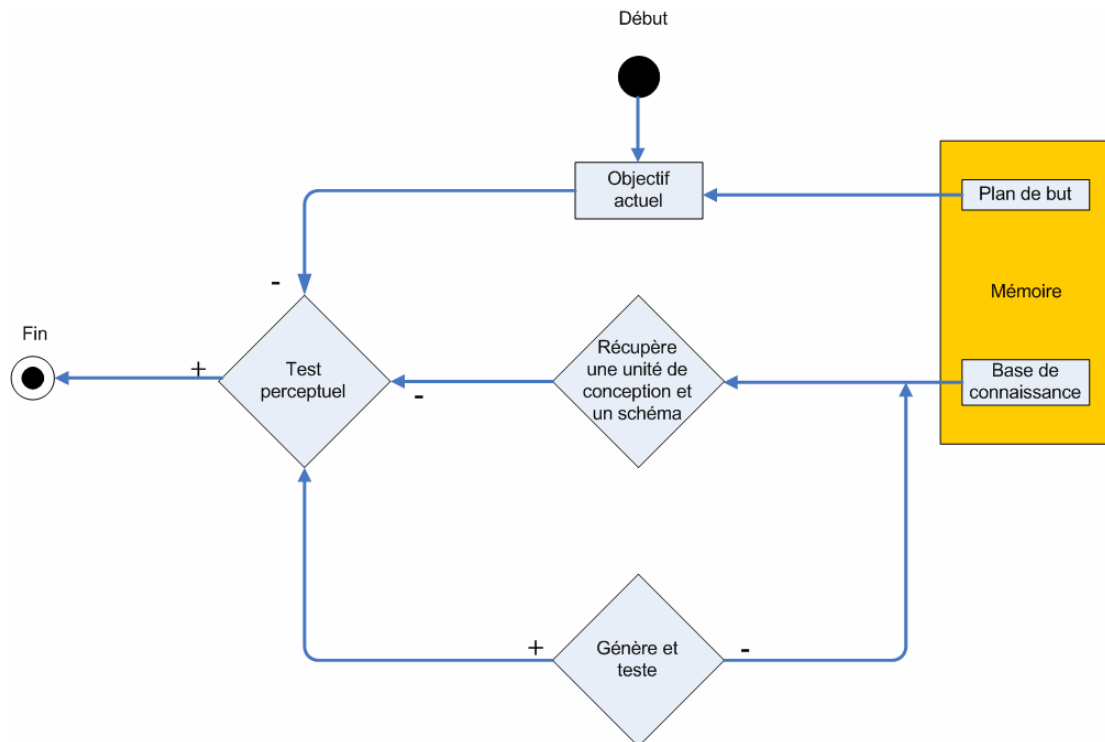


Figure 3: Modèle général du processus de conception selon Chan (1990).

Le modèle de Brown (1989)

Le modèle de Brown fait également partie de ce paradigme. En effet, Brown voit la conception comme une tâche de traitement de l'information. Il cherche alors à connaître les entrées et sorties qui caractérisent la tâche abstraitement, ainsi que les connaissances et processus d'inférence qui peuvent aider à résoudre des parties de la tâche. Il cherche plus précisément à comprendre ce qui a besoin d'être représenté et quels types d'inférences sont nécessaires.

Pour lui, la conception couvre une large variété de phénomènes. La tâche du concepteur est de spécifier comment concevoir un artefact pour qu'il satisfasse certains objectifs. Il pense que chaque tâche de conception suppose la disponibilité d'une série de comportements primitifs. C'est le domaine qui spécifie le répertoire de relations primitives ou de connexions possibles entre les composants. Il parle d'un processus de conception récursif, lorsqu'une certaine composante prétendue disponible, ne l'est pas et que la conception de celle-ci est alors reportée à une étape ultérieure. De même, si le composant n'est pas optimal, il peut être mis de côté pour un certain temps et être réinvestigé plus tard.

Ainsi, Brown définit la conception comme une spécification complète d'une série de composants primitifs et leurs relations, de manière à satisfaire une série de contraintes.

Certaines de ces contraintes se réfèrent directement aux fonctions de l'objet, alors que d'autres se rapportent aux paramètres de celui-ci. D'autres encore contraignent le processus de conception lui-même.

Il considère que la conception consiste en un large nombre de processus distincts qui travaillent ensemble. Il explique alors la différence entre les différents domaines de conception et pour différents concepteurs, par la dominance de certains de ces sous-processus par rapport aux autres. Cette dominance résulte des différences dans les connaissances disponibles.

Adhérant à ce paradigme de conception comme une résolution de problème rationnel, il envisage le problème de conception comme un problème de recherche d'objets satisfaisant de multiples contraintes, dans un large espace.

Brown pense que l'espace-problème utilisé dépend des formes sous lesquelles la connaissance du domaine pour la représentation, et le contrôle sont disponibles.

Selon lui, en effet, une variété de types de connaissance peut être identifiée dans une résolution de problème de conception. Chacune de ces connaissances joue un rôle alors pour résoudre une partie du problème de manière efficace. Dans cette idée, un expert disposerait d'un large répertoire de ces connaissances. Celles-ci seraient stockées sous différentes formes génériques et seraient structurées d'une manière particulière chacune, avec leur propre méthode d'inférence appropriée.

Ainsi, chaque type de connaissance pourrait produire un certain type d'information utile en cours de conception. Un type de connaissance pourrait même générer une partie de la solution. Mais inversement, avant de pouvoir utiliser certaines connaissances, il faut que d'autres informations soient disponibles.

Brown a décrit un certain nombre de processus ainsi que le rôle qu'ils jouent dans la conception. Parmi ceux-ci, les processus de *décomposition* et de *plans de conception*.

La décomposition

Ce processus est au centre de l'analyse en terme de traitement de l'information, incluant les types de connaissance, l'information requise et le processus d'inférence qui s'opère sur cette forme de connaissance.

La connaissance est ici définie sous la forme "connaissance de $D \rightarrow (D_1, D_2, \dots, D_n)$ ", où D est le problème de conception donné, et D_i 's sont les sousproblèmes plus petits. Cette connaissance est disponible pour de nombreux domaines. Pour certains, plusieurs décompositions alternatives sont disponibles, et le concepteur devra choisir entre ces alternatives. Il devra, en outre, répéter ce processus plusieurs fois et déterminera par là la hiérarchie de sa conception.

Décomposer la connaissance de manière fiable est très efficace car l'espace problème devient alors plus petit. Les décompositions connues qui représentent une solution précédente à une partie du problème font gagner du temps et de l'énergie au concepteur.

Quant aux informations, deux sortes sont nécessaires pour mener à bien le processus de décomposition. Il s'agit de l'information sur comment les buts ou contraintes sur D sont transmises en contraintes sur les sous-problèmes D_1, \dots, D_n ; et de l'information sur comment rassembler les conception de D_1, \dots, D_n en une conception D .

Le premier type d'information est obtenu par la méthode de passation des contraintes qui sera décrite dans le chapitre suivant, cette méthode permettant de générer des contraintes sur les sous-problèmes. Le second type d'information requiert de résoudre le problème

supplémentaire de simuler D1 et D2 par exemple, et de découvrir exactement où et comment le recollage peut s'effectuer.

Dans la décomposition, deux séries de processus d'inférence sont requises. La première se focalise sur la décomposition qu'il faut choisir, et la seconde sur l'ordre dans lequel s'attaquer aux sous-problèmes à l'intérieur d'une décomposition choisie.

Les plans de conception

Les plans de conception constituent une autre forme de connaissance de conception représentant une solution partielle pré-compilée. Le plan de conception est une séquence d'actions à mettre en oeuvre pour produire un morceau de conception abstrait ou concret.

Ces plans sont listés en mémoire de deux manières différentes. La première consiste à les classer par buts, la seconde, par composants. Les plans jouent le rôle d'encodeurs des explorations fructueuses précédentes d'un espace problème.

Le processus d'inférence qui entre en jeu ici est donc celui de l'instanciation d'un plan précédent à partir de certains paramètres de la conception actuelle et l'expansion des plans dans la nouvelle situation.

L'information nécessaire à ce processus est celle des dépendances entre les différentes parties du plan.

5.3.1.2. Un modèle basé sur le paradigme de la conception comme un processus de réflexion dans l'action (Wade 1977)

Wade développe un modèle qui décrit la manière dont le concepteur passe d'une information sur le client et ses recommandations, à une information sur le bâtiment.

Le but de Wade est de comprendre comment le concepteur passe d'une forme à une autre. Ce modèle est donc bien en relation avec le contenu de la conception puisque le concepteur, dans la vision de Wade travaille à partir d'un contenu spécifique et le transforme petit à petit en se créant sa propre représentation pour aboutir à un objet final.

Selon ce modèle, le concepteur commence par développer un programme, c'est-à-dire qu'il organise les informations du client sous forme de relations des activités dans le bâtiment proposé.

Le programme sert tout d'abord à nommer chaque lieu d'activité par un nom conventionnel et à spécifier ensuite qui en sera l'utilisateur, ainsi que l'espace requis pour chacune des activités. Il précise également quelles activités doivent être placées ensemble et quelles relations elles partagent.

Une fois ce programme détaillé, le concepteur convertit l'information verbale du programme en un diagramme visuel, sous forme de bulles, qui représente les tailles comparatives des différentes aires ainsi que leurs relations. Le concepteur a ainsi procédé à l'abstraction du programme de manière à ce que celui-ci ne représente plus que deux caractéristiques des espaces demandés.

Cette opération correspond à une stratégie de résolution de problème, une heuristique qui utilise seulement une partie des contraintes pour aboutir à une solution. Cette solution abstraite prend alors valeur de guide pour aboutir à la solution entière.

La dernière phase du processus consiste à développer, à partir du diagramme des bulles et d'autres informations, une proposition de bâtiment relativement concrète, fournissant toutes les caractéristiques établies dans le programme. Il s'agit de décrire l'objet.

La première phase, celle de la programmation, collecte l'information du client et ses buts et la transforme en une information sur les comportements et les activités.

La phase suivante de planification reprend cette dernière information et la convertit à son tour en une information sur les fonctions ; tandis que la dernière phase de conception travaille à partir de l'information sur les fonctions, pour la convertir en une information sur l'objet.

Wade représente les relations dans ces transformations d'information par cette formule simple: Si A représente l'information initiale (une série de recommandations) et B la forme finale de l'information (l'objet qui satisfait à ces recommandations), et si \rightarrow représente les transformations logiques qui convertissent A en B, la transformation entière peut être $A \rightarrow B$. Cette expression peut être utilisée lorsqu'au moins deux termes sont connus. Mais dans la conception en architecture, le concepteur ne dispose souvent que du premier terme correspondant aux recommandations. Dans ce cas, la solution implique une "closure"²⁵, selon les termes de Wade, d'un élément inconnu à un élément connu ; c'est-à-dire que le concepteur doit faire une proposition permettant de fermer en partie l'ensemble des solutions. Cette technique est essentielle dans la gestion des problèmes mal définis, et cela, dans toutes les parties du processus de conception et à tous les niveaux. Ces propositions seront ensuite confrontées aux diverses recommandations. Elles seront ainsi testées en regard des relations logiques entre l'objet proposé et les recommandations de l'activité établies par le client.

Wade souligne le fait qu'aucune correspondance n'est jamais exacte, mais à différents degrés, certaines propositions seront acceptables pour la solution, alors que d'autres ne le seront pas.

5.3.1.3. Un modèle incluant les deux paradigmes : le modèle de Gero

Nous pensons que le modèle de Gero est fort représentatif des deux paradigmes que nous avons décrits. En effet, Hybs et Gero [Hybs & al, 1990] ont commencé par construire un modèle s'inscrivant dans le premier paradigme et décrivant alors un certain nombre de processus cognitifs. Gero [Gero, 1998] a ensuite enrichi le modèle pour y inclure les concepts développés par Schön. Ce nouveau modèle prend ainsi en compte l'environnement et l'influence que celui-ci peut avoir sur tout le processus de conception.

Le modèle initial représente le processus de conception. Il est basé sur l'hypothèse principale selon laquelle le processus de conception implique l'existence de trois classes de variables : les variables fonctionnelles, une fonction correspondant au but de l'objet ; les variables comportementales, le comportement étant défini par Gero comme l'effet de l'interaction d'un objet avec son environnement ; et les variables structurelles, une structure étant la configuration, l'organisation et la forme des composants de l'objet et leurs relations. Ces variables sont reliées entre elles par différents processus qui transforment une classe en une autre.

Ainsi, le processus de conception peut être vu comme une série de transformations de ces variables à travers une description de la conception, celle-ci correspondant à la représentation de la description de la structure par le concepteur, au moyen du langage.

²⁵ Terme anglais signifiant fermeture mais que nous proposons de traduire dans notre contexte d'étude par *interruption* ou *disruption*.

La première transformation qui a lieu dans le processus de conception est celle qui permet de passer de la fonction à la structure.

Une seconde transformation est celle durant laquelle l'architecte passe de la fonction à une description de conception. Il faut souligner que cette transformation n'est possible qu'en faisant référence à la structure, celle-ci étant à son tour transformée en une description de la conception. Ce dernier processus est celui de "*documentation*".

Ces transformations successives doivent être complétées afin de prendre en compte la manière dont l'objet est censé être et ce qu'il sera réellement dans la structure envisagée. L'objet tel qu'il est censé être est appelé "comportement attendu", tandis que la manière dont se comporte l'objet dans la structure est appelée "comportement de la structure".

Le processus qui permet de passer de la structure au comportement de la structure est "*l'analyse*". Celui permettant de passer de la fonction au comportement attendu est le processus de "*formulation*".

S'ensuit un processus d' "*évaluation*" qui consiste à comparer le comportement attendu avec celui de la structure.

Et enfin, les deux processus de transformation qui viennent compléter ce modèle sont la "*synthèse*" et la "*reformulation*". Au cours du processus de synthèse, les comportements attendus sont transformés en structures de ces comportements. La reformulation, quant à elle, a lieu lorsque la structure qui a été synthétisée change les comportements attendus.

La Figure 4 représente le modèle avec toutes les transformations.

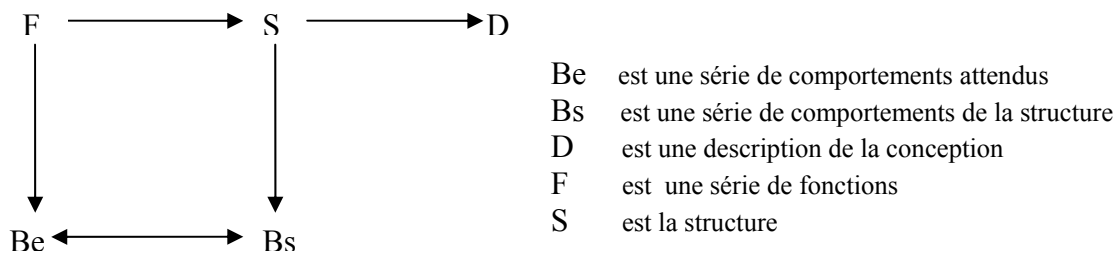


Figure 4: Première version du modèle de Hybs et Gero (1990)

Ce modèle peut prétendre inclure tous les processus de conception, mais ne prend pas en compte la notion du rôle du contexte. C'est pourquoi Gero [Gero, 1992] a voulu le compléter en y introduisant la notion de "*situatedness*", qui est fondée sur les travaux de Bartlett [Bartlett, 1932] et Dewey [Dewey, 1896] (Cités par Gero.). Cette notion consiste à situer tout dans un contexte, de telle manière que les décisions qui sont prises sont fonction non seulement de la situation, mais également de la manière dont cette situation est interprétée par le concepteur.

La Figure 5 est présentée par Gero pour illustrer la manière dont la situation affecte ce qui peut être vu. Cette figure peut être interprétée différemment selon la situation. Dans un cas, elle représente un vase blanc, dans l'autre cas, ce vase blanc disparaît pour faire place à deux têtes noires de profil.

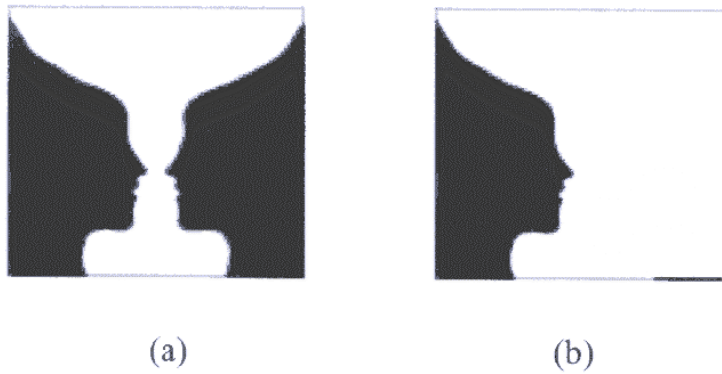


Figure 5: (a) Deux têtes noires de profils, ou un vase blanc ; ces deux images apparaissent en fonction de la manière de voir la situation. (b) Lorsqu'il n'y a qu'un seul visage placé au même endroit, le vase blanc n'apparaît pas, la même situation n'est donc pas envisagée.

Il en est de même pour l'architecte qui change son interprétation de la situation en fonction de ce qu'il voit dans sa représentation externe ou son dessin, qui lui-même est fonction de ce que l'architecte a fait. Ainsi, en observant et en interprétant les résultats de son action, l'architecte décide d'exécuter de nouvelles actions sur sa représentation. Schön et Wiggins parlent de "l'interaction du faire et du voir" [Schön & al, 1992].

Le concept de "situatedness" correspond alors à l'interaction entre l'architecte et la représentation de sa conception en cours de développement. C'est cette interaction qui détermine tout le cours de la conception.

Gero complète donc son modèle avec cette notion qu'il situe au niveau de la phase de reformulation. Nous avons vu qu'une première reformulation avait lieu lorsque l'espace état de la structure était modifié. La situation, dans cette phase joue un rôle en fournissant des opportunités pour établir une nouvelle structure de variables.

Ce processus est représenté dans la Figure 6 où S' représente la nouvelle structure.

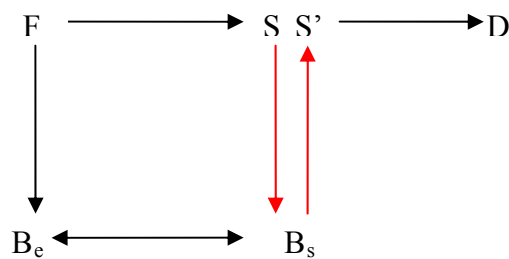


Figure 6: Reformulation 1 : Transformer S en S' est basé sur la situation.

La seconde reformulation impliquant la notion de "situatedness" transforme la structure de manière à correspondre aux comportements attendus. Elle est représentée dans la Figure 7 .

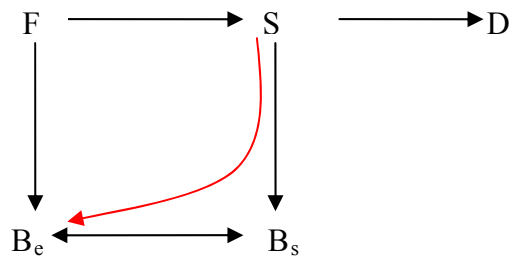


Figure 7: Reformulation 2 : Transformer les comportements attendus est fonction de la situation qui existe en termes de la structure synthétisée jusque là et les capacités discriminatoires des comportements existants.

Et enfin, la dernière reformulation est une redéfinition de ce que la fonction doit être pour un objet particulier. Cette redéfinition implique une transformation à la fois du comportement attendu de cette nouvelle fonction, et de la structure résultant de cette dernière transformation. La nouvelle fonction est dérivée de la situation et de l'interprétation de celle-ci. Nous pouvons voir ce processus dans la Figure 8.

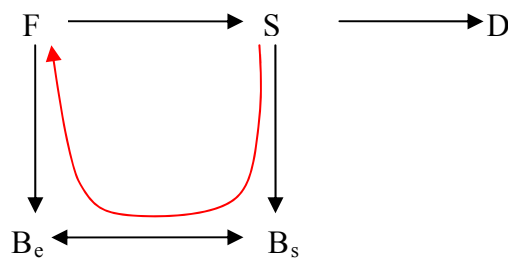


Figure 8: Reformulation 3 : Redéfinir les fonctions ou les buts de l'objet est dépendant de la situation.

Nous avons présenté dans cette section les deux paradigmes de modélisation qui abordent la conception comme un processus de résolution de problème rationel et comme un processus de réflexion dans l'action. Nous pensons que ces deux paradigmes se complètent plutôt qu'ils ne s'opposent, et qu'ils peuvent être intégrés tous les deux dans une seule approche de modélisation telle que décrite par le modèle de Gero.

Il reste à examiner l'adaptation de ces modèles aux processus de conception en architecture. C'est en tout cas ce que tente de faire les modèles systématiques et itératifs que nous présentons dans la section suivante.

5.3.1.4. Les modèles systématiques et itératifs des processus de conception en architecture

William Peña [Peña, 1969] définit la démarche de conception en architecture comme une résolution de problème. Il souligne qu'il est souhaitable de bien distinguer une première étape consistant à formuler correctement le problème (programmation) d'une deuxième étape consistant en sa résolution (élaboration du projet).

Ainsi il organise cette deuxième étape de résolution de problème en trois grandes étapes successives soit, la phase d'**analyse**, de **synthèse** et d'**évaluation**. Ces dernières s'articulent autour de la logique problème/solution dont l'importance est donnée dans une large mesure à la formulation de l'énoncé problématique. Peña considère que le taux de satisfaction de la

solution architecturale (problem solving) dépend du taux de la clarification de son problème (problem setting), [Pena, 1977], [Conan 1990].

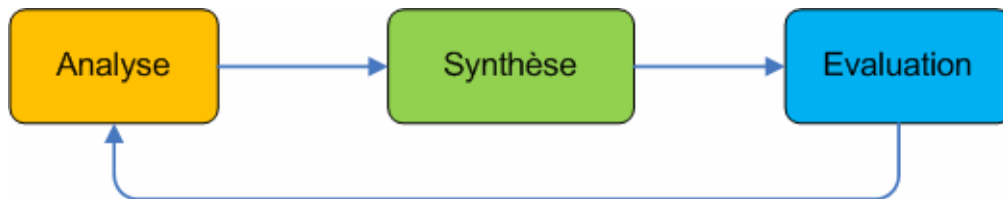


Figure 9: les phases de résolution de problèmes selon William Peña

Par ailleurs, Alexander, [Alexander 1971] définit la conception en architecture comme un « processus conduisant à inventer des éléments physiques qui, en réponse à une fonction à assumer, proposent un nouvel ordre physique, une nouvelle organisation, une nouvelle forme ». Ce modèle s'intéresse à la façon dont le problème de conception est présenté, en essayant de clarifier et structurer les énoncés pour trouver une forme adéquate de représentation à une solution formalisée – une décomposition hiérarchique sous forme d'arbre dont chaque nœud représente d'une part, un sous problème et d'autre part, sa résolution adéquate (voir Figure 10).

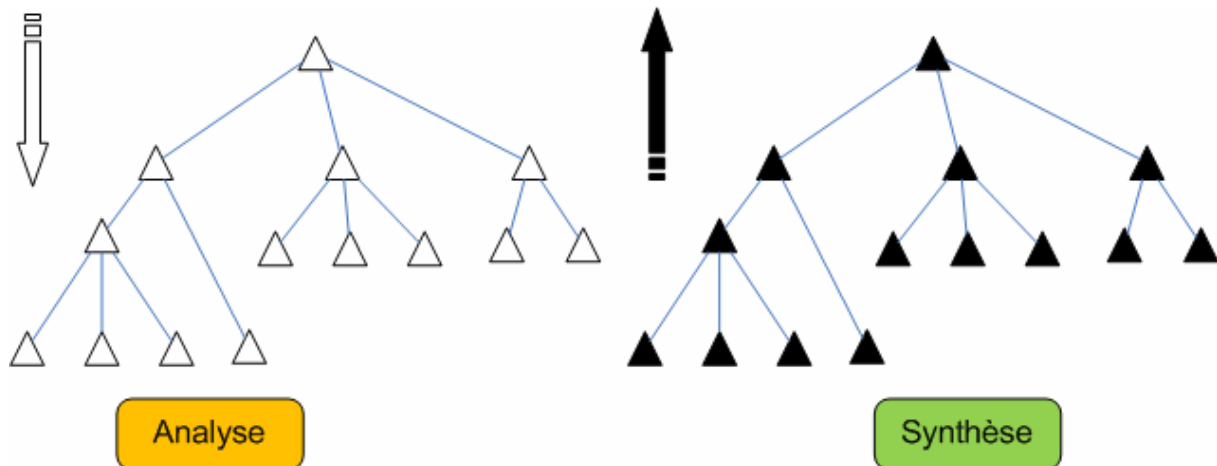


Figure 10: Les phases de résolution de problème (adapté d'Alexander 1971)

De plus, Alexander souligne que « tout problème de conception débute par un effort pour parvenir à l'adaptation réciproque entre deux entités : la forme considérée et son contexte ». Il révèle aussi que cette forme « est la solution au problème, alors que le contexte définit, délimite le problème, et le véritable objet de la conception est en réalité l'ensemble comprenant la forme et son contexte » [Alexander 1971].

En somme, la démarche d'Alexander soutient que la conception peut se conformer à une logique de **propositions**, de diagrammes et de probabilités susceptibles d'assurer une solution finale satisfaisante et une architecture de qualité [Beneddouch, 1998].

Ces modèles « systématiques » se sont soldés à la fois par une autocritique et par un jugement sévère de la cohérence du raisonnement et de la validité du passage d'une phase à l'autre soulignant les limites de l'analyse de la complexité de la conception en architecture. Ces modèles mettent l'accent sur la définition du problème dès le début du processus en supposant que sa formulation/résolution « idéale » réside dans la compréhension de ce dernier qui peut être considéré comme un ensemble de sous-problèmes mal structurés.

Par conséquent, cette stratégie de « décomposition-recomposition » qui tente d'étudier le phénomène en essayant de le décomposer en plusieurs éléments plus simples et réductibles, réduit le processus de conception architecturale en une « liste d'actions très précises que doit effectuer les concepteurs dans un ordre déterminé » [Beneddouch, 1998]. De même, elle exclut, de façon rationnelle, la part de plusieurs autres acteurs (client, etc.) dont le rôle est jugé par ailleurs indispensable pour l'élaboration du projet architectural.

En ce sens, un certain nombre de théoriciens de la conception, en réaction à l'assimilation du domaine à l'approche scientifique²⁶, s'est orienté vers une réflexion plus dynamique tout en soutenant la notion spécifique de problèmes à résoudre, au fur et à mesure du processus de conception. Ainsi, ils veulent se libérer des contraintes engendrées par l'approche systématique en essayant d'étudier le processus à partir d'un autre point de vue basé sur la pratique où les notions de bouclage et d'itération sont omniprésentes.

Ainsi, le modèle de Darke [Darke, 1979] permet d'explorer la façon dont les différents acteurs et en particulier les architectes se comportent dans des situations de résolution de problèmes (qualifiées de complexes), en tenant compte de paramètres complémentaires qui peuvent influencer la proposition finale. Pour Darke, la tâche des architectes est considérée « *comme une succession de propositions de formes soumises aussitôt à un examen critique précédé d'une prise de position délibérée de l'architecte qu'elle appelle, le générateur primaire* » [Darke 1979, cité par Conan, 1990].

Dans le même ordre d'idée, d'autres auteurs ([Cross, 1981], [Simon 1974], [Robinson et Weeks, 1984], [Zeisel 1984], [Prost 1992] considèrent la conception comme un ensemble de systèmes complexes, dynamiques et inter-reliés, représentée par un enchevêtrement intelligible et finaliste d'actions interdépendantes [Le Moigne, 1990]. L'introduction de la notion de la complexité amène à aborder la modélisation du processus de conception avec un niveau relativement élevé de détails des différentes étapes du projet.

Ainsi, Zeisel décrit le processus de conception comme un système d'apprentissage « *autour duquel se construit une œuvre et s'acquiert une expérience* » [cité par Conan, 1990] dont l'organisation s'élabore autour de nombreuses caractéristiques.

D'autre part, l'usage de deux types d'information complémentaires dont la première décrit les données relatives à l'image mentale que l'architecte possède du futur objet architectural, sert à concevoir « l'image conceptuelle » qui doit être mise à l'épreuve, par le biais d'une deuxième information, l'image. Cette dernière n'est pas nécessairement différente de la première. Toutefois, son contenu est utilisé à des fins d'évaluation (*Figure 11*).

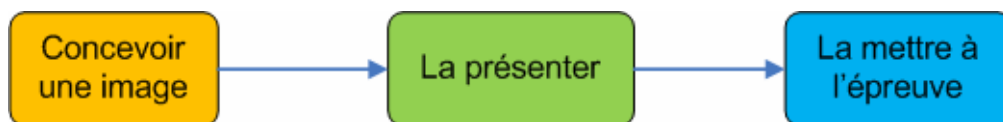


Figure 11: les trois activités primitives de Zeisel adapté de conan 1990

De plus, trois autres caractéristiques déterminent la manière (par sauts discontinus) selon laquelle le processus se développe, par succession de cycles afin de trouver une solution satisfaisante. « *Tout au long du processus, le concepteur modifie le but qu'il se donne en fonction des informations critiques et des intuitions créatrices qui émergent* » [Conan, 1990], (voir Figure 12).

²⁶ Cross (1981), Simon (1974) et plusieurs autres auteurs soulignent qu'il est impensable d'assimiler la conception à une approche empirique car la science est analytique et la conception est constructive. Il faut s'intéresser au « comment du phénomène ».

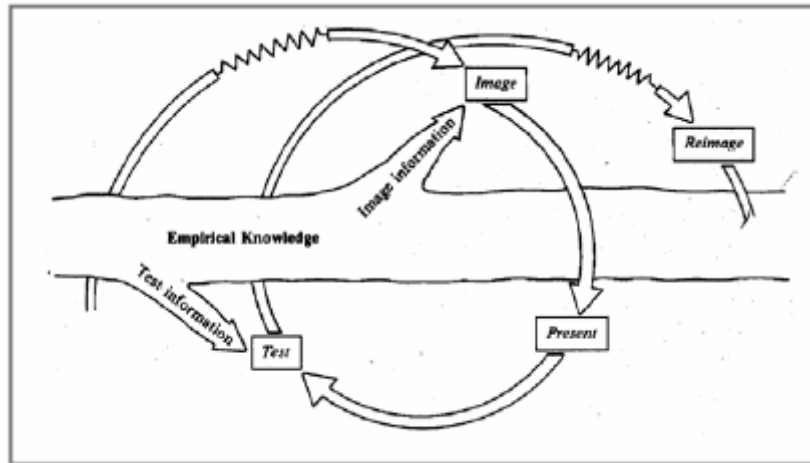


Figure 12 le cycle des deux types d'information de Zeisel [Zeisel 1984]

Ainsi, Zeisel s'intéresse davantage aux relations s'établissant entre les deux types d'information du processus de conception en architecture. Il démontre le rôle fondamental de l'information nécessaire et transmise par l'image, dans les situations de formulation de problèmes (concevoir une image) et les situations de formulation de solutions (la mettre à l'épreuve/évaluation). Toutefois, la signification de l'expression « formulation de problèmes » est bien différente de la façon dont les modèles systématiques précédents la définissent.

En définitive, le modèle de Zeisel, tend à trouver l'énoncé convenable à un problème de conception mal défini en analysant plusieurs solutions inspirées et proposées, selon Conan, « par la critique des présentations successives au fil des cycles accomplis au fur et à mesure du développement du processus » [Conan, 1990]. Ainsi, il révèle le besoin de représentations et le mouvement répété et itératif (Image-Présentation-Test) qui, selon Raynaud, « clarifie sans doute les types d'activités développées à l'intérieur des étapes de la conception ». [Raynaud, 2002].

5.3.1.5. Synthèse partielle et proposition d'un processus générique de la conception en architecture

Les modèles cognitifs exposés précédemment, leurs origines différentes et aussi leurs façons distinctes d'explorer les processus de conception soulignent sans doute qu'on est loin « d'affirmer, pour l'instant, qu'il existe un consensus sur ce processus en terme de définition, de structure et de déroulement. Comme l'a déjà relevé Jones en 1981, il semble qu'il y ait encore autant de processus de conception que d'auteurs » [Beneddouch, 1998].

Toutefois, ces modèles nous permettent de mettre en évidence que, quels que soit l'approche de modélisation, les processus de conception s'articulent autour des trois activités primitives d'**analyse** du problème de **proposition**²⁷ de solution et d'**évaluation** de la solution.

Ces activités sont utilisées par tout acteur à un moment ou un autre de la conception et c'est autour d'elles que s'établissent l'émergence du problème et la constitution de la solution.

Ainsi, l'activité d'**analyse** concerne l'exploration de l'univers du projet afin d'énoncer un ensemble de problèmes possibles puis de former son point de vue a priori. Elle consiste donc à formuler le problème à résoudre et les contraintes qui lui sont attachées. Par ailleurs l'activité de **Proposition** consiste en la construction d'un ensemble de solutions sous forme

²⁷ Cette activité correspond aussi à l'opérateur *Conjecture* tel que décrit par Hatchuel [Hatchuel, 2003]

intentionnelle et / ou schématique permettant ainsi l'installation des idées ou la génération des concepts. Elles se concrétisent par des tâches de production ou de synthèse afin de pouvoir évaluer la solution. Enfin, l'activité d'**évaluation** concerne la confrontation des solutions aux connaissances individuelles ou collectives.

A ce niveau de notre étude, nous postulons, donc, que le processus de conception en tant que processus cognitif de résolution de problèmes peut se décrire par les trois activités primitives que sont l'analyse du problème, la proposition de solutions et l'évaluation des solutions.

En ce sens et en se basant sur les modèles précédemment étudiés, un schéma combiné est proposé (*Figure 13*) pour illustrer à la fois le processus de conception, dont le couple « formulation de problème / solution » est considéré comme le « module » fondamental d'une progression séquentielle et itérative, et aussi sa correspondance avec les activités primitives que nous venons de révéler. Ce schéma illustre aussi le type de relations (cycliques) qui peut se produire entre les différentes phases du processus (conception-réalisation) telles que décrites par Conan.

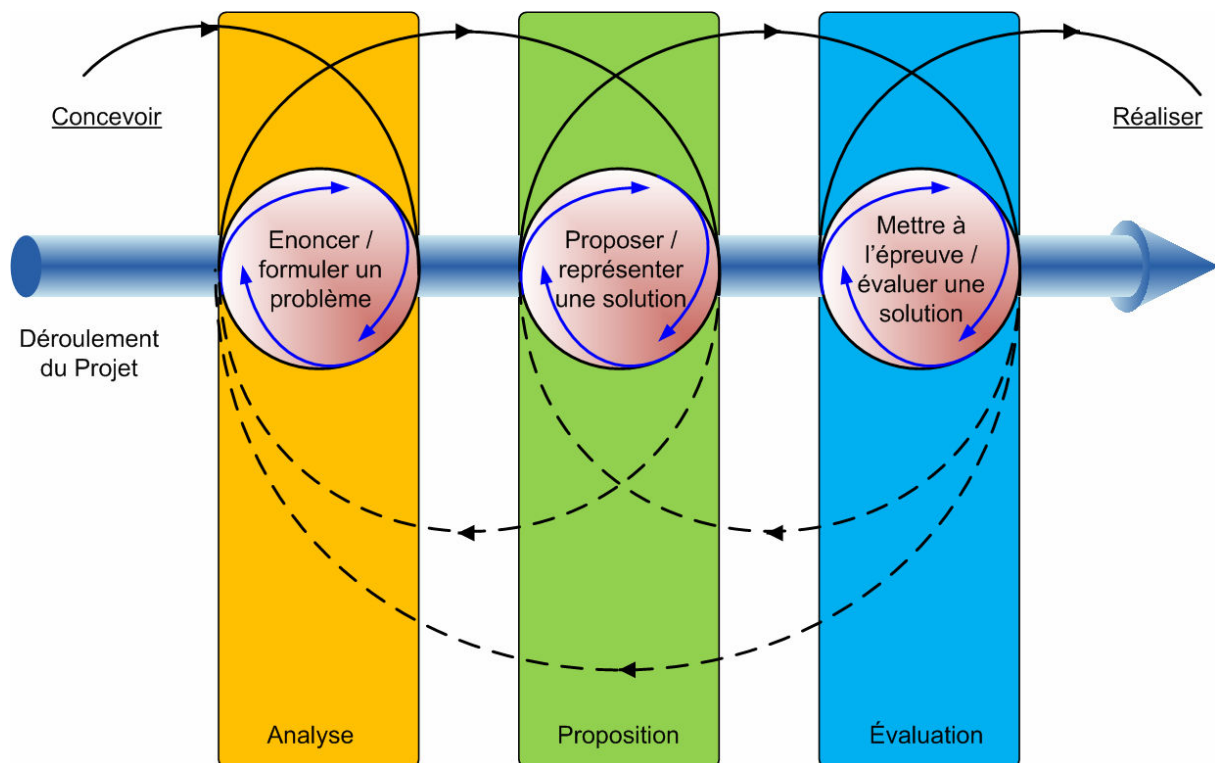


Figure 13: Articulation du processus de résolution de problème dans les trois activités primitives proposées

Ainsi, lorsqu'il cherche à se faire une représentation du problème, un architecte peut opérer une sélection de l'information qui sera susceptible d'être exprimée spatialement. Ces informations utiles sont structurées en deux ordres :

- un ordre logique lié aux contraintes de la tâche,
- un ordre pragmatique, lié aux anticipations opérées par l'architecte à partir de ses habitudes de travail et de son expérience.

Le premier ordre serait une hiérarchie des classes de problèmes comme par exemple trouver la surface suffisante pour une activité ou capter la lumière naturelle.

Cette hiérarchie serait fondée sur la logique de l'enchaînement conditionnel de la résolution de ces classes de problèmes.

Le second serait une hiérarchie fondée sur un savoir et une expérience. Cette hiérarchie se baserait alors sur l'ordre d'importance des problèmes en fonction des difficultés ou des avantages que l'architecte leur attribue à partir de sa vision globale du processus de conception.

A l'issue de cette phase de compréhension du problème, l'architecte va pouvoir établir la base graphique de simulation. Elle lui permet, d'exprimer graphiquement un minimum de solutions et d'hypothèses sur l'objet à concevoir et sur son environnement proche. En ce sens, Lebahar précise que cette représentation "est un compromis entre l'abstrait de la raison et le concret d'un objet virtuel" [Lebahar, 1983].

Ainsi, grâce à son dessin, l'architecte a simplifié les problèmes en ne conservant uniquement que les aspects opératifs. L'architecte a mélangé, à travers son dessin, la certitude des contraintes obligatoires, à la probabilité des hypothèses. Il a ainsi établi son évaluation.

Si nous analysons cet exemple, nous pouvons constater que l'architecte a commencé par opérer une **analyse du problème** en le simplifiant. Puis il a opéré une **proposition de solutions** via des dessins. Ces dessin lui ont permis de se remettre en question après avoir testé une solution qu'il jugeait pertinente lorsqu'elle était encore à l'état de sa pensée et qu'il considère moins efficace après l'avoir représentée sur son dessin. Le dessin pour l'architecte est ainsi considéré par Lebahar comme "le moyen d'agir sur l'objet, et sur lui-même agissant sur l'objet" [Lebahar, 1983].

Ainsi, après chaque simulation, l'architecte effectue une **évaluation**, à l'issue de laquelle il peut, soit refuser les hypothèses qu'il avait émises au départ, soit les accepter et les pousser plus loin en leur donnant un statut définitif qui se traduira par une contrainte qui devra être respectée dans la suite du projet, ou encore les modifier pour enfin les accepter Figure 14.

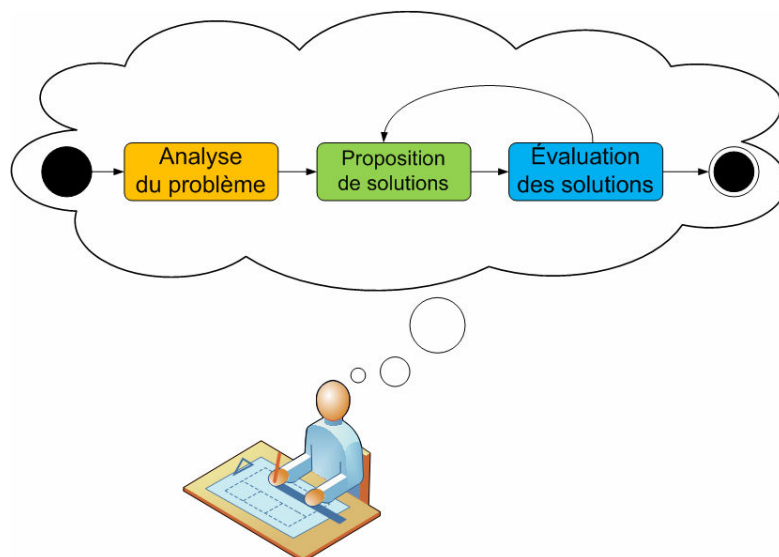


Figure 14: cheminement du processus de l'architecte cité dans l'exemple

Dans le cadre de la conception en architecture, nous constatons que ces trois composantes des processus de conception sont étroitement liées et forment des étapes spécifiques qui peuvent être traversées à de nombreuses reprises et dans un ordre chaque fois différent selon le projet, l'acteur ou l'équipe de conception. Ce cheminement est en effet imprévisible et varié, et se développe en toute liberté tout en restant confronté à ces trois activités primitives qui apparaissent comme trois pôles autour desquels tourne sans cesse le processus de conception (Figure 15).

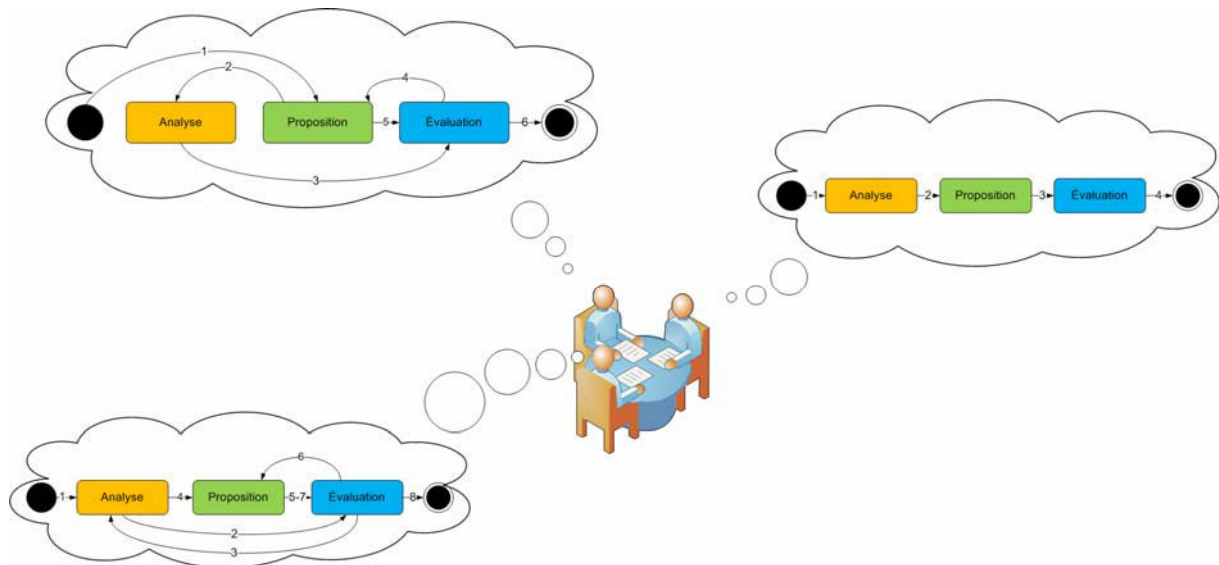


Figure 15: Trois cheminements possibles de la conception selon différents acteurs

Au regard de ces diversités des pratiques, nous proposons de représenter les processus de conception en architecture par un processus générique capable de s'adapter à un grand nombre de pratique des acteurs de la conception en architecture (Figure 16).

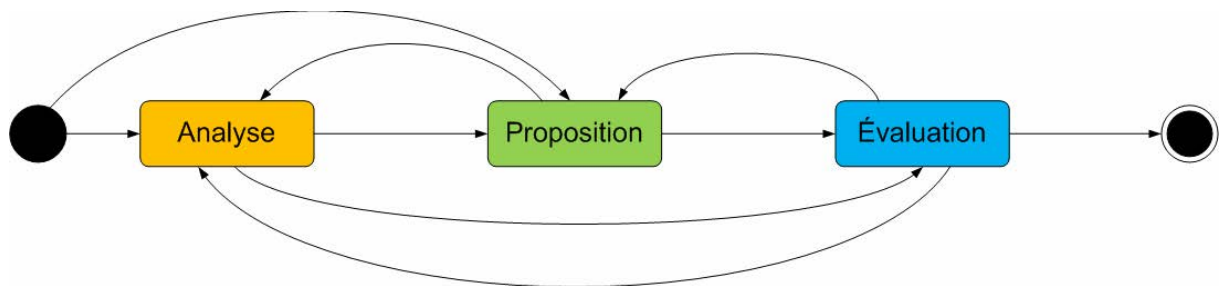


Figure 16: processus générique de conception en architecture

Les modèles de conception que nous venons de présenter dans cette section reposent presque exclusivement sur des études de la conception individuelle. Cependant il en va différemment de la conception en architecture où plusieurs acteurs sont impliqués collectivement.

Cet aspect collectif nécessite de nombreuses formes d'interactions entre acteurs ou groupes d'acteurs. Il faut en effet que tous les acteurs puissent dialoguer, que les différents points de vue soient explicités, que les décisions soient négociées.

Nous abordons par ce point les aspects de coordination qui ont donné naissance à un autre approche de modélisation des processus de conception en architecture.

5.3.2. la conception en architecture comme processus à coordonner entre les différents acteurs.

Les dernières décennies ont vu se modifier profondément le déroulement des processus de conception. Les organisations basées depuis la seconde guerre mondiale (à la suite du taylorisme) sur le modèle d'ingénierie puis sur le modèle de l'intégration des services [Prudhomme, 99] ont du s'adapter aux besoins grandissants en termes de délai de coût de développement et de qualité.

Ainsi, inspirées notamment de l'organisation des industries japonaises et des modèles issus du «toyotisme²⁸», les organisations occidentales ont adopté un modèle dit d'ingénierie concourante afin de répondre à ces nouveaux besoins.

La notion d'ingénierie concourante, « *concurrent engineering* » en anglais, est née de la volonté d'améliorer la qualité tout en diminuant délais et coût. Elle consiste à « *concevoir de façon systématique intégrée et simultanée les produits et les processus qui leur sont rattachés, y compris les requêtes et besoins des usagers*²⁹ »

Appliquée à un projet de bâtiment, l'ingénierie concourante est centrée sur la recherche d'intégration de cinq logiques différentes mais fortement indépendantes :
Le foncier, l'usage, le bâtiment lui-même, l'exécution et le financement.

Alors que le déroulement de la conception dans le premier cas peut être décrit et supporté en s'appuyant sur des modèles dits séquentiels, la conception dans l'ingénierie concourante s'appuie sur le modèle dit simultané.

5.3.2.1. Modèles séquentiels

Selon Midler, les différentes tâches qui constituent le processus de conception sont parcellisées [Midler, 1997], ce processus est alors considéré comme Une juxtaposition d'activités coordonnées entre elles par des relations contractuelles [Prudhomme, 1999].

Dans un contexte où il faut susciter une demande qui au départ n'existe pas, ou n'est pas formulée explicitement, la conception est considérée comme une juxtaposition des tâches qui la compose, et dont Le principe de coordination est procédural, définissant l'intervention séquentielle des différents métiers selon un jalonnement linéaire type.

Le déroulement de la conception, peut alors être décrit par un modèle séquentiel du processus de conception. Ces modèles séquentiels sont aussi à la base de méthodes de conception, destinées à prescrire et supporter le déroulement du processus dans ce contexte.

Ces modèles sont basés sur une décomposition séquentielle du processus de conception, centrée autour de la notion de phase. Selon cette approche, le processus se compose d'une suite de phases enchaînées, qui partant d'une description du problème auquel les concepteurs vont avoir à faire face, aboutit à la définition complète de la solution. Son déroulement passe donc par la réalisation successive de plusieurs phases, le produit d'une phase donnée servant de point de départ pour la phase suivante. Chaque phase correspond à la mise en oeuvre de certaines activités menées par les acteurs lors de son déroulement.

En ce sens, on peut par exemple citer la loi MOP qui décrit les processus de conception en architecture comme composés de phases successives. On y recense ainsi les phases de :

- Esquisse,
- Avant projet sommaire,
- Avant projet définitif,
- Projet,

²⁸ Terme se référant à Toyota, industriel automobile japonais.

²⁹ Pilotages de projet et entreprise, diversité et convergences, sous la direction de Vincent Giard et Christophe Midler, Paris, Economica, 1993

- Assistance aux contrats de travaux.

Une phase ne commence qu'une fois la phase précédente terminée et validée ; le produit d'une phase constitue alors la donnée d'entrée de la phase suivante.

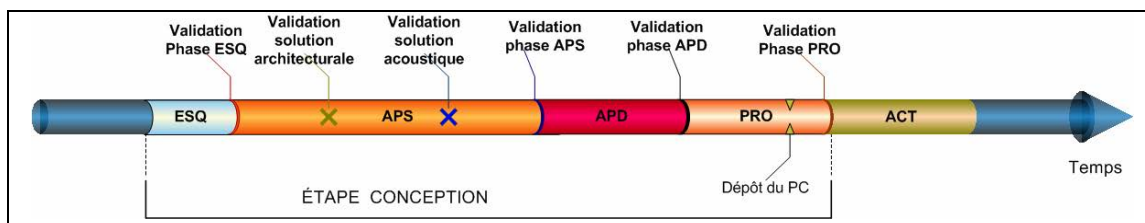


Figure 17: déroulement de la conception en architecture selon la loi MOP

Nous pouvons considérer le déroulement de chaque phase comme la résolution d'un ensemble de problème qui lui est propre.

L'ensemble de ces sous-problèmes correspond à une décomposition a priori, c'est à dire à une planification hiérarchique descendante du problème de conception global. Cette décomposition a priori suppose le problème défini initialement, ce qui est contraire aux caractéristiques constatées d'un problème de conception. Dans ce contexte, en considérant le problème de conception global, nous pouvons remarquer que :

- Au fur et à mesure du déroulement du processus global, le problème est de mieux en mieux défini. En effet chaque phase bénéficie du produit de la phase précédente, ce qui aide à mieux définir le problème auquel elle doit faire face, ainsi que le but qu'elle doit atteindre (par exemple, la phase *APD*, dont le but est une conception détaillée des espaces et de la structure, commence en ayant connaissance d'un concept de solution architecturale et technique de la phase *APS*. Ce concept en lui-même définit partiellement l'état final auquel la phase *APD* doit parvenir).
- Pour sensiblement les mêmes raisons, le problème est de moins en moins ouvert. En effet l'achèvement d'une phase, en même temps qu'il définit plus précisément le problème que la phase suivante doit résoudre, limite le nombre de solutions possibles pour celle-ci (alors qu'il existe un grand nombre (potentiellement infini) de concepts susceptibles de remplir un besoin donné, un nombre moindre de formes peuvent correspondre à un concept donné). Nous sommes en effet face à une situation de prescription.
- Cette modélisation, si elle sert de base à une démarche opérationnelle, correspond à une planification hiérarchique du déroulement du processus de conception. Cette planification influe sur la façon dont se déroule la coopération lors du déroulement du processus. La coopération n'est supportée qu'au sein de chaque phase. La coordination de l'ensemble des phases étant strictement limitée à la planification de base du modèle, la coopération entre les acteurs de phases différentes ne peut se faire que de façon informelle et limitée, et ne peut se passer qu'à partir de *volontés individuelles* [Prudhomme, 1999]. Cette planification agit donc à la fois sur l'aspect collectif du processus de conception, en prescrivant les modalités de coopération, et sur son aspect complexe. Cette modélisation impose en effet, en même temps que la planification du processus, la décomposition du problème global en sous-problèmes locaux, propres à chaque phase, et traités successivement.

Par ailleurs, le déroulement effectif du processus de conception en suivant ce modèle soulève certains problèmes. En considérant chacune des phases comme la résolution d'un problème, le déroulement linéaire et efficace d'une telle démarche présuppose que l'état final atteint à la

fin d'une phase constituée, pour la phase suivante, un état initial à partir duquel il est possible d'atteindre le but espéré (par exemple il suppose qu'une structure proposée pourra, une fois dimensionnée, supporter la charge à laquelle elle est soumise, ou qu'une spécification sur une surface pourra être tenue lors de sa budgétisation). Nous sommes donc en face d'une situation de prescription contractuelle d'une phase envers la suivante. Or ce modèle s'appuyant sur un cloisonnement des différentes phases, cette hypothèse n'est pas forcément vérifiée. Il est en effet possible, dans un projet basé sur ce modèle, que la phase de conception du projet objet prescrive la phase de conception du projet processus sans tenir compte de ses contraintes, comme l'illustre la Figure 18.

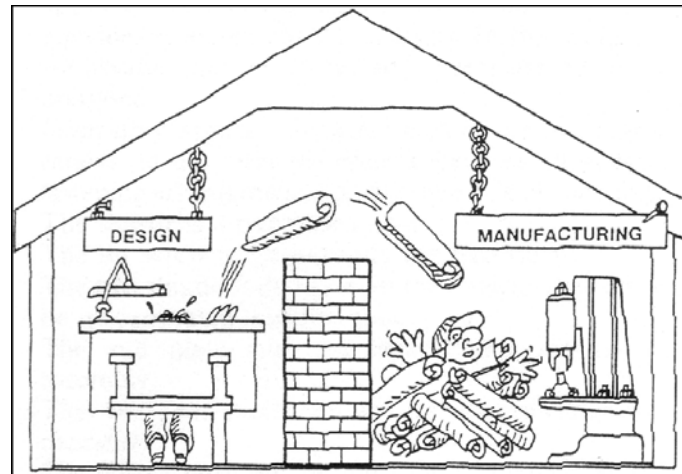


Figure 18: "Over the wall design", tiré de [Boothroyd, 1994]

Les re-itérations offrent donc aux acteurs d'une phase (n) n'ayant pu aboutir de façon satisfaisante, de « renvoyer la balle » à la phase précédente (n-1). Cette situation correspond à l'impossibilité pour la phase (n) de remplir ses propres contraintes, à la suite de la solution obtenue par la phase (n-1). Ceci va permettre aux acteurs de la phase (n-1) de tenir compte de cette nouvelle information³⁰ lors de la formulation du problème qu'ils doivent à nouveau résoudre, pour aboutir à une solution tenant compte de cette nouvelle contrainte Figure 19.

³⁰ L'impossibilité pour la phase (n) d'aboutir à partir du résultat obtenu par la phase (n-1), en respectant ses propres contraintes.

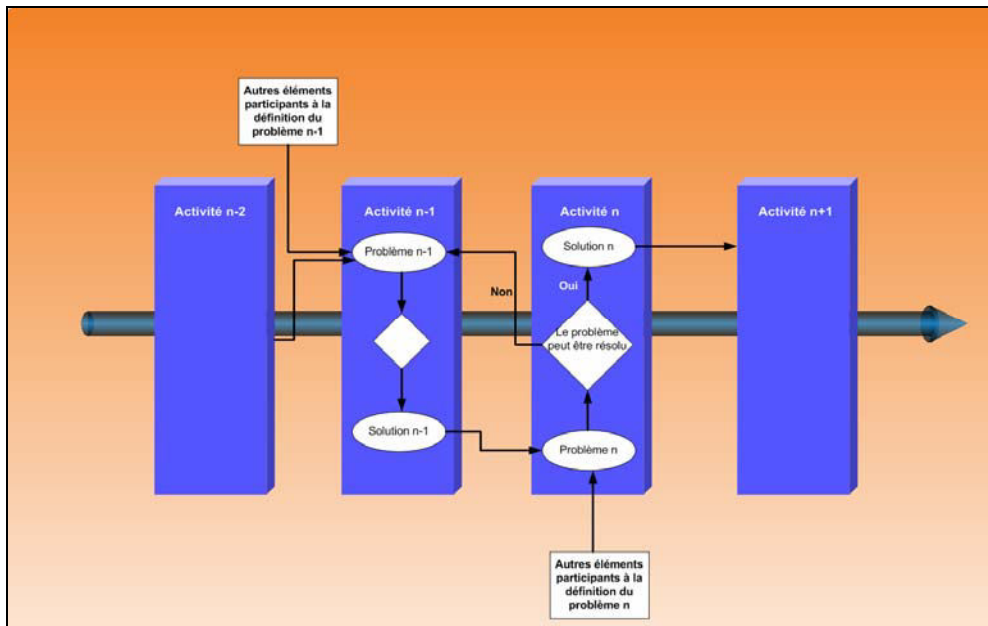


Figure 19: Modélisation possible des répétitions d'un processus séquentiel

Afin d'une part de réduire ces problèmes d'incompatibilités entre le produit d'une phase et le déroulement de la suivante, qui engendrent des répétitions et donc des coûts et des délais supplémentaires, et d'autre part de mieux répondre aux évolutions des pratiques, de nouvelles organisations sont apparues lors des dernières décennies. Le processus de conception au sein de ces organisations n'est plus basé sur un modèle séquentiel, mais simultané.

5.3.2.2. Modèles simultanés

Les dernières décennies ont vu se mettre en place dans de nombreuses entreprises des organisations dites d'ingénierie concurrente. Contrairement aux organisations basées sur le modèle séquentiel linéaire, la coordination en ingénierie concurrente cherche à permettre l'expression de tous les points de vue au plus tôt, d'anticiper [Midler, 1997].

Cette expression vise à la prise en compte en même temps des contraintes relatives à l'ensemble du cycle de vie du produit. Ces organisations sont basées sur un nouveau modèle du processus de conception, dit de conception simultanée [Parsaei, 1993].

Les modèles construits sur cette notion sont toujours basés sur une décomposition du processus de conception en phases. Néanmoins, au lieu de considérer le déroulement des phases comme séquentiel, ce modèle se base sur l'hypothèse de leur déroulement en parallèle. Ainsi, tous les éléments du cycle de vie sont pris en compte et définis simultanément.

La représentation du processus de conception, selon le modèle simultané, en décrivant le déroulement des phases, permet de constater le gain en terme de temps (Figure 20).

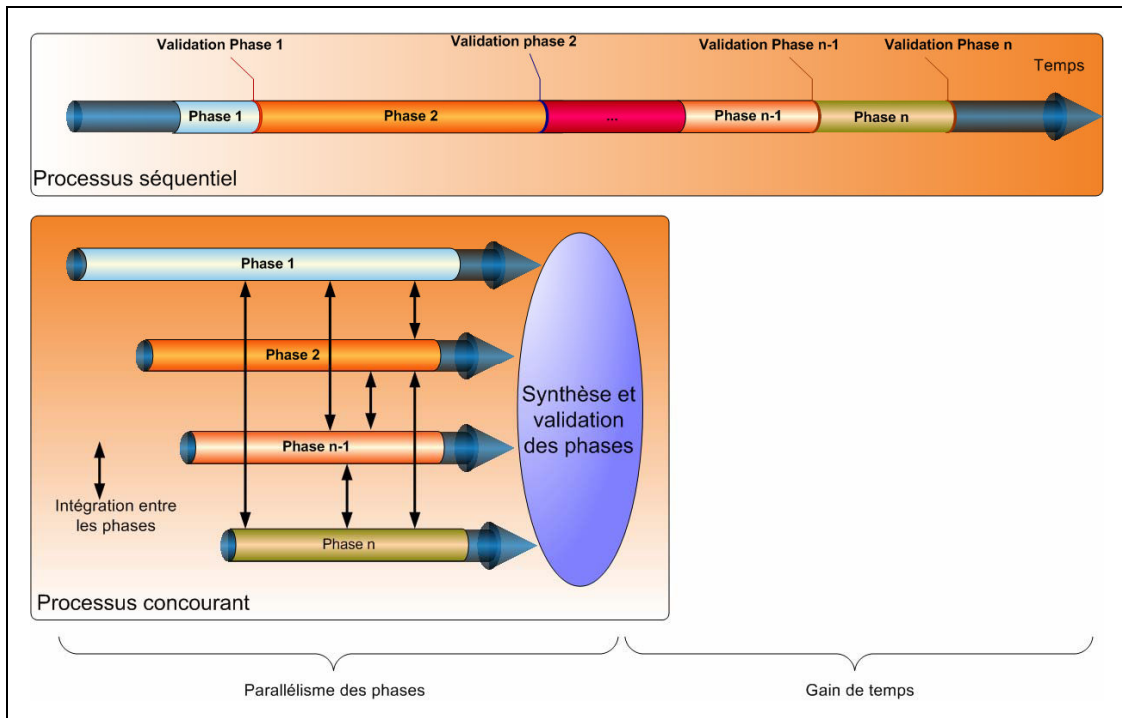


Figure 20: Conceptions parallèle et intégrée (en bas) ou séquentielle (en haut).

Néanmoins, ce gain de temps présuppose que chacune des phases aboutisse convenablement. En effet, en considérant encore une fois la réalisation d'une phase comme une résolution de problème, le problème que chaque phase doit résoudre est au moins partiellement défini par certains éléments d'autres phases. L'aspect parallèle de la conception simultanée nécessite donc l'intégration, afin que chaque phase puisse tenir compte des éléments issus des autres phases. Nous rejoignons en ce sens Prudhomme [Prudhomme, 1999] :

- D'une part, les différents acteurs vont se partager la tâche globale et travailler en parallèle : la conception est **parallèle**.
- D'autre part, les différents aspects traités successivement dans les organisations séquentielles doivent désormais être pris en compte simultanément et conjointement : la conception est **intégrée**.

Cette problématique a d'abord été traitée dans la littérature en proposant une **intégration des connaissances**. Il s'agit de formaliser les connaissances propres aux métiers associés aux phases, afin que les acteurs de la conception soient à même d'intégrer ces connaissances dans l'exécution de leur tâche, et donc de tenir compte de contraintes issues d'autres phases.

Cette approche trouvant ses limites, du fait de la difficulté de formaliser les connaissances puis de les décontextualiser et de se les approprier, l'intégration a évolué vers une intégration des acteurs de la conception [Tichkiewitch, 1995].

Les différents acteurs sont alors amenés à coopérer au sein d'une équipe de conception souvent évolutive et rarement prédéfinie. Ceci implique que le déroulement des différentes phases soit coordonné. Cette coordination peut être le fait d'un contrôle extérieur au déroulement des phases, comme d'un contrôle interne mené par les acteurs eux-mêmes. Dans un cas comme dans l'autre, cette coordination doit elle-même naître de la coopération des acteurs impliqués (nous y incluons l'acteur attiré à cette tâche), dont les modalités sont émergentes, non figées, non prédéfinies.

Ainsi, pour se coordonner, les acteurs de la conception ont tout d'abord besoin de suivre l'activité des autres participants ainsi que l'utilisation des ressources partagées. Mais il ne suffit pas de savoir ce que font les autres pour agir de manière coordonnée, encore faut-il connaître le rôle que l'on peut jouer dans les activités du groupe. Ainsi, la coordination « *regroupe l'ensemble des mécanismes par lesquels les individus intègrent leurs activités productives* » [Katzy et Ma 2002].

En ce sens, Godart [Godart & al 2001] définit deux modes de coordination :

- **La coordination explicite** : elle s'opère lorsque le contenu du travail est spécifié ou programmé (e.g. nature et contenu des documents à fournir, procédure décrite dans un contrat, ...etc.). Ainsi, on détaille la manière de faire (par des procédures ou des règles) et on oblige (par des contrats) tous les participants à l'activité à se conformer à cette description.
- **la coordination implicite** : elle sert à supporter l'imprévu et à ajuster les activités. Elle se base sur des échanges dits "*informels*" (geste, parole ou coup de téléphone, voir courrier électronique) qui ne suivent pas des procédures définies à l'avance mais s'effectuent dans le cadre d'interactions définies "*sur le tas*". Elle permet une réactivité, en temps réel et une adaptation aux situations d'incertitude.

En définitive, la coordination apparaît comme le complément indispensable de l'activité de coopération. Maggi [Maggi 1997] précise que la coordination n'est que l'ensemble des règles d'action qui structure la coopération. Ainsi, coopération et coordination ne sont pas en opposition, mais elles représentent les deux dimensions de l'action collective : la première, la finalisation, la deuxième, la régulation.

De manière générale, dans la conception en architecture, la coordination actuelle fondée sur des pratiques empiriques et peu formalisées est adaptée (efficace) à des opérations « courantes ». Par ailleurs elle est insuffisante pour les opérations de grande envergure. En conséquence, à la coordination implicite doit s'ajouter une coordination explicite fondée sur « des grandes lignes » mais qui preserve de l'indépendance. Il s'agit de la **coordination flexible** tel que décrite par Kubicki [Kubicki, 2006].

5.4. Conclusion du chapitre

A l'issue de ce chapitre, nous avons vu que la conception en architecture se situait dans la catégorie des problèmes mal-définis, en ce sens qu'elle ne comportait pas une solution unique pouvant être obtenue grâce à une méthode garantissant l'atteinte de cette solution.

En effet, en considérant le processus de conception comme une résolution de problème, nous pouvons remarquer les points suivants :

- Etant face à un problème de conception, celui-ci est, comme nous l'avons vu, mal défini. Chacune des phases menées en parallèle va s'attacher à résoudre une partie de celui-ci, un sous-problème lui-même mal défini. Le déroulement de chaque phase va alors participer à la définition progressive du sous-problème qu'elle traite. Il se pose alors la question de la définition du problème global, et de la progression de cette définition.
- Chaque phase est face à un sous-problème ouvert. Néanmoins, le déroulement des autres phases restreint l'ensemble des solutions possibles à ce sous-problème. Il se pose alors la question de la connaissance, pour une phase, de cette restriction.

- La complexité du problème de conception est traitée, comme dans l'approche séquentielle, par une décomposition a priori du problème (pourtant mal défini). Cette décomposition est associée au découpage organisationnel par phases, chacune traitant un sous-problème qui lui est propre.
- L'aspect collectif du problème de conception est explicitement pris en compte dans le modèle de conception simultanée. Nous avons vu plus haut que la coopération nécessaire à l'aboutissement réussi du processus de conception passe par une intégration des acteurs de conception.

Nous avons vu plus haut que les processus de conception peuvent être décrits par un modèle séquentiel, ou un modèle simultané. Aujourd'hui, il semble admis que la réalité est bien plus nuancée et qu'il est rare que les processus de conception se cantonnent à l'un ou à l'autre de ces modèles.

Par ailleurs, en considérant la conception en architecture comme un processus à coordonner entre les acteurs, il semble nécessaire de prendre en compte les relations entre les acteurs et le déroulement du processus dans son ensemble, avec une attention particulière sur les organisations mises en place pour satisfaire les objectifs de la conception. De ce fait, le processus de conception revêt un caractère de plus en plus imprévisible puisqu'il se construit au fur et à mesure de l'avancement du projet.

Dans ce contexte, la coordination est vue comme un ensemble de mécanismes utilisés par les acteurs pour établir un lien cohérent entre les activités et les acteurs qui les accomplissent. Le besoin de coordination est le corollaire de la division du travail. Ce corollaire exprime la nécessité de réunir en cohérence ce qui a été réparti entre les acteurs qui ont divisé leur travail.

En effet, lorsque le groupe d'acteurs s'agrandit et s'organise Hoogstoel [Hoogstoel 96] souligne la nécessité de prise en compte de trois nouveaux enjeux, à savoir :

- Favoriser la **cohésion** du groupe : Pour renforcer la cohésion du groupe, il faut aider les participants à se connaître. Chacun doit pouvoir obtenir des informations sociales et organisationnelles (statut, rôles) sur les autres membres. De plus, des informations globales partagées portant sur la tâche et les activités actuelles du groupe renforcent l'appartenance objective et subjective au groupe. Enfin, pour entretenir la cohésion de groupe, il faut pouvoir imprimer des rythmes de travail au groupe, et favoriser la prise de décision en commun.
- Favoriser l'**implication** individuelle des membres : L'Homme montre une résistance naturelle au travail en groupe, ce qui provoque des cassures entre le travail individuel et le travail pour le groupe. Cette résistance provient de la peur du participant d'être dépossédé de son travail. Il semble donc important de permettre l'intégration dans le travail du groupe des résultats d'un travail individuel. Un acteur apprécie également de pouvoir utiliser ses outils personnels pour participer directement au travail du groupe.
- Faciliter l'**organisation** du groupe : lorsqu'un groupe devient une organisation, tous ses membres ne participent pas à toutes les activités du groupe. Il se divise alors en équipes de travail. Il faut donc permettre la constitution des informations organisationnelles nécessaires à la cohésion du groupe. Les équipes et leurs constitutions sont très variables et changeantes. Elles doivent pouvoir construire des espaces de collaboration qui s'enrichissent au fur et à mesure que l'organisation se développe.

De façon plus générale, nous constatons que le projet de conception en architecture est l'espace de construction progressive et collective d'un ensemble de problèmes. Cela signifie que l'élaboration du problème est permanente jusqu'à la réalisation du bâtiment voir au delà. Il est donc nécessaire de compléter et enrichir les « données » de l'énoncé de base (qui n'est en fait que l'énoncé initial) par des contraintes, des repères et des prescriptions négociées. En ce sens nous mettons en évidence le fait :

- qu'on ne peut isoler le problème de son contexte fluctuant (normes de sécurité, réglementation de zonage ...) et instable car sensible à la conjoncture,
- que son énonciation se développe dans le cadre d'une organisation sociale (complexité organisationnelle des acteurs qui forment le problème),
- que certaines composantes, contraintes ou spécifications ne peuvent émerger qu'au cours du processus.

En définitive nous soulignons par là l'aspect **ubiquiste** du processus générique de conception en architecture proposé plus haut et basé sur les activités primitives d'analyse de proposition et d'évaluation *Figure 21*.

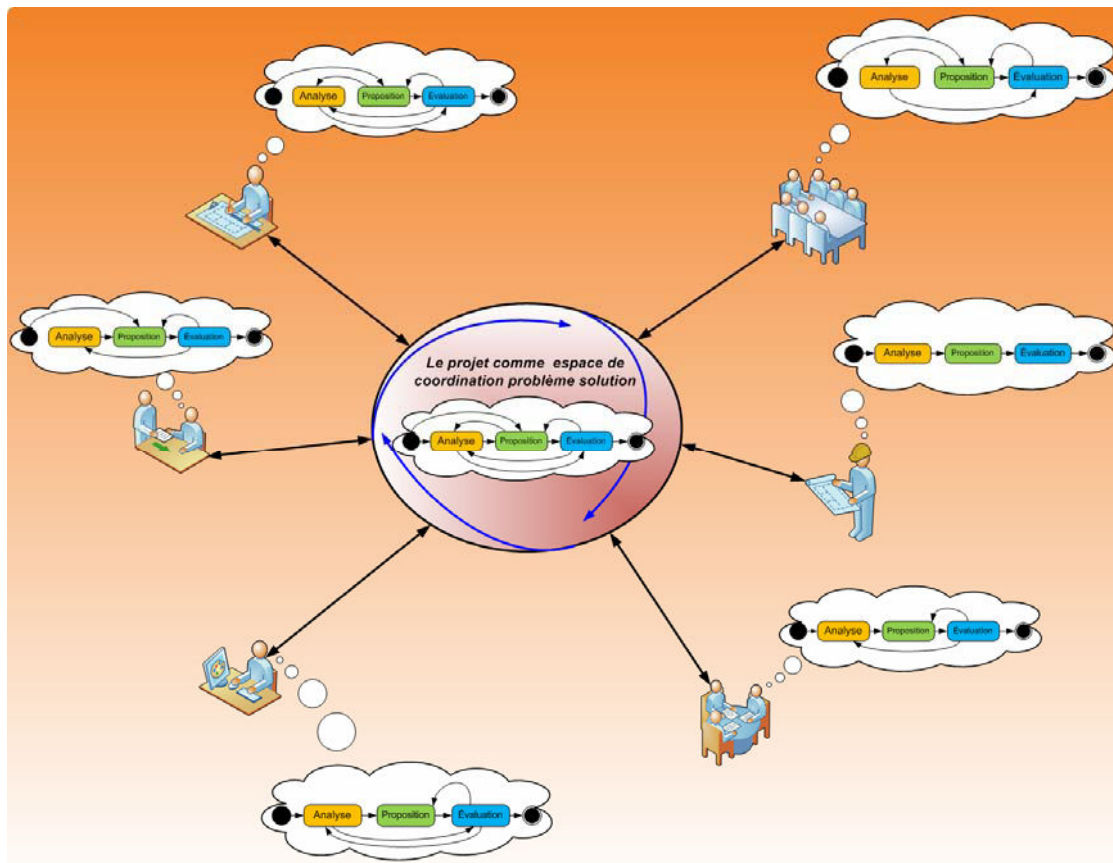


Figure 21: l'aspect ubiquiste du processus générique de la conception en architecture

5.4.1. Les difficultés de modélisation des processus de conception

Ce chapitre nous a permis de constater la non pertinence du modèle séquentiel pour décrire à la fois les caractéristiques des problèmes de conception et la dynamique des processus réels. Cette difficulté vient en partie du modèle adopté pour décrire le processus de conception. Alors que les modèles séquentiels décrivent le processus de conception comme une succession de phases, le modèle simultané le décrit comme une réalisation parallèle de ces phases. Chacune des phases peut être vue comme une résolution de problème Figure 22.

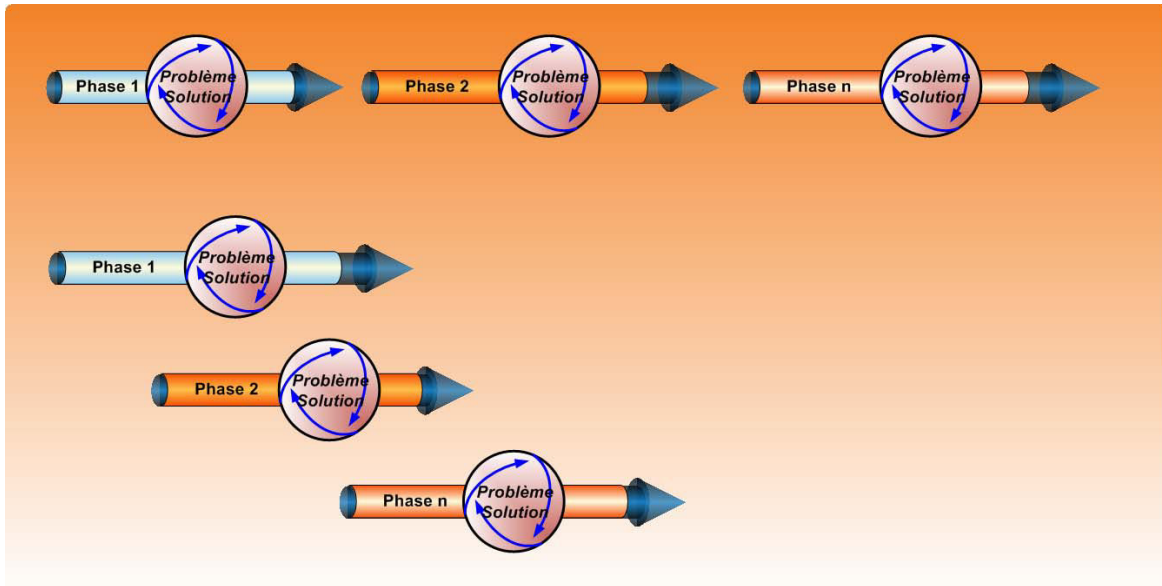


Figure 22: Phases et résolutions de problème dans les modèles séquentiels (en haut) et simultanés (en bas)

Il est possible de décrire les interactions formelles, par l'illustration de la communication prescriptive entre phases, dans le cas du modèle séquentiel, et par l'adjonction à ce schéma d'étapes de communication, correspondant par exemple à des revues de projets, dans le cas des modèles simultanés. Or, il est difficile de décrire les interactions informelles dans un schéma tel que celui de la Figure 22, comme nous l'illustrons dans la Figure 23. Nous n'avons pas représenté les interactions à l'intérieur d'une phase.

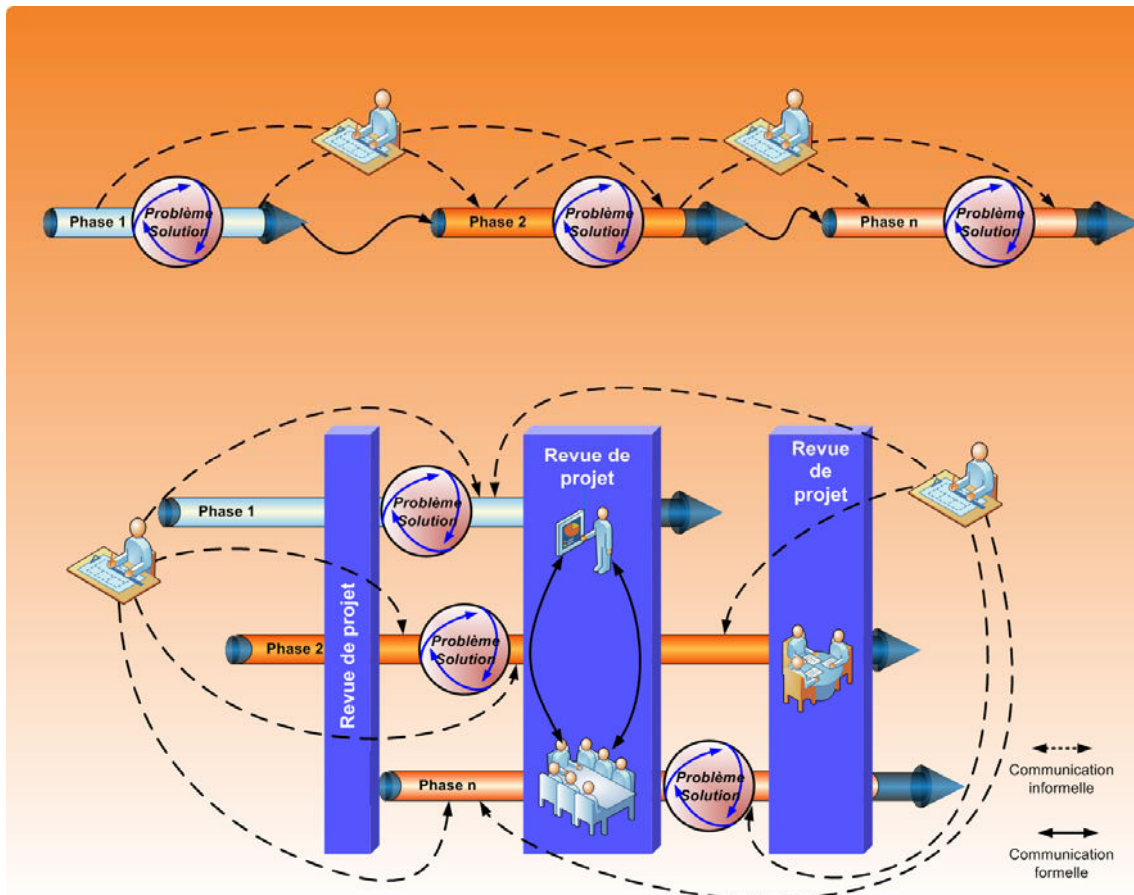


Figure 23: La communication entre phases dans les modèles séquentiels et simultanés

La représentation choisie dans la figure précédente questionne en elle-même la difficulté d'offrir un modèle du processus de conception. En effet, dans un contexte séquentiel, la modélisation, basée sur un amalgame intrinsèque de l'axe temporel, de l'axe des phases, de l'axe des métiers associés aux phases et de l'axe de la résolution des problèmes associés aux phases permettait au modèle de représenter de façon homogène le processus de conception. Dans un contexte concourant, la mise en parallèle de ce qui était des phases dans les modèles séquentiels est un mode de représentation faussé. En effet, ce sont les tâches précédemment assimilées aux phases qui sont mises en parallèle. La notion de phase n'est pertinente que pour désigner une portion préalablement définie de l'axe temporel (par exemple le laps de temps qui sépare deux revues de projets dans la Figure 23).

5.4.2. La conception, un processus multidimensionnel

Nous avons évoqué en outre qu'un problème de conception était ouvert et mal défini. Nous nous proposons donc de réfuter de plus l'hypothèse de l'amalgame entre l'axe temporel (et donc des phases) et l'axe de la résolution de problème.

En ce sens nous rejoignons les conclusions de Schön [Schön, 1983] et Visser [Visser, 2002] qui donnent au problème et à sa construction une importance capitale. De ce fait, le processus de conception, qui correspond d'un point de vue macroscopique au passage d'une situation problématique à une situation objective et donc à une résolution de problème, implique d'un point de vue plus fin la mise en œuvre alternative d'activités de *problem solving* et de *problem setting/framing*. Nidamarthi [Nidamarthi, 1997] arrive à la même conclusion à partir d'une étude descriptive des activités menées indépendamment par deux concepteurs travaillant seuls, face à un problème donné identique. Il distingue les activités ayant trait à la résolution du problème de celles traitant de la définition du problème, et remarque ainsi que

ces dernières sont menées tout au long du processus de conception, et donc ne sont pas naturellement préliminaires aux autres activités de conception.

La représentation du problème évolue alors tout au long du processus de conception. Il convient donc de distinguer outre les deux dimensions du temps (ou des phases) et des tâches associées à ces phases, la dimension distinguant l'expression du problème de la définition des solutions. De plus, nous pouvons assimiler aux tâches les différents métiers auxquels elles sont associées. Ce choix nous conduit à représenter le processus de conception dans un espace à trois dimensions (Figure 24).

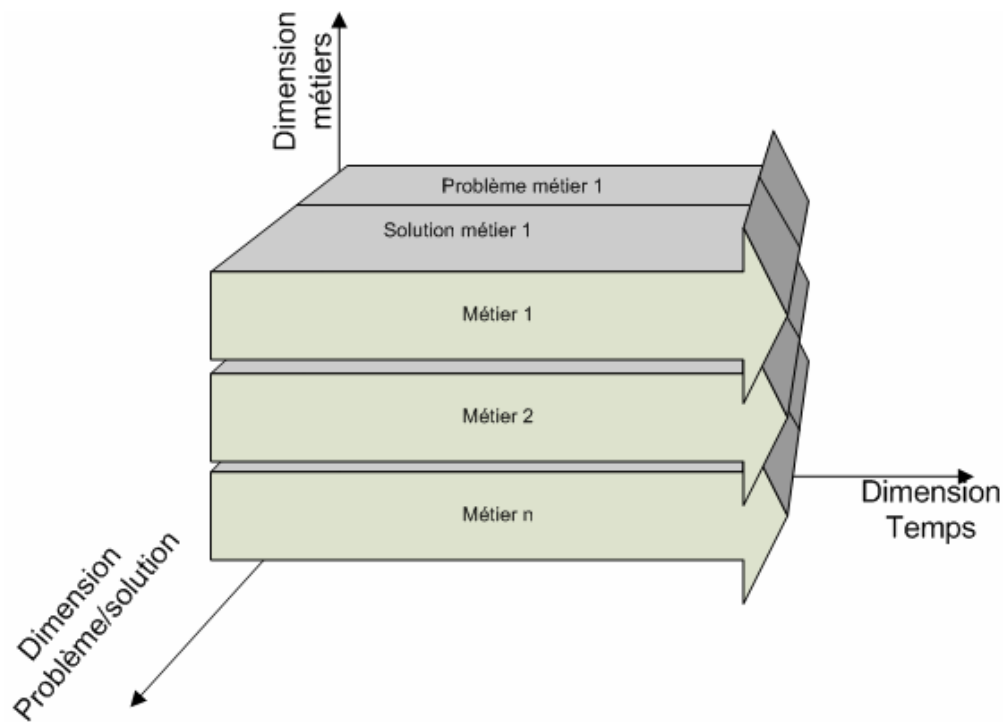


Figure 24: Les dimensions parcourues par les processus de conception

Cette nouvelle représentation nous conduit alors à nous interroger sur les différents points de vue possibles sur le processus.

Il est en effet possible de décrire ce processus selon divers modes de représentation [Perrin, 1999]. Alors que le modèle séquentiel classique le décrit comme une suite de phases, c'est-à-dire un découpage préétabli de l'axe du temps (axe par rapport auquel d'autres dimensions étaient implicitement considérées parallèles), nous avons vu apparaître un découpage du processus en métiers exerçant simultanément, ainsi qu'un découpage en problèmes et solutions découplés du découpage temporel. Ainsi Françoise Darses, en s'intéressant aux aspects cognitifs relatifs aux situations d'ingénierie concurrente, identifie trois axes nécessaires pour définir l'espace de conception [Darses, 1997]. Alors que l'aspect temporel est supporté par l'axe « conduite du projet », ou « phasage », un axe des points de vue décrit le niveau d'abstraction sous lequel est vu l'objet conçu et un axe de détail correspond au raffinement de la solution. L'auteur met en opposition le modèle classique du processus de conception (que nous avons qualifié de séquentiel) et un modèle d'intégration des points de vue. Alors que dans le premier cas les trois axes sont confondus, Darses, dans le modèle d'intégration des points de vue, distingue les axes de phasage et de raffinement de l'axe des points de vue (Figure 25).

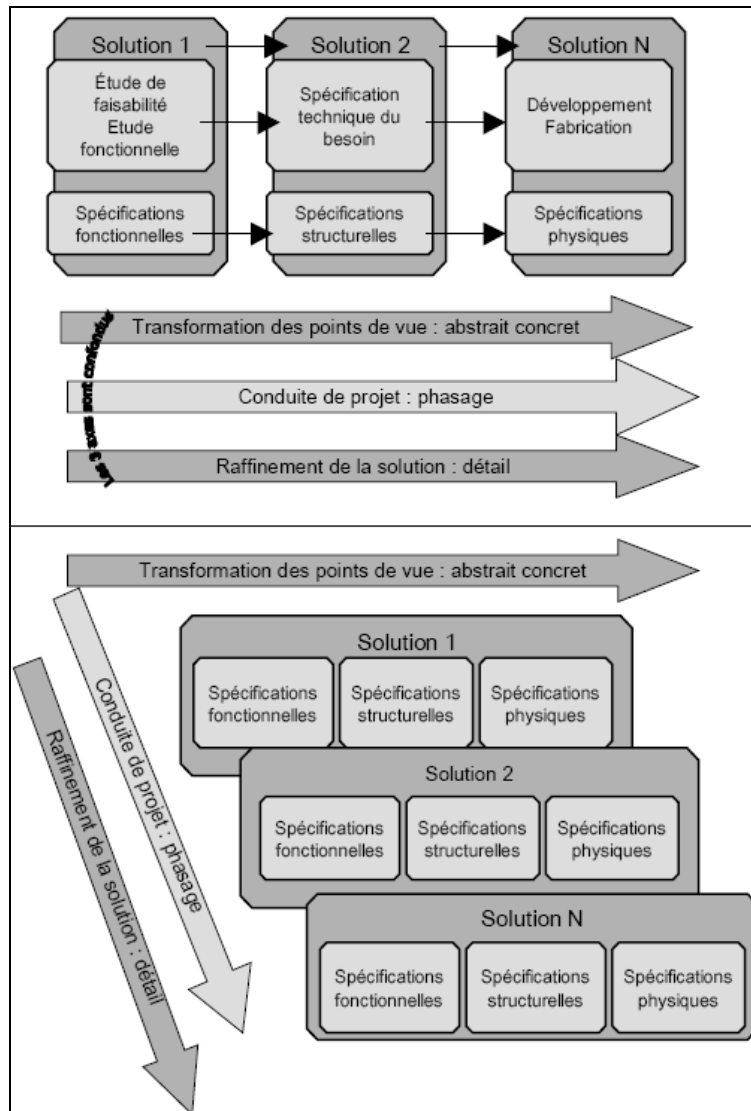


Figure 25: Schéma Modèles classique (en haut), et d'intégration des points de vue (en bas), tiré de [Darses , 1997]

Là où le modèle classique, par l'assimilation des ces trois axes, prescrivait une nécessaire précedence des points de vue (de l'abstrait vers le concret), le modèle de Darses explicite la simultanéité des points de vue. Les concepteurs opèrent ainsi *en mêlant spontanément les points de vue sur l'objet, en entremêlant les différents niveaux d'abstraction.*

Le schéma proposé par Darses nous permet de considérer, par le découpage qui est proposé le long de l'axe des points de vue, l'existence simultanée de trois domaines de spécifications, distincts par leur niveau d'abstraction. Cette considération nous montre la possibilité de décrire le processus de conception par les domaines qui composent une dimension non parallèle à celle du temps.

Nous pouvons donc considérer que le processus de conception décrit un espace défini par au moins quatre dimensions. En effet, à la dimension temporelle s'ajoute au moins celle des métiers, ou des acteurs du processus, celle du point de vue qu'ont ces acteurs sur l'objet en cours de conception, et enfin celle qui distingue d'une part le problème de conception et de l'autre la solution.

Par cet aspect multidimensionnel des processus de conception nous soulignons l'inexistence d'un modèle permettant d'expliquer la conception dans son intégralité d'où la nécessité de se concentrer sur l'activité de conduite de la conception pour construire notre modélisation des processus de conception en architecture. En ce sens, il nous semble nécessaire de nous interroger sur la manière dont la conduite de la conception assure son rôle dans de telles configurations.

Chapitre 6. Vers une modélisation de la conduite de la conception en architecture

L'objectif de ce chapitre est de présenter un modèle qui puisse décrire un cadre de la conduite de la conception en architecture. Pour reprendre les termes de Freeman (cité dans [Lissandre, 1990]) ce modèle: «... est une abstraction de la réalité qui ressemble suffisamment à l'objet modélisé pour qu'il soit possible de répondre à certaines questions concernant cet objet, en consultant le modèle. On qualifie le modèle de « bon » s'il permet de trouver les réponses au « bon » ensemble de questions avec une bonne tolérance».

Ainsi, le modèle que nous cherchons à construire n'a pas la prétention d'être une description exhaustive de tous les processus mobilisés au cours de la conduite de la conception. Les questions auxquelles nous tentons de répondre portent sur les besoins spécifiques pour :

- assurer les tâches de conduite et de coordination des activités de chacun des acteurs,
- assurer une cohérence entre toutes les solutions proposées, issues de l'intégration des points de vue.

C'est donc à ce point particulier du processus de conception en architecture que s'intéresse notre modélisation.

Il faut également insister sur le fait que ce modèle n'a pas pour vocation d'être normatif. Il n'est pas construit comme la description d'un processus souhaité, mais plutôt comme l'analyse d'une observation de l'existant.

La modélisation que nous allons construire maintenant a pour objectif de rechercher et d'analyser comment les acteurs de la conception en architecture font face à des situations imprévues et non planifiées. Quelles sont les démarches qu'ils entreprennent pour gérer ces situations ?

6.1. La conduite de la conception en architecture comme garant de la construction des hypothèses de solutions aux problèmes

La conduite de la conception en architecture, telle qu'elle a été présentée précédemment (§ chapitre 3), est une activité multidisciplinaire qui assure la planification et la coordination de l'activité de tous les acteurs impliqués dans la conception. Cela suppose une connaissance relativement complète de tous les aspects du projet, de toutes ses composantes et ses implications. Cette connaissance relativement exhaustive de l'état courant du projet et de l'état courant du bâtiment en conception, donne la faculté de coordonner et de rendre cohérents toutes les spécifications, les contraintes et les principes de solutions, portés par les

différents points de vue de tous les acteurs du projet. Le but demeure toutefois de conduire l'action de ces acteurs pour qu'ils parviennent à converger vers une définition commune du bâtiment. La conduite de la conception est donc un « lieu » de convergence d'une grande partie de l'information relative au bâtiment et de la connaissance qui circule au cours d'un projet.

Au cours d'un projet, des difficultés naissent. Elles sont généralement le fruit d'une confrontation de contraintes ou de solutions locales portées par différents acteurs. En tant que « lieu » privilégié de confrontation de tous les aspects du projet, il est logique que la conduite de la conception soit également le « lieu » où émergent ces difficultés. Ainsi lorsqu'une difficulté apparaît, c'est dans l'activité de conduite que sera menée la démarche de son traitement, avec pour objectif de sortir du blocage que cette difficulté a engendré.

Cependant, si la conduite de la conception assure la responsabilité d'une telle démarche, cette action s'inscrit plus globalement dans une démarche de coopération. Un acteur responsable de la conduite de la conception ne peut à lui seul définir toutes les implications d'un problème. Pour y parvenir il lui faut mobiliser les connaissances et les compétences relatives aux métiers, aux aspects ou aux entités impliqués (« documents, méthodes, outils, etc). Pour définir efficacement une situation qui permettra au projet de progresser, il semble alors important d'intégrer différents acteurs, travaillant dans les différents domaines, identifiés comme concernés par le problème.

Cette coopération est indispensable car construire une hypothèse de solution au problème, consiste avant tout à construire un objectif, commun et partagé par tous, sur la base d'une configuration qui, elle, amène une lecture et une compréhension toute personnelle. Dans cette recherche d'objectif commun, les acteurs doivent expliciter leur point de vue pour permettre, par négociation et ajustements, la construction d'une entité partagée par l'ensemble de ces acteurs.

Par ailleurs, nous constatons que dans la pratique, la définition d'une solution à un problème est souvent effectué de manière instinctive, informelle et sans être véritablement outillé. Ce manque de formalisme et d'instrumentation ne va pas sans poser quelques difficultés. Tous les acteurs d'un projet n'ont pas initialement le même point de vue ni les mêmes objectifs. On mesure alors toute la difficulté de cet exercice qui consiste à les amener vers la définition d'un objectif partagé. Cependant malgré la diversité et la complexité des problèmes, la construction d'une issue ne semble pas être un processus totalement spécifique et nouveau pour chaque situation problématique.

Dans tous les cas, quelque soit la démarche suivie, la construction d'une hypothèse de solution au problème reste un processus peu formalisé et peu structuré. Il existe cependant un invariant : suite à sa définition, cette hypothèse de solution est toujours transmise à un acteur qui aura la charge de la mettre en œuvre. Seul le contenu de cette hypothèse, ainsi que le choix de l'acteur qui en aura la charge, sont dépendants de cette démarche. Cependant la nature d'une hypothèse comme le choix d'un acteur sont des éléments essentiels dans le processus de traitement d'un problème.

6.1.1. La décision de traiter les problèmes

La mise en évidence de l'existence d'un problème, n'entraîne pas systématiquement la définition d'une hypothèse de solution que le projet devra réaliser. Pour mettre en place une telle démarche, il est nécessaire de posséder un niveau de connaissance suffisant sur les différentes composantes du projet. Dans le cas contraire, trop d'hypothèses restent incertaines

pour pouvoir mener une démarche efficace. L'aspect combinatoire qui découle de la manipulation d'un ensemble d'hypothèses non vérifiées, ne permet pas de choisir une direction privilégiée dans la démarche de définition d'une situation visée. Le graphe défini par Christophe Midler [Midler, 93] relatif à la capacité d'action des concepteurs, en fonction de leur degré de connaissance relatif au projet, illustre parfaitement ce phénomène.

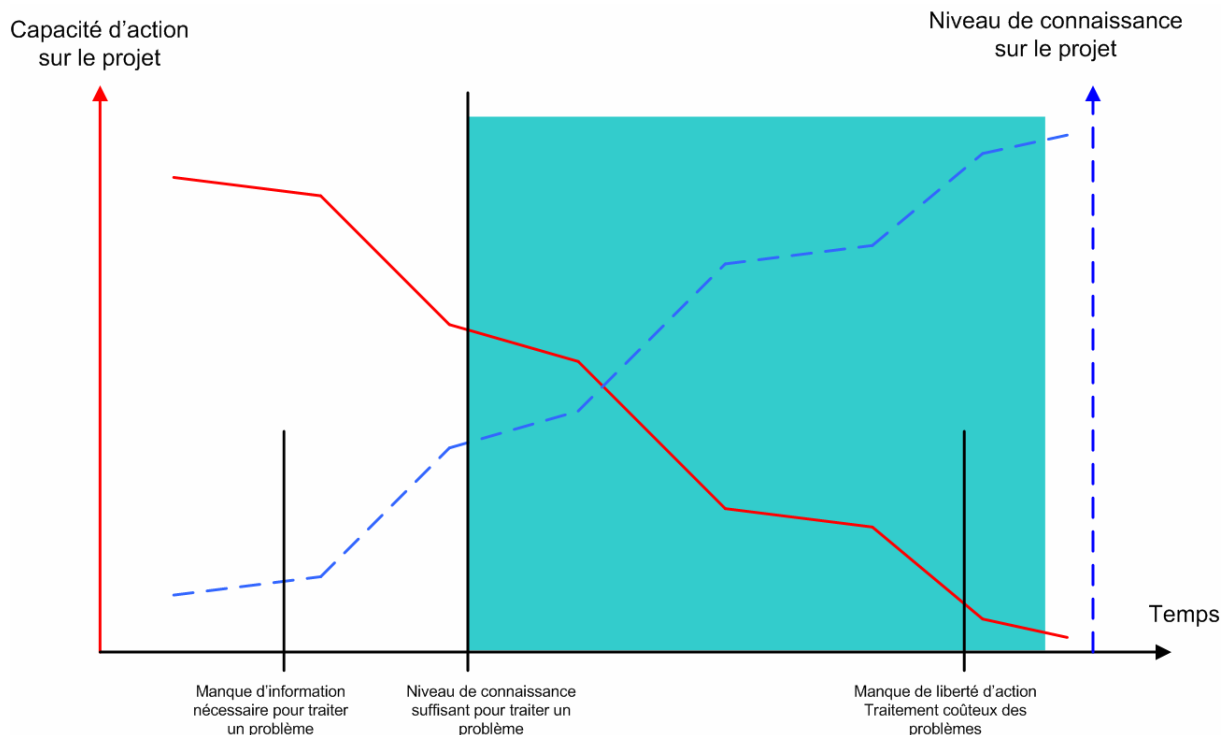


Figure 26: *Quand traiter une situation problématique? (sur la base du graphe de Midler [Midler, 93])*

Ce graphe tend à montrer que le suivi, dans le temps, d'un problème permet de définir un moment privilégié pour l'aborder et la traiter efficacement. Ce moment est défini par le compromis entre un niveau de connaissance suffisant sur le projet et une liberté d'action pour les acteurs. Cependant, le suivi d'un problème n'est que très rarement mené de manière continue, permettant de définir cet instant privilégié. En effet, un problème peut être mise en évidence et ne pas être traitée sur le champ par manque de connaissances ou pour toute autre raison. Dans ce cas, le problème existe, mais n'est pas mobilisé de manière continue tout au long du projet. Si cette situation perdure, elle ne fera de nouveau l'objet d'une attention particulière que lorsque la décision de la traiter est prise, c'est-à-dire lorsque le degré de connaissance sur le projet permettra de formuler une hypothèse de solution.

Cependant, le choix du moment de traiter un problème n'est pas directement piloté par ce niveau de connaissance nécessaire. Le moment où ce problème est effectivement traité peut intervenir bien après l'accession à un niveau d'information suffisant.

Cela signifie que le degré de connaissance sur le projet est suffisant, mais cela signifie également que la marge de manœuvre pour traiter ce problème est réduite. En effet, la validation, lors des phases amonts, d'un certain nombre de paramètres, limite les possibilités de traitement pour ce problème.

Entre ces deux moments, il existe pourtant une configuration du projet où le niveau d'information relatif au projet devient suffisant pour pouvoir initier une action corrective, tout en laissant aux concepteurs une certaine latitude dans le choix de leurs actions correctives. Il faut en effet posséder une vision assez précise de la configuration actuelle du projet pour

pouvoir se projeter dans son évolution future. Cette connaissance précise de la configuration du projet et de l'état du bâtiment en conception sont indispensables pour parvenir à déterminer les conséquences probables d'un problème et ses impacts sur le projet. Ainsi, du fait que les conséquences futures d'un problème reposent sur une projection de l'état courant du projet, initier dès cet instant une action corrective ne prend de sens que si cet état est stabilisé et ne comporte pas trop d'inconnues ou d'incertitudes.

6.1.2. la notion de points d'arrêt comme paradigme à la conduite des processus de conception en architecture

Dans les pratiques, les facteurs essentiels qui permettent aux acteurs d'éviter les dysfonctionnements ou problèmes dans la conception restent leur rapidité de réaction et leur vision globale et transversale des processus de conception. Ainsi, la limitation des conséquences potentielles d'un dysfonctionnement passe par la prise en compte de solutions adéquates, mais aussi par la mise en œuvre de moyens de détection précoces des dysfonctionnements et de correction de leurs effets.

Nous voyons là un parallèle avec le débogage en informatique qui consiste à détecter, localiser et corriger des bogues³¹ dans un programme informatique. Pour ce faire les programmeurs disposent d'outils appelés débogueurs qui permettent de les assister dans cette tâche et qui les aident à comprendre le comportement de leur programme. Ces outils sont capables de lancer un programme et d'instrumenter son exécution c'est-à-dire d'exécuter et d'arrêter le programme à tout instant. De plus lorsque le programme est arrêté, il est possible de visualiser l'état de toutes les variables à ce moment de l'exécution. Pour cela différents mode d'utilisation sont possibles :

- Utilisation en mode pas à pas (*stepping*): les instructions sont exécutées une par une. Lorsque l'instruction est une fonction, il est possible de passer directement à la fin de la fonction pour obtenir uniquement le résultat ou bien de rentrer dans la fonction, c'est-à-dire de l'exécuter elle aussi pas à pas.
- Utilisation avec l'aide des points d'arrêt (*breakpoints*): le programme est exécuté d'un seul bloc, jusqu'à ce qu'il rencontre un point d'arrêt. Une fois arrêté, toutes les variables peuvent être visualisées.
- Utilisation cumulant des deux modes précédents : le programme est exécuté jusqu'à un point d'arrêt à partir duquel l'exécution se met en mode pas à pas. ce mode est souvent utilisé lorsque l'on a une forte suspicion de l'endroit où se trouve le bogue.

Cette notion de points d'arrêt nous semble intéressante pour conduire les processus de conception en architecture. En effet, nous y voyons le lieu et le moment où il est possible « d'interroger » le processus sur son état courant. On peut ainsi les utiliser pour détecter les problèmes de conception, les localiser puis les traiter.

Cette utilisation peut se faire selon deux modes Figure 27 :

- **Un mode statique** : dans ce mode les points d'arrêt sont utilisés comme des jalons après chacune des activités primitives du processus générique proposé.

³¹ Un bogue dans une méthode (ou dans un programme) est une erreur qui doit être éliminée. Il peut s'agir d'une défaillance simple comme une boucle sans fin ou une plus complexe (erreur dans l'algorithme).

Elles permettent ainsi d'analyser les résultats d'une activité et de déterminer si certain d'entre eux peuvent éventuellement causer des problèmes susceptibles de modifier considérablement le bâtiment à concevoir ou entraver le bon déroulement des processus de conception.

- **Un mode dynamique** : dans ce mode les points d'arrêt sont utilisés pour réagir aux imprévus qui peuvent apparaître dans les activités primitives du processus générique de conception. Elles permettent ainsi d'assurer le suivi du bon déroulement des processus distribués de chaque acteur impliqué dans la conception.

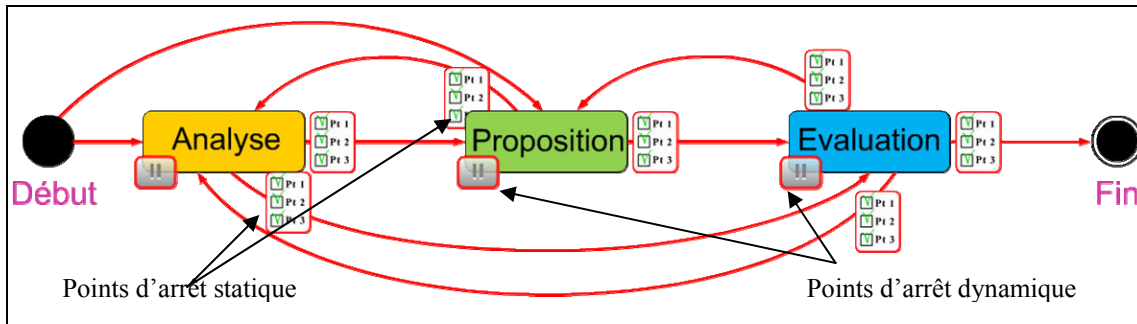


Figure 27: les deux modes d'utilisation des points d'arrêt dans le processus générique de conception

Ces points d'arrêt représentent donc la part réactive de la conduite de la conception et nous semblent être un moyen pour traquer les imprévus et suivre l'état des processus de conception des acteurs.

Pour formaliser le contenu de ces points d'arrêt, nous nous basons sur deux entités étroitement liées, généralement implicites mais omniprésentes dans les projets de conception : la **situation problématique** et la **situation visée**.

6.2. De la situation problématique à la situation visée

Au lancement d'un projet d'architecture, les premières actions entreprises par les acteurs de la conception sont de définir et d'explicitier les besoins qu'ils cherchent à satisfaire. S'engage alors un processus où les acteurs du projet doivent définir ensemble, ou en parallèle, toutes les composantes du bâtiment à concevoir. Il s'agit d'un jeu de construction où chacun définit les « briques » élémentaires qui une fois assemblées, constitueront l'entité finale du projet. Cependant, cette progression dans la définition de plus en plus fine du bâtiment, ne se résume pas à l'agrégation de résultat ou de solutions locales préalablement planifiés. A toutes les phases du projet, et dans tous les domaines, apparaissent au cours du processus ce que nous appelons des *situations problématiques*.

6.2.1. Les situations problématiques

Une situation problématique peut être définie comme une configuration du projet à un instant donné, qui ne permet pas de continuer à progresser efficacement dans la définition et la caractérisation du bâtiment à concevoir, selon la démarche initialement planifiée. Elle peut également être définie de manière plus générale comme un obstacle dans la progression du projet. C'est un ensemble de circonstances, de faits, de paramètres ou d'entités qui corrélés entre eux amènent les concepteurs dans des situations qu'ils n'avaient pas imaginées ni anticipées. Il s'agit de situations pour lesquels les démarches préétablies n'apportent pas de réponses prédéfinies. Par nature, une situation problématique est rarement spécifique à un seul

aspect du projet ou un seul domaine d'expertise. En effet, si tel était le cas, ces situations resteraient très localisées, et n'influeraient pas sur l'ensemble de la configuration du projet. Au contraire une situation problématique née généralement de l'interaction entre différentes entités, relatives à différents domaines du projet.

Une situation problématique peut être perçue à différents niveaux de complexité et d'interdisciplinarité. Elle peut apparaître comme étant la confrontation de deux aspects spécifiques du projet. Imaginons par exemple la conception d'un espace technique pour recevoir un équipement (e.g. une chaudière) dont le temps de production est fixé à 24h/24h. Imaginons dans le même temps, que le choix de l'équipement implique une maintenance préventive d'une heure par jour. Il semble en première approche que la confrontation de ces deux composantes, amène le projet dans une situation problématique. Pourtant une telle configuration qui semble traduire un antagonisme entre l'aspect production et l'aspect maintenance, ne serait que la partie visible de la situation problématique. En s'arrêtant à ce niveau d'observation, il serait aisé de réduire ce problème à une approche affirmant que le choix de l'équipement ne répond pas aux spécifications initiales.

Cependant, si nous allons plus loin dans l'explication de cette situation, nous pouvons observer l'introduction d'une nouvelle contrainte pour l'espace technique, lui imposant de pouvoir supporter la maintenance pendant le fonctionnement, supprimerait tout antagonisme. Mais cette contrainte, pour pouvoir être assurée, impose différentes actions dans différents domaines. Elle impose en tout premier lieu une action pour le maintien de la sécurité des agents de maintenance lors de leurs interventions. Cette question de la sécurité renvoie elle-même à différents domaines du projet tel que l'ergonomie (afin de déterminer les conditions de travail jugées sécurisées), l'accessibilité et l'évacuation en cas d'incendie ou d'accident et ainsi de suite. Chacune de ces actions renvoie également à d'autres composantes du projet, impose différentes contraintes dans d'autres domaines. En fin de compte, toute cette chaîne de prescriptions et de contraintes peut se trouver démentie par un ou plusieurs paramètres, qui pourtant pris séparément, répondent aux spécifications initiales. Ainsi la situation problématique ne se résume pas à l'antagonisme entre les deux paramètres initiaux de production et de maintenance, la situation problématique est le révélateur d'une ou de plusieurs « incompatibilités » au sein du réseau de relations qu'entretiennent d'innombrables composantes d'un même projet. L'antagonisme initial ne représente alors que l'expression finale de ces multiples interactions. La situation problématique est donc un décalage, à un instant donné, entre l'espace des résultats attendus (le monde du « quoi faire ») et l'espace des solutions choisies (le monde des « comment faire »), dans le réseau complexe qu'entretiennent ces deux mondes. Ce réseau est souvent si complexe qu'il est parfois impossible d'en saisir la globalité.

Par ailleurs, la principale caractéristique commune à toutes les situations problématiques est qu'elles sont très difficilement explicitables et formalisables. En effet, lorsque les concepteurs prennent connaissance d'une situation comparable à celle précédemment citée, ils savent généralement qu'ils se trouvent dans une situation problématique, sans pour autant réussir à l'explicitier. Lorsqu'ils se risquent à cet exercice, cette formalisation est généralement partielle ou confuse, voir même complètement interprété et faussée. Nous avons donc des situations problématiques dont l'existence est connue, mais que personne ne sait explicitier de manière formelle et univoque. La situation semble paradoxale car ces situations problématiques constituent des obstacles à la progression du projet. Elles doivent donc impérativement être traitées. Pourtant, comment traiter, comment apporter des actions correctives à une configuration que l'on ne sait pas décrire précisément, qui dépend de l'interprétation de chacun ? Résoudre un tel paradoxe est une des tâches que doit remplir la conduite de la

conception pour garantir la poursuite des processus de conception et la qualité du bâtiment en cours de conception. Pour y parvenir les acteurs construisent et mettent en place une entité particulière que nous appelons : « *situation visée* ».

6.2.2. Les situations visées

Une situation visée n'est pas simplement la formalisation d'une situation problématique. Lorsque les concepteurs essaient de cerner et d'analyser la situation problématique dans laquelle ils se trouvent, le problème qu'ils tentent d'en extraire devient en général si contraignant et si complexe, qu'il n'existe pas de solution totale permettant d'y répondre. Ils ne vont donc pas essayer de formaliser la situation problématique dans son intégralité, mais ils expriment une situation visée. Comme son nom l'indique une situation visée est une configuration du projet que l'on cherche à mettre en place. Il s'agit donc avant tout de la définition d'objectifs à atteindre pour le projet. Mais la construction d'une situation visée consiste également à faire un premier pas vers la définition du problème tel qu'il sera traité par la suite. Comme nous l'avons dit précédemment, les concepteurs ne formalisent pas réellement la situation problématique dans laquelle ils se trouvent, mais ils formalisent une situation qu'ils cherchent à mettre en place et qui leur permettrait de quitter la situation présente. A la différence d'une situation problématique, une situation visée est complètement délimitée. Les concepteurs définissent de manière explicite quels aspects du projet ou du bâtiment seront concernés par cette recherche de modification de la configuration du projet. Ils définissent également dans quels domaines ils s'autorisent à agir pour atteindre cette nouvelle configuration souhaitée. Ce travail s'inscrit dans une activité de conduite de la conception. Il est donc du ressort des acteurs de la conduite de la conception.

Une situation visée doit être exprimée de manière cohérente et explicite, afin d'être compréhensible et partagée par l'ensemble des acteurs du projet. Mais l'une des grandes particularités de la situation visée est qu'elle comporte à la fois une définition de l'objectif à atteindre est une description des moyens à utiliser pour y parvenir. En effet, au-delà d'une simple description d'objectifs, la situation visée est construite et exprimée de manière à être traitable et outillable. Elle exprime non seulement la configuration que le projet souhaite atteindre, mais décrit également les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir.

C'est en raison de cette nature duale qu'une situation visée peut être manipulée différemment selon le point de vue avec lequel on l'aborde. Elle peut être considérée, d'une part, comme la construction d'un problème identifié qu'il faudra résoudre, et d'autre part comme l'expression d'une solution pour la situation problématique rencontrée. Elle possède alors deux identités distinctes : **elle est à la fois solution et problème.**

En premier lieu, même si cela ne semble pas chronologique, elle peut être considérée comme une solution. En effet, si l'on analyse le couple situation problématique / situation visée, la situation visée est initialement construite comme une solution théorique possible à mettre en œuvre pour répondre à la situation problématique rencontrée. La situation visée est l'expression d'un objectif à atteindre pour supprimer l'existence de cette situation problématique. La démarche qui permet de passer de l'une à l'autre est une démarche de rationalisation et de formalisation qui amène les concepteurs à choisir une ou plusieurs actions à tenter pour rendre la configuration du projet conforme à leurs attentes. Pour y parvenir, les concepteurs vont explorer les moyens et les ressources mises à la disposition du projet afin de définir le ou les domaines dans lesquels ils exprimeront cette situation visée. Nous avons donc un processus qui permet de passer progressivement d'une entité confuse, ressentie plus qu'exprimée, et dont les limites sont floues, à une entité à mettre en place, définie et exprimée, et dont les frontières sont imposées. En ce sens le processus de définition

d'une situation visée est très semblable à un processus de résolution de problème. La construction d'une situation visée consiste à exprimer les grandes lignes d'une solution à mettre en œuvre.

Cependant, une situation visée n'est pas la description détaillée d'une solution choisie. Elle n'est que l'expression d'un but à atteindre. A ce stade, si les concepteurs définissent les principaux axes de travail qui leur permettront de quitter la situation problématique ; ils n'ont en revanche défini que peu d'éléments précis sur les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir. En ce sens, la situation visée peut donc être considérée comme la première expression d'un problème que les concepteurs vont chercher à résoudre. Au même titre qu'un programme ou un cahier des charges constitue, l'expression du problème que doit résoudre un projet de conception, la situation visée constitue, à un autre niveau, l'expression d'un problème local à résoudre. La comparaison avec un cahier des charges ne s'arrête d'ailleurs pas là. Par nature ces deux entités sont très similaires. En effet, toutes deux sont généralement exprimées sous la forme de fonctions à remplir par le bâtiment à concevoir. Cependant, ces entités ne sont pas construites au même niveau de précision du projet. Si un cahier des charges exprime l'ensemble des actions et des comportements attendus par le bâtiment, la situation visée exprime généralement des actions ou des comportements attendus par un ou plusieurs éléments du bâtiment, afin de permettre à ce dernier d'assurer sa tâche, sans apporter de dégradations ou de dysfonctionnements sur d'autres plans.

Nous avons donc une configuration où les acteurs projet sont plongés dans une situation problématique. Ils connaissent son existence, perçoivent ses répercussions sur le projet, mais ne savent l'exprimer dans sa globalité. Ce type de situation les amène à se lancer dans la construction d'une situation visée. Cette situation visée est alors construite comme une configuration future qu'il faut atteindre pour poursuivre de manière optimale le processus de conception. Cette construction est d'autant plus complexe que les situations visées n'ont, tout comme les situations problématiques, que rarement une existence matérielle. Elles ne sont généralement pas retranscrites. Même si par nature, elles ont pour attributs d'être cohérentes, explicites, et partagées par le plus grand nombre, elles n'en demeurent pas moins verbales dans la plupart des cas.

Par ailleurs, il est indispensable de préciser que les situations problématiques et les situations visées n'entretiennent pas de relation **bijective**. Une situation problématique reconnue comme telle, peut n'aboutir à la définition d'aucune situation visée. A l'inverse, une situation problématique extrêmement complexe peut être morcelée et appréhendée à travers la construction de plusieurs situations visées et autonomes.

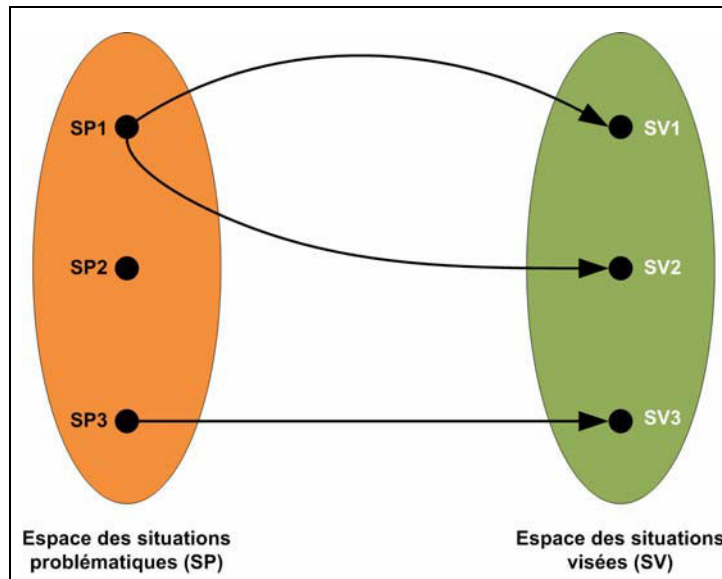


Figure 28: Relations non bijective entre l'espace des Situation problématiques et Situations visées

Il est impossible d'anticiper toutes les répercussions que peuvent avoir certains choix ou certaines décisions, sur la configuration future du projet. En l'état actuel des choses, on ne peut pas toujours prédire l'apparition des situations problématiques. Lorsqu'elles apparaissent, les acteurs doivent alors se lancer dans une nouvelle forme d'activité non planifiée telle que nous l'avons présentée dans le chapitre 3.1.2.

La conduite de la conception est donc dans l'impossibilité de prévoir l'apparition de situations problématiques. Il faut attendre qu'elles émergent pour pouvoir éventuellement les traiter. Mais dans une organisation projet en charge du processus de conception, comment la conduite de la conception assure-t-elle cette tâche de projection des situations problématiques ?

6.3. Comment atteindre une situation visée ?

Les modalités de transmission des situations visées aux acteurs qui auront la charge de les résoudre, sont étroitement liées aux modalités de définition de ces situations visées. Comme nous l'avons dit précédemment, la conduite de la conception permet de construire ces situations. C'est durant cette activité qu'il s'agit d'impliquer dans, les acteurs qu'on estime être concernés par la situation problématique à traiter.

Mais on peut également décider de travailler seul, et sans concertation préalable, à la définition de l'objectif à atteindre. Suivant le mode de fonctionnement adopté pour construire une situation visée, sa transmission ne se fera pas de la même manière.

6.3.1. La situation visée comme entité contractuelle

Dans certains cas de figure, l'élaboration d'une situation visée se fait à « comité restreint ». Tout en suivant la démarche que nous avons explicitée précédemment, ce « comité » doit examiner les ressources dont dispose le projet pour pouvoir atteindre l'objectif porté par cette situation visée. Par déterminer les ressources, nous entendons déterminer les moyens techniques dont le projet dispose, déterminer et évaluer les compétences, les savoirs techniques et les savoir-faire de tous les acteurs potentiellement impliqués (ou implicables) dans le projet. Ainsi, une situation visée est construite au regard de tous ces paramètres, et en

déduisant l'acteur ayant les meilleures compétences pour l'atteindre. La situation visée est ensuite transmise à l'acteur³² en question.

Dans cette configuration, la situation visée revêt un aspect contractuel entre un client : le groupe d'acteurs qui a exprimé son besoin, et un fournisseur : l'acteur qui devra le satisfaire. Cette situation visée est livrée « clef en main » et sa connotation contractuelle ne laisse que peu de marge à l'acteur qui en assume la responsabilité. Ce dernier se trouve confronté à un objectif peu modulable, dont il ne connaît ni l'origine ni l'historique, mais qu'il doit néanmoins atteindre.

L'organisation des moyens et des ressources à mettre en œuvre est souvent laissée à sa propre appréciation. Cette démarche peut être génératrice de dysfonctionnements dans la progression vers la satisfaction des objectifs. Un tel processus s'inscrit dans une approche traditionnelle non intégrée, et comporte les limites que l'on sait. Dans une telle démarche contractuelle, la marge de manœuvre de l'acteur en charge de la situation visée reste donc très limitée. Il peut difficilement négocier les contraintes, avoir accès à toutes les informations ou connaître l'origine de cette situation. Dans cette configuration, sa marge de négociation limitée confère à son problème une difficulté supplémentaire. Son travail est alors contraint de manière stricte et explicite par les objectifs à atteindre, les méthodes qui lui sont imposées et qui permettront de mesurer la qualité de sa « prestation ».

6.3.2. La situation visée comme une entité co-construite

Cependant, une situation visée n'est pas toujours une entité construite à priori et transmise « clef en main » à un acteur qui en aura la charge. Elle peut également être construite de manière indissociable du choix de cet acteur. Lorsque certaines situations problématiques émergent au cours d'un projet, leur complexité peut être telle que les acteurs vont avoir beaucoup de difficulté à en extraire une situation visée. Ils ne peuvent y parvenir en considérant les compétences et les savoir-faire des acteurs uniquement comme ressources potentielles pour atteindre cette situation visée.

Dans ces cas de figure, les compétences des acteurs ne sont plus uniquement considérées comme ressources potentielles pour la mise en œuvre de la situation visée, mais également comme ressources pour la création et la formalisation de cette dernière. Le groupe projet va donc mobiliser l'ensemble des acteurs potentiellement impliqués dans la situation problématique pour parvenir, grâce aux compétences et aux connaissances de chacun, à une construction commune de la situation visée. Dans de tels cas, la démarche est différente de celle précédemment présentée car il ne s'agit plus de construire une situation visée, puis de lui associer l'acteur qui en aura la charge. Il s'agit de construire un couple indissociable *situation visée / acteur chargé de l'atteindre*.

Dans cette configuration, l'acteur qui aura la charge de la situation visée participe étroitement à la définition de son activité future. Cette position, par opposition à la précédente, lui permet de comprendre mais également d'orienter la progression depuis la situation problématique jusqu'à la situation visée, selon ses compétences et son savoir-faire. Nous allons donc essayer de comprendre comment ce groupe parvient à construire ce couple situation visée/acteur.

Nous avons d'une part une situation problématique mal définie, peu délimitée et portant sur de nombreux aspects du projet. Nous avons d'autre part un groupe pluridisciplinaire couvrant potentiellement l'ensemble des compétences nécessaires à la suppression de cette situation problématique.

³² Rappelons ici qu'un acteur peut être individuel ou collectif

Progressivement ces deux entités agissent l'une sur l'autre. Au cours du processus, le choix d'un domaine ou d'un axe privilégié dans lequel va être définie la situation visée, entraîne le désengagement de certains acteurs non concernés par cette voie de résolution. Dans le même temps, cela affirme l'implication d'un ou de plusieurs acteurs étroitement liés au domaine choisi. Ils deviennent alors capables d'apporter leurs connaissances et leur savoir-faire dans la construction de plus en plus précise de cette situation visée. Plus le cercle des acteurs potentiellement en charge de cette situation se restreint, plus leur influence sur la définition de la situation visée augmente. Le groupe aboutit ainsi, à la fin de ce processus, à un couple situation visée / acteur.

Cette démarche permet de conserver une adéquation entre l'objectif à atteindre et la capacité matérielle ou scientifique de l'acteur à l'atteindre. Dans une telle approche, lorsqu'un acteur participe activement à la définition d'une situation visée dont il aura la charge, il peut durant ce processus, exprimer son point de vue, expliciter les moyens d'action dont il dispose, déterminer les contraintes auxquelles il devra répondre ou celles qu'il ne pourra assurer. La situation visée est alors construite en adéquation avec les méthodes potentielles de résolution que cet acteur mobilisera pour y parvenir.

Il existe cependant un frein à la mise en place systématique de ce type de démarche dans la construction des situations visées : *le temps de mise en œuvre*. En effet, déterminer les acteurs potentiellement concernés par l'apparition d'une situation problématique, pour ensuite les réunir, demande beaucoup d'efforts et de temps. Cette démarche n'est pas systématique. Nous avons pu observer au cours de notre expérience personnelle, qu'une telle démarche n'est mise en place que lors de l'apparition de situations problématiques considérées comme «critiques» pour l'avancement du projet. Dans les autres configurations, la définition des situations visées est assurée, sans constituer ce groupe pluridisciplinaire.

6.4. L'activité pour répondre à la situation visée

6.4.1. Une activité périphérique au projet

Lorsqu'un acteur assure la tâche de parvenir à une situation visée, il entre progressivement dans une logique différente de celle portée par le projet, prônant l'intégration et la coopération. La raison même de la conception est de permettre à tous les acteurs d'avoir accès aux évolutions successives du bâtiment, et d'avoir accès aux informations considérées pertinentes pour eux. Cette vision globale du bâtiment en cours de conception permet aux acteurs de percevoir au plus tôt les comportements ou les interactions possibles entre les différentes composantes du projet. Cette vision globale est nécessaire aux acteurs pour pouvoir manipuler l'objet à concevoir dans leurs domaines d'expertise respectifs et leur permettre d'exprimer ainsi leurs points de vue sur le bâtiment.

Cependant lorsqu'un acteur assume la tâche d'atteindre une situation visée, il se concentre progressivement sur sa tâche, se focalise sur son activité et se détache du projet. Cet acteur se positionne alors en marge du fonctionnement du projet pour se diriger vers un mode de fonctionnement orienté métiers. C'est donc dans cette logique métier qu'il travaille à trouver une solution à la situation visée dont il a la charge. Cette prise de position, en retrait du projet, ne lui permet plus d'avoir accès à un ensemble de connaissances transversales propres aux équipes pluridisciplinaires. Elle lui permet, en revanche de réintégrer son organisation métier d'origine et d'accéder, de manière plus précise, à l'expertise et au savoir-faire qu'elle détient. Une telle démarche reste, malgré la recherche constante d'intégration et de transversalité, une

démarche logique et nécessaire. En effet, une situation visée est construite dans un domaine d'expertise. Elle doit donc être abordée avec une logique d'expert du domaine. Cette logique d'expert est bien une logique métier et non une logique pluridisciplinaire. Le travail de cet acteur consiste alors à trouver une solution à la situation visée, dans son métier et en mobilisant ses compétences. A ce stade la pluridisciplinarité n'est plus de mise. Le cheminement vers une solution aux objectifs définis reste donc généralement monodisciplinaire et relativement cloisonné. Nous pouvons donc observer que, de manière générale, un acteur ayant la charge d'une situation visée travaille de manière périphérique au processus initialement instauré, dans son domaine de compétence propre. Cet acteur redevient alors un acteur « métier » c'est-à-dire un acteur utilisant un savoir, un savoir faire, une culture, des méthodes et des compétences propres à un groupe restreint d'individus. Il s'isole sur le plan organisationnel en étant moins impliqué dans le processus d'échange et de coopération entre les acteurs du projet. (Tout au moins durant la période où il travaille sur sa situation visée). Il s'isole également sur le plan technique, en abordant le problème qui lui est confié de manière spécifique, dans une logique métier. Cette position se traduit toutefois par la perte d'une vue d'ensemble de la progression du projet. Son champ de vision se restreint pour se focaliser sur un aspect particulier du projet. Il entre dans une nouvelle logique où, évoluant de manière autonome, il perd cet accès global et continu.

Quelle est donc la nature de cette activité menée de manière périphérique au projet ?

6.4.2. Une activité de construction et de résolution de problèmes

Lorsqu'un acteur assume la responsabilité d'une situation visée, cette dernière change de statut. Une situation visée est initialement construite comme une solution, sinon probable, au moins possible pour sortir d'une situation problématique. Lorsque l'acteur périphérique se l'approprie, elle change de nature et devient alors la formalisation initiale d'un problème qu'il doit résoudre. A ce stade, l'acteur entreprend alors un processus classique de construction et de résolution de problème.

Lorsqu'une situation visée est transmise à un acteur, elle est généralement exprimée par une ou plusieurs fonctions à assurer. Exprimée sous cette forme, la situation visée constitue effectivement une première description d'un problème à résoudre. Cependant, si cette situation est décrite de manière précise en terme d'objectifs à atteindre, elle reste généralement imprécise sur les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir. Aussi, la première action entreprise par un acteur face à une situation visée, est de transformer cette entité singulière et très contextuelle en un problème supportant des méthodes de résolution déjà éprouvées. Il construit un problème capable de supporter des théories ou des techniques qu'il maîtrise. Cette transformation d'une situation visée en un problème particulier met en évidence l'importance du choix d'un acteur face à une situation visée. La construction de ce problème dépend des théories ou des techniques propres au métier de cet acteur. Ainsi une même situation visée peut aboutir à la formalisation de deux problèmes distincts et peu semblables selon l'expertise des acteurs qui mènent le processus.

En première approximation, nous pouvons dire que quand il travaille à résoudre une situation visée, un acteur construit et exprime un problème, sur lequel il pourra appliquer ses compétences. Il pose un problème de manière à pouvoir le résoudre. Cette démarche de construction de problème accomplie, l'acteur confronte ce problème à une banque de solutions, ou de principes de solutions. Cette banque de solutions est propre à chaque acteur mais elle est constituée de savoirs partagés et de savoirs personnels.

- Savoirs partagés

Ce que nous appelons savoir partagé est constitué de l'ensemble des connaissances préalablement formalisées et explicitées. Ainsi, pour le choix d'une technique de mise en œuvre d'un matériau, un acteur peut consulter différents ouvrages qui lui permettent de connaître, non seulement les solutions techniques proposées, mais également de savoir sous quelles conditions, dans quelles configurations utiliser ces solutions (e.g. DTU, règles de calcul, règles de l'art, etc.)

- Savoirs personnels

Le savoir personnel d'un acteur est d'une autre nature. Il concerne les connaissances qu'il a construit au cours de son activité. Elles sont directement issues de son expérience, de son savoir faire, mais ne sont pas systématiquement formalisées ou formalisables. Ainsi, s'interdire l'utilisation de tel type de matériaux dans un environnement ou un contexte précis est une connaissance propre, exprimée par un acteur, et directement issue de son expérience. Cette règle, utilisée par un acteur au cours du projet, est construite sur ce qu'il a pu constater dans différents cas de figure. Il ne s'agit pourtant pas d'une loi exprimée de manière formelle dans un quelconque document. Il est même parfois difficile à un acteur d'en démontrer la validité scientifique.

A ce stade, l'acteur suit choisit dans son répertoire, une solution ou un principe de solution, qui répond au mieux aux spécifications du problème qu'il a lui même défini. Cette approche peut paraître simpliste, néanmoins elle se révèle beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît. Le choix d'une telle solution ne consiste pas à choisir la solution qui sera effectivement mise en place. Ce choix a pour vocation première de permettre au concepteur de mieux caractériser son problème. En définissant les aspects sur lesquels la solution choisie ne répond pas exactement au problème qu'il a construit, cet acteur peut ainsi définir les points sur lesquels il sera particulièrement attentif dans son processus de résolution de problème. Cette démarche lui permet de définir quels aspects de son problème, construit spécifiquement pour le projet, ne peuvent être entièrement couverts par une solution « clé en main ». Au cours de cette démarche de résolution, l'acteur manipule conjointement un problème qu'il a défini, et un principe de solution qu'il a choisi. Il met alors en œuvre un processus déjà observé et décrit par Eric Blanco [Blanco, 1998] où tour à tour l'acteur émet et évalue des conjectures, lui permettant dans le même temps de définir la solution et de préciser son problème..

Cette description de la démarche d'un acteur travaillant en périphérie du projet comporte encore beaucoup d'imprécisions. Elle reste difficile à mettre en relief car si le problème à résoudre est généralement verbalisé, les solutions qui servent de référence ne le sont pas forcément. Les acteurs n'expriment que très rarement les solutions ou les principes de solution qu'ils manipulent et qui leur permettent d'ajuster leur démarche et de caractériser plus finement leur problème.

Chapitre 7. Difficultés de spécification d'un outil adapté à l'unicité et à la temporalité des projets d'architecture

7.1. La spécificité des entités à manipuler

La plus grande difficulté à laquelle se heurte la spécification d'un outil d'assistance à la conduite reste la diversité des informations que ce dernier doit être capable de supporter pour pouvoir être utilisable dans différents projets. En effet, dans tout nouveau projet, les acteurs mettent en place un processus unique qui les conduit à faire des choix particuliers. Ces choix « *dessinent* » l'édifice à concevoir et conditionnent son évolution. Les contraintes auxquelles se heurtent les concepteurs sont également contingentes et ne sont pas toutes transposables d'un projet à l'autre car chaque projet est unique.

Cette unicité est aussi vraie sur un plan social car le déroulement d'un projet est étroitement lié aux individus qui mènent le processus et aux relations qu'ils entretiennent. Elle est également vraie sur le plan organisationnel car si les schémas d'organisation d'un processus de conception peuvent être fortement similaires, ils restent toutefois spécifiques et étroitement liés aux modes de fonctionnement propres des acteurs.

Cependant, bien que les projets soient uniques, ils englobent généralement un ensemble d'objectifs, communs à une grande majorité d'entre eux. La recherche d'un délai minimum, d'un coût minimum ou d'un niveau de qualité, sont des préoccupations partagées par l'ensemble des pilotes de projets. Ces considérations étant communes à la majorité des projets, elles font l'objet d'une instrumentation à la fois efficace pour aider les pilotes dans leurs tâches, et dans le même temps assez générique pour pouvoir être adaptée à la plupart des projets. Cette instrumentation demeure efficace d'un projet à l'autre car de tels outils sont construits autour des entités de coût, de planification d'activités et de délais, omniprésentes dans les projets de conception, quel que soit le besoin que ces projets tentent de satisfaire et quelque soit le contenu technique mis en œuvre.

Pourtant, instrumenter efficacement l'activité de conduite demande d'aller au-delà de ces paramètres. Instrumenter la conduite d'un processus de conception, pose des problèmes d'un autre ordre.

En effet, Le contenu d'un projet ne préexiste pas. Il est le fruit des processus mis en œuvre au cours du projet. Ces processus sont guidés par les objectifs poursuivis, mais ils sont également étroitement liés aux états successifs du bâtiment à concevoir. Le processus de définition d'un bâtiment est donc étroitement conditionné par l'évolution de l'état courant de ce bâtiment. Dans le même temps, l'état courant du bâtiment à concevoir est le fruit du processus et des

différents choix effectués. Ainsi, si tous les aspects d'un projet sont étroitement liés et s'influencent mutuellement.

Dans un tel contexte, comment fournir aux acteurs pilotes, dès le début d'un projet, un outil capable d'assurer la conduite et le suivi d'entités qui n'existent pas encore à ce stade du processus, et dont on ne peut anticiper la nature ? Le contenu d'un projet ressemble à son empreinte digitale : toujours différent d'un projet à l'autre, unique et spécifique selon les processus mis en œuvre. Pourtant à l'inverse des empreintes digitales qui restent invariables au cours d'une vie, le contenu d'un projet, lui, est en perpétuelle évolution. Il dépend des choix effectués, des compétences des acteurs qui mènent le processus, des relations qui se nouent au sein du réseau d'acteurs ou des décisions stratégiques prises par les différents acteurs. Le contenu d'un projet est donc une entité unique et mouvante qu'il faut pourtant gérer et analyser en permanence, afin de mesurer sa viabilité et son efficacité à répondre aux besoins.

Etre transposable au plus grand nombre de projets, tout en étant capable de supporter des entités spécifiques à chacun d'entre eux et qui de surcroît évoluent dans le temps ; ainsi peut être décrite la principale difficulté à laquelle se heurtent aujourd'hui tous les outils de conduite. Nos travaux ne constituent pas une exception et se heurtent à cette même difficulté. Néanmoins, les entités précédemment définies de situation visée et de situation problématique, ainsi que l'observation et l'analyse des processus de conception qu'elles nous ont permis de construire, nous guident vers une nouvelle voie dans la définition d'un outil de pilotage.

7.2. Niveau de précision et temporalité des représentations

Une des premières questions à laquelle renvoie la recherche d'un outil de conduite de la conception, porte sur le contenu de cet outil. Que devons-nous modéliser et rendre accessible dans un outil de conduite de la conception ? Cette question peut être complétée par une seconde qui porte sur le niveau de précision auquel ce contenu doit être modélisé. Les réponses à ces questions se trouvent dans l'observation des pratiques réelles de conception. En effet, lorsqu'un acteur travaille à la définition d'une solution ou d'une partie de solution, destinée à être intégrée dans le bâtiment en cours de conception, il développe sa vision de l'état courant du bâtiment au moment de son intervention. Le degré de précision de sa connaissance du bâtiment au moment de son intervention, conditionne sa démarche et ses choix. Cependant, le véritable enjeu est de savoir si le niveau de perception par l'acteur, de l'état courant du bâtiment, permet de garantir l'efficacité de sa démarche et lui permet de proposer une solution adéquate. La réponse à cette question n'est pas tranchée mais nos observations sur le terrain permettent néanmoins d'apporter certaines réponses.

Pour les acteurs du processus, la première source de connaissances sur l'état d'un bâtiment demeure l'ensemble des représentations de l'objet. Qu'il s'agisse de dessins techniques ou de modèles CAO, ces représentations du bâtiment sont communes à l'ensemble des acteurs. Malgré la spécificité des règles et des outils employés, elles restent compréhensibles et manipulables par le plus grand nombre. Ces représentations de l'objet en cours de conception demeurent la source principale d'information pour un acteur chargé de modifier ou de compléter l'artefact à concevoir. A la question de savoir si le niveau de précision atteint par ces représentations est suffisant, et s'il permet de garantir l'efficacité de la démarche des concepteurs chargés de faire évoluer le bâtiment, la réponse semble être positive. Les plans, parfois couplés à d'autres modélisations telles qu'un calcul de structure ou le calcul de

diffusion thermique, représentent la base de travail d'un grand nombre d'acteurs en conception. Cependant, si le niveau de précision, atteint par ces représentations permet de guider les acteurs dans leurs démarches et dans leurs choix techniques, il ne permet pas toutefois de vérifier la cohérence et la concourance de ces choix avec le travail mené en parallèle des autres acteurs du processus. La précision dans la description de l'objet est l'atout principal des représentations surfaciques ou volumiques. Mais le temps nécessaire aux concepteurs pour atteindre cette précision constitue une limite dans l'adéquation entre l'état de conception du bâtiment et son état représenté à travers ces différents modèles. La représentation, surfacique ou volumique, d'un bâtiment ne constitue que très rarement la représentation de son état courant de conception. Un bâtiment évolue de manière continue au cours du processus de conception, alors que la représentation de cet objet évolue de manière discrète. Cette évolution de l'objet est d'autant plus rapide que l'activité est distribuée et qu'il peut donc être modifié simultanément à plusieurs niveaux. Ainsi le travail de définition d'une solution locale, basé sur une représentation surfacique ou volumique du bâtiment, permet de vérifier l'adéquation de cette solution à la configuration passée du bâtiment, représenté dans le modèle. Elle ne permet pas de vérifier la possibilité d'intégration et la concourance de cette solution à l'état actuel du bâtiment, conditionné par un ensemble de travaux et de solutions locales en cours de définition (Figure 29) et non encore représentées. Définir une solution en travaillant exclusivement sur les artefacts représentant le bâtiment en cours de conception, ne garantit une bonne performance à la solution proposée que si l'on peut garantir au préalable que les aspects qu'elle touche n'ont pas évolué ou ne sont pas en cours de modification. Il est pourtant impossible d'obtenir une telle garantie.

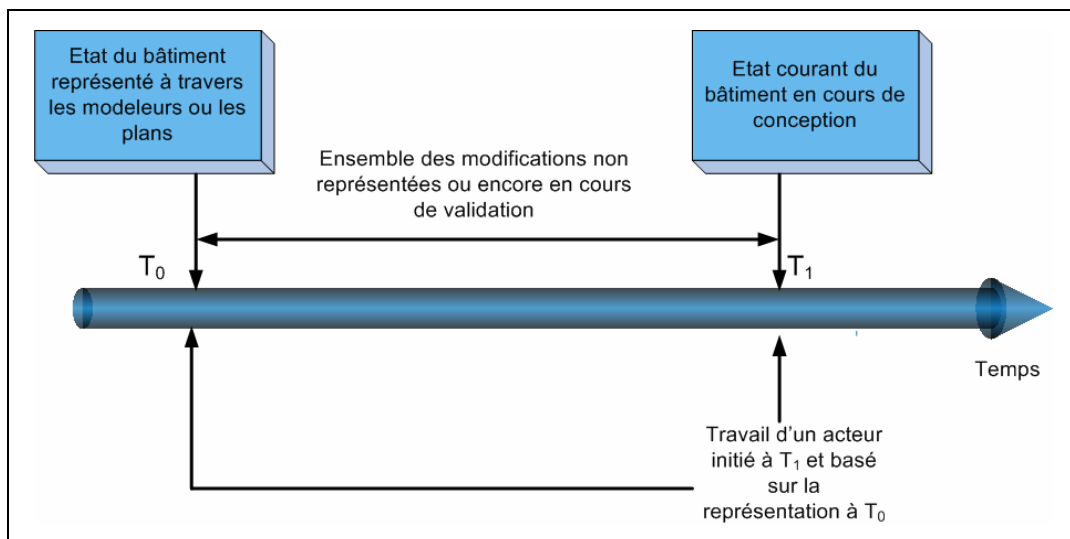


Figure 29: Décalage état courant / représentation du bâtiment

7.3. Le choix d'une approche dynamique pour assister la conduite

Les sections précédentes ont décrit les principales difficultés que l'on rencontre lorsque l'on cherche à concevoir un outil d'assistance à la conduite de la conception basé sur la représentation du bâtiment à concevoir. Construire un outil de conduite qui puisse aborder chaque élément du bâtiment sous toutes ses facettes, afin de vérifier la pertinence de la solution et de valider son intégration au projet, demande au préalable d'être capable de construire une représentation exhaustive du bâtiment en cours de conception. Une telle approche reste du domaine de l'utopie.

- Pour un outil de conduite basé sur une représentation du bâtiment à concevoir, l'intégralité du contenu de cet outil serait à redéfinir pour chaque projet. Un tel instrument n'aurait rien de transposable et le temps de réalisation de ces représentations est incompatible avec la réactivité dont doit faire preuve un acteur pilote.
- De même, l'évolution continue du bâtiment, au cours de sa conception, constitue une limite supplémentaire à une approche par description exhaustive du bâtiment à concevoir. Même si l'on restreint les objectifs que doit atteindre un tel outil de conduite; même si l'on supprime la capacité qu'il doit avoir de s'adapter à différents projets, dont les contenus diffèrent; construire un outil sur une description détaillée du bâtiment ne garanti pas une conduite efficace de sa conception. Les changements successifs, les évolutions initiées par différents acteurs, sur différents points du bâtiment demanderaient - en admettant que l'on soit réellement capable de le faire - un effort considérable pour maintenir à jour cette représentation. Or, c'est justement sur ce point, le suivi de l'évolution d'un bâtiment, que se situent les besoins réels d'une équipe de pilotage pour conduire efficacement l'activité au sein de son projet.

Ces considérations sur l'extrême complexité et la perpétuelle évolution des données manipulées au cours d'un processus de conception, nous poussent vers une voie autre que la modélisation a posteriori de ces données, pour définir un outil de conduite de la conception. L'état du bâtiment à concevoir est partagé par la presque totalité des acteurs du processus. Les modélisations planes ou volumiques en sont des représentations communes à l'ensemble du réseau d'acteurs. Valider un principe général de solution, au regard des objectifs poursuivis, n'est qu'une partie de l'activité d'un acteur pilote.

L'essentiel de son travail réside dans le suivi et l'analyse quotidienne des évolutions que subit la solution générale. Nous avons pu observer à travers le chapitre 2 qu'une large majorité des dysfonctionnements relatifs à la conception de projet d'architecture, interviennent au niveau de la gestion, de l'évaluation, de l'intégration et de la cohabitation des modifications locales que les acteurs apportent quotidiennement au bâtiment en cours de conception. A l'heure actuelle, les facteurs essentiels qui permettent aux acteurs pilotes d'éviter ces dysfonctionnements restent leur rapidité de réaction et leur vision globale et transversale des évolutions du bâtiment. C'est sur ces points particuliers que doit intervenir un outil de conduite de la conception, pour aider ces acteurs dans leur tâche. Cet outil doit donc permettre le suivi en temps réel du projet et doit dans le même temps être construits d'entités, transposables à tous les projets. La modélisation que nous avons fait de la conduite des processus de conception à travers les entités de situation problématique et de situation visée prend alors toute sa signification et permet d'appréhender le problème de conduite de manière différente. En effet, le processus de définition puis de résolution d'une situation visée représente le point commun de toutes les modifications initiées au sein d'un projet. La situation problématique comme la situation visée sont des entités que l'on retrouve, sous des formes différentes, dans tous les projets de conception en architecture. De plus, elles sont, par définition, utilisées pour supporter le processus de conception et représentent donc les vecteurs des changements subits par le bâtiment à concevoir.

Ainsi, pour aider les acteurs dans leur tâche de conduite de la conception, nous avons pris le parti de construire un outil qui ne soit pas basé sur une représentation des documents manipulés au cours d'un projet, mais sur la représentation des modifications qui sont apportées au cours du processus. Pour aider un acteur pilote à suivre au plus près les

différentes évolutions du bâtiment, nous avons choisi d'utiliser les entités qui permettent d'initier ces modifications, c'est à dire le processus de construction et de résolution des situations visées. Nous avons donc défini un outil qui n'est pas basé sur la description de l'état courant d'un bâtiment ou sur la description de l'historique de cet état, mais un outil basé sur le suivi en temps réel des modifications que les acteurs du processus souhaitent amener à cet état courant.

Partie III : Vers une approche instrumentée de la conduite de la conception en architecture.

Les deux parties de ce mémoire que nous venons de présenter ont pour objectif de contribuer à la compréhension des processus de conception et de déterminer les besoins d'instrumentation de la conduite de la conception en architecture. Le modèle et les analyses que nous avons réalisés nous conduisent à spécifier un outil capable de supporter la conduite d'un projet de conception. Cet outil doit permettre d'aider les acteurs pilotes à suivre les constantes évolutions d'un bâtiment en cours de conception à travers une activité concourante et distribuée. Il doit aider les acteurs pilotes à pister et à anticiper les répercussions que peut entraîner l'intégration d'une solution locale dans un bâtiment en cours de définition, qui demeure peu stabilisé et subit de nombreuses évolutions.

Cet outil a pour but d'assister les acteurs pilotes dans leurs décisions lorsqu'ils doivent déterminer la pertinence et la cohérence des modifications techniques, structurelles ou architecturales, etc proposées par les différents acteurs du processus, lorsqu'ils doivent valider les choix qui orientent la progression du projet et conditionnent la nature du bâtiment. Cet outil doit donc permettre de communiquer autour des choix effectués par chacun des acteurs pour évaluer la capacité à cohabiter de ces solutions dans le bâtiment final. Il doit aider à converger vers une réponse au besoin. L'objectif avoué d'un tel outil est donc d'aider et de guider une équipe de pilotage dans ses décisions qui déterminent le bâtiment et conditionnent sa capacité à répondre au besoin.

L'outil que nous présentons dans ce chapitre est construit à partir des observations (chapitre 3), des analyses (chapitre 4) et de la modélisation (chapitre 5 et 6), des processus de conception en architecture. Pour l'heure, il demeure à l'état de maquette qui devra s'enrichir et évoluer pour s'ajuster aux pratiques réelles des différents projets. Notons que cet outil n'a pas encore été testé en conditions réelles, mais cette maquette permet néanmoins de proposer les grandes lignes de ce que doit être un outil d'assistance à la conduite de la conception en architecture, au regard des résultats de nos recherches, pour conduire efficacement les activités de conception distribuées qui sont mises en œuvre. Plus que l'ergonomie d'un tel outil, c'est sa capacité à répondre aux besoins des équipes de pilotage que nous allons commenter dans la suite de cette partie.

Chapitre 8. Spécification d'un outil d'assistance à la conduite de la conception en architecture

Nous proposons dans ce chapitre une spécification d'un outil d'assistance à la conduite de la conception. Cet outil doit permettre de faire évoluer les processus de conception via différentes situations intermédiaires. Pour signifier cette évolution, nous considérons qu'il est nécessaire de disposer d'un processus, afin de pouvoir le conduire. Dans le cas où le degré d'imprévu devient significatif, il est nécessaire de réagir afin d'atteindre l'objectif fixé à partir de la situation à atteindre.

8.1. Modèles pour les processus métiers

Il existe de nombreuses techniques de modélisation des processus, qu'il s'agisse de méthodes, de langages de modélisation ou d'outils informatiques intégrés. Certaines d'entre elles sont ouvertes et gratuites, d'autres sont propriétaires et payantes. Devant ce large choix, nous avons décidé de présenter quelques unes de ces techniques, que nous estimons représentatives de différentes «écoles» de la modélisation de processus. Notre propos dans cette section n'est pas d'établir quelle est la «meilleure» d'entre elles, nous cherchons plutôt à déterminer quels en sont les concepts communs afin de les utiliser pour la modélisation de notre outil.

8.1.1. Le modèle BPMN pour la conception des processus

Parmi les langages de conception dans la démarche BPM³³, nous retenons la proposition de la BPMI³⁴ qui s'articule autour d'un langage de conception : la notation BPMN³⁵. La notation BPMN. vise à fournir un langage symbolique utilisable par différents acteurs (analyste, développeur, etc.) pour formaliser les processus d'une organisation.

Au sein de cette notation, le concept **d'activité** regroupe différents niveaux de perception :

- le **processus** est considéré comme un réseau de flots d'activités et de contrôles,
- le sous-processus représente une **activité** composée (définie comme un flot d'activités),
- la **tâche** est une activité atomique.

Outre ce concept d'activité, la notation BPMN définit d'autres concepts pour formaliser les processus :

- **l'événement** qui traduit le début, le changement d'état ou la fin d'une activité (start, intermediate et end),
- la **décision** qui définit des alternatives au sein d'une séquence,
- les connexions entre objets qui peuvent être de deux types :
 - connexion de type flot :
 - ⇒ un **flot de séquence** pour préciser l'ordre d'exécution des activités,
 - ⇒ un **flot de messages** pour signifier des échanges entre deux activités,

³³ Business Process Management

³⁴ Business Process Management Initiative : <http://www.BPMI.org>

³⁵ Business Process Modeling Notation

- une connexion de type association qui permet d'associer des informations à des flots,
- les groupements (**pool** et **lane**) qui permettent de partitionner l'ensemble des activités.

La BPMI propose une correspondance entre la notation BPMN et le langage d'exécution BPML³⁶.

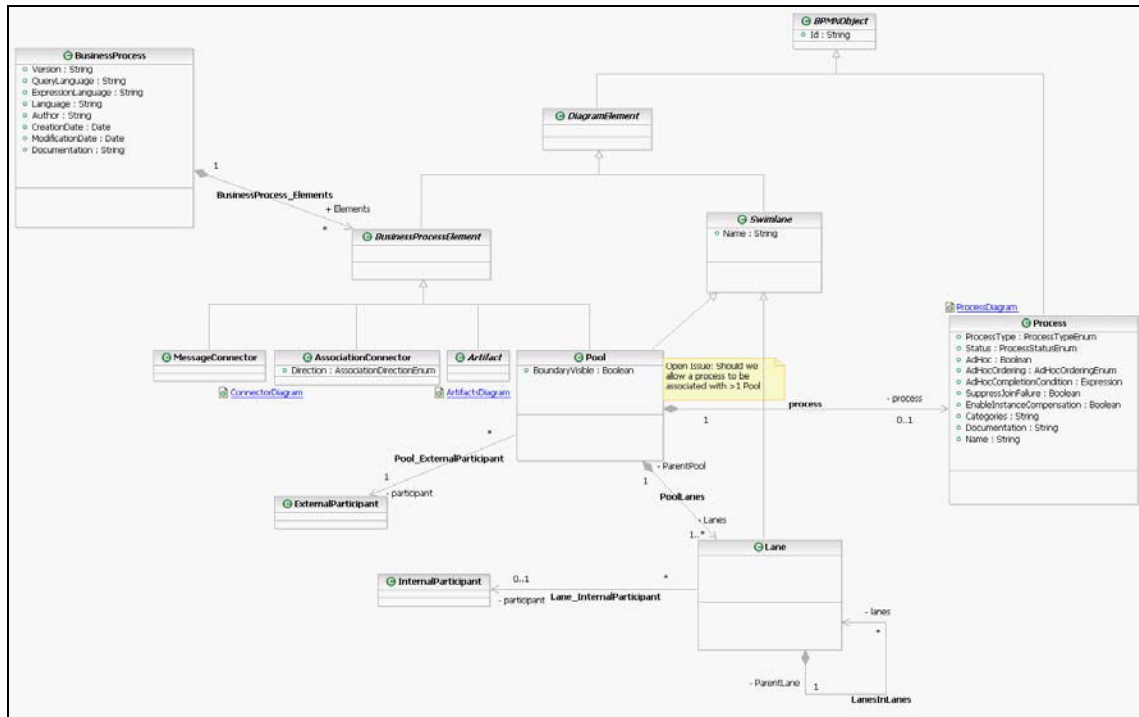


Figure 30: modèle conceptuel du BPMN

8.1.2. Le métamodèle SPEM

SPEM Software Process Engineering Metamodel - que l'on peut traduire par méta-modèle d'ingénierie des procédés logiciels - est un métamodèle (ou modèle décrivant les concepts) visant à décrire le processus de production de logiciels pour répondre à ces problématiques.

C'est autant un méta-modèle de conception de processus qu'un framework conceptuel qui met à disposition les outils et les concepts pour modéliser, documenter, présenter, gérer et rendre concret le développement. La mise en œuvre de ce méta-modèle sera généralement effectuée par un ingénieur processus, une direction projet ou un gestionnaire de programme, plus généralement toute personne en charge de l'organisation des projets de développement ou même d'un référentiel processus au sens large.

Le leitmotiv de SPEM est qu'un processus de développement logiciel est une collaboration entre des rôles exécutant des activités sur des produits (Figure 31).

³⁶ Business Process Modeling Language

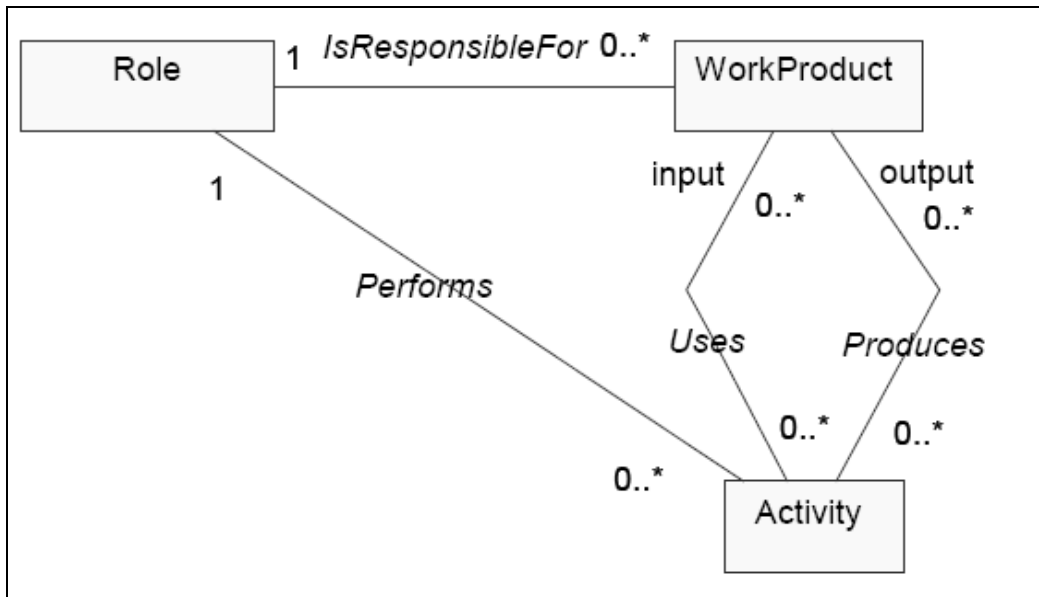


Figure 31: le modèle conceptuel de SPEM

Concernant plus précisément les éléments servant à modéliser (Figure 32), la notion de WorkDefinition est centrale. Elle décrit l'activité à effectuer dans un processus et peut se décomposer en d'autres WorkDefinition. Elle est détenue par un ProcessPerformer, peut être réalisée par un ProcessRoles (Rôle décrivant un ensemble de compétences joué par une ou plusieurs personnes) et concerne un WorkProduct. La notion de WorkDefinition utilise un WorkProduct en entrée et crée ou met à jour un WorkProduct une fois traité. Un WorkProduct représente tout ce qui est produit, utilisé ou modifié par un processus.

D'autres notions existent : LifeCycle (Cycle de vie) pour définir et organiser les phases et itérations. Les notions d'Activity (Activité) et de Step (Etape) sont également disponibles. Les activités peuvent être regroupées en Disciplines (ensemble de thèmes communs).

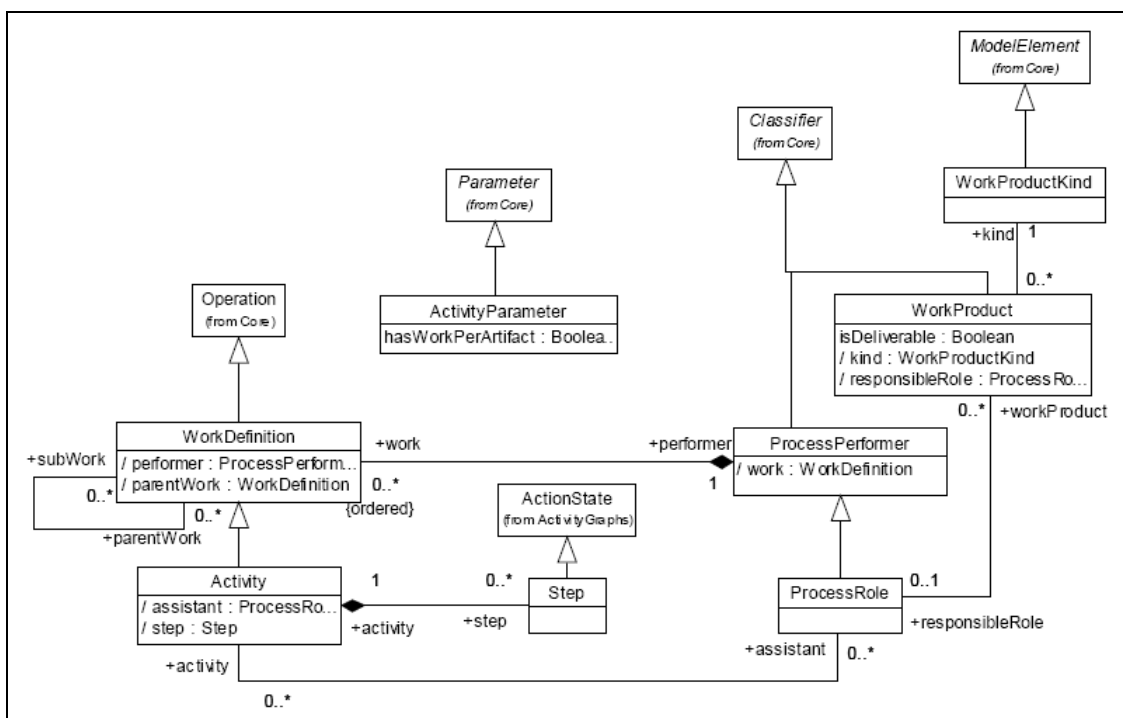


Figure 32: Structure du métamodèle SPEM

8.1.3. Le métamodèle de coopération de Halin et Hanser

Le métamodèle proposé par Gilles Halin [Halin, 2004] et Damien Hanser [Hanser, 2003] se base sur une agrégation successive d'éléments, qui sont en relation entre eux. Il constitue une instantiation du patron décrit par la Figure 33.

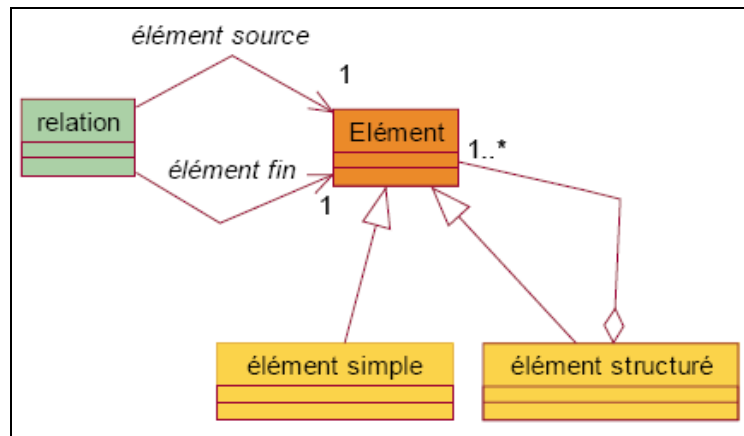


Figure 33: Patron composite utilisé pour la conception du métamodèle [Halin 2004], p. 107

Ce métamodèle se compose de trois entités de base : l'acteur, l'activité et le document (Figure 34).

- **L'acteur** peut être un « acteur simple » c'est-à-dire une personne physique impliquée dans une activité, ou un « groupe d'acteurs » c'est-à-dire une entité organisationnelle. Un acteur est caractérisé par ses capacités, c'est-à-dire sa spécialité et ses compétences propres mais aussi par la place qu'il occupe dans l'organisation (l'entreprise à laquelle il appartient et son niveau hiérarchique)
- **L'activité** fait l'objet d'une décomposition, le niveau supérieur étant le projet, lui-même composé de phases, elles mêmes composées de tâches. Le modèle différencie trois types de tâches (i) les tâches de production : tâches à l'issue desquelles de l'information ou un document est produit, (ii) les tâches de synthèse : tâches qui aboutissent à une validation, ou une prise de décision, (iii) tâches de coordination : tâches dont l'objet est la coordination soit de manière implicite, soit de manière explicite.
- **Le document** représente les constituants d'un «délivrable», c'est-à-dire l'ensemble des pièces relatives à un point d'un contrat. Par exemple, un dossier de consultation des entreprises comprendra des plans, des tabulaires et des textes. Un « groupe de document » peut rassembler plusieurs « documents simples ». Enfin, les documents sont réalisés par des acteurs au sein d'activités.

De plus, ce métamodèle a permis de définir les relations existantes entre ces différents concepts comme un type de lien existant entre deux éléments du modèle :

- Les relations entre acteur et activité sont intimement dépendantes du rôle d'un acteur dans une activité (responsable, producteur, ...).
- Les relations entre acteur et document sont proches de celles utilisées dans l'édition : Supervise, Produit, Commente, Consulte, Corrige, Diffuse.
- Les relations entre activité et document sont relatives à la production d'information : Génère, Utilise (Cahier des charges, Normes références, Contrats)

- Les relations entre acteurs trouvent leur terminologie dans la gestion des ressources humaines: Dirige, Collabore (fournit et reçoit de l'information).
- Les relations entre documents sont celles utilisées dans la gestion de configurations : nouvelle version, fait référence à, est la synthèse de, etc....
- Les relations entre activités sont de l'ordre de la planification : suit, précède, etc....

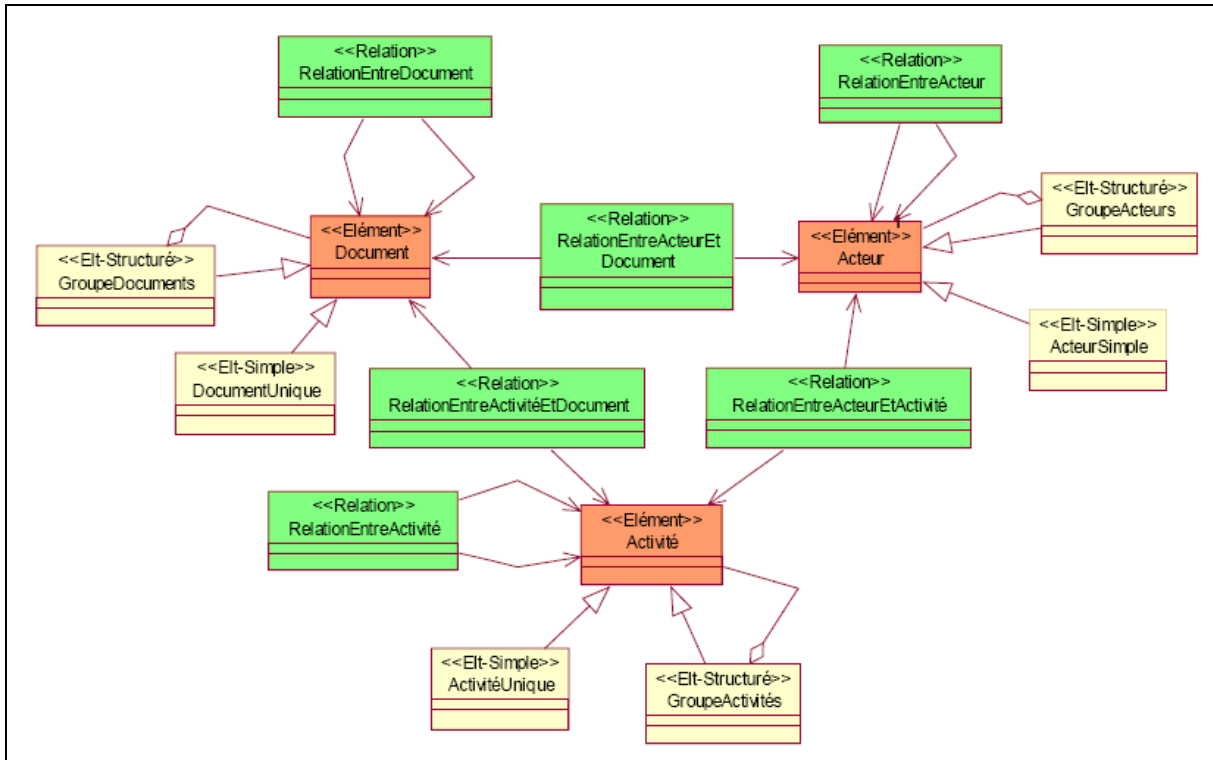


Figure 34: extrait du métamodèle de coopération

8.1.4. Proposition d'un modèle pour un outil d'assistance à la conduite de la conception

Des différents modèles analysés nous retenons les concepts d'activité, de document et d'acteurs comme concepts autour desquels gravite la modélisation des processus. Dans le cas de notre outil, l'utilisation de ces concepts permettent de planifier les processus de conception, ce qui correspond à l'aspect prédictif de l'activité de conduite de la conception. Ainsi, nous basons notre outil sur ces concepts et proposons de les articuler selon le modèle présenté dans la Figure 35

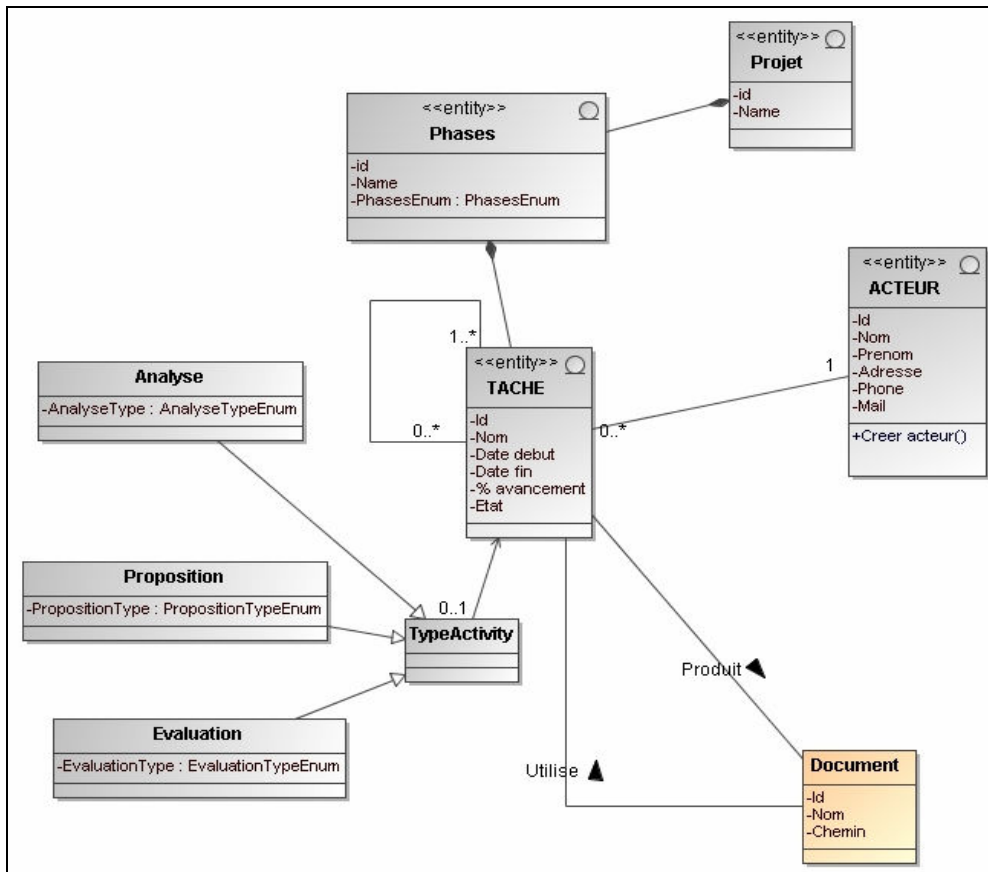


Figure 35: un modèle prédictif des processus

Dans ce modèle le concept de projet se décompose en phases puis en tâches. Si l'on utilise une démarche « topdown³⁷ », le projet constitue le point d'entrée permettant l'identification des phases et des tâches. Dans le cadre d'une approche « bottom-up³⁸ », les tâches sont d'abord recensées, puis organisées en phases. Dans les deux cas il nous faut déterminer quelles tâches sont partie prenante d'une phase, et quelles sont les règles qui spécifient leur ordonnancement (par exemple, le parcours d'une production d'un document pourra être différent selon l'acteur et la phase). Toute tâche utilise des documents pour produire un résultat. Une tâche peut être classifiée selon un type qui correspond aux activités primitives du processus générique proposé dans la partie II de ce mémoire (analyse, proposition ou évaluation).

En même temps, chaque acteur possède un certain nombre de tâches, qui vont être chaînées par des Règles de transition pour former des Processus. Ces tâches consomment et produisent des documents.

Par ailleurs, l'outil que nous proposons doit répondre à l'aspect réactif de la conduite de la conception. Pour ce faire nous proposons d'enrichir notre modèle par les concepts de situation problématique et de situation visée et de les articuler selon la Figure 36.

³⁷ Descendant

³⁸ Ascendant

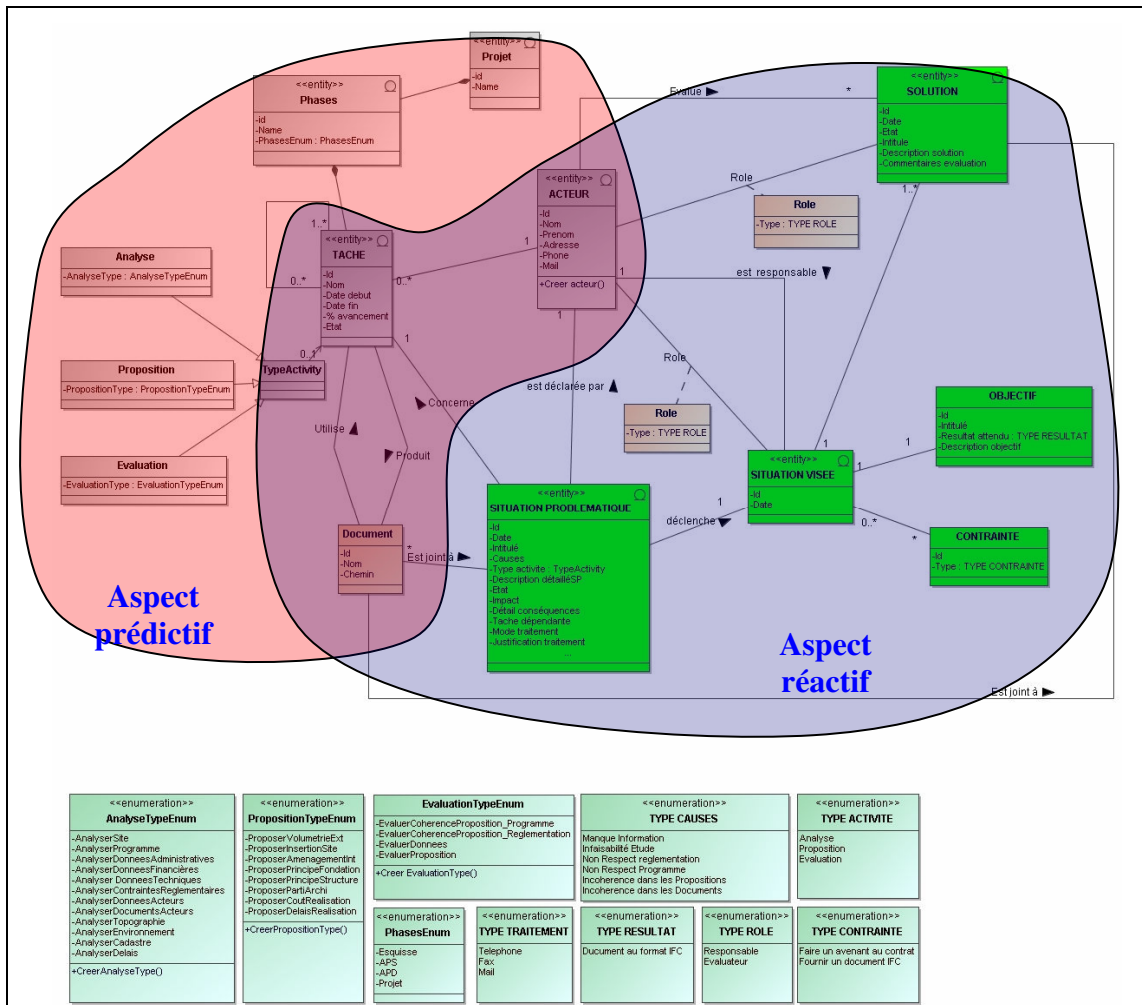


Figure 36: modèle global intégrant l'aspect prédictif et réactif

8.2. Scénario d'utilisation de l'outil

Le scénario que nous déroulons ici reproduit une situation problématique réelle d'un projet. La situation d'interaction décrite dans ce scénario comporte quelques échanges courants lors de l'apparition d'une situation problématique (Figure 37), puis montre l'apport de l'outil (Figure 38).

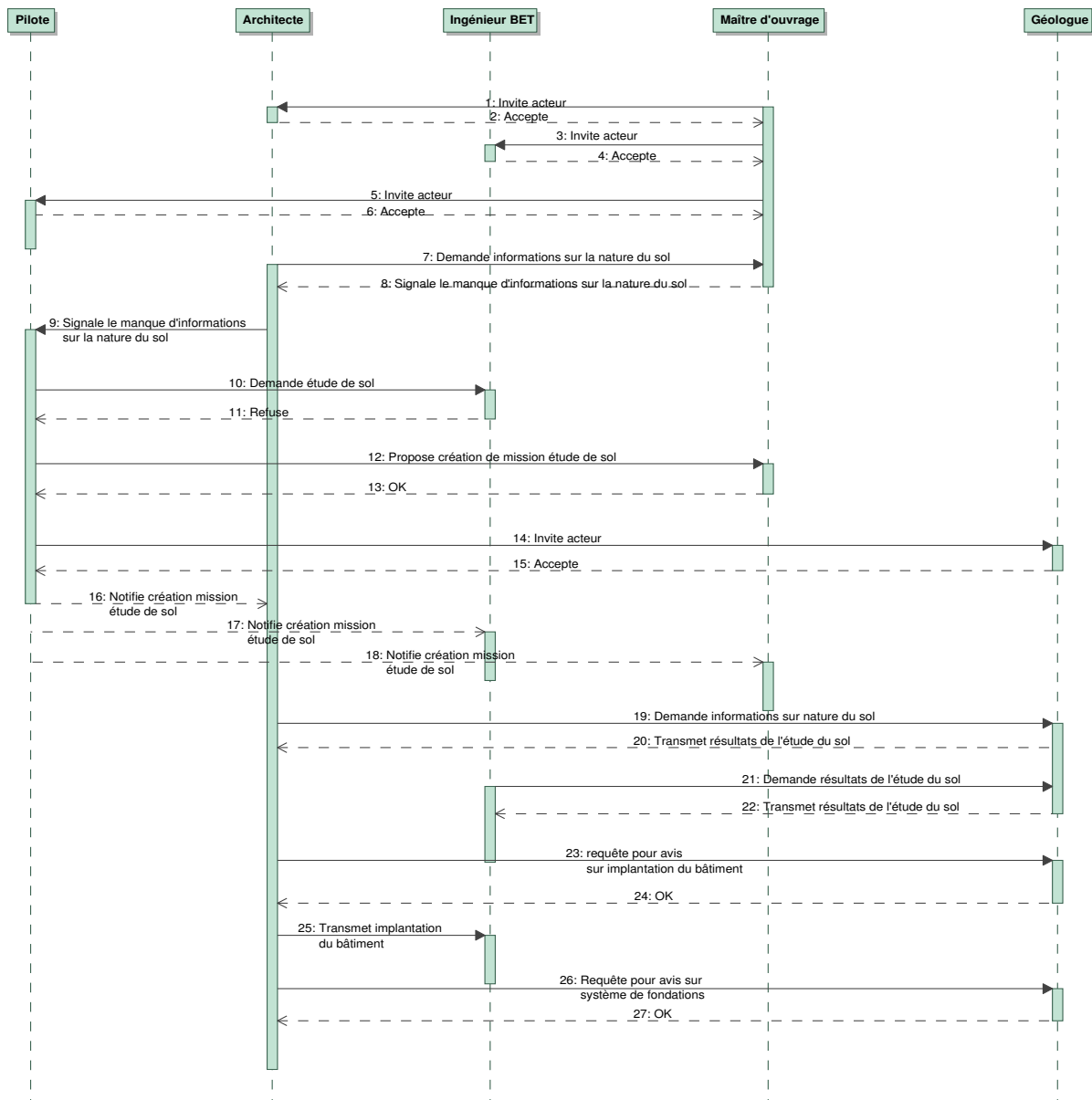


Figure 37: Scénario de conduite de la conception sans l'outil

Ce scénario illustre d'abord la bilatéralité des échanges pour résoudre une situation problématique. Ceci risque d'affecter la conception puisque les différents points de vue ne sont pas partagés avec l'ensemble des acteurs mais font l'objet d'un échange restreint en fonction des besoins des acteurs (le besoin de choisir une implantation du bâtiment pour l'architecte, et le besoin de choisir un système de fondations pour le BET).

De plus l'acteur pilote ne dispose pas de toute l'information en temps réel sur les tâches et les échanges effectués. Ce manque d'informations sur les processus distribués des acteurs ne lui permet pas d'avoir une vision transversale des processus de la conception et par conséquent affecte sa prise de décision et sa réactivité aux imprévus.

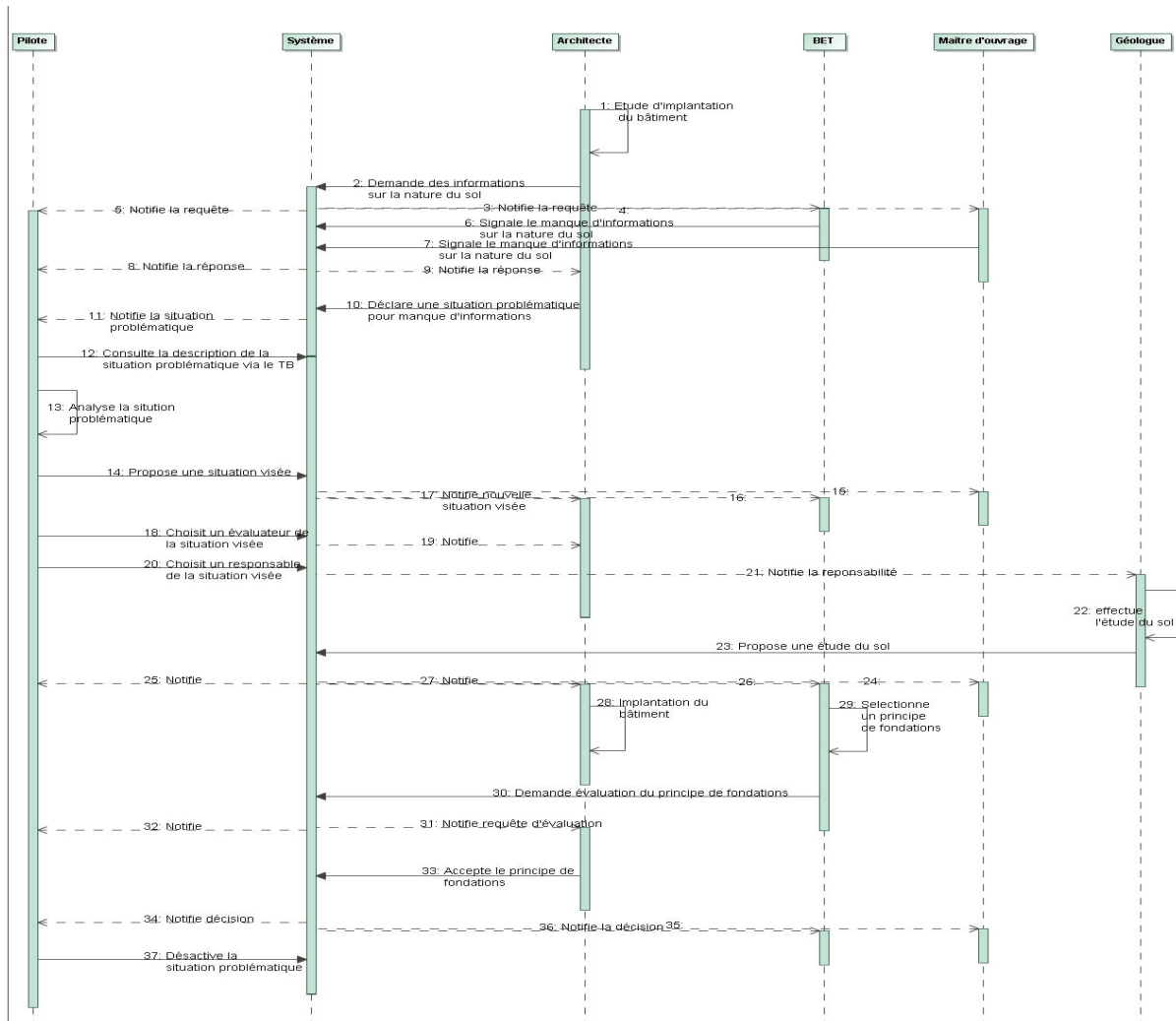


Figure 38: Scénario de conduite de la conception avec l'outil

Ce premier niveau de mise en situation, permet une confrontation de nos hypothèses à la réalité de la conception. En effet, il permet de vérifier que l'outil, par sa centralité dans les interactions, offre aux acteurs de la conception, la possibilité d'exprimer leur point de vue et de se tenir informé de l'évolution du projet. De plus l'outil offre au pilote une vision transdisciplinaire qui l'aide dans sa prise de décision et l'assiste dans sa réactivité aux imprévus. Enfin l'outil permet une traçabilité des réactions par un suivi des situations problématiques et des situations visées.

Chapitre 9. Développement informatique

La nécessité de disposer d'un outil informatique pour assister la conduite de la conception en architecture est apparue clairement lors de notre travail de recherche. Cet outil a pour vocation d'être utilisé par les acteurs de la conception dans le contexte d'une situation de terrain, où la réactivité aux imprévus est un facteur déterminant.

Une maquette informatique, nommé *Co-Pilot*, a été réalisée. Ce travail est basé sur un certain nombre de besoins que nous identifions et présentons dans le sous-chapitre 9.1. Nous décrivons ensuite les principaux modules de l'outil dans le sous-chapitre 9.2.

9.1. Besoins fonctionnels et non fonctionnels de l'outil

L'outil *Co-Pilot* doit permettre de conduire et de suivre la conception d'un bâtiment. Il faut que cette conduite soit possible, tout en conservant l'historique des situations problématiques et visées ainsi que les décisions prises pour les résoudre.

De plus il nous semble important que l'outil puisse offrir deux modes d'utilisation: un mode « pilotage » et un mode « conception ».

- **Le mode « pilotage »** est plus particulièrement destiné aux pilotes du projet de conception. Il s'agit de l'utilisation centrale de l'outil. Ce mode d'utilisation doit permettre de créer et modifier un projet et de capitaliser sur les données communes aux projets de conception (tâches, rôles des acteurs, causes d'apparition des situations problématiques, modes de traitement des situations problématiques...etc). Ce mode intègre l'aspect prédictif de la conduite de la conception.
- **Le mode « conception »** concerne l'ensemble des utilisateurs potentiels de l'outil (concepteurs, maître d'ouvrage ...etc). C'est l'utilisation primaire de l'outil. Elle offre aux acteurs la possibilité d'exprimer leur point de vue sur une solution ou une situation de conception. Ce mode d'utilisation doit permettre aux acteurs de déclarer des situations problématiques et de soumettre des solutions aux situations visées. Ce mode est celui informe le pilote et qui rend possible la conduite réactive de la conception.

En conséquence, cet outil doit disposer de deux modes d'utilisation, destinés à des utilisateurs distincts, c'est pourquoi, un contrôle des accès à ces modes s'impose. En ce sens, l'intégration d'un module de gestion de mots de passe doit permettre d'effectuer ce contrôle, de telle sorte par exemple qu'un utilisateur quelconque ne puisse pas reconfigurer le projet en cours de conception.

Par ailleurs, et pour supporter la conduite de la conception, l'outil *Co-Pilot* doit disposer des fonctionnalités de modélisation, de suivi et d'analyse, et d'optimisation (Figure 39).

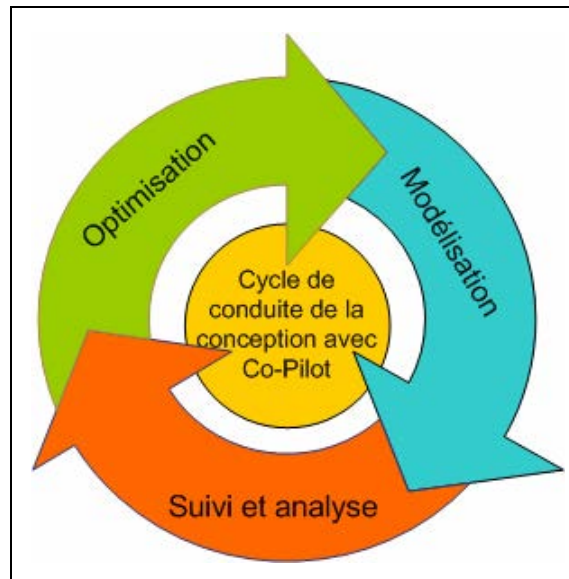


Figure 39 : Schéma cycle de vie de mise en œuvre d'un PCA

- **La modélisation** : son objectif est de fournir au pilote un outil aisément manipulable leur permettant de saisir les processus du projet de conception (les tâches et leurs enchainements, les phases, les jalons, le type de document à fournir par les tâches...etc). Les différents processus modélisés sont ensuite coordonnés par le pilote. Pour assister le pilote dans cette modélisation une bibliothèque évolutive de processus est proposée. Elle est basée sur la les tâches répertoriées dans loi MOP et doit évoluer selon l'expérience des acteurs pilotes. Cette bibliothèque est paramétrable afin de permettre la personnalisation des règles de transition, des missions, des rôles, des tâches ...etc).
- **Le suivi et l'analyse**: l'ensemble des processus en cours d'exécution doit être suivi (suivi des états d'avancement des tâches, suivi des situations problématiques, suivi des solutions proposées...etc). Pour ce faire l'outil doit disposer d'un tableau de bord pour permettre aux pilotes une analyse temps réel de l'état d'avancement de la conception et des situations problématiques rencontrées par les concepteurs.
- **L'optimisation**: elle se veut une action de capitalisation sur les projets de conception. Elle doit permettre la correction et l'amélioration des processus afin de les exploiter dans les projets similaires. De plus elle doit permettre d'enrichir la bibliothèque des données communes aux projets de conception.

En définitive et sur la base de ces fonctionnalités et ces modes d'utilisation nous proposons de structurer notre outil selon l'architecture logiciel suivante :

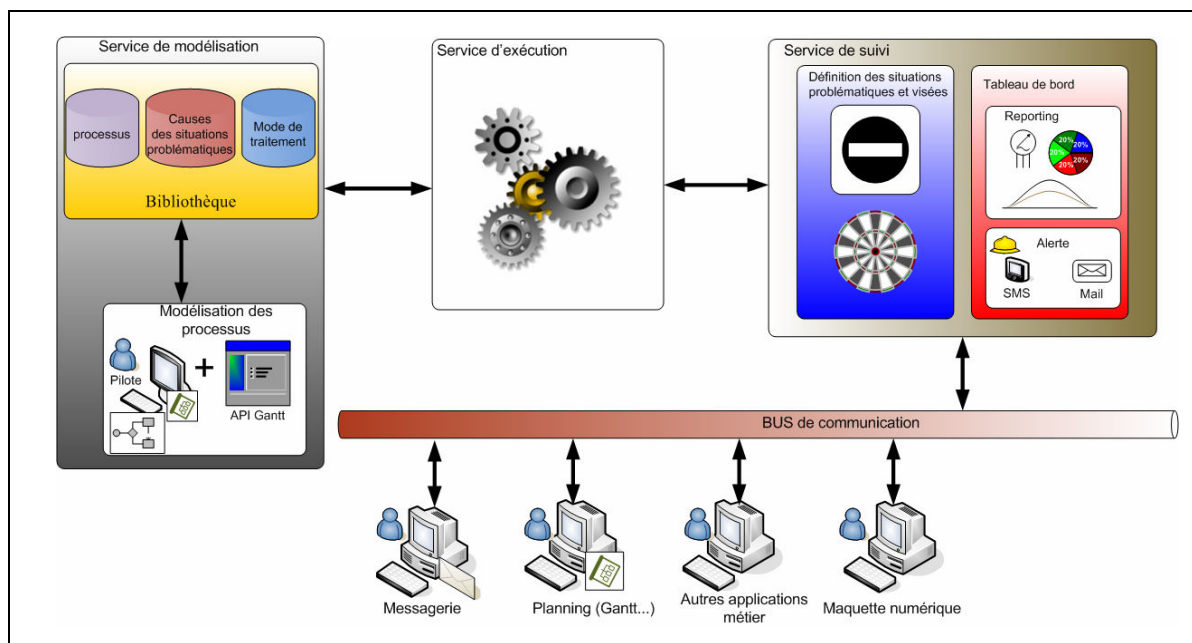


Figure 40: Architecture logiciel de l'outil Co-Pilot

- **Le service de modélisation :** Il permet d'assurer la fonction de modélisation des processus de conception. Il utilise une bibliothèque paramétrable et évolutive de processus, basés sur la loi MOP. Ce service utilise une couche d'interprétation et d'enrichissement de données pour permettre à la fois la saisie d'informations nécessaires au suivi des processus et leur visualisation sous forme de diagramme Gantt.
- **Le service d'exécution :** Il permet d'instancier et d'interpréter les processus modélisés et repose dans un premier temps sur un standard XML. Ainsi, une fois les processus développés et traduits dans ce langage, ils sont déployés et mis en exploitation.
- **Le service de suivi :** Il permet le suivi dans le temps des évolutions du projet de conception, en indiquant les différents événements qui le jalonnent (situations problématiques et situations visées). Il s'adresse à la fois à l'ensemble des acteurs de la conception leur permettant de formaliser leur point de vue et de communiquer leur travail périphérique par le biais des déclarations de situations problématiques et de solutions aux situations visées, mais il s'adresse aussi aux pilotes leur permettant d'observer, structurer et orienter les processus de conception par le biais d'un tableau de bord des situations produites au cours de la conception.
- **Le bus de communication :** il s'agit d'une couche plus basse d'intégration orientée événements et/ou services (EDA/SOA). Ceci permet de faire collaborer différents acteurs pouvant être des acteurs humains - dans un premier temps - ou des ressources informatiques - dans un second temps - (applications métiers type messagerie, maquette numérique ...etc).

Dans un souci de produire un outil convivial, non intrusif et pouvant être utilisé par une majorité d'acteurs, la solution d'un outil en ligne semble être la plus adaptée. Pour ce faire nous proposons l'utilisation d'une solution de développement permettant de créer et de déployer des applications Internet riches (RIA³⁹) multi plates-formes. En ce sens, notre choix s'est porté sur la solution Adobe[®] Flex qui comprend un outil de développement basé sur Eclipse[™] et dont le modèle de programmation fait appel à deux langages :

³⁹ Rich Internet Application

- MXML (basé sur XML), qui permet la réalisation d'interfaces utilisateur interactives.
- Action Script, qui est un langage orienté objet permettant de créer des applications Internet riches.

De plus, la partie présentation d'Adobe® Flex utilise la technologie Flash, ce qui rend par conséquent notre outil relativement multi plates-formes et facilement déployable puisque la grande majorité des machines est actuellement équipée du Flash Player®.

9.2. Présentation de l'outil : Les modules de support à la conduite de la conception en architecture

L'outil Co-Pilote se présente à l'ouverture, selon la Figure 41.

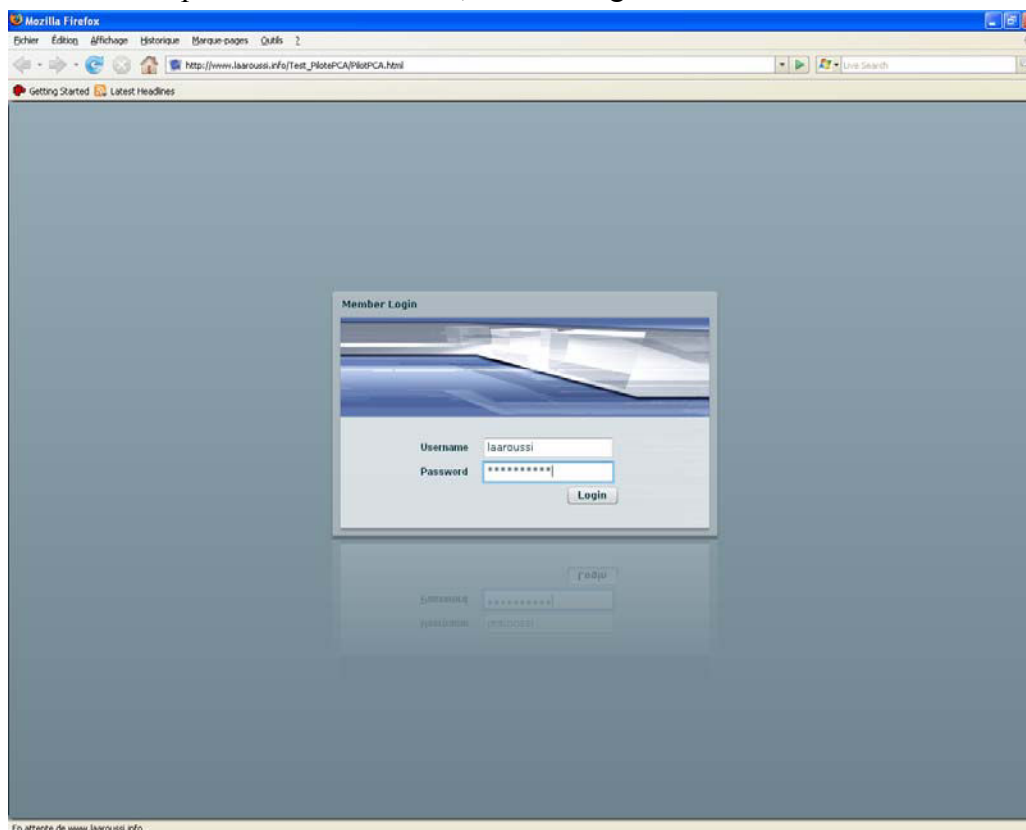


Figure 41: Ecran central commun au pilote et aux acteurs permettant la connexion à l'outil

Nous avons défini deux niveaux d'accès à l'outil :

- **Un niveau pilote.** Seuls l'acteur pilote a accès à ce niveau, pour initier et conduire un projet de conception. Il lui permet, dans un premier temps de créer les acteurs appartenant au projet (Figure 42).

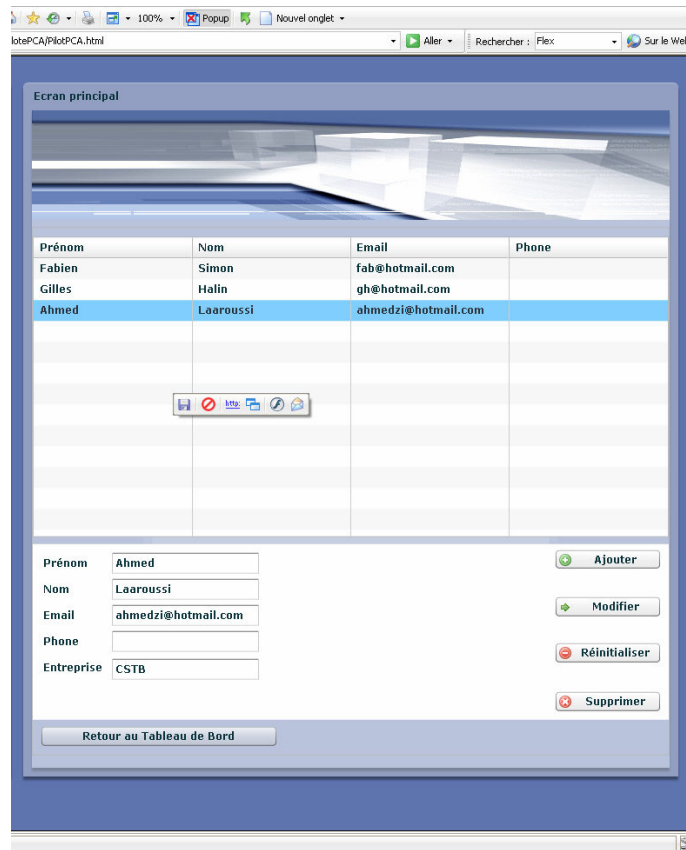


Figure 42: Ecran du pilote permettant la création des acteurs du projet

- **Un niveau acteur.** Ce niveau est accessible à tous les acteurs impliqués dans la conception d'un bâtiment. Il permet de visualiser et modifier les données personnelles (nom d'utilisateur, mot de passe, adresse mail, ...etc) générées par le pilote lors de la création de leur profil utilisateur (Figure 43).

Figure 43: Ecran de modification du profil d'acteur

De plus, cet écran dispose d'un onglet permettant la déclaration des situations problématiques et un onglet permettant la proposition d'une solution à une situation visée que nous décrirons par la suite.

9.2.1. Définition d'une situation problématique

L'apparition et la mise en relief d'une situation problématique constituent l'origine de la presque totalité des modifications que subira le bâtiment au cours de sa conception. Elles constituent également le point de départ de toutes les autres tâches instrumentées à travers cet outil.

Les situations problématiques peuvent apparaître à tous les niveaux du processus. Il reste cependant que les situations rencontrées ne sont considérées comme étant problématiques et ne sont remontées au niveau du pilote, que lorsqu'elles impliquent plusieurs domaines du projet. Dans le cas contraire, ces situations restent traitées localement et ne feront pas l'objet de procédures particulières. Pour pouvoir exister et être abordée en tant que telle, une situation problématique doit donc remonter au niveau du pilote, qui en mesure alors l'importance et décide d'initier le processus qui conduira à sa résolution.

Dans cet module, l'acteur déclarant doit renseigner différents champs servant à affecter différents paramètres à la situation problématique (intitulé de la situation problématique, sa description détaillée, sa cause,...etc) (Figure 44). Ceci doit aider l'acteur pilote dans sa décision de lancer ou non le traitement de cette situation problématique. De plus l'acteur déclarant peut associer à cette situation problématique un plan ou un modèle informatique, susceptible d'en faciliter la compréhension.

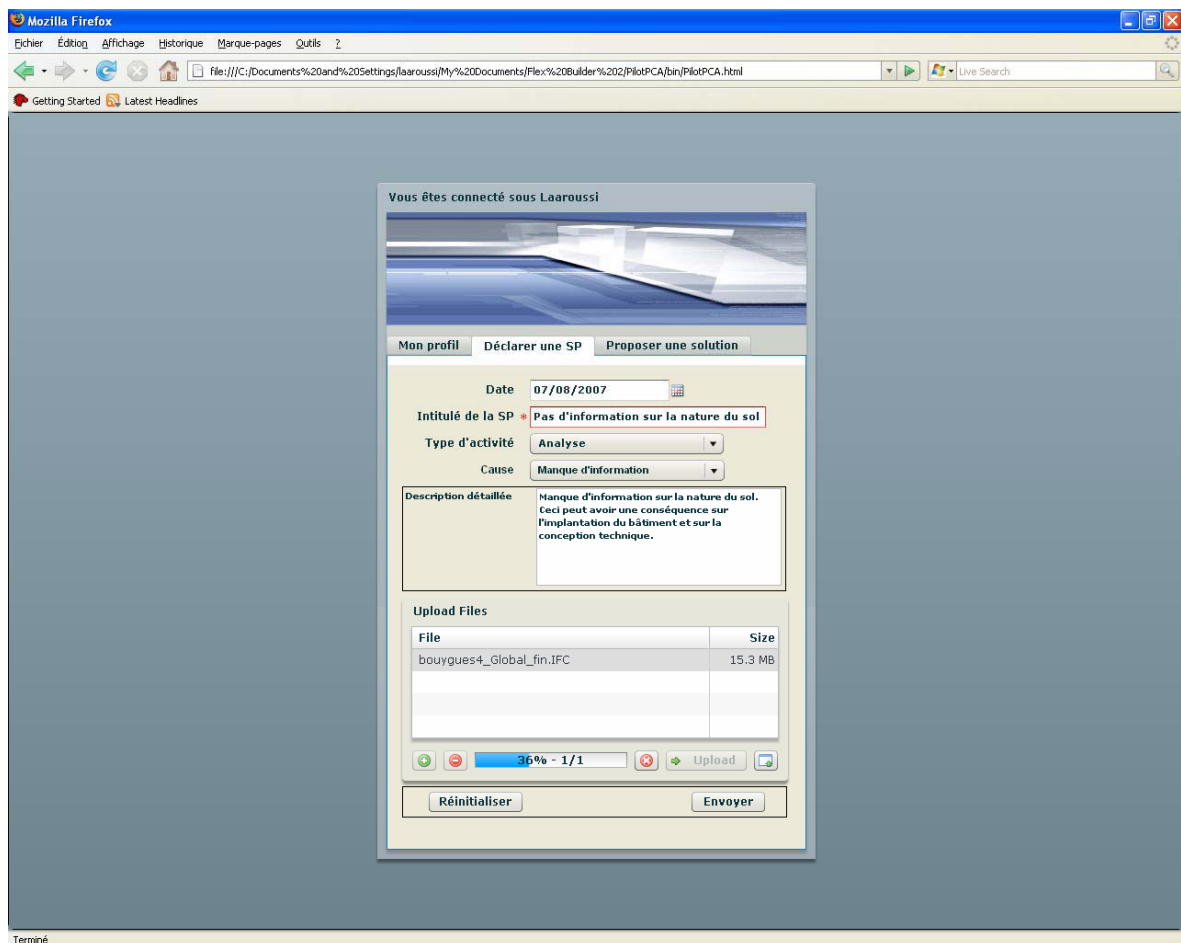


Figure 44: module de l'acteur permettant la définition des situations problématiques

9.2.2. Analyse d'une situation problématique

L'une des caractéristiques principales des situations problématiques, réside dans le fait qu'il s'agit d'une entité difficilement formalisable et explicitable. Il s'agit d'une entité que l'on ne peut décrire de manière univoque et qui dépend de l'interprétation de chacun, selon son expérience, son expertise ou son point de vue. Vouloir formaliser et décrire précisément une telle entité reste donc improbable. Cependant, si l'on ne peut l'expliquer, il est néanmoins indispensable d'analyser une situation problématique. Cette analyse conditionne le lancement d'une action qui permettra de la résoudre.

L'usage du module d'analyse des situations problématiques, constitue une aide au pilote, dans sa décision de lancer ou non une action corrective (Figure 45).

Les premiers champs de ce module servent à définir un premier niveau d'analyse en indiquant le niveau d'impact de la situation problématique. Cela sert à caractériser sa portée et ses répercussions sur l'ensemble du projet. L'apparition d'une situation problématique peut détériorer le bon fonctionnement d'un processus de conception ou, à l'inverse, ne concerner qu'un élément isolé du bâtiment à concevoir. Définir la portée d'une situation problématique est indispensable pour déterminer l'importance que revêt le traitement de cette situation. Connaître précisément la portée d'une situation problématique permet également, une fois qu'elle est traitée, de vérifier l'efficacité de ce traitement en évaluant le comportement des éléments « tâches, documents...etc) qui devraient être touchés par cette situation problématique.

Définir le niveau d'impact d'une situation problématique ne prend de sens que si l'on peut au préalable définir les tâches dépendantes de la situation problématique. En effet une situation ayant un large spectre d'influence restera prioritaire sur une situation ayant des tâches dépendantes très localisées.

Ces paramètres, pris séparément, n'ont qu'une importance relative dans la décision de traiter ou non une situation problématique. C'est la corrélation de toutes ces données qui constituent une aide au choix pour l'acteur pilote.

Après avoir déterminé ces paramètres, si l'analyse de la situation problématique conduit à entreprendre une action, l'acteur pilote est alors orientés vers le module de proposition de la situation visée.

Cependant, quel que soit le résultat de cette décision, ce module d'analyse des situations problématiques qui a pour fonction première de structurer la démarche du pilote, sert également à conserver une trace de toutes les situations problématiques qui émergent au cours du projet. Il permet donc une certaine traçabilité de ces entités en renseignant un tableau de bord des situations problématiques, que nous décrirons par la suite, et en indiquant l'évolution dans le temps de l'état des différentes situations ainsi mises en relief.

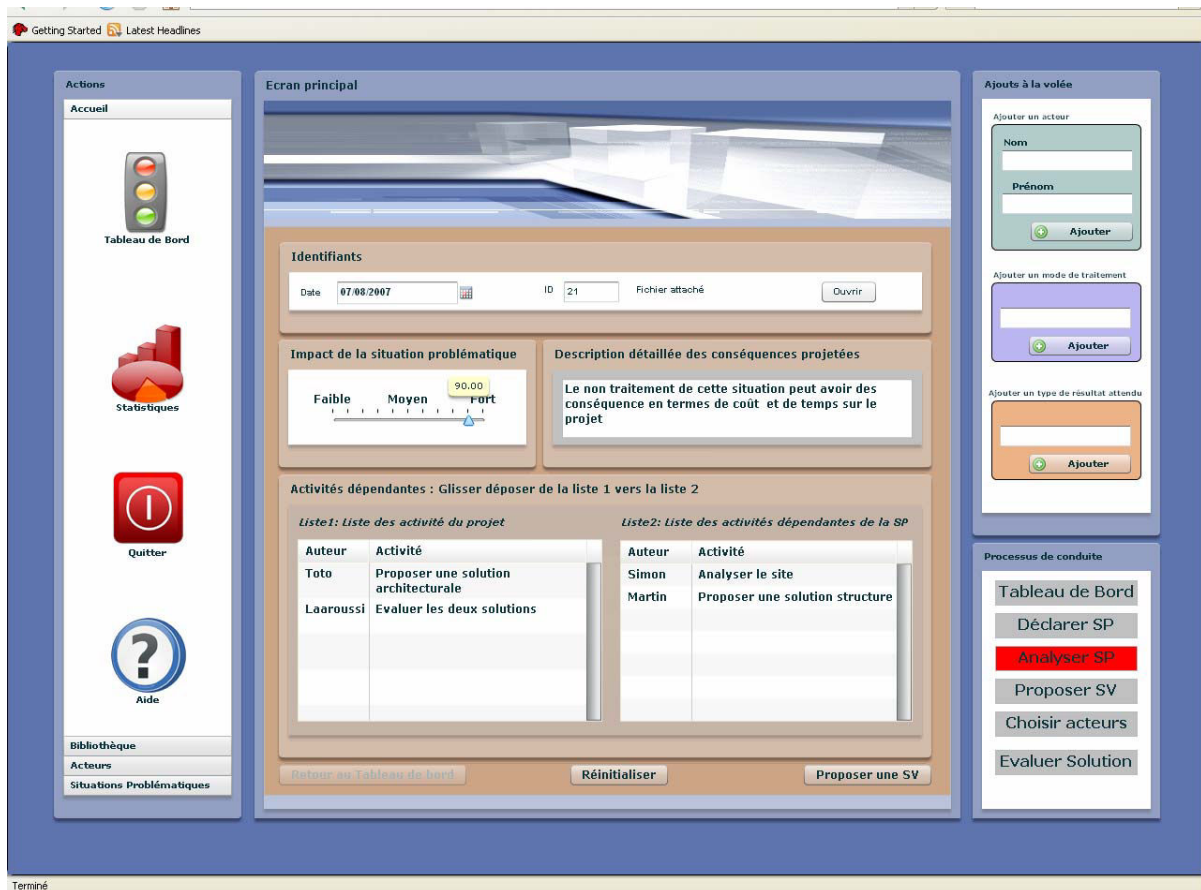


Figure 45: module du pilote permettant l'analyse des situations problématiques

9.2.3. Proposition d'une situation visée

La définition de la situation visée est une phase charnière dans le processus de conduite de la conception. Cette situation visée oriente le travail des concepteurs qui assureront la tâche de produire des solutions aux problèmes rencontrés.

Ce module permet de répertorier et de caractériser chaque situation visée parmi la multitude construite au cours du projet. Il permet de la rattacher, par un système de numérotation, à la situation problématique pour laquelle elle est définie (Figure 46).

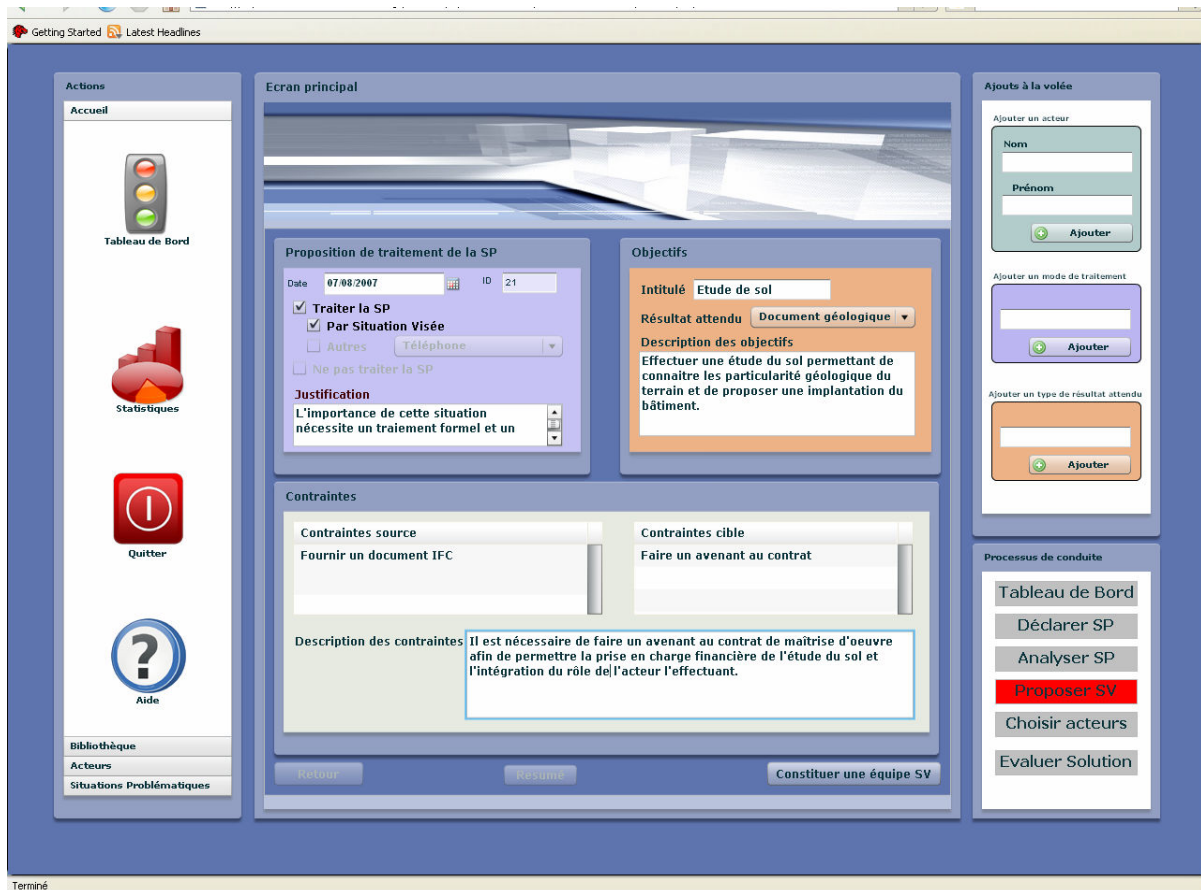


Figure 46: module du pilote permettant la proposition de situation visée

La première étape du processus qui conduit à la définition d'une situation visée consiste à déterminer le mode de traitement de la situation problématique. Afin de garder une certaine dynamique et flexibilité de l'outil, nous avons pris le parti de permettre le traitement d'une situation problématique selon deux modes :

- **Un mode explicite** correspondant à la définition d'une situation visée.
- **Un mode implicite** correspondant à l'utilisation de tout autre moyen de traitement informel et spontané (e.g. téléphone, session de travail improvisée...etc).

Quelque soit la décision prise pour lancer ou non une action corrective, une description détaillée est à saisir dans le champ justification afin de permettre une meilleure compréhension de la décision prise.

En parallèle à la détermination du mode de traitement de la situation visée, ce module permet également de définir des objectifs et des contraintes de la solution.

Définition des objectifs

La définition d'objectifs permet de détailler, en termes d'objectifs, la solution que l'on souhaite atteindre pour sortir d'une situation problématique. De plus, les objectifs véhiculés par une situation visée sont, dans une grande majorité des cas, exprimés sous forme de résultat à atteindre. De ce fait, le module comporte à la fois un champs spécifique dans lequel le pilote décrit son objectif de manière simplifié (intitulé) et un bouton de selection lui permettant de choisir dans une bibliothèque évolutive, un type de résultat à atteindre. Ces deux formulations servent à l'acteur pilote lors d'une recherche rapide.

Définition des contraintes de la solution

Après avoir défini l'objectif à atteindre, l'acteur pilote doit également caractériser des contraintes pour le travail de l'acteur chargé de résoudre cette situation visée. Ces contraintes consistent à prescrire des limites à l'activité de cet acteur. Ils permettent, de déterminer le cadre d'action dans lequel ce dernier doit évoluer au cours de sa recherche de solution et de construire un certain nombre d'éléments que devra satisfaire le travail de cet acteur.

Le travail de définition des objectifs et des contraintes conduit le pilote à choisir un acteur pour assurer la résolution de cette situation visée et atteindre les objectifs formulés (Figure 47). Le pilote détermine alors un responsable pour le processus de résolution qui suivra. Toutefois, nos observations, montrent qu'un acteur unique et monodisciplinaire ne peut pas toujours assurer efficacement le processus de résolution. C'est pourquoi, la responsabilité de constituer une équipe pluridisciplinaire incombe à l'acteur choisi pour assurer la responsabilité du processus.

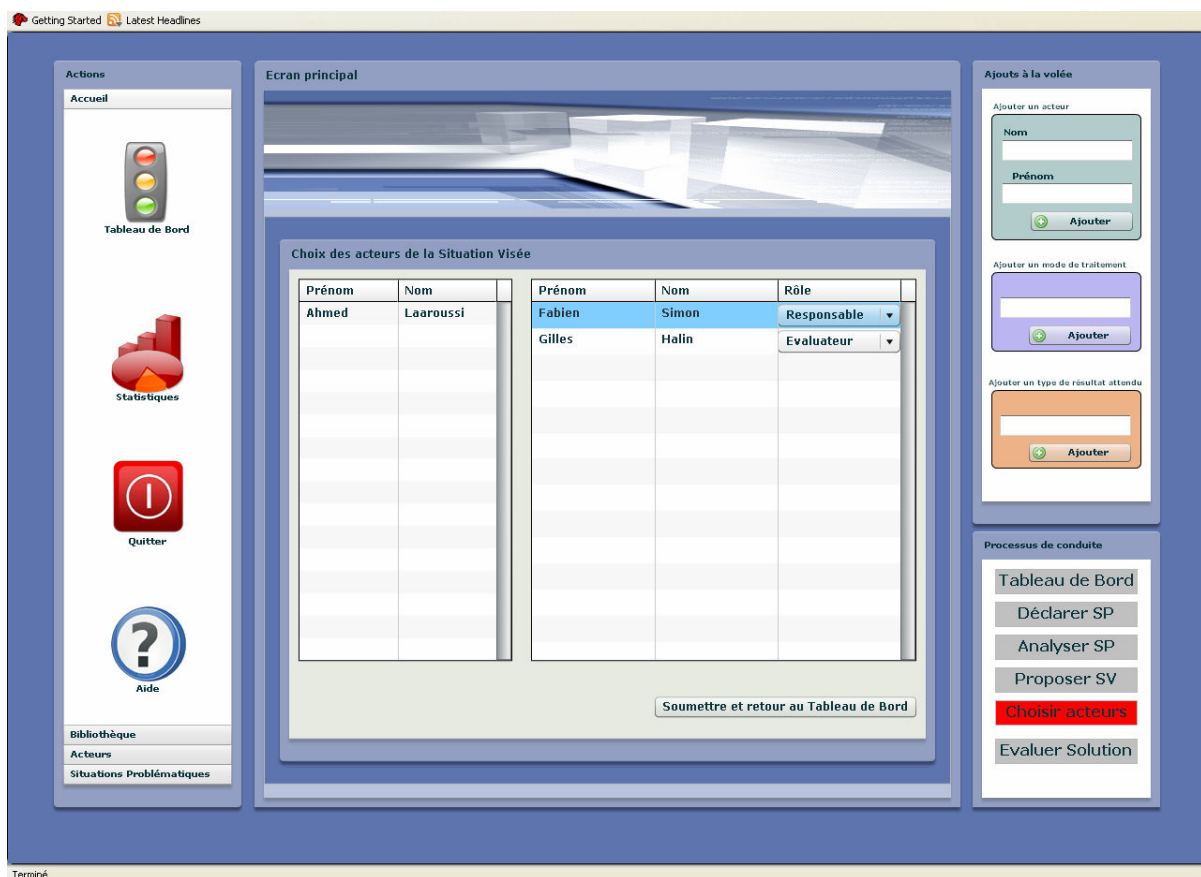


Figure 47: Ecran de choix de l'acteur responsable de la situation visée

Ce module permet donc de formaliser et de capitaliser les situations visées construites au cours d'un projet de conception, qui restaient jusqu'alors de nature informelle et dont les concepteurs ne gardaient que peu de traces au cours du processus. En effet, lorsque la situation visée est complètement décrite, l'ordre de résolution qui s'en suit permet de diriger la situation visée ainsi formalisée vers l'acteur qui en assurera la résolution, mais elle permet également de renseigner les tableaux de bord qui ont aussi pour fonction de suivre l'évolution de toutes les situations visées traitées au cours du projet.

9.2.4. Description de la solution

Lorsqu'une solution est possible l'acteur responsable est invité à la décrire dans les grandes lignes afin d'informer le pilote sur l'orientation de la solution choisie (Figure 48). Cette description constitue un complément aux représentations plus fines, que sont les dessins techniques ou les modèles CAO qui restent les véritables outils de la conception. De plus, cette description est complétée par un lien vers la représentation de la solution, dont le format dépend du type d'outil utilisé par les acteurs impliqués. La solution ainsi décrite est alors soumise à une évaluation qui conditionne son acceptation et son intégration à la conception en cours.

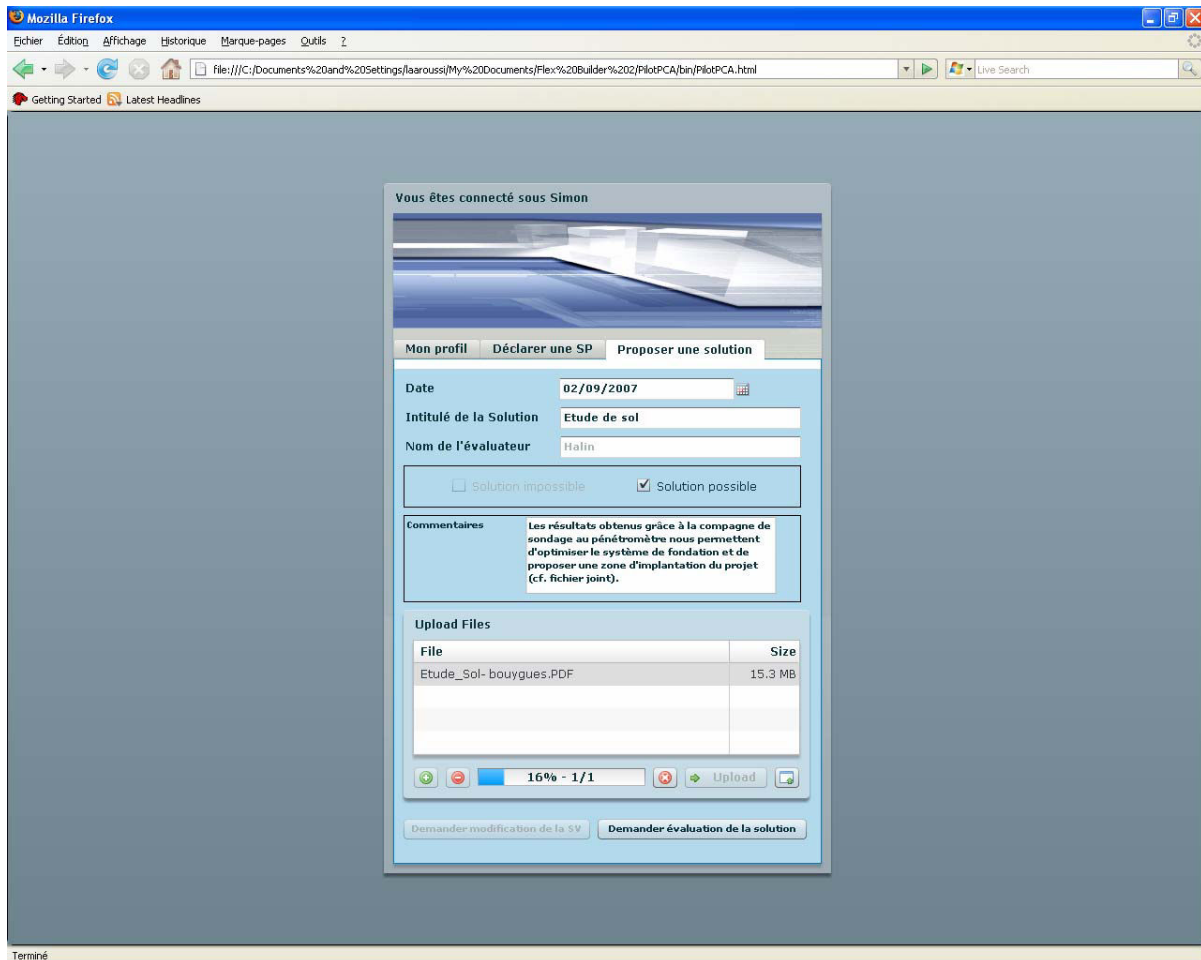


Figure 48: module de proposition de solution

9.2.5. Evaluation de la solution

Lorsqu'une solution est définie par son concepteur, son statut va alors évoluer pour passer d'une entité privée, produite de manière périphérique, à une entité partagée qu'il faut intégrer à la conception. Ce changement de statut n'intervient qu'après l'évaluation de cette solution. L'évaluation permet de mesurer la capacité des solutions proposées à s'intégrer dans l'ensemble des composantes techniques, architecturales, fonctionnelles et financières qui constituent le projet. La phase d'évaluation représente donc une période charnière dans le devenir des différentes solutions. Sur un plan technique l'évaluation d'une solution conditionne et oriente les choix à venir dans la conception du bâtiment.

Le module d'évaluation se présente selon la Figure 49.

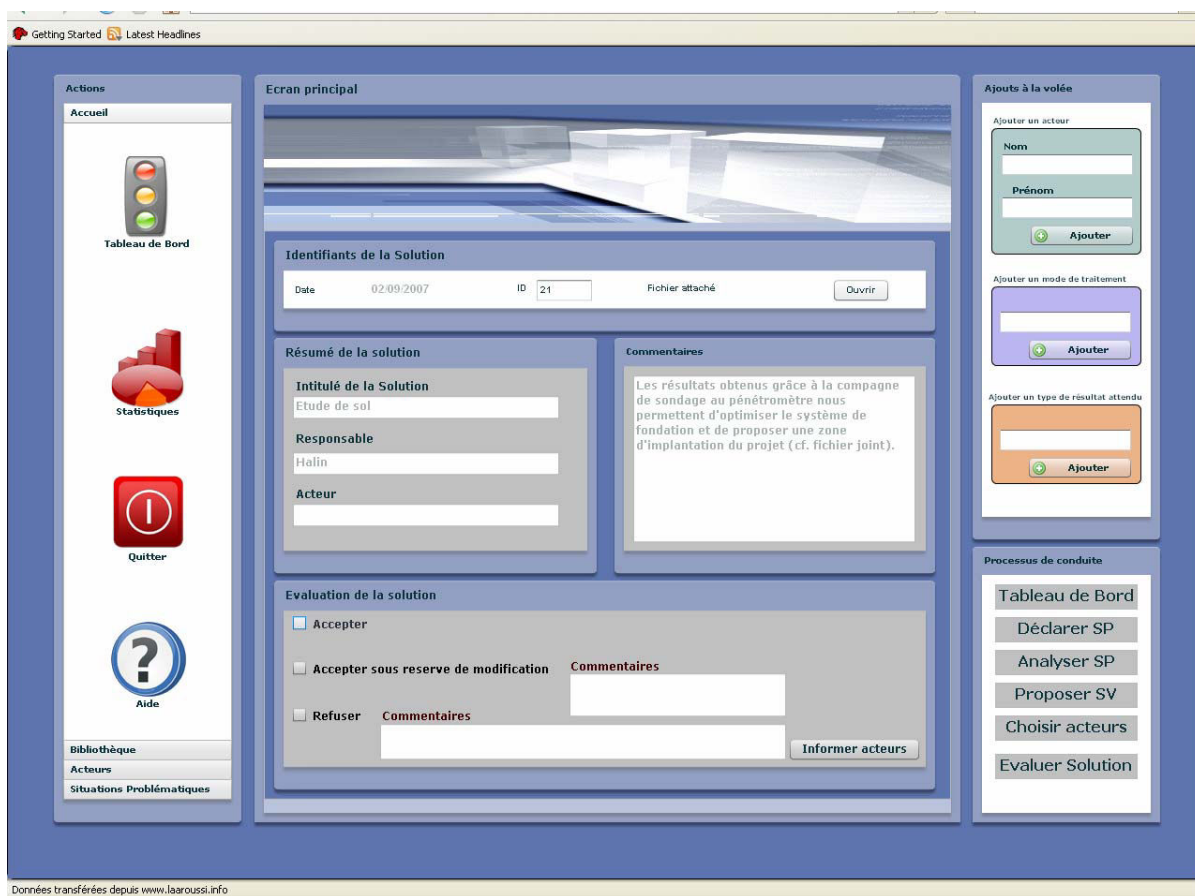


Figure 49: module du pilote pour l'évaluation des solutions

Ainsi instrumenté, l'évaluation offre trois possibilités aux acteurs sur le devenir des solutions :

- Cette solution peut être acceptée sans conditions particulières, auquel cas elle est alors intégrée au projet pour venir se greffer à l'état sourant du bâtiment et l'amener dans une nouvelle configuration.
- Cette solution peut être acceptée sous réserve de certaines modifications. Une telle évaluation renvoie alors l'acteur responsable vers la précision ou le réajustement de sa solution.
- Cette solution, cas plus rare, peut être refusée. Si cela est le cas, c'est qu'un dysfonctionnement est apparu dans le processus et qu'il n'a pas été réorienté assez tôt pour éviter un décalage entre les attentes et la solution proposée. Dans de telle situation, c'est la situation visée qui est remise en question. L'acteur pilote est alors dirigé vers le module de situation visée. Il conerve, si cela s'avère nécessaire, la capacité de remonter vers l'analyse de la situation problématique.

9.2.6. Tableau de bord

Le tableau de bord fournit à l'acteur pilote, une vision globale de l'ensemble des situations problématiques qui ont émergé au cours du projet (Figure 50).

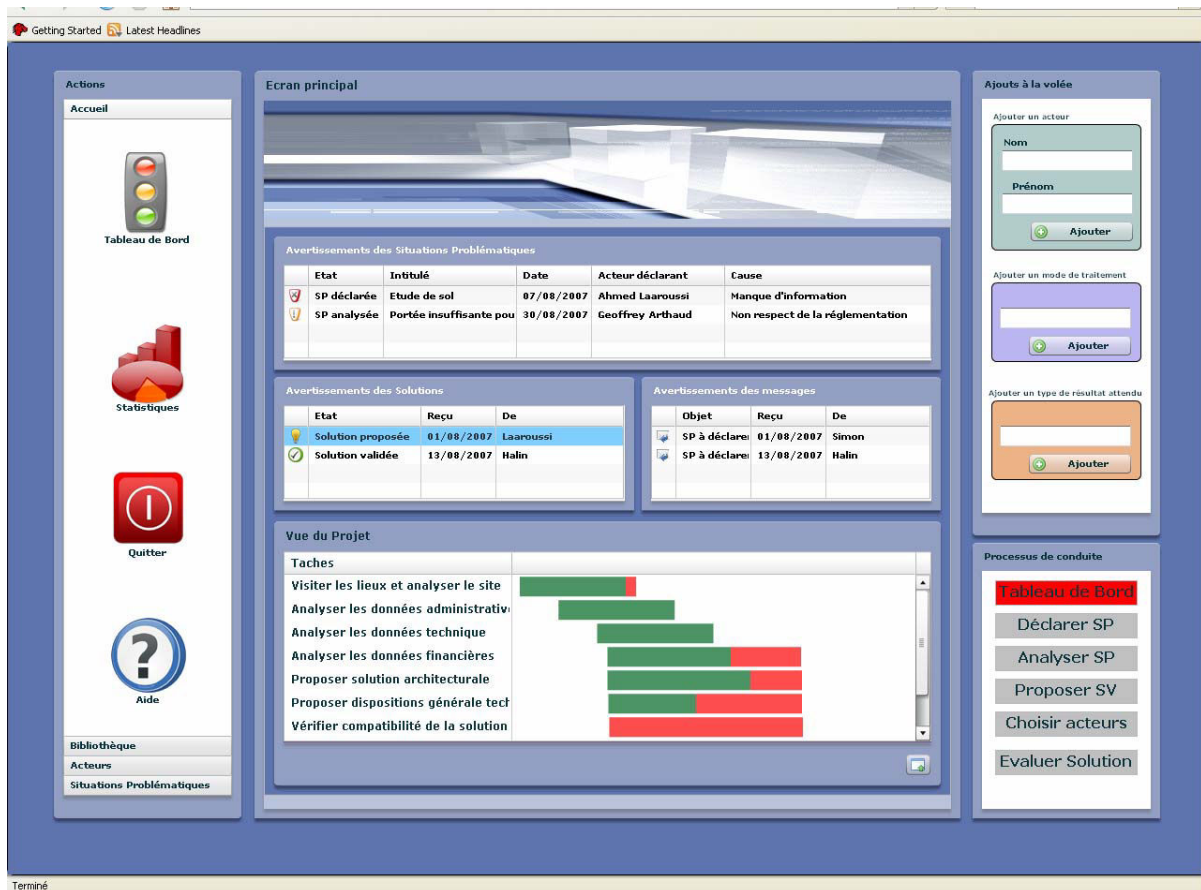


Figure 50: tableau de bord du projet

Ces situations sont représentées sous forme tabulaire et répondent à un code d'icônes (Tableau 3) permettant de savoir si :

- **Une situation est déclarée**, c'est-à-dire une situation décrite mais qui n'a pas encore fait l'objet de traitement.
- **Une situation est analysée**, c'est-à-dire que l'impact et les conséquences du problème ont été identifiés et qu'une situation visée est en cours de définition.
- **Une situation est visée**, c'est-à-dire que le processus de résolution est en cours et qu'un acteur assure actuellement la responsabilité de définir une solution.
- **Une situation solutionnée**, c'est-à-dire qu'elle a fait l'objet d'un processus complet de définition puis de résolution d'une situation visée et que la solution proposée est en cours d'évaluation.
- **Une situation est validée**, c'est-à-dire que la solution retenue a été intégrée au projet.

| Situation déclarée | Situation analysée | Situation visée | Situation solutionnée | Situation validée |
|--------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|
| | | | | |

Tableau 3: Code d'icônes du tableau de bord

Une telle représentation permet à l'acteur pilote de savoir rapidement combien de situations problématiques sont actuellement en cours et quels sont leurs états respectifs. Chaque situation possède un lien vers les formulaires dûment remplis qui ont servi à mener le processus. L'acteur pilote peut également, depuis ce tableau de bord, lancer la déclaration d'une situation problématique que les acteurs, non désireux de la déclarer eux-mêmes, peuvent lui signifier par messagerie intégrée.

De plus, ce tableau de bord permet de visualiser, sous forme d'un diagramme Gantt, l'ensemble des tâches du projet de conception. Une liaison entre le diagramme Gantt et les situations problématiques émergées au cours du projet est à prévoir dans l'amélioration de l'outil car elle peut s'avérer un moyen efficace pour le pilote dans sa tâche d'orientation de la conception. En effet connaître en chaque instant quelles sont les tâches posant le plus de problème, permet une meilleure optimisation du processus et une meilleure répartition de la charge de travail, lorsque se présente une autre situation problématique.

Le tableau de bord a donc pour fonction d'aider un acteur pilote à pister et à définir l'impact des relations entre les situations problématiques, pour en limiter les effets si elles sont néfastes ou pour les factoriser si elles conduisent à une certaine convergence de traitement.

Notons toutefois qu'il s'agit d'un tableau de bord et non d'un outil automatique, permettant de pister de manière systématique les interférences potentielles entre les situations. Ce tableau de bord n'est qu'un support à l'acteur pilote, dont la vision transversale, la compréhension globale du projet et le savoir faire dans le domaine, représentent les meilleurs atouts pour conduire efficacement un projet dont le contenu reste spécifique et évolue sans cesse.

9.3. Conclusion du chapitre

Tous les modules que nous venons de décrire ne constituent pas une réorganisation de l'activité de conduite de la conception en architecture. Ils permettent de structurer une activité déjà existante, mais jusqu'ici menée de manière informelle. L'objectif n'est pas de définir un cadre rigide à cette activité de conduite, mais de la supporter par l'usage d'entités formelles et explicites, afin de capitaliser les données indispensables au pilote pour assurer sa tâche de suivi et de conduite de la conception. En effet, la principale difficulté que rencontre ce dernier reste d'obtenir et de gérer en temps réel les informations qui lui permettront de prendre des décisions. C'est pour répondre à ce besoin d'information que tous les modules servant à supporter la conduite, sont utilisés pour renseigner une base de donnée, conçue spécifiquement à l'intention de l'acteur pilote, pour lui fournir les informations nécessaires à la conduite de la conception.

Par ailleurs, l'outil que nous venons de décrire possède une double vocation. Il est utilisable de manière transversale, comme support des processus distribués de conception. Il est également utilisable comme outil métier, dédié aux acteurs pilotes, pour les aider dans leur activité de conduite de la conception. C'est sur ce dernier point que nous allons ici focaliser notre attention. En effet, l'activité de conduite de la conception s'est professionnalisée au cours du temps pour devenir aujourd'hui un métier particulier. Comme tous les métiers, elle fait appel à des connaissances et des savoir-faire spécifiques. Cependant, l'activité de conduite de la conception occupe une place particulière dans la liste des métiers de la conception. En effet, si elle fait appel à des connaissances propres, et représente un domaine d'expertise particulier, cette activité reste avant tout une activité transversale dont le but est de connecter efficacement les différentes activités de conception, et d'orienter la démarche des acteurs pour qu'elle s'inscrive dans une dynamique commune de convergence. A la différence des autres métiers de la conception, on ne peut techniquement conduire une conception en manipulant des connaissances propres à un nombre restreint d'individus, et en construisant de nouveaux savoirs, limités à un domaine précis d'expertise, inaccessibles aux autres acteurs du processus. Conduire un projet de conception impose d'amener les acteurs à coopérer et à coordonner leurs actions. Pour parvenir à instaurer la coopération, un acteur pilote est amené à traduire la connaissance de manière à la rendre manipulable, et à diffuser cette connaissance pour qu'elle soit utilisable dans les différents domaines d'expertise. Un outil de conduite de la

conception, conçu pour aider les acteurs pilotes dans leur tâche, doit donc permettre de véhiculer des connaissances relatives à l'état du projet, sous un format tel que chaque acteur puisse en comprendre le sens et se les approprier. Il doit également être capable de supporter l'expression des points de vue des différents acteurs de la conception, dont la confrontation permet de nourrir le processus, de soulever de nouveaux problèmes et de nouvelles solutions.

L'outil présenté a été développé en accord avec ces considérations. Il a été construit pour favoriser et instrumenter la coopération, tant par son contenu que par son mode d'utilisation. En effet sur le plan du contenu, cet outil véhicule des informations dans un format textuel, commun à tous les acteurs. Ce format commun ne représente en aucune manière une garantie de coopération, néanmoins son usage est une condition nécessaire dans un outil construit comme une plate-forme commune d'activité. Pour pouvoir fonctionner, cet outil doit être perpétuellement enrichi. Il constitue un lieu de confrontation indirecte des différents points de vue et des différentes logiques d'action destiné à l'intégration. Par cet outil l'acteur pilote fournit aux différents acteurs les moyens d'orienter leur propre activité et de l'ajuster aux évolutions successives. En effet, un tel outil de capitalisation instantanée offre à l'acteur pilote, un accès aux activités distribuées et aux problèmes dont ils n'ont pas toujours connaissance. La contrainte principale liée à l'usage de cet outil est que tous les acteurs doivent constamment enrichir la base de données des situations problématiques. Cette base de données, enrichie et modifiée en temps réel, représente une source d'information exceptionnelle pour un acteur pilote. Elle lui fournit en effet une description détaillée de l'évolution du bâtiment en cours de conception, et de l'état de l'activité distribuée. Cette description ne constitue pas uniquement une source d'informations mais devient réellement un outil de conduite de la conception en offrant deux qualités particulières. La première réside dans le format unique des données manipulées, permettant de les comparer rapidement et d'extraire plus aisément les relations qui peuvent émerger. La seconde qualité de cette description réside dans sa capacité d'évolution. Les informations véhiculées sont directement issues des pratiques des concepteurs. Elles n'ont donc pas à subir de transformations ou de réorganisations avant de devenir utilisables. La base de données évolue en temps réel et cette évolution est un atout majeur pour une activité où la réactivité est indispensable et où mettre en relief les problèmes au plus tôt est souhaitable, afin d'éviter que la progression du projet ne les rende plus difficiles et plus coûteux à résoudre.

Cet outil ne permet donc pas de déterminer le contenu d'une activité de conduite de la conception, mais permet de déterminer quand et sur quel point doit intervenir cette activité. De ce fait, le choix d'un acteur pilote, de ses compétences et de son savoir faire, reste souvent la clé du succès ou de l'échec d'une conception. Quelque soit l'outil conçu, il ne peut venir qu'en complément et non en substitution de ces qualités indispensables.

Conclusion générale

Ce mémoire constitue le résultat de notre travail de thèse. Nous tirerons dans ce dernier chapitre les conclusions générales de ce travail. Dans un premier point nous porterons notre attention sur notre contribution à la problématique traitée. Dans un second point, nous ferons état des limites de notre recherche, nous tirerons un bilan de nos travaux du point de vue méthodologique. Nous ouvrirons finalement les perspectives de cette recherche.

Points d'intérêt et nouveaux apports

Concernant la modélisation

Nous avons relevé dans la première partie de ce mémoire l'exigence forte d'une conduite de la conception afin d'améliorer la qualité de cette dernière et réduire de la sorte l'apparition des dysfonctionnements. En ce sens, nous avons mis en exergue les caractéristiques multidisciplinaires et les aspects prédictifs et réactifs de la conduite de la conception en architecture.

Dans l'objectif de modéliser cette activité de conduite de la conception en architecture, nous avons traité dans ce travail de thèse la description, la représentation et la modélisation des processus de conception en architecture. Nous avons identifié ces processus comme étant par nature, multidimensionnels, leur mise en œuvre correspondant à une progression le long de plusieurs axes, découplés de l'axe du temps.

L'approche cognitive des processus de conception considère l'évolution parallèle de la représentation de problème et de celle des solutions et en ce sens offre un regard sur les processus de conception dans une dimension décrite par l'axe temps et problème / solution. Nous avons alors sur la base des modèles cognitifs existants, construit notre proposition de modèle combinant de façon simple trois activités primitives (analyse, proposition, évaluation).

Notre étude des modèles considérant la conception comme un processus de coordination nous a permis de valider :

- La capacité de notre modèle à décrire les processus coopératif de la conception en architecture (niveau macroscopique),
- La pertinence de ces activités primitives dans l'organisation des tâches fréquemment utilisées dans les pratiques des acteurs (niveau microscopique basé sur le découpage réglementaire de la loi MOP).

En nous appuyant sur ce modèle des processus de conception, nous nous sommes concentrés sur sa transposition à la conduite de la conception en architecture. Ceci nous a d'abord permis de noter sa couverture de l'aspect **prédictif** de l'activité de conduite de la conception en architecture. Ensuite il nous a amené à nous questionner et à analyser les démarches que les acteurs mettent en place pour gérer les situations imprévues et non planifiées dans la

conception. Cette analyse a permis de révéler deux entités représentant l'aspect **réactif** de la conduite de conception: la situation problématique et la situation visée. L'articulation de ces entités avec notre modèle prédictif s'est faite en prenant appui sur la notion des points d'arrêt issue des sciences informatiques.

Nous basant sur ce modèle prédictif et réactif de la conduite de la conception, nous avons spécifié un outil d'assistance à la conduite de la conception en architecture.

Cet outil possède une **double utilisation**. Il peut être utilisé de manière transversale, comme **support des processus distribués** de conception (pour déclarer une situation problématique ou soumettre une solution à une situation visée). Il peut également être utilisé comme **outil métier, dédié aux acteurs pilotes**, pour les aider dans leur activité de conduite de la conception en architecture.

Concernant l'instrumentation

Nous avons mis en évidence que la majorité des outils actuellement utilisés en conduite de la conception sont des outils prescriptifs ou prédictifs. Cela signifie qu'ils permettent de proposer ou d'imposer certaines orientations au projet, par extrapolation des données qu'ils utilisent. Les outils de planification des tâches ou de gestion des coûts, par exemple, ont pour fonction de fournir aux acteurs de la conception les moyens de mettre en œuvre des solutions pour atteindre les objectifs. A l'inverse, l'outil que nous spécifions dans ce mémoire se démarque de cette famille d'outils. Il peut en effet être qualifié d'outil réactif. Cela signifie qu'il ne permet pas de définir une solution, mais de déterminer quand l'intervention de l'acteur pilote est souhaitable.

Toutefois, le contenu de cette réaction ne peut être dicté de manière automatique. Le savoir-faire et l'expertise de l'acteur pilote seul permettent de déterminer quelle est la meilleure réponse à la situation rencontrée. En effet, si nombreux sont les outils à utiliser des règles métiers spécifiques, permettant de proposer des solutions de manière automatique, il n'existe pas néanmoins de règles inter-métiers applicables indépendamment des projets et susceptibles de guider l'acteur pilote dans ses choix. Cet outil ne permet donc pas de déterminer le contenu d'une activité de conduite, mais permet de déterminer quand et sur quel point doit intervenir cette activité. De ce fait, le choix d'un acteur pilote, de ses compétences et de son savoir-faire, reste souvent la clé du succès ou de l'échec d'un processus de conception. Quel que soit l'outil conçu, il ne peut venir qu'en complément et non en substitution de ces qualités indispensables.

Limite de la recherche

Nous avons proposé dans ce travail de thèse un modèle de conduite de la conception en architecture qui a permis de décrire la majorité des processus de conception. Nous l'avons ensuite validé en vérifiant son applicabilité aux deux aspects du processus de conception : l'aspect coopératif et l'aspect cognitifs. Il est nécessaire, au regard des conditions de sa réalisation, de considérer cette validation avec précaution. En effet, la proposition du modèle et sa validation ont été effectués par nos soins, la première activité se basant sur l'analyse des modélisations existantes servant à la deuxième. La rigueur scientifique imposant de pouvoir constater la capacité à prévoir ainsi que la reproductibilité de la mesure des résultats donnés par l'implémentation du modèle proposé, il convient de valider notre approche dans d'autres situations. Celles-ci peuvent impliquer :

- L'analyse d'un processus de conception réel avec notre modèle par les différents acteurs de la conception. Ceci afin d'éviter le biais potentiellement associé à notre

validation, dû en partie à la démarche modélisation à partir d'autres modèles théoriques.

- Un autre sujet d'étude (que la conduite de la conception en architecture) afin de vérifier la dépendance de ce modèle de la conception en architecture.
- La mise en usage de l'outil proposé puis d'observer, d'analyser et de modéliser cet usage afin de le comparer avec le modèle proposé.

Par ailleurs, la démarche qui a abouti à la proposition de notre outil est, elle aussi, inachevée. D'une part, notre outil est en effet à ce stade spécifié, l'architecture et les concepts de son artefact sont définis. Ceux ci doivent désormais être implémentés dans un démonstrateur nécessaire à la confrontation de cet artefact à son usage. Celui ci a été envisagé selon plusieurs schémas, dont la mise en usage jugera de la validité de cet outil.

Perspectives d'évolution

L'outil que nous présentons dans ce mémoire ne constitue qu'une première maquette. Cette maquette devra évoluer et subir de nombreuses transformations avant de devenir un outil efficace. En effet, bien que les processus qu'elle tente d'instrumenter soient directement observables sur le terrain, cette maquette n'a pas encore été testée dans des conditions réelles d'utilisation. Si sa capacité à être transposée dans différents projets, pour supporter la conduite de la conception de différents bâtiments semble satisfaisante d'un point de vue théorique, son efficacité et sa robustesse restent encore à démontrer. Un outil n'est réellement adapté et ne peut prétendre satisfaire les besoins des utilisateurs, que s'il est effectivement adopté par ces utilisateurs. Nous abordons ici un point délicat du devenir de tout outil. Comme le souligne Jean Claude Moisdon, « *la rencontre entre les outils et les organisations est régulièrement problématique. Cette rencontre est très souvent génératrice de difficulté d'insertion pour le premier et de perturbation pour le deuxième* » [Moisdon, 97]. Il est vrai que le principal enjeu pour un outil n'est pas d'exister et d'être utilisable, mais bien d'être réellement utilisé. Pour qu'un outil soit utilisé, les usagers doivent pouvoir se l'approprier ; Il doit s'intégrer à leurs démarches et être adapté à leurs méthodes de travail. L'outil présenté ici est basé sur l'analyse d'un certain nombre de processus communément utilisés par les acteurs de la conception en architecture. Il reste néanmoins à faire la preuve de son efficacité.

En ce sens, cette maquette ne constitue pas seulement la matérialisation de nos travaux de recherche. Nous y voyons d'avantage le point de départ d'une démarche d'intégration, d'observation, de recherche et d'amélioration, qui nous conduira, à terme, à la définition d'un outil efficace de conduite de la conception en architecture.

Références bibliographiques

- [AFITEP AFNOR, 1992] Afitep AFNOR « Dictionnaire de management de projet » 1992, AFNOR, 2^{ème} édition, Paris
- [Akrich & al, 1998] M. AKRICH, B. LATOUR, M. CALLON « À quoi tient le succès des innovations, premier épisode : l'art de l'intéressement » 1998, dans gérer et comprendre, annales des mines n°11
- [Alexander 1971] C. Alexander: 1971, De la synthèse à la forme. Editions Dunod. Paris.
- [Alluin. 1998] Philippe ALLUIN « Ingénieries de conception et ingénierie de production » Éditions Plan Urbanisme Construction Architecture 1998
- [Alouani & al. 1997] Zohra ALOUANI & Abdellack ALAOUANI “l'ingénierie concourante : la simultanéité séquentielle, ou la richesse d'un paradoxe » deuxième congrès international Franco-Québécois de génie industriel ALBI 1997
- [Alting, 1993] L. ALTING, « Life-cycle design of products : a new opportunity for manufacturing enterprises” 1993, dans “Concurrent engineering : automation, tools and techniques”, Wiley Inter Science
- [Babbage, 1834] Science économique des manufactures, Dondey-Dupré, Paris. 1834
- [Baumard, 1991] Baumard, « la stratégie de l'entreprise en état de veille – stratégie et surveillance des environnements concurrentiels » 1991
- [Béguin, 1997] Béguin, P. « L'activité de travail : facteur d'intégration durant les processus de conception », Bossard, P. Chanchevrier C. et Leclair P. (Eds), Ingénierie concourante : de la technique au social, Economica, 1997.
- [Beneddouch, 1998] Bendeddouch, A., *Le processus d'élaboration d'un projet d'architecture*, Paris ; Montréal : L'Harmattan, 1998, 327p.

- [Bertalanffy. 1993] Ludwig Von BERTALANFFY « Théorie générale des systèmes » Éditions Dunod 1993
- [Bignon et al. 1998] J. C. Bignon, G. Halin, O. Malcurat, K. Benali, C. Godart: 1998, Evolution de la maîtrise d'oeuvre, pratiques coopératives et informatique répartie. Actes de la conférence mieux produire ensemble, Plan Construction et architecture. Nancy.
- [Blanco, 1998] E. Blanco « L'émergence du produit dans la conception distribuée, vers de nouveaux modes de rationalisation dans la conception de systèmes mécanique » 1998, thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble
- [Bobroff et al. 1993] J. Bobroff, C. Caro, C. Divry, C. Midler: 1993, Les formes d'organisation des projets. in V. Giard, C. Midler (eds), ECOSIP. Pilotage de projets et entreprise, diversités et convergences. Paris. Economica.
- [Boothroyd, 1994, 2001] Boothroyd G., Dewhurst, P., Knight, W., Product Design for Manufacture and Assembly, Marcel Dekker Inc, 1994 (1ère éd.), 2001 (2nde éd.).
- [Boudon & al 1994] Philippe BOUDON, Philippe DESHAYES, Frédéric POUSIN, Françoise SCHATZ « Enseigner la conception architecturale, cours d'architecturologie » Les éditions de la Villette 1994
- [Boudon, 1997] Ph. Boudon « Sur l'espace architectural. Essai d'épistémologie ». 1997, Ed Dunod.
- [Boudon, 2002] Boudon, Ph., *Échelle(s) : l'architecture comme travail d'épistémologie*, Paris : Anthropos, 2002, 333p.
- [Boutinet 2001] J. P. Boutinet: 2001, Anthropologie du projet. Presses Universitaires de France. 6eme édition. Paris.
- [Brissaud 1998] D. Brissaud, O. Garro « conception distribuée, émergence », 1998, in « Conception de produits mécaniques, Méthodes Modèles Outils », coordonné par M. Tollenaere, Ed Hermes
- [Brousseau & Rallet 1995] Eric BROUSSEAU, Alain RALLET « efficacité et inefficacité de l'organisation du bâtiment : une interprétation en termes de trajectoire organisationnelle » In revue d'économie industrielle N° 74-4 trimestre 1995.
- [Callon, 1996] « le travail de la conception en architecture », in Les cahiers de la Recherche Architecturale, n°37, « situations », pp. 25-35, 1er trimestre 1996
- [Castelfranchi, 2000] C. CASTELFRANCHI « Conflict Ontology » In : Müller, H. J., DIENG, R. (Eds). Computational Conflicts, Conflict Modelling for Distributed Intelligent Systems. Springer, 2000, pp. 21-40. ISBN 3-540-66799-7
- [Cerisier 1999] Cerisier, « environnements d'apprentissages collectifs en réseaux » 1999. Poitiers, Paris8, groupe de recherche sur l'apprentissage et les médias en éducation.
- [Cointe, 1998] C. Cointe « Aide à la gestion de conflits en conception concourante dans un système distribué » 1998. Thèse de Doctorat Sciences Spécialité Informatique. Montpellier2 : Université des sciences et techniques du Languedoc, 180p
- [Colas 1993] R. Colas « remontée amont et nouvelles formes de coopération : le process CBC », 1993, in « la gestion de projet dans la construction », J. BOBROFF (dir.). Ed, presses de l'école nationale des ponts et chaussées.

- [Commons, 1989] Commons J-R., *Institutional Economics : Its Place in Political Economy – volume I*, 1989, Transaction Publishers, New York : 1989, édition originale : 1931.
- [Conan 1990] Michel CONAN « Concevoir un projet d'architecture » Éditions l'harmattan 1990
- [Conein & Jacopin. 1994] Bernard CONEIN, Eric JACOPIN « action située et cognition, le savoir en place » *sociologie du travail* N° 4/94. Éditions Dunod 1994
- [Cross et Cross 1995] N. Cross, A. C. Cross: 1995, Observations of team work and social processes in design. in *Design Studies*. numéro 16. pp. 143-170.
- [Cross, 1981] Cross, N., *The Coming of Post-Industrial Design* . *Design Studies*, Vol. 2, No. 1, 1981, p.3-7.
- [Darke, 1979] Darke, J., *The primary generator and the design process* , *Design Studies*, Vol. 1, No. 1, 1979, p. 36-44.
- [Darses & Falzon 1996] DARES, F & FALZON, P « la conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive » 1996. Dans *Coopération et conception*. Sous la direction de G. de Terssac et E. Freidberg éditions Octarès.
- [Darses & Sauvagnac. 1997] DARSES, F & SAUVAGNAC, C (1997) « représentations cognitives de l'objet à concevoir : construction collectives dans une situation continue » 1997. Actes de 01Design97, cinquième table ronde Francophone sur la conception
- [Darses, 1997] F. Darses, C. Sauvagnac, « Représentations cognitives de l'objet : construction collective dans une situation de conception continue », 1997 acte de 01 Design'97, Théoule sur mer, 24-26 septembre.
- [De Terssac 1996] G. de Terssac, B. Maggi « Autonomie et conception » 1996, dans *Coopération et Conception*, sous la direction de G. De Terssac et E. Fridberg, édition Octares
- [Dorst et al, 1995] Dorst, K. & Dijkhuis, J. (1995). Comparing paradigms for describing design activity. *Design Studies* 16, 261-274.
- [Ellis et Wainer 1994] C. Ellis, J. Wainer: 1994, A conceptual model of groupware. Actes de la conférence CSCW'94. pp. 79-88. Chapel Hill, NC.
- [Falzon, 1990] Falzon. P, Bisseret. A, Bonnardel. N, Darses. F, Détienne. F & Visser. W. (1990, 17-14 octobre 1990). Les activités de conception: L'approche de l'ergonomie cognitive. Paper presented at the colloque « Recherche sur le Design », Compiègne.
- [Farel 1995] A. Farel « Conception d'un bâtiment collectif : l'organisation d'un travail collectif », 2000, in *Concevoir Inventer, Créer*, R. PROST (dir.), Ed Harmattan. pp: 51-63.
- [Fustier, 1989] Fustier M., *La résolution de problèmes : méthodologie de l'action*, ESF et Librairies techniques, 1989.
- [Gero et Kazakov, 1999] Gero, J.S. & Kazakov, V. (1999). Using analogy to extend the behavior state in creative design. In J.S.

- [Gero, 1998] Gero, J.S. (1998). Towards a model of designing which includes its situatedness. In H. Grabowski, S. Rude & G. Grein (eds.). *Universal Design Theory*. Shaker Verlag, Aachen, pp. 47-56.
- [Guerriero, 2002] A. GUERRIERO « étude de la coordination dans la coopération entre acteurs au cours de la conception d'un bâtiment » 2002. Mémoire de DEA, Modélisation et Simulation des Espaces Bâti. Université Henri Poincaré, Nancy.
- [Halin 2004] Halin G. Modèles et outils pour l'assistance à la conception. Application à la conception architecturale. Habilitation à Diriger les Recherches, Institut National Polytechnique de Lorraine, Ecole Doctorale IAEM. CRAI, 2004, Nancy, 161p.
- [Hanrot 2003] Hanrot S. Enjeux pour l'ingénierie de maîtrise d'oeuvre. Ministère de l'Équipement Plan Urbanisme Construction Architecture. *Pratiques de projet et ingénieries*. Paris: 2003
- [Hanrot. 2002] Stéphane HANROT «À la recherche de l'architecture, essai d'épistémologie de la discipline et de la recherche architecturales » Éditions L'Harmattan 2002
- [Hanser, 2003] D. Hanser « proposition d'un modèle d'auto coordination en situation de conception, application au domaine du bâtiment » 2003. Thèse de doctorat en sciences de l'architecture. INPL Nancy
- [Hatchuel 1996] A. Hatchuel: 1996, *Coopération et conception collective, variété et crises des rapports de prescription*. in G. de Tressac, E. Friedberg (eds), *Coopération et conception*. Toulouse. Editions Octares.
- [Hatchuel, 1994] A. HATCHUEL "apprentissage collectives et activité de conception" 1994, revue Française de gestion.
- [Heerwagen. 2004] Judith H. HEERWAGEN, Kevin KAMPSCHROER, Kevin M. POWELL, Vivian LOFTNESS "collaborative knowledge work environments" *Building Research & Information* November-December 2004
- [Hirscheim & al. 1996] R. Hirscheim, H. KLEIN, L. LYYTINEN « exploring the intellectual structures of information systems development : a social action theoretic analysis, accounting, management and information technology »
- [Jeantet 1998] A. Jeantet « Les objets intermédiaires dans la conception, éléments pour une sociologie des processus de conception » 1998, dans *Sociologie du travail*
- [Jeantet et al. 1996] A. Jeantet, H. Tiger, D. Vinck, S. Tichkiewitch: 1996, *La coordination par les objets dans les équipes de conception*. in G. de Tressac, E. Friedberg (eds), *Coopération et conception*. pp. 87-100. Toulouse. Editions Octares. (Cité par OM p. 43)
- [Johansen 1988] R. Johansen: 1988, *Groupware: Computer Support for Business Teams*. The Free Press. New York.
- [Jouini et Midler 1996] S. Jouini, C. Midler: 1996, *L'ingénierie concourante dans le bâtiment*. in synthèse des travaux du GREMAP. Paris. plan urbanisme, construction et architecture, recherche n°75.
- [Klein, 2000] M. KLEIN « Towards a systematic repository of knowledge about managing collaborative design conflicts. In: GERO J. (ed). *Artificial Intelligence in Design'00*, Boston. Dordrecht : Kluwer academic Publishers, 2000, pp 129-146

- [Kusiak, 1993] A. Kusiak, "Concurrent engineering : automation, tools and techniques", 1993, Wiley Inter Science
- [Kvan 2000] T. Kvan: 2000, Collaborative design : what is it ? in Automation in construction. vol. 9. pp. 409-415.
- [Kvan et al. 1997] T. Kvan, R. West, A. Vera: 1997, Tools for a virtual design community. in M. L. Maher, J. S. Gero, F. Sudweeks (eds), Preprints Formal aspects of collaborative CAD. pp. 109-123. Sydney. Key Centre of Design Computing, Department of Architectural and Designing Science, University of Sydney.
- [Kubicki, 2006] S. Kubicki "Assister la coordination flexible de l'activité de construction de bâtiments. Une approche par les modèles pour la proposition d'outils de visualisation du contexte de coopération » 2006. Thèse de doctorat en sciences de l'architecture. UHP Nancy I
- [Laaroussi, 2004] A.Laaroussi « Utilisation d'outils de visualisation et de simulation comme vecteur de coopération dans le domaine du bâtiment : le dynamisme de la conception en architecture » présenté au 2nd atelier de réflexion sur l'assistance à la coopération en architecture (Décembre 2004 Nancy, France)
- [Larson & al, 1988] Larson E.W, Gobeli D.H, "Organizing for product development projects. Journal of product innovation Management, 5, 1988.
- [Le Moigne, 1990] Le Moigne J.-L., La modélisation des systèmes complexes, Dunod, Paris, 1990
- [Lebahar, 1983] Lebahar J-C., (1983), Le dessin d'architecte : simulation graphique et réduction d'incertitude, Éditions Parenthèses, Roquevaire.
- [Lissandre, 1990] M. Lissandre « Maitriser SADT » 1990, Armand Colin Editeur
- [Lonchamp 1998] J. Lonchamp: 1998, Process model pattern for collaborative work. Actes de la conférence 15th IFIP World Computer Congress on Telecooperation Conference, Telecoop'98. Vienne, Autriche.
- [Lonchamp et Denis 1997] J. Lonchamp, B. Denis: 1997, Fine-Grained Proches Modelling for Collaborative Work Support : Experiences with CPCE. Actes de la conférence 7th Euro Conference on DSS, Groupware, Multimedia. Bruges, Belgique.
- [Lorino 1995] LORINO P., Comptes et récits de la performance : essai sur le pilotage de l'entreprise, Les Éditions d'Organisation, Paris, 1995.
- [Maher et al. 1998] M. L. Maher, A. Cicognani, S. J. Simoff: 1998, An experimental study of computer mediated collaborative design. in Int. J. Des. Comput. vol. 06. numéro 1. [<http://www.arch.usyd.edu.au/kcdc/cmcd/paper>],
- [Malcurat 2001] O. Malcurat: 2001, Spécification d'un environnement logiciel d'assistance au travail coopératif dans le secteur de l'architecture et du BTP. Thèse de doctorat, Sciences pour l'architecture. Institut National Polytechnique de Lorraine. 153 pages.
- [Malcurat et al. 2000] O. Malcurat, J. C. Bignon, G. Halin: 2000, Improving collaboration in Small Scale Projects. Actes de la conférence 8th International Conference on Computing in Civil & Building Engineering. Vol. 1. pp. 488-495. Standford.
- [Malone et al. 1993] T. Malone, K. Crowston, J. Lee, B. Pentland: 1993, Tools for inventing organizations : Towards a handbook of organisationnal processes. MIT center for coordination science.

- [Malone et Crowston 1994] T. Malone, K. Crowston: 1994, The interdisciplinary study of coordination. in ACM computing survey. vol. 1. numéro 26.
- [Maugey, 1996] B. MAUGEY "l'utilisateur final et le processus de conception" 1996. DEA d'ergonomie, CNAM : Paris
- [Mer & al 1995] Mer S., Jeantet A. et Tichkiewitch S., « Les objets intermédiaires de la conception : modélisation et communication », Caelen J. et Zreik K. (Ed.), Le communicationnel pour concevoir, Europa, 1995.
- [Micaëlli 2002] Micaëlli J-P., Forest J. « Artificialisme : une introduction à une théorie de la conception » 2002, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne.
- [Midler 1993] C. Midler, « l'auto qui n'existait pas, management de projet et transformation de l'entreprise » 1993, Inter-éditions, Paris
- [Midler 1993a] C. Midler: 1993a, Gestion de projet, l'entreprise en question. in V. Giard, C. Midler (eds), Pilotage de projet et entreprises. pp. 17-31. Paris. Economica.
- [Midler 1996] C. Midler: 1996, Modèles gestionnaires et régulation économique de la conception. in G. de Tressac, E. Friedberg (eds), Coopération et conception. pp. 63-85. Toulouse. Editions Octares.
- [Midler, 1997] Midler C., « Evolution des modèles d'organisation et régulations économiques de la conception », Annales des mines, 1997.
- [Mintzberg 1989] d'après « Management, voyage au centre des organisations ». 1989, éditions d'organisation
- [Moison, 1997] J.C. Moison, introduction générale « Du mode d'existence des outils de gestion » 1997, sous la direction de J.C. Moison, Editions Seli Arslan
- [Morley &al. 2000] Chantal MORLEY, Jean HUGUES, Bernard LEBLANC « UML, pour l'analyse d'un système d'information » Éditions Dunod 2000
- [Mougin, 2002] Y. MOUGIN. « la cartographie des processus » , éditions d'Organisation, 2002
- [Neuckermans. 1998] Herman NEUCKERMANS, Computers in design studio teaching » editions Benjamin GEEBELEN 1998. Proceedings of the EAAE-eCAADe International Workshop November 13-14 1998, Leuven, Belgium
- [Newell, 1969] Newell. A. (1969). Heuristic programming: Ill structured problems. In J. Aronovsky (Ed), Progress in operations research. New York: Wiley.
- [Nidamarthi, 1997] Nidamarthi S., Chakrabarti A. and Bligh T.P., « The significance of coevolving requirements and solutions in the design process », proceedings of ICED97, Tampere, 1997.
- [OMG 2002] OMG: 2002, XML Metadata Interchange (XMI) v 1.2. <http://www.omg.org/technology/documents/formal/xmi.htm>. Page visitée le 15-08 2003.
- [Pahl & Beitz, 1997] Konstruktionslehre – Methoden und Anwendung, Springer Verlag, Berlin.
- [Parsaei, 1993] Parsaei H.R. et Sullivan W.G., Principles of concurrent engineering, Concurrent engineering contemporary issues and modern design tools, Chapman & Hall, 1993.

- [Peña, 1977] W.Peña., Problem seeking: an architectural programming primer , Boston: Cahners Books international, 1977, 202p
- [Perrin, 1999] Perrin J, « Diversité des représentations du processus de conception, diversité des modes de pilotage de ces processus », Perrin J. (éd.), Pilotage et évaluation des processus de conception, l'Harmattan, 1999.
- [Poveda & Thorin, 2000] O. POVEDA, F. André-Thorin, « use of scenarios to integrate cooperation in design” 2000, conference COOP2000, dans “the use of theories and models in designing cooperative systems” 23, 26 mai, Sophia-Antipolis
- [Prost et al, 1995] Prost, R. et al., Concevoir, inventer, créer : réflexions sur les pratiques , Paris : L’Harmattan, 1995, 337p.
- [Prost, 1992] Prost, R., Conception architecturale: une investigation méthodologique , Paris : L’Harmattan, 1992, 190p.
- [Prudhomme, 1996] G. Prudhomme « le processus de conception mécanique et son enseignement » 1999, thèse de doctorat de l’université Joseph Fourier, Grenoble.
- [Prudhomme, 1999] Prudhomme G., « Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement – La transposition didactique comme outil d’une analyse épistémologique », thèse de doctorat de l’Université Joseph Fourier, 1999.
- [Raynaud, 2002] Raynaud, D., *Cinq essais sur l’architecture : études sur la conception de projets de l’Atelier Zô, Scarpa, Le Corbusier, Pei* , Paris : L’Harmattan, 2002, 240p.
- [Rein et Ellis 1991] G. L. Rein, C. Ellis: 1991, rIBIS: A Real-time Group Hypertext System. in international Journal of Man-Machine Studies. vol. I. numéro 24. pp. 349-367.
- [Reitman, 1964] Reitman, W. « Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems ». In Shelley M.W. and Bryan G.L.(Eds.), Human judgments and optimality, Wiley, 1964 .
- [Reynaud 1992] B. Reynaud: 1992, Le salaire, la règle et le marché. Christian bourgeois. Paris.
- [Robinson 1991] M. Robinson: 1991, Computer supported cooperative work : cases and concepts. Actes de la conférence Groupware’91, The potential of team and organisational computing., Utrecht, Pays-Bas.
- [Robinson et Weeks, 1984] Robinson, J. et Weeks, S., *Programming as design* , Minneapolis: University of Minnesota, School of Architecture, 1984.
- [Salembier 1996] P. Salembier: 1996, Cognition(s) : Située, Distribuée, Socialement partagée, etc... in Bulletin de l’ENS, Paris.
- [Salembier et al. 2001] Pascal SALEMBIER, jacques THEUREAU, Moustapha ZOUINAR et Pierre VERMERCHSH « Action/Cognition située et assistance à la coopération » 12ème journées francophones d’ingénierie des connaissances IC’2001, 25-27 Juin, Grenoble.
- [Scaletsky 2003] C.C. Scaletsky « rôle des références dans la conception initiale en architecture : contribution au développement d’un système ouvert de références au projet

d'architecture – le système Kaléidoscope ». 2003. Thèse de doctorat en sciences de l'architecture. INPL Nancy

- [Schmidt 1994] K. Schmidt: 1994, Cooperative work and its articulation: requirement for computer support. in *Le travail Humain*. vol. 4. numéro 57. pp. 345-366.
- [Schmidt 2002a] K. Schmidt: 2002a, The problem with “awareness”: Introductory remarks on “awareness in CSCW. in *The Journal of Collaborative Computing*. vol. 11. numéro 3-4. pp. 285-298.
- [Schmidt 2002b] K. Schmidt: 2002b, Remarks on the complexity of cooperative work. in T. H. Benchekroun (eds), *Cooperation and Complexity in Sociotechnical Systems*. uméro spécial de la revue des sciences et technologies de l'information. pp. 443-483. Paris. Hermes/Lavoisier.
- [Schmidt et Simone 1996] K. Schmidt, C. Simone: 1996, Coordination Mechanisms: Towards a Conceptual Foundation of CSCW System Design. in *Computer Supported Cooperative Work: The Journal of Collaborative Computing*. vol. 5. numéro 2-3. pp. 155-200.
- [Schmidt et Simone 2000] K. Schmidt, C. Simone: 2000, Mind the gap ! Towards a unified view of CSCW. in R. DIENG, A. GIBOIN, L. KARSENTY, G. DE MICHELIS (eds), *Proceedings of the 5th International Conference on the design of Cooperative Systems (COOP'2000)*. Sophia Antipolis, France. OS Press, The Netherlands.
- [Schmidt et Wagner 2002] K. Schmidt, I. Wagner: 2002, Coordinative artifacts in architectural practice. *Actes de la conférence Fifth International Conference on the Design of Cooperative Systems (COOP 2002)*, Cooperative Systems Design: A Challenge of the Mobility Age. pp. 257-274. Saint Raphaël, France. IOS Press, Amsterdam.
- [Schön & al, 1992] Schön, D.A. & Wiggins, G. (1992). Kinds of seeing and their functions in designing. *Desing Studies*, 13(2), 135-156.
- [Schraw &al, 1995] Schraw, G., Dunkle, M.E., & Bendixen, L. (1995). Cognitive processes in well-defined and ill-defined problem solving. *Applied Psychology*, 9, 523-538.
- [Simon 1974] Simon, H. A., *La science des systèmes: science de l'artificiel* , Paris : Épi, 1974, 159p.
- [Simon 1984] H. A. Simon: 1984, The Structure of Ill-Structured Problems. in N. Cross (eds), *Developments in Design Methodology*. Chichester. Wiley.
- [Simon 1992] H. A. Simon: 1992, De la rationalité Substantive à la Rationalité procédurale. in *Revue PISTES*. numéro 3. Traduction d'un article paru dans un ouvrage collectif de S.F. Latsis publié par Cambridge University Press en 1976.
- [Simon, 1995] Simon H.A. « Problem Forming, Problem Finding and Problem Solving in Design »,1995, Collen A., Gasparski W.W. (Ed.), *Design and system : Praxiology : The International Annual of practical philosophy & methodology - Volume 3*, Transaction Publishers : New York.
- [Simon, 1969] Simon H.A., (1969), *The Science of the Artificial*, Prentice Hall, Englewoods Cliff.
- [SIMON, 1973] Simon, H.A. (1973). The structure of ill-structured problems. *Artificial Intelligence*, 4, 181-201.

- [Simon. 1991] H.-A. SIMON « Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel » Éditions Dunod 1991
- [Simondon 1989] Simondon G., Du mode d'existence des objets techniques, Aubier, Paris : 1989.
- [Shön, 1983] D. A. Shön « Le praticien réflexif, à la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel » 1983 Collection formation des maîtres, Les éditions logiques, édition française 1994
- [Tahon 1997] C. Tahon: 1997, Le pilotage simultané d'un projet de construction. plan urbanisme, construction et architecture, recherche n° 87. 122 pages.
- [Tarpin-Bernard 1997] F. Tarpin-Bernard: 1997, Travail coopératif synchrone assisté par ordinateur : approche AMF-C. Thèse de doctorat, Spécialité ingénierie informatique. Ecole Centrale de Lyon. 147 pages.
- [Tichkiewitch & al, 1993] S. Tichkiewitch, H. TIGER, A. JEANTET « ingénierie simultanée dans la conception de produits » 1993, université d'été du pôle productive Rhône Alpes, Aussois
- [Tric, 1999] Tric, O., *Conception et projet en architecture: articulation des composantes enveloppe, structure, usage et coût dans la conception et au sein du système d'acteurs* , Paris : L'Harmattan, 1999, 313p.
- [Trousse & Zreik, 1997] Brigitte TROUSSE, Khaldoun ZREIK « Les objets en conception », actes de 01Design'97, cinquième table ronde Francophone sur la conception Éditions Europia Production
- [Turk et al. 1997] Z. Turk, R. Wasserfuhr, P. Katranuschkov, R. Amor, M. Hannus, R. J. Scherer: 1997, Conceptual Modelling of a Concurrent Engineering Environment. Collection Concurrent Engineering in Construction. Institution of Civil Engineers. London.
- [Vernant, 1997] Vernant « Du discours à l'action, études pragmatiques », Paris : P.U.F. 1997
- [Visser 2002] W. Visser: 2002, Conception individuelle et collective. Approche de l'ergonomie cognitive. in M. Borillo, J. P. Goulette (eds), Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception. pp. 311-339. Paris. Mardaga.
- [Visser et Hoc 1990] W. Visser, J. M. Hoc: 1990, Expert software design strategies. in J. M. Hoc, T. Green, R. Samurçay, D. Gilmore (eds), psychology of programming. pp. 235-250. Londres. Academic press.
- [Wade 1977] Wade, J.W. (1977). Architecture, Problems, and Purposes : Architectural design as a basic problem solving process. New-York, États-Unis : Wiley.
- [Weick, 1995] WEICK K.E, « the social psychology of organizing. Addison Westley, Reading, Mass., 1979 (2e édition).« coopération et conception collective, variété et crise des rapports de prescription », 1996 dans coopération et conception, sous la direction de G. De Terssac et E. Fridberg, éditions Octares.« Les sciences de l'artificiel » Éditions FolioEssai 2004
- [WfMC 1999a] WfMC: 1999a, The Workflow Management Coalition Specification, Interface 1: Process Definition Interchange Process Model. Workflow Management Coalition. Winchester, United Kingdom.
http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1016-P_v11_IF1_Process_definition_Interchange.pdf

- [WfMC 1999b] WfMC: 1999b, The Workflow Management Coalition Specification, Terminology & Glossary. Workflow Management Coalition. Winchester, United Kingdom. http://www.wfmc.org/standards/docs/TC-1011_term_glossary_v3.pdf
- [Wix et Katranuschkov 2002] J. Wix, P. Katranuschkov: 2002, Defining the matrix of communication Processes in the AEC/FM industry: Current Developments and gap analysis. Actes de la conférence CIB W78 Workshop. Aarhus, Denmark.
- [Zeisel 1984] Zeisel, J., *Inquiry by design: tools for environment-behaviour research* , Cambridge: Cambridge University Press, 1984, 250p.

Table des matières détaillée

| | |
|---|-----------|
| Introduction..... | 10 |
| <i>Contexte de la recherche</i> | 10 |
| <i>Problématique générale</i> | 11 |
| <i>Plan du mémoire</i> | 12 |
| | |
| PARTIE I : APPROCHE ANALYTIQUE DE LA CONCEPTION EN ARCHITECTURE : CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE..... | 15 |
| | |
| Chapitre 1. Généralité sur la conception | 16 |
| 1.1. <i>Une activité à la fois contrainte et créative</i> | 17 |
| 1.2. <i>Une activité à la fois cognitive et productive</i> | 17 |
| 1.3. <i>Une activité à la fois individuelle et collective</i> | 18 |
| 1.4. <i>Une activité coopérative et collaborative</i> | 19 |
| | |
| Chapitre 2. Caractérisation et problématiques de la conception en architecture..... | 23 |
| 2.1. <i>Particularités de la conception en architecture</i> | 23 |
| 2.1.1. La conception en architecture : un processus cognitif et collectif | 24 |
| 2.1.2. Le caractère unitaire de la conception en architecture | 24 |
| 2.1.3. La multiplicité et la diversité des intervenants | 25 |
| 2.1.4. La multiplicité et la diversité des points de vue | 25 |
| 2.1.5. Des connaissances construites dans l'action | 26 |
| 2.1.6. La décentralisation des décisions | 27 |
| 2.1.7. Le caractère informel des relations | 27 |
| 2.1.8. Dysfonctionnements | 28 |
| 2.2. <i>Les enjeux de la conception en architecture</i> | 29 |
| 2.2.1. Intégrer les différents points de vue | 29 |
| 2.2.2. Coordonner l'ensemble des connaissances | 30 |
| 2.3. <i>Conclusion du chapitre</i> | 30 |
| | |
| Chapitre 3. La conduite de la conception en architecture : mise en évidence d'une problématique... 32 | 32 |
| 3.1. <i>Caractéristiques de la conduite de la conception en architecture</i> | 33 |
| 3.1.1. une activité multidisciplinaire | 33 |
| 3.1.2. Une activité à la fois prédictive et réactive | 35 |
| 3.2. <i>Les limites de la conduite de la conception en architecture</i> | 36 |
| 3.2.1. Une mission non réglementée et une fonction d'intégration non clarifiée | 37 |
| 3.2.2. Le manque d'un leadership | 37 |
| 3.2.3. l'outil de conduite de la conception n'existe pas | 39 |
| 3.3. <i>Conclusion du chapitre</i> | 42 |
| | |
| PARTIE II : APPROCHES THEORIQUES SUR LES PROCESSUS DE CONCEPTION EN ARCHITECTURE ET LEUR CONDUITE..... | 45 |
| | |
| Chapitre 4. La conception en architecture entre processus et projet..... | 46 |
| 4.1. <i>La notion de processus comme figure privilégiée de la conception en architecture</i> | 46 |
| 4.1.1. Processus, procédure et procédé | 47 |
| 4.1.2. Quel cadre unificateur au terme processus ? | 47 |

| | |
|--|------------|
| 4.2. La notion de projet au cœur de la conception en architecture | 50 |
| 4.2.1. Le projet d'architecture : un seul concept mais plusieurs significations | 50 |
| 4.2.2. la conception en architecture entre projet objet et projet processus | 52 |
| Chapitre 5. Décrire les processus de conception | 54 |
| 5.1. Le problème en conception | 54 |
| 5.1.1. Un problème mal défini et ouvert | 54 |
| 5.1.2. Un problème complexe dont la résolution est collective | 56 |
| 5.2. Description de la conception : opposition entre le paradigme de résolution de problème et le paradigme de réflexion dans l'action | 58 |
| 5.2.1. La conception comme processus de résolution de problème rationnel | 58 |
| 5.2.2. La conception comme processus de réflexion dans l'action | 58 |
| 5.2.3. Critique de ces deux paradigmes | 60 |
| 5.3. Quel modèle pour les processus conception en architecture ? | 60 |
| 5.3.1. la conception en architecture comme processus cognitif | 60 |
| 5.3.2. la conception en architecture comme processus à coordonner entre les différents acteurs | 74 |
| 5.4. Conclusion du chapitre | 80 |
| 5.4.1. Les difficultés de modélisation des processus de conception | 83 |
| 5.4.2. La conception, un processus multidimensionnel | 84 |
| Chapitre 6. Vers une modélisation de la conduite de la conception en architecture..... | 89 |
| 6.1. La conduite de la conception en architecture comme garant de la construction des hypothèses de solutions aux problèmes | 89 |
| 6.1.1. La décision de traiter les problèmes | 90 |
| 6.1.2. la notion de points d'arrêt comme paradigme à la conduite des processus de conception en architecture | 92 |
| 6.2. De la situation problématique à la situation visée | 93 |
| 6.2.1. Les situations problématiques | 93 |
| 6.2.2. Les situations visées | 95 |
| 6.3. Comment atteindre une situation visée ? | 97 |
| 6.3.1. La situation visée comme entité contractuelle | 97 |
| 6.3.2. La situation visée comme une entité co-construite | 98 |
| 6.4. L'activité pour répondre à la situation visée | 99 |
| 6.4.1. Une activité périphérique au projet | 99 |
| 6.4.2. Une activité de construction et de résolution de problèmes | 100 |
| Chapitre 7. Difficultés de spécification d'un outil adapté à l'unicité et à la temporalité des projets d'architecture 102 | |
| 7.1. La spécificité des entités à manipuler | 102 |
| 7.2. Niveau de précision et temporalité des représentations | 103 |
| 7.3. Le choix d'une approche dynamique pour assister la conduite | 104 |
| PARTIE III : VERS UNE APPROCHE INSTRUMENTEE DE LA CONDUITE DE LA CONCEPTION EN ARCHITECTURE..... | 108 |
| Chapitre 8. Spécification d'un outil d'assistance à la conduite de la conception en architecture | 109 |
| 8.1. Modèles pour les processus métiers | 109 |
| 8.1.1. Le modèle BPMN pour la conception des processus | 109 |
| 8.1.2. Le métamodèle SPEM | 110 |
| 8.1.3. Le métamodèle de coopération de Halin et Hanser | 112 |
| 8.1.4. Proposition d'un modèle pour un outil d'assistance à la conduite de la conception | 113 |
| 8.2. Scénario d'utilisation de l'outil | 115 |
| Chapitre 9. Développement informatique | 118 |
| 9.1. Besoins fonctionnels et non fonctionnels de l'outil | 118 |
| 9.2. Présentation de l'outil : Les modules de support à la conduite de la conception en architecture | 121 |
| 9.2.1. Définition d'une situation problématique | 123 |
| 9.2.2. Analyse d'une situation problématique | 124 |

| | |
|--|------------|
| 9.2.3. Proposition d'une situation visée..... | 125 |
| 9.2.4. Description de la solution..... | 128 |
| 9.2.5. Evaluation de la solution..... | 128 |
| 9.2.6. Tableau de bord..... | 129 |
| 9.3. Conclusion du chapitre..... | 131 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 134 |
| Points d'intérêt et nouveaux apports..... | 134 |
| <i>Concernant la modélisation.....</i> | <i>134</i> |
| <i>Concernant l'instrumentation.....</i> | <i>135</i> |
| Limite de la recherche..... | 135 |
| Perspectives d'évolution..... | 136 |
| Références bibliographiques..... | 138 |
| TABLE DES MATIÈRES DÉTAILLÉE..... | 149 |
| LISTE DES ILLUSTRATIONS..... | 152 |
| LISTE DES TABLEAUX..... | 154 |
| RESUME..... | 158 |
| ABSTRACT..... | 158 |

Liste des illustrations

| | |
|--|-----|
| Figure 1: Conception distribuée et points de synthèse (co-conception) [Damien Hanser, 2003 d'après Turk & al, 1997] | 21 |
| Figure 2: Résumé des outils et positionnement pour instrumenter la conduite de la conception en architecture | 42 |
| Figure 3: Modèle général du processus de conception selon Chan (1990). | 62 |
| Figure 4: Première version du modèle de Hybs et Gero (1990)..... | 66 |
| Figure 5: (a) Deux têtes noires de profils, ou un vase blanc ; ces deux images apparaissent en fonction de la manière de voir la situation. (b) Lorsqu'il n'y a qu'un seul visage placé au même endroit, le vase blanc n'apparaît pas, la même situation n'est donc pas envisagée..... | 67 |
| Figure 6: Reformulation 1 : Transformer S en S' est basé sur la situation. | 67 |
| Figure 7: Reformulation 2 : Transformer les comportements attendus est fonction de la situation qui existe en termes de la structure synthétisée jusque là et les capacités discriminatoires des comportements existants. | 68 |
| Figure 8: Reformulation 3 : Redéfinir les fonctions ou les buts de l'objet est dépendant de la situation. | 68 |
| Figure 9: les phases de résolution de problèmes selon William Peña | 69 |
| Figure 10: Les phases de résolution de problème (adapté d'Alexander 1971)..... | 69 |
| Figure 11: les trois activités primitives de Zeisel adapté de conan 1990 | 70 |
| Figure 12 le cycle des deux types d'information de Zeisel [Zeisel 1984] | 71 |
| Figure 13:Articulation du processus de résolution de problème dans les trois activités primitives proposées.. | 72 |
| Figure 14: cheminement du processus de l'architecte cité dans l'exemple | 73 |
| Figure 15: Trois cheminements possibles de la conception selon différents acteurs..... | 74 |
| Figure 16: processus générique de conception en architecture..... | 74 |
| Figure 17: déroulement de la conception en architecture selon la loi MOP..... | 76 |
| Figure 18: "Over the wall design", tiré de [Boothroyd, 1994] | 77 |
| Figure 19: Modélisation possible des réitérations d'un processus séquentiel..... | 78 |
| Figure 20: Conceptions parallèle et intégrée (en bas) ou séquentielle (en haut). | 79 |
| Figure 21: l'aspect ubiquiste du processus générique de la conception en architecture | 82 |
| Figure 22: Phases et résolutions de problème dans les modèles séquentiels (en haut)..... | 83 |
| Figure 23: La communication entre phases dans les modèles séquentiels et simultanés | 84 |
| Figure 24: Les dimensions parcourues par les processus de conception | 85 |
| Figure 25: Schéma Modèles classique (en haut), et d'intégration des points de vue (en bas), tiré de [Darses , 1997] | 86 |
| Figure 26: Quand traiter une situation problématique? (sur la base du graphe de Midler [Midler, 93]) | 91 |
| Figure 27: les deux modes d'utilisation des points d'arrêt dans le processus générique de conception..... | 93 |
| Figure 28: Relations non bijective entre l'espace des Situation problématiques et Situations visées..... | 97 |
| Figure 29: Décalage état courant / représentation du bâtiment..... | 104 |
| Figure 30: modèle conceptuel du BPMN | 110 |
| Figure 31: le modèle conceptuel de SPEM..... | 111 |
| Figure 32: Structure du métamodèle SPEM | 111 |
| Figure 33: Patron composite utilisé pour la conception du métamodèle [Halin 2004], p. 107 | 112 |
| Figure 34: extrait du métamodèle de coopération | 113 |
| Figure 35: un modèle prédictif des processus..... | 114 |
| Figure 36: modèle global intégrant l'aspect prédictif et réactif | 115 |
| Figure 37: Scénario de conduite de la conception sans l'outil | 116 |
| Figure 38: Scénario de conduite de la conception avec l'outil | 117 |
| Figure 39 : Schéma cycle de vie de mise en œuvre d'un PCA | 119 |
| Figure 40: Architecture logiciel de l'outil Co-Pilot..... | 120 |
| Figure 41: Ecran central commun au pilote et aux acteurs permettant la connexion à l'outil..... | 121 |
| Figure 42: Ecran du pilote permettant la création des acteurs du projet..... | 122 |

| | |
|---|-----|
| <i>Figure 43: Ecran de modification du profil d'acteur</i> | 122 |
| <i>Figure 44: module de l'acteur permettant la définition des situations problématiques</i> | 123 |
| <i>Figure 45: module du pilote permettant l'analyse des situations problématiques</i> | 125 |
| <i>Figure 46: module du pilote permettant la proposition de situation visée</i> | 126 |
| <i>Figure 47: Ecran de choix de l'acteur responsable de la situation visée</i> | 127 |
| <i>Figure 48: module de proposition de solution</i> | 128 |
| <i>Figure 49: module du pilote pour l'évaluation des solutions</i> | 129 |
| <i>Figure 50: tableau de bord du projet</i> | 130 |

Liste des tableaux

| | |
|--|-----|
| <i>Tableau 1 : Le projet d'architecture entre objet et processus</i> | 53 |
| <i>Tableau 2: Résumé des paradigmes de résolution de problème rationnel et de réflexion dans l'action selon Dorst & Dijkhuis (1995).....</i> | 59 |
| <i>Tableau 3: Code d'icônes du tableau de bord.....</i> | 130 |

AUTORISATION DE SOUTENANCE DE THESE
DU DOCTORAT DE L'INSTITUT NATIONAL
POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

o0o

VU LES RAPPORTS ETABLIS PAR :

Monsieur Jean-Claude MANGIN, Professeur, Polytech Savoie, Technolac, Le Bourget du Lac

Monsieur Khaldoun ZREIK, Professeur, Université Paris VIII, Saint-Denis

Le Président de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, autorise :

Monsieur LAAROUSSI Ahmed

à soutenir devant un jury de l'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE,
une thèse intitulée :

**"Assister la conduite de la conception en architecture : vers un système d'information
orienté pilotage des processus"**

en vue de l'obtention du titre de :

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

Spécialité : « **Architecture** »

Fait à Vandoeuvre, le 22 octobre 2007

Le Président de l'IN.P.L.

F. LAURENT



NANCY BRABOIS
2, AVENUE DE LA
FORET-DE-HAYE
BOITE POSTALE 3
F - 54501
VANDŒUVRE CEDEX

Résumé

De nos jours, nombre de projets d'architecture font participer de nombreux acteurs différents de plus en plus éloignées géographiquement et cependant regroupées dans le cadre de l'élaboration d'un seul et même projet. Intégrer les points de vue de tous ces acteurs de la conception en prenant en compte le cycle de vie du bâtiment suggère une certaine « transversalité » de la conception et est rendu possible par une prise en compte très tôt dans les processus, de contraintes ou de paramètres gérés beaucoup plus tard dans les organisations traditionnelles.

Cette étude souligne l'exigence forte d'une conduite de la conception afin d'améliorer la qualité de cette dernière et réduire de la sorte l'apparition des dysfonctionnements. En ce sens, nous mettons en exergue les caractéristiques multidisciplinaires et les aspects prédictifs et réactifs de la conduite de la conception en architecture. Ensuite sur la base des modèles cognitifs existants, nous proposons un modèle combinant de façon simple trois activités primitives (analyse, proposition, évaluation). Ensuite nous enrichissons ce modèle pour couvrir l'aspect prédictif et l'aspect réactif de la conduite de la conception. Cela se fait sur la base de notre analyse de la conduite de la conception qui a permis de révéler deux entités étroitement liées, généralement implicites mais omniprésentes dans les projets de conception : la situation problématique et la situation visée. Enfin, nous spécifions et présentons une maquette d'un outil d'un niveau supérieur par rapport aux outils existants de dessin, de CAO, de Calcul ou de simulation. A l'inverse, l'outil que nous spécifions dans cette étude se démarque de cette famille d'outils. Il peut en effet être qualifié d'outil réactif. Cela signifie qu'il ne permet pas de définir une solution, mais de déterminer quand l'intervention de l'acteur pilote est souhaitable.

MOTS-CLES : *Processus générique de conception, Conduite de la conception, Activité prédictive, Activité réactive, Outil d'Assistance à la Conduite de la Conception. Rich Internet Application (RIA)*

Abstract

Nowadays, numerous architecture projects require different actors who are more and more remotely located to work together on the elaboration of a common project. The inputs of these actors of design need to be integrated by taking into account the life cycle of the buildings, which requires that design have a "transversal" dimension. This can be achieved by including, in the early stages of process, constraints and parameters that are usually managed much later in traditional organizations.

This study highlights the strong demand for design steering aiming at improving the quality of design and thus reducing the appearance of dysfunctions. With regard to this, we highlight the multidisciplinary characteristics as well as the predictive and reactive aspects of design steering in architecture. Then, based on existing cognitive models, we propose a model combining - in a simple way - three primary activities (analysis, proposition, evaluation). Then we enrich the model so that it covers the predictive and reactive aspects of design steering. This is done on the basis of our analysis of design steering, which allowed to uncover two narrowly linked entities. These two entities, which are generally implicit but are actually present in design projects, are: the problematic situation and the aimed situation.

Finally, we specify and present the mock-up of a tool that is superior to the existing drawing, CAD, calculation or simulation tools. The tool that we present doesn't belong to the same "family". In fact, it can be called "reactive", which means that instead of allowing to define a solution, it allows to determine when the intervention pilot actor is needed.

KEYWORDS : *Generic design process, design steering, predictive activity, reactive activity, Computer Aided design steering, Rich Internet Application (RIA).*