

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas –Sétif 1  
Institut d'architecture et des sciences de la terre.  
Département d'architecture  
Ref.....

جامعة فرحات عباس- سطيف 1  
معهد الهندسة المعمارية وعلوم الأرض  
قسم الهندسة المعمارية  
المرجع.....



Thèse présentée en vue de l'obtention  
Du diplôme  
**DOCTORAT EN SCIENCES**

**Option : ARCHITECTURE**

***La collaboration entre architectes et ingénieurs en  
conception architecturale, rôle des technologies de  
l'information et de la communication.***

Présentée par :

**CHAABI MOULOU**

Soutenue publiquement le.....

**Devant le jury composé de :**

Pr. ROUAG-SAFFIDINE Djamila	Présidente	Université de Constantine 3
Dr. CHOUGUI Ali	Rapporteur	Université de Sétif 1
Pr. MAZOUZ Saïd	Examineur	Université d'Oum el Bouaghi
Pr. BELLAL Tahar	Examineur	Université de Sétif 1
Pr. DIB Belkacem	Examineur	Université de Batna 2

*« Le plus grand obstacle à la vie est l'attente, qui espère demain et néglige aujourd'hui. »*

- Sénèque, *de la brièveté de la vie.*

*« We design for the present with an awareness of the past, for the future unknown »*

- Norman Foster

*« Celui qui ignore vers quel port il se dirige trouve jamais de vent favorable ».*

- Sénèque.

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

- Wener Vonbaum

## ***Remerciements***

En premier lieu et avec un grand plaisir, Je tiens à remercier mon *directeur de thèse*, Dr. CHOUGUI Ali, de qui j'ai beaucoup appris aussi bien d'un point de vue technique que scientifique. C'était un grand honneur de travailler avec lui.

J'exprime ma gratitude aux membres du jury de cette thèse, Pr. ROUAG-SAFFIDINE Djamilia, Pr. MAZOUZ Saïd, Pr. BELLAL Tahar, Pr. DIB Belkacem, qui ont accepté d'évaluer ce travail et de contribuer à l'améliorer.

Un remerciement spécial au, Pr. MAZOUZ Saïd, pour ses conseils et précieuses documentations, techniques et scientifiques, qui m'ont beaucoup aidé dans ce travail de recherche.

J'exprime mes vifs remerciements à mes parents, toute ma famille, ma femme, mes enfants Ibtissem, Sofia, Rachid, Houssam et leur petite famille, ainsi qu'à mon frère et sa petite famille, pour leur soutien tout au long du parcours de ce travail.

Enfin un grand merci à M. GUEMAZ Lamri, pour sa patience, pour avoir été à mes côtés dans tous les bons et mauvais moments de cette thèse.

Mes remerciements vont à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'achèvement de cette thèse, d'une façon directe ou indirecte.

# SOMMAIRE

Remerciements :.....	02
Résumé :.....	08
Abstract :.....	09
ملخص:.....	10

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>11</b>
Introduction générale :.....	12
Problématique :.....	13
Hypothèses et objectifs :.....	14
Méthodologie de recherche :.....	15
Structure de la thèse :.....	16

<b><u>CHAPITRE N° 1 : La Conception Architecturale.....</u></b>	<b>20</b>
Introduction .....	21
1.1. Définition de La conception architecturale.....	21
1.2. Aperçu Historique de la conception architecturale.....	22
1.3. Le Design thinking et ses aspects.....	23
1.3.1. Le design thinking.....	23
1.3.2. Origines du terme, design thinking.....	23
1.3.3. How designer think: Brayan Lawsan.....	24
1.3.4. La Pensée basée sur la solution : Nigel Cross.....	25
1.3.5. Analyse et synthèse.....	26
1.3.6. Pensée divergente et pensée convergente.....	26
1.3.7. La Différences de la science et de l'humanité.....	26
1.4. Pionniers de la conception architecturale .....	27
1.4.1. Processus par John Christopher Jones.....	28
1.4.2. Les limites du model.....	28
1.4.3. L'architecte et son modèle classique de conception.....	29
1.5. Types de cheminement de l'information.....	29
1.5.1. La Situation en conception séquentielle.....	29
1.5.2. La situation en conception itérative.....	30
1.6. La nature des activités de conception.....	32
1.7. Approches de la conception.....	33
1.7.1. Les approches scientifiques.....	33
1.7.1.1. La programmation architecturale .....	34
1.7.1.2. L'architecture conceptuelle .....	34
1.7.1.3. La conception par apprentissage .....	34
1.7.1.4. L'utilisation des références .....	35
1.7.1.5. L'approche législative.....	35
1.8. Méthodes de conceptions .....	36
1.8.1. La conception architecturale .....	37
1.8.2. La conception technique .....	37
1.8.3. La conception de production .....	37

1.9. Architectes et ingénieurs.....	37
Introduction .....	37
1.9.1. Aperçu sur le métier : architecte et ingénieur.....	39
1.9.1.1. Métier de l'Architecte.....	39
1.9.1.2. Les principales missions de l'architecte .....	40
1.9.1.3. La méthode de travail d'un architecte.....	41
1.9.2. Métier de l'Ingénieur.....	41
1.9.2.1. La méthode de travail d'un ingénieur civil.....	42
Conclusion .....	42

## CHAPITRE N° 2 : La Conception collaborative..... 44

Introduction :.....	44
2.1. Etat de l'art de l'étude des activités collaboratives.....	45
2.1.1. Activités collectives en conception architecturale.....	45
2.1.2. Concepts relatifs à l'activité collaborative.....	46
2.1.2.1. Synchronisation cognitive et synchronisation temporo-opérateur.....	46
2.1.2.2. Conscience mutuelle.....	47
2.1.2.3. Référentiel commun.....	47
2.1.3. Typologies des activités collaboratives.....	48
2.1.3.1. Typologie relative aux acteurs.....	48
2.1.3.2. Typologie relative à l'objet, type d'échange et outils de l'activité.....	49
2.1.4. Typologie relative à l'espace et au temps des interactions.....	49
2.1.4.1. l'activité collective relative à l'espace.....	50
2.1.4.2. L'activité collective relative au temps.....	50
2.1.5. L'étude des activités : participative, coopérative ou collaborative.....	51
2.1.6. Différentes activités de collaboration en conception.....	53
2.1.6.1. Modélisation de l'activité collaborative en conception.....	54
2.1.7. Place des échanges dans les activités collaboratives distantes en conception.....	55
2.1.7.1. Importance des communications verbales.....	55
2.1.7.2. Rôle des représentations graphiques.....	57
2.1.7.3. Cas des annotations.....	59
Discussion et conclusion.....	60
2.2. Etat de l'art de l'instrumentation des activités collaboratives.....	61
2.2.1. Méthodes d'organisation des activités collaboratives en conception.....	61
2.2.2 Outils d'assistance à l'activité collaborative et le développement du CSCD.....	62
Conclusion.....	67

## CHAPITRE N° 3 : La Collaboration ..... 68

Introduction :.....	69
3.1. Le concept de collaboration.....	69
3.1.1. Distinction entre les concepts apparentés au concept de collaboration .....	70
3.1.2. Les principales notions liées à la collaboration.....	70
3.1.2.1. La notion d'interdépendance.....	71
3.1.2.2. La notion d'interaction .....	72
3.1.2.3. Les habiletés d'interaction .....	72
3.1.2.4. La notion de la maîtrise-émotionnelle.....	73

3.2. Les activités de collaboration.....	73
3.2.1. La coopération.....	73
3.2.2. La coordination .....	74
3.2.3. La Communication.....	74
3.2.4. La Collaboration .....	75
3.3. Le Système de travail collaboratif.....	79
3.3.1. Travail collaboratif assisté par ordinateur, (TCAO), et collecticiel.....	80
3.3.2. Les outils de la mise en œuvre du TCAO.....	80
3.3.2.1. Discussions Asynchrones.....	80
3.3.2.2. Discussions Synchrones.....	80
3.3.2.3. Web Conferencing.....	80
3.3.2.4. Notifications par email.....	80
3.3.3. Quelques objectifs du TCAO.....	80
3.3.3.1. Obtenir des gains de performances.....	80

## CHAPITRE N° 4 : Rôle des Technologies de l'Information et de la Communication.....

Introduction :.....	83
4.1. Etat des TIC avant le BIM.....	83
4.1.1. Conception assistée par ordinateur.....	86
4.1.2. L'ordinateur dans le processus de conception.....	86
4.1.3. Le rôle de l'ordinateur .....	87
4.1.4. Bases de données.....	87
4.1.5. Modéliser les données architecturales.....	88
4.1.6. La Maquette numérique .....	88
4.2. Etat de l'art sur les TIC, BIM.....	90
Introduction.....	90
4.2.1. Définition de l'acronyme BIM.....	92
4.2.1.1. Building Information Modeling.....	92
4.2.1.2. Building Information Model .....	93
4.2.1.3. Building Information Management.....	94
4.2.2. Approche BIM (Product management).....	94
4.2.2.1. Le travail des équipes, Démonstration des interactions entre acteurs.....	94
4.2.3.1. L'origine de la maquette numérique.....	95
4.3. Les grands principes du PLM.....	96
4.3.1. Les PLM (systèmes fermés).....	96
4.3.2. Les PLM (systèmes ouverts) .....	96
4.3.3. Le PLM ouvert et la gestion des propriétés.....	96
4.3.4. Le rôle du PLM.....	96
4.3.4.1. Le 1er rôle du PLM : l'organisation de l'information.....	96
4.3.4.2. Le 2eme rôle du PLM : L'organisation des acteurs .....	97
4.4. Interopérabilité des hommes et Interopérabilité des logiciels.....	97
4.4.1. L'Open BIM, Clos BIM.....	97
4.4.2. Quelques notions de l'Open BIM.....	98
4.4.2.1' Open BIM.....	98
4.4.2.2. L'importance de l'Open BIM.....	98
4.4.3. Le partage des données entre les logiciels métiers.....	99
4.4.4. Une base de données commune.....	99
4.4.5. L'interopérabilité.....	102
4.4.6. Les IFC [Industry Foundation Classes].....	103

4.5. Référentiel BIM.....	105
4.5.1. BIM pour maîtrise d'œuvre.....	105
4.5.2. BIM comme notion concourante et collaborative.....	105
4.5.3. Support référentiel du BIM.....	106
4.5.3.1. Le premier niveau (1D).....	106
4.5.3.2. Le deuxième niveau (2D).....	107
4.5.3.3. Le troisième niveau (3D).....	107
4.5.3.4. Le quatrième niveau (4D).....	108
4.5.3.5. Le cinquième niveau (5D).....	108
4.5.3.6. Le sixième niveau (6D).....	108
4.5.3.7. Le septième niveau (7D).....	109
4.6. Processus Classique d'une Maquette Numérique faite par un Architecte.....	109
4.7. Utilisation de Maquette Numérique, [collège conçu par BIM, Model de l'architecte].....	110
4.7.1. Vérification et dépôt sur le serveur.....	110
4.7.2. Ingénieur remarques.....	111
4.7.3. La réponse de l'architecte.....	112
4.7.4. Métier.....	112
4.7.5. BIM Manager, vérifie la cohérence.....	113
4.7.6. Analyse économique.....	113
4.7.7. L'outil ATTIC+ qu'utilise l'économiste.....	114
4.7.8. L'économiste, dépose son modèle enrichie.....	114
4.7.9. Thermique.....	115
4.7.10. Impact environnementale.....	115
4.8. Le BIM manager ne peut pas tout faire.....	116
4.9. Les avantages du BIM pour l'Agence d'architecture.....	116
4.10. Les inconvénients du BIM pour l'agence d'architecture.....	117
Conclusion.....	119

<b>CHAPITRE N° 5 : Le Modèle d'Analyse et Présentation du Logiciel d'Analyse.....</b>	<b>120</b>
Introduction :.....	121
5.1. Elaboration du modèle d'analyse : Le modèle d'analyse sera composé exclusivement de la méthode d'enquête classique avec pour épine dorsale le questionnaire.....	121
5.1.1 Choix de la méthode d'enquête : le questionnaire.....	121
5.1.1.1. Définition du questionnaire : outil de l'enquête.....	122
5.1.1.2. La confection du questionnaire et la formulation des questions.....	122
5.1.2. Construction de l'échantillon.....	123
5.1.3. Types de questions dans le questionnaire.....	124
5.1.3.1. La question fermée.....	124
5.1.3.2. La question à choix multiples.....	124
5.1.3.3. La question à échelle.....	125
5.1.3.4. La question ouverte.....	125
5.1.4. Présentation finale du questionnaire.....	126
5.1.6. L'ordre des questions dans le questionnaire.....	126
5.1.6. L'administration et la passation du questionnaire.....	126
5.1.6.1. Le questionnaire auto administré.....	126

5.2. Le logiciel d'analyse.....	127
Introduction .....	127
5.2.1 Présentation du logiciel SPHINX.....	128
5.2.2. La lecture des options du logiciel Sphinx.....	128
5.2.3. L'utilisation du logiciel Sphinx plus+©.....	129
5.2.4. Définition des questions.....	129
5.2.5. Les étapes d'utilisation.....	130
Conclusion.....	133

## **CHAPITRE N°6 : Application du modèle d'analyse.....** 134

Introduction .....	135
6. 1.Présentation du cas d'étude.....	135
6.1.1. La pré-enquête.....	135
6.2. Déroulement de l'enquête .....	135
6.2.1 Descriptions des étapes de l'enquête .....	136
6.2.2. L'élaboration du questionnaire .....	136
6.2.3. L'échantillonnage .....	136
6.2.4. Le sondage.....	137
6.3. La saisie des questions de l'enquête dans le logiciel Sphinx+© .....	137
6.3.1. Les étapes de la saisie des questions.....	137
6.4. Discussion des résultats de l'enquête avec Sphinx .....	148
6.4.1. Tri à plat des résultats de l'enquête.....	148
6.4.2. De quelques – Co-variations [Corrélations].....	156
6.4.3. Récapitulatifs des principaux résultats.....	162

## **CONCLUSION GENERALE.....** 163

Conclusion générale : .....	164
Annexes : .....	169
Notes au lecteur.....	169
Les interfaces du logiciel Sphinx Sphinx+© la saisie des questions .....	170
Formulaire du questionnaire du modèle d'analyse [sondage conception collaborative].....	177
Liste de Tableaux.....	178
Liste des Figures.....	178
Bibliographie.....	181
Glossaire des Termes.....	191
Epigraphies.....	198
Parcours du doctorant et le fait de la collaboration.....	200
Questionnaire de sondage.....	

## RÉSUMÉ

Cette thèse présente un travail de recherche sur la collaboration entre architectes et ingénieurs, en mettant en exergue le rôle des technologies de l'information et de la communication en situation de conception architecturale.

Le travail interroge la collaboration sous ses différentes formes : la coopération, la coordination, la communication, etc. Pour caractériser la collaboration, un éclaircissement de ses différentes approches est nécessaire. La collaboration est la clé de la gestion du processus de la conception architecturale par des pratiques de formes en co-présence et à distance.

Le concept de la collaboration est défini par les aspects relationnels et actionnels entre les acteurs-concepteurs. Le concept est basé sur l'interaction, l'interdépendance, la mutualité, et la maîtrise émotionnelle...etc. Pour mieux collaborer, les technologies de l'information et la communication utilisées pour l'échange et le partage, en coprésence et à distance entre les concepteurs, en situation de conception architecturale, peuvent être un moyen pour faciliter le déroulement des différentes activités collectives et collaboratives entre architectes et ingénieurs de (structures, équipements, façades...etc.) au sein des agences d'architecture.

La thèse émet les hypothèses stipulant qu'en l'état actuel des choses, la conception en agence accuse un manque de collaboration entre architectes et ingénieurs. Cette situation est accentuée par l'utilisation des logiciels à leur premier niveau de dessin, éludant le recours à une collaboration faisant appel aux TIC, notamment le BIM. Ces derniers peuvent aider à anticiper et résoudre à un stade précoce et en amont de la réalisation, des problèmes divers de la conception architecturale et ainsi réduire les délais, les couts et prévenir les transformations.

D'après la méthode d'observation menée sur la collaboration par nos soins au sein des agences d'architecture en Algérie, on peut dire que la collaboration n'a pas atteint le stade de résolution de problème sur les différentes phases de la conception et la réalisation du projet architectural.

Parmi les principaux résultats atteints, on peut signaler que la collaboration existe, mais reste très confinée à des tâches définies selon un schéma linéaire, limitée comme activité collective et vit des situations de conflit concurrentiel et de complémentarité. La recherche a également permis de mettre en exergue le potentiel du BIM comme solution potentielle pour la gestion des conflits entre architectes et ingénieurs.(Une collaboration réelle ; optimale).

**Mots clés : Conception architecturale, Collaboration, Conception collaborative, architectes, Ingénieurs, Technologies de l'information et de la communication.**

## **ABSTRACT**

This thesis presents a research work on the collaboration between architects and engineers, highlighting the role of information and communication technologies in architectural design situations.

The work focuses on questioning collaboration in its different forms: cooperation, coordination, communication ... etc. To characterize the collaboration, a clarification of its different approaches is necessary. Collaboration is the key to managing the process of architectural design through co-presence and remote form practices.

The concept of collaboration is defined by the relational and actional aspects between the actors-designers. The concept is based on interaction, interdependence, mutuality, and emotional mastery ... etc. To better collaborate, the information and communication technologies used for the exchange and the sharing, in co-presence and at a distance between the designers, in an architectural design situation, can be a way to facilitate the unfolding of the different activities. Collective and collaborative collaboration between architects and engineers of (structures, equipment, facades ... etc.) within architectural agencies.

The thesis puts forward the hypotheses stipulating that in the current state of things, agency design accuses a lack of collaboration between architects and engineers. This situation is accentuated by the use of software at their first level of design, avoiding the use of ICT-based collaboration, especially BIM. They can help to anticipate and resolve at an early stage and upstream of the realization, various problems of architectural design and thus reduce delays, costs and prevent changes.

According to the observation method carried out on the collaboration by us within the architectural agencies in Algeria, we can say that the collaboration did not reach the stage of problem solving on the different phases of the design and the implementation of the architectural project.

Among the main results achieved, it can be pointed out that the collaboration exists but remains very confined to tasks defined in a linear pattern, limited as a collective activity and experiencing situations of competitive conflict and complementarily. The research also highlighted the potential of BIM as a potential solution for conflict management between architects and engineers. (a real collaboration, optimal).

**Key words: Architectural Design, Collaboration, Collaborative Design, Architects, Engineers, Information and Communication Technologies.**

## خلاصة القول:

تقدم هذه الرسالة بحثاً حول التعاون بين المهندسين المعماريين والمهندسين ، مع تسليط الضوء على دور تقنيات المعلومات والاتصالات في حالات التصميم المعماري.

يركز العمل على التشكيك في التعاون في أشكاله المختلفة: التعاون، التنسيق، التواصل.... الخ لتوصيف التعاون ، من الضروري توضيح مقارباته المختلفة. التعاون هو المفتاح لإدارة عملية التصميم المعماري من خلال التواجد المشترك وممارسات النموذج عن بعد.

يتم تعريف مفهوم التعاون من خلال الجوانب العلاقية والعملية بين الممثلين والمصممين. ويستند هذا المفهوم إلى التفاعل والترابط والتبادلية والإتقان العاطفي ... الخ. من أجل التعاون بشكل أفضل، يمكن لتقنيات المعلومات والاتصالات المستخدمة للتبادل والمشاركة، بالتواجد المشترك وعلى مسافة بين المصممين، في وضع التصميم المعماري، أن تكون وسيلة لتسهيل الكشف عن الأنشطة المختلفة. تعاون جماعي وتعاوني بين المهندسين المعماريين والمهندسين (الهياكل، التجهيزات، الواجهات... الخ) داخل الوكالات المعمارية.

تطرح الرسالة الفرضيات التي تنص على أنه في الحالة الراهنة للأشياء، فإن التصميم بالوكالة يقر بعدم التعاون بين المهندسين المعماريين والمهندسين. ويبرز هذا الوضع من خلال استخدام البرمجيات في المستوى الأول من تصميمها، مع تجنب استخدام التعاون القائم على تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وخاصة في BIM. يمكن أن تساعد على توقع وحل في مرحلة مبكرة والانتقال من المنبع، ومشاكل مختلفة من التصميم المعماري وبالتالي الحد من التأخير والتكاليف ومنع التغييرات.

وفقاً لطريقة الملاحظة التي نفذت بالتعاون بيننا داخل الوكالات المعمارية في الجزائر، يمكننا القول أن التعاون لم يصل إلى مرحلة حل المشكلات على مراحل مختلفة من التصميم وتنفيذ المشروع المعماري.

ومن بين النتائج الرئيسية التي تحققت، يمكن الإشارة إلى أن التعاون قائم ولكنه يظل محصوراً للغاية في المهام المحددة في نمط خطي، ومحدود كتنشيط جماعي ويواجه حالات نزاع تنافسي وتكامل. كما سلط البحث الضوء على إمكانات BIM كحل محتمل لإدارة الصراع بين المهندسين المعماريين والمهندسين. (تعاون حقيقي، مثالي).

الكلمات المفتاحية: التصميم المعماري ، التعاون ، التصميم التعاوني ، المهندسين المعماريين ، المهندسين ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

# INTRODUCTION GENERALE

## INTRODUCTION

La collaboration entre architectes et ingénieurs est un défi pour la réussite de la conception d'un projet. La collaboration est une activité collective complexe. Elle est le produit de la coexistence des activités collectives telles que : coopération, coordination, et communication sous l'interaction des acteurs-concepteurs.

Cette activité collective qui est la collaboration, imposerait par ailleurs le recours à des instruments de partage sans quoi elle ne pourrait être (Dodier, 1993 ; Boujut, 2000). Ces instruments de partage visent à faciliter les échanges. Ces échanges sont importants pour la construction de ce qui est désigné en ergonomie cognitive par « synchronisation cognitive », «synchronisation temporo-opératoire», «conscience mutuelle» ou en encore « référentiel opératif commun». Tous ces concepts, d'ores et déjà définis dans le champ de l'ergonomie cognitive, constituent « *l'épine dorsale de la résolution collective d'un problème de conception*» (Darses, 2004).

Cette résolution collective de problèmes de conception nécessite une hybridation des métiers au cœur du processus de conception architecturale : l'ingénieur se positionne sur le pôle technique, et l'architecte davantage sur le pôle esthétique et sensible, mais tous les deux prétendent détenir l'ensemble des compétences. Ils sont en état de concurrence et de complémentarité pour la conception et la réalisation du projet. On le voit dans les agences d'équipes pluridisciplinaires souvent dirigées par un architecte, quelques fois par un ingénieur.

Dans les différentes réflexions à propos de la logique de la pensée dans la recherche d'une idée de projet, on trouve un aspect commun : toute démarche logique entraîne une suite d'opérations à la recherche d'une solution dans un procédé qu'on peut appeler processus. Ces deux composantes apparaissent soit sous la forme d'une démarche d'acquisition des connaissances par la pratique, soit par un processus de réflexion, organisation et formulation d'une idée de projet. Il n'existe pas une définition unique de conception architecturale, car leurs approches peuvent être différentes (Moreno, 2012).

On remarque un rapprochement entre les sciences de l'artificiel et la recherche sur la conception architecturale. L'architecture a été perçue, à l'instar des sciences, comme une activité de résolution de problèmes. Herbert Simon et Allen Newell publiaient les premiers essais de simulation de la créativité du cerveau humain en utilisant l'ordinateur. Quelques années plus tard, Christopher Alexandre utilisait une méthode mathématique pour proposer une manière de conduire la synthèse d'une forme matérielle quelconque.

Il cherche à analyser l'activité des architectes comme une activité de résolution de problème. Il dit : « *Le problème ne s'exprime pas simplement par un texte ou par une succession d'énoncés distinctifs précédant le travail de proposition des formes, mais de façon plus spécifique du travail architectural par la mise en correspondance d'une forme et d'un contexte : nous désirons concevoir des formes à la structure claire qui soient adaptées à un contexte donné ; voilà notre problème* » (Alexandre, 1971).

De son côté Philippe Boudon accorde l'importance à l'étude du projet en termes d'opérations de conception. Il suggère un cadre d'analyse distinguant deux objets : le processus de décision et le processus cognitif en conception architecturale. D'autres postulants intègrent les aspects cognitifs au processus de conception (Faux, 1981) ; (Tidafi, 1981) ; (Chupin, 1998) ; (Fernandez, 2002). Étant confronté à l'impossibilité de simuler la démarche créative de l'architecte de façon purement scientifique à la fin des années 1960, Christopher Alexander, qui cherchait à analyser le processus de création de formes dans l'espace, a perçu la nécessité d'approfondir les modèles théoriques de l'induction.

L'apparition des outils informatiques dans les années soixante a influencé les travaux sur la conception architecturale assistée par ordinateur et a ouvert la voie à des approches méthodologiques (Alexander, 1964). On peut revenir sur ces approches méthodologiques dans les chapitres qui viennent. Cerner la définition de la conception architecturale et la relation qui existe entre ces approches et la conception architecturale du point de vue formulation d'idée mentale et image.

## **PROBLÉMATIQUE**

La recherche sur la collaboration en agence d'architecture dépasse le cadre réglementaire, qui se traduit par « la fonction prime ». On peut dire que la collaboration comme activité collective vit une étape de conflit concurrentiel et de complémentarité durant la phase de conception collaborative qui est la phase clé en conception architecturale du bâtiment.

Pour des raisons évidentes de nécessité dans le domaine de la conception architecturale nous nous posons les questions suivantes sur la collaboration :

- *Existe-t-il une collaboration entre architectes et ingénieurs en agences en Algérie ?*
- *Quels sont les enjeux de cette collaboration en agences d'architecture en Algérie ?*
- *Quels sont la place et le rôle de l'ingénieur dans la conception architecturale ?*

Répondre à ces questions nous amène à penser aux atouts de la réussite de la collaboration. Ces atouts peuvent se résumer dans l'usage des TIC en conception architecturale, BIM. Ce système par sa performance sur les différents plans (techniques, économiques, temps, etc.), est devenu un outil de travail incontournable en collaboration. Ceci facilite l'échange pour les agences d'architecture en Algérie entre homologues pour exporter et importer les données du projet, In-situ ou a distance, avec une exactitude optimale.

## **HYPOTHÈSES**

La réponse aux questionnements précédents implique la formulation des hypothèses suivantes :

- ✓ 1-en l'état actuel des choses, la conception en agence accuse un manque de collaboration entre architectes et ingénieurs. Cette situation est accentuée par l'utilisation des logiciels à leur premier niveau de dessin, édulant le recours à une collaboration faisant appel aux TIC, notamment le BIM.
- ✓ 2- Les outils informatiques, *logiciels de type BIM*, peuvent aider à anticiper et résoudre à un stade précoce et en amont de la réalisation, des problèmes divers de la conception architecturale et ainsi réduire les délais, les couts et prévenir les transformations.

## **OBJECTIFS DE LA THÈSE :**

Ce travail poursuit différents objectifs complémentaires :

- Un premier objectif fondamental vise à mieux comprendre le processus de conception dans des situations de collaboration distante, synchrone et donc outillée. Il s'agit de produire de nouvelles connaissances sur l'activité de la conception architecturale dite collaborative. Ce travail s'intéresse à l'activité réelle de collaboration dans les agences d'architecture en conception architecturale.
- Un deuxième objectif fondamental, situé dans le domaine de l'interaction homme-machine et de la TCAO, vise à comprendre les impacts des nouveaux outils d'aide, TIC, à la collaboration distante et synchrone dans le travail de conception.
- Un objectif appliqué vise à proposer des recommandations pour assistance possible à la collaboration synchrone distante outillée, logiciels de type BIM, en conception architecturale dans les agences d'architecture en Algérie par la notion de transposition du BIM.

La transposition peut se faire grâce à l'existence des méthodologies BIM en Europe [ex, la France] vers l'Algérie. De plus pour la réussite de cette transposition du BIM en Algérie, nous souhaitons que notre travail s'insère dans l'un des mécanismes de la globalisation, mécanismes culturels et technologiques, visant à une meilleure accessibilité à l'information dans le monde et une très libre et lisible mobilité de circulation de l'information grâce à des supports performants relevant des technologies de l'information, notamment, la messagerie informatique, l'internet et autres supports technologiques de l'information et de la communication, BIM.

Autant ces mécanismes lancent des défis et des enjeux, autant ils ouvrent des perspectives et amorcent des dynamiques dans le secteur du bâtiment « Quand le bâtiment va tout va ». Ces défis et enjeux peuvent être pris en compte par la transposition du BIM, outil et logiciel manipulés par la maquette numérique, qui peut renforcer le partenariat des professionnels, concepteurs et constructeurs algériens avec ceux de la planète. La transposition du BIM peut éviter ou minimiser les (délais, l'économie, facilite la collaboration en conception architecturale).

Comme le BIM est une nouveauté en Europe, l'Algérie pourrait tirer parti des enseignements et utilisation de cet outil. L'application de ce dernier peut passer par sa transposition vers l'Algérie, par l'échange du savoir et savoir-faire du processus de l'utilisation du BIM. Bien sûr, avec une obligation réglementaire pour l'application du BIM par les différents acteurs du bâtiment, de la conception à la maintenance. Cette imposition renforce le processus du travail de collaboration.

## **MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE**

Cette recherche s'appuie dans un premier temps sur une analyse conceptuelle exhaustive des principaux concepts de la recherche : collaboration, conception architecturale et TIC. Une revue exhaustive de la littérature a été réalisée conjointement à une enquête préliminaire utilisant la technique de l'observation en situation afin de caractériser chaque concept dans la littérature et dans la réalité de la pratique algérienne.

Concernant la collaboration, nous avons passé en revue les différentes définitions relatives au concept en plus de l'utilisation de la méthode *d'observation en situation*. Différentes postures ont été révélées par la littérature, écrite ou verbale. L'analyse conceptuelle des différentes activités de collaboration a permis de comprendre la naissance et l'essor du concept de la collaboration.

Enfin comment aborder cette problématique sans étudier plus précisément le contexte d'une conception, qu'elle soit individuelle ou collective, ainsi que les démarches cognitives qui s'y réalisent. C'est ce que nous avons tenté de faire au premier chapitre de ce travail, la définition de la conception, ses méthodes et ses approches.

La conception architecturale a également fait l'objet d'une recherche extensive. Les TIC avec le BIM ont été caractérisés, ce qui a permis de mettre au jour les différents éléments qui les constituent notamment le processus, l'organisation et l'application par les acteurs en situation de collaboration à distance. La gestion de l'information constitue un point critique du processus de conception. L'approche BIM peut faciliter l'appréhension de l'information et la collaboration. Elle offre au concepteur un moyen de recherche à travers la maquette numérique, qui semble adaptée à la démarche de conception. La spécificité du BIM, son défi pour la collaboration, surmonte la complexité des contraintes de conception et améliore le travail dans les agences d'architecture. La question sensible est comment acquérir et contenir ces idées de cultures technologiques nouvelles, pour travailler et améliorer l'esprit de la collaboration entre architecte et ingénieurs dans les agences d'architecture en Algérie?.

Ensuite, un modèle d'analyse a été construit, basé sur l'utilisation de la technique du questionnaire. Le formulaire de questions a été élaboré à partir de la déconstruction des concepts en dimensions puis en indicateurs mesurables. Le questionnaire a été distribué à 75 agences d'architecture publiques et privées. Le traitement a été effectué par le biais du logiciel Sphinx+© avec pour résultats le traitement à plat des données et l'analyse des tableaux croisés dynamiques afin de déceler d'éventuelles covariances entre variables.

## **STRUCTURE DE LA THÈSE**

Dans ce travail, les questions de recherches formulées dans la problématique sont traitées dans six chapitres.

### **LE PREMIER CHAPITRE**

Traite de la conception architecturale, sa définition et son aperçu historique, en plus d'une présentation des approches de la conception avec les design méthodes de 1960 jusqu'à nos jours. Cela est renforcé par la lecture et analyse des Approches et méthodes des théoriciens comme : Brayan Lawson, Philippe Boudon, Christopher Alexander, Michel Conan, Nigel Cross, Michel Prost et Dominique Raynaud. L'analyse des métiers et missions des deux protagonistes, architectes et ingénieurs, comme concepteurs.

## **LE DEUXIÈME CHAPITRE**

Prend en considération l'étude de la conception collaborative, en mettant en exergue l'importance des activités collectives de collaboration. L'étude des concepts relatifs à l'activité collaborative a pris tous les éléments tel que : La synchronisation cognitive, la synchronisation temporo-opératoire, la conscience mutuelle...etc. L'analyse de cette activité s'est penché sur, les différents types de typologies des activités collectives. En plus, nous avons montré la place des échanges comme : les communications verbales, représentations graphiques, les annotations. Enfin, nous avons mis en lumière les méthodes d'organisations de cette activité collaborative en conception avec les outils d'assistance.

## **LE TROISIEME CHAPITRE**

Traite le concept de « collaboration ». On a construit des connaissances sur la collaboration en tant qu'activité collective englobant les activités dites de collaboration ou travail collaboratif tel que : La coopération, la coordination, la communication.

## **LE QUATRIEME CHAPITRE**

Traite le rôle des technologies de l'information et la communication (TIC), avec une présentation d'un aperçu général sur l'instrumentation des activités collectives. On présente les différents logiciels classiques de collaboration sans oublier de mettre en lumière les caractéristiques du logiciel BIM qui est un élément déterminant dans notre travail pour la réussite de la conception collaborative.

## **LE CINQUIEME CHAPITRE**

Présente le modèle d'analyse : L'échantillonnage, l'élaboration du formulaire de questions, la technique de sondage, le déroulement de l'enquête et les problèmes rencontrés. Le logiciel d'analyse des données est présenté. Il met en œuvre les différents outils d'analyses utilisés, le logiciel Sphinx+©. On essaye de déterminer les différentes alternatives prises en considération dans ce travail avec le tri à plat et les corrélations entre variables.

## **LE SIXIEME CHAPITRE**

Représente l'application du modèle d'analyse qui Contient, le cas d'étude, la pré-enquête, le déroulement de l'enquête, l'élaboration du questionnaire, l'échantillonnage, et le sondage. Différentes lectures et interprétation des données sont présentées pour la discussion des résultats de l'enquête avec Sphinx+© par tri à plat et les corrélations.

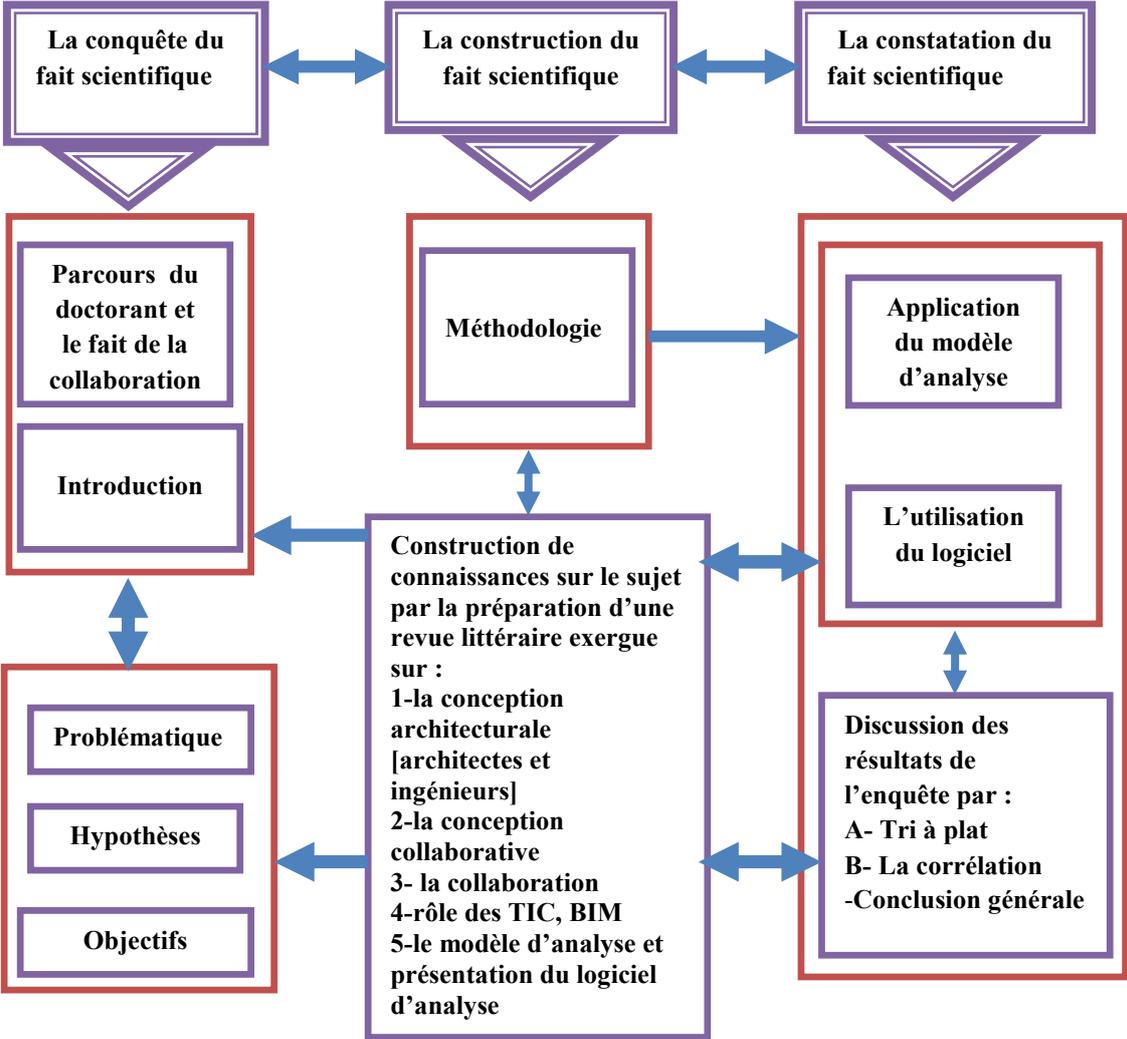
## **LA CONCLUSION GENERALE**

Reprend la démarche du travail de recherche depuis les premiers questionnements et hypothèses jusqu'aux résultats finaux en passant par les différents chapitres qui la jalonnent. Les principaux résultats sont repris ainsi que les limites de la recherche et les perspectives futures de ce travail.

## **ANNEXES**

La lecture des chapitres cités précédemment est argumentée par des annexes. En effet, plusieurs documents sont joints enfin de permettre de préciser au lecteur certaines références bibliographiques et de présenter le travail de la recherche en expliquant les étapes de la saisie de données par le logiciel d'analyse qui à relation directe avec la collecte des réponses élucidant les questions formulées dans le formulaire de questions, ci-joint en partie annexes.

**LA STRUCTURE DE LA THESE,**  
**repose sur « *Le fait scientifique est conquit, construit, constaté* »**  
 Gaston Bachelard à propos de la démarche scientifique.



Schématisation de la Structure de la thèse selon la démarche scientifique « Gaston Bachelard »  
 Source Auteur : M. Chaabi

# CHAPITRE N° 1

## LA CONCEPTION ARCHITECTUTRALE

# CHAPITRE N° 1 : LA CONCEPTION ARCHITECTURALE

## INTRODUCTION :

*« Quiconque imagine quelques dispositions visant à changer une situation existante en une situation préférée est un concepteur... La conception, ainsi conçue, est au cœur de toute formation professionnelle. C'est elle qui fait la différence entre science et profession. Les écoles d'ingénieurs, comme les écoles d'architecture, de droit, de gestion, de médecine, les Écoles normales d'enseignement, toutes sont concernées, au premier chef, par le processus de la conception » (Simon, 1974)*

### 1.1. DÉFINITION DE LA CONCEPTION ARCHITECTURALE

D'un point de vue général, la conception est un processus qui consiste à créer un nouvel objet, qu'il soit matériel (bâtiment, produit, machine, etc.) ou immatériel (logiciel, texte, etc.). « La conception consiste à spécifier un artefact (l'artefact produit), à partir de spécifications de départ qui indiquent- en général, de façon ni explicite, ni exhaustive- les fonctions à remplir par l'artefact, ainsi que les besoins et les buts qu'il doit satisfaire, étant (étant donné certaines conditions (exprimées par des contraintes) » (Visser, 2009).

Parmi les définitions de la conception qui sont proposées dans la littérature, un consensus existe sur la dimension humaine de cette dernière. Herbert Simon[Simon,1996], par exemple, définit la conception comme une série d'actions humaines qui consistent à créer des artefacts pour changer les situations existantes vers celle qui sont préférables. De façon similaire, Nigel Cross (Cross et al., 1996) affirme que la conception est une activité exclusivement humaine, visant à satisfaire un besoin particulier.

H.A. SIMON définit la conception comme l'activité intellectuelle par laquelle sont imaginées quelques dispositions visant à changer une situation existante en une situation préférée (Simon, 1991). Pour Simon, la conception architecturale consistait en une recherche heuristique d'une solution non optimale (*satisficing*).

La conception, selon nous, met en œuvre un ensemble de références, de connaissances et de pertinences propres aux concepteurs et qui participent au choix des mesures qu'ils donnent. Ce n'est pas une simple réponse à un ensemble de problèmes posés par le programme.

## 1.2. APERÇU HISTORIQUE DE LA CONCEPTION ARCHITECTURALE

La conception architecturale a évolué dans le temps, depuis 1960 jusqu'à nos jours, en passant par différentes approches. On peut citer : L'approche *analogue cybernétique* de 1960-1970, l'approche *analogue comme technique de créativité* de 1960-1970, l'approche *cognitive de la conception* de 1970-1990, l'approche de *la conception mise à nu* par les concepteurs de 1970-1990. Après un bref rappel historique de la conception architecturale notre intérêt s'est porté sur le processus de la conception architecturale. Cette dernière se trouve au carrefour de grands courants d'architecture.

On peut distinguer *deux grands courants* qui correspondent à deux formes de représentations de la conception. Le premier courant, au cours de l'année 1960, cherchera sa *légitimité scientifique dans les méthodes*. La *métaphore de la boîte noire* servira longtemps de point de repère à l'ensemble des théories et à la notion de *rétroaction (feedback)*. Cette première étape semble s'épuiser dès le début des années 1970 avec l'apport non négligeable de Christopher Alexander. Le deuxième courant est situé dans les travaux d'Herbert Simon, l'existence entre *rationalité et créativité* que la relation entre *problèmes et solutions*.

La génération du *design thinking* a commencé en 1920 par Peter Rowe en cherchant la *pensée concevante*. Le passage du *design* à la *conception* témoigne de l'incursion des chercheurs dans le vaste domaine des *sciences cognitives*, à partir des années 1970. Un changement de paradigme qui peut être référé à l'œuvre de Herbert A. Simon (1916-2001). En 1969, *the sciences of the artificiel* va consacrer l'émergence d'un nouveau domaine *épistémologique*, et constituer un tournant historique.

Dans les *sciences de l'artificiel*, Herbert A. Simon a proposé de regrouper sous l'égide de l'artificiel, tout ce qui a trait aux productions humaines. Pour Simon, les disciplines de la conception ne peuvent pas être approchées scientifiquement avec les concepts des sciences naturelles parce qu'elles travaillent sur des productions humaines. Parmi les mouvements de pensée qui ont marqué l'histoire récente de l'architecture on retient quatre mouvements fondamentaux : *L'école des beaux arts, l'école du Bauhaus, la pensée fonctionnaliste, le contre mouvement qui a succédé au mouvement moderne* (Mazouz, 2004).

Entre temps, un *modèle de conception* architecturale, le *design Méthode*, commence à se caractériser par un *processus linéaire* : *Analyse, Synthèse, Évaluation, Décision [Optimisation, inversion, Implémentation]*. Enfin, la *vision classique* du processus de conception se résume entant que processus de *résolution de problème, données initiales, programmation des besoins, synthèse d'une ou plusieurs solutions du problème* (Mazouz, 2004).

*Les problèmes de la conception ne peuvent pas être clairement et intégralement énoncés, les problèmes de conception exigent une interprétation subjective, les problèmes de conception tendent à être organisés hiérarchiquement. Les solutions liées à la conception sont : « il y a un nombre inépuisable de différentes solutions, il n'existe pas de solution optimale aux problèmes de conception, les solutions conceptuelles sont souvent des réponses holistiques, les solutions conceptuelles sont une contribution à la connaissance, les solutions font partie d'autre problème de conception, le processus est sans fin, il n'existe pas de processus infaillible, le processus implique de découvrir aussi que résoudre des problèmes ».*(Heath, 1984).

### **1.3. LEDESIGN THINKING ET SES ASPECTS**

#### **1.3.1. LE DESIGN THINKING**

Se réfère à des activités cognitives spécifiques à la conception que les concepteurs appliquent pendant le processus de conception (Visser, 2006).

#### **1.3.2. ORIGINES DU TERME [DESIGN THINKING]**

La conception du «style de pensée» dans les sciences peut être attribuée au livre d'Herbert A. Simon de 1969 sur les sciences de l'art (Simon, 1969) et à l'ingénierie de conception, au livre de Robert McKim de 1973, *Expériences in Visual Think* (McKim, 1973). Le livre de Peter Rowe intitulé *Design Thinking*, publié en 1987, qui décrivait les méthodes et les approches utilisées par les architectes et les urbanistes, était un usage précoce important du terme dans la littérature sur la recherche en design (Rowe, 1987).

### 1.3.3. HOW DESIGNERS THINK: BRAYAN LAWSAN

D'après Lawson, le processus de conception n'est pas un ensemble linéaire d'actions, mais plutôt un cycle d'actions qui doivent être appliquées plusieurs fois jusqu'à ce que le design mûrisse. Le cycle le plus simple mentionné est : Assimilation, synthèse, évaluation. Les concepteurs de toute discipline ont constamment du mal à définir leur « processus »: un moyen de surmonter les défis posés, de les remettre en question et de développer des solutions en conséquence. Chaque profession abordera cet objectif différemment, et dans leur sous-ensemble de conception, prendra un chemin différent à leur produit final.

Le concept de conception n'est pas facile à définir. Viennent ensuite Problèmes et Solutions, qui se concentrent plus spécifiquement sur les défis auxquels un concepteur est confronté dans son travail quotidien. Le Design Thinking, met l'accent sur la pensée créative en général, en regardant les tactiques et les pièges auxquels les concepteurs font face. Lawson parle énormément des concepteurs et de leur façon de penser apparemment nébuleuse. Il y a une référence constante au fait que les concepteurs doivent équilibrer la pensée scientifique et analytique avec des préoccupations autour de la beauté et de l'esthétique. Une tâche difficile. Lawson aborde ces sujets, en soulignant les aspects cognitifs du design à travers les yeux d'un psychologue déclarant que « l'approche cognitive des théoriciens est attrayante pour ceux qui cherchent à comprendre le processus de conception. car elle établit de nombreux parallèles avec la perception ».

En principe, il associe les concepteurs à «la conception axée sur les solutions ». Selon Lawson «en général, le processus de conception doit être plus équilibré. La pratique d'équilibrer les processus : pensée parallèle, analytique et esthétique, théorique et pratique, est l'essence du processus de conception et l'un de ses aspects les plus habilitants.

Lawson mentionne le «Design Thinking, où il cite l'architecte américaine Denise Scott Brown qui dit « *vous devez faire face à plus de complexité et faire face à plus d'options politiques dans la planification que dans l'architecture* ». Il déclare que, « *l'idée qu'il existe une hiérarchie de problèmes de conception avec l'urbanisme au sommet, l'architecture au milieu, et la conception du produit au bas n'a qu'une valeur limitée* ». Il poursuit en explorant cette idée, essayant de prouver cela. Les hiérarchies sont inexistantes, car chaque discipline de conception porte sa propre charge de problèmes à résoudre à travers de nombreuses facettes. Alors que certains peuvent penser qu'il y a un ordre hiérarchique de respect pour certaines

professions plutôt qu'une autre, Lawson révèle que cela n'est pas pertinent quand on parle de processus de pensée.

La description du processus de conception par Lawson dans "How Designers Think" a ramené les problèmes à un niveau de clarté élevé. Il n'y a pas de chemin défini pour un beau design, le concepteur part à la recherche du prochain problème à résoudre. Lawson nous rappelle cependant que prendre le temps d'aborder les questions de manière globale conduit à des produits plus complets et, en fin de compte, mieux finis (Lawson, 1980).

#### **1.3.4. LA PENSÉE BASEE SUR LA SOLUTION : NIGEL CROSS**

La pensée conceptuelle est une méthode formelle pour la résolution pratique et créative des problèmes et la création de solutions, dans le but d'améliorer les résultats futurs. Il s'agit d'une forme de réflexion axée sur les solutions ou sur les solutions, qui commence par un but (une meilleure situation future) au lieu de résoudre un problème spécifique. En considérant à la fois les conditions et paramètres actuels et futurs du problème, des solutions alternatives peuvent être explorées simultanément. Nigel Cross a affirmé que ce type de pensée se produit le plus souvent dans l'environnement construit ou artificiel (comme dans les artefacts) (Cross, 1982).

Cette approche est différente de la méthode analytique scientifique, qui commence par définir complètement tous les paramètres du problème afin de créer une solution. La pensée de la conception identifie et étudie à la fois les aspects connus et ambigus de la situation actuelle afin de découvrir des paramètres cachés et d'ouvrir des chemins alternatifs qui peuvent mener au but. Parce que la pensée conceptuelle est itérative, les « solutions » intermédiaires sont aussi des points de départ potentiels d'autres voies, y compris la redéfinition du problème initial.

Nigel Cross a conclu que les études de Lawson suggéraient que les scientifiques résolvent le problème par analyse, tandis que les concepteurs résolvent le problème par synthèse. (Cross, 1982). Kelley et Brown soutiennent que la pensée conceptuelle utilise à la fois l'analyse et la synthèse.

### **1.3 .5. ANALYSE ET SYNTHÈSE**

Les termes, analyse et synthèse, viennent du grec (classique) et signifient littéralement «relâcher» et «mettre ensemble». En général, l'analyse est définie comme la procédure par laquelle nous décomposons un ensemble intellectuel ou substantiel en parties ou composants. La synthèse est définie comme la procédure inverse: combiner des éléments ou des composants séparés pour former un ensemble cohérent. Cependant, l'analyse et la synthèse, en tant que méthodes scientifiques, vont toujours de pair; ils se complètent. Toute synthèse est construite sur les résultats d'une analyse précédente, et chaque analyse nécessite une synthèse ultérieure pour vérifier et corriger ses résultats (Ritchey, 1991).

### **1.3.6. PENSÉE DIVERGENTE ET PENSÉE CONVERGENTE**

La pensée conceptuelle utilise une pensée divergente comme un moyen de s'assurer que de nombreuses solutions possibles sont explorées dans un premier temps, puis une pensée convergente comme un moyen de les réduire à une solution finale. La pensée divergente est la capacité d'offrir des idées différentes, uniques ou variantes adhérant à un thème, tandis que la pensée convergente est la capacité de trouver la solution « correcte » au problème donné. La pensée conceptuelle encourage la pensée divergente à imaginer de nombreuses solutions (possibles ou impossibles) et utilise ensuite la pensée convergente pour préférer et réaliser la meilleure résolution. (Rowe, 1991).

### **1.3.7. LA DIFFÉRENCE ENTRE SCIENCE ET HUMANITES**

Bien que de nombreux domaines de la conception aient été classés entre Science et Arts et Humanités, le design peut être perçu comme une façon distincte de comprendre le monde, basée sur la résolution de problèmes, la formulation de problèmes, la synthèse et la pertinence dans le monde. L'un des premiers théoriciens de la science du design, John Chris Jones, a postulé que le design était différent des arts, des sciences et des mathématiques dans les années 1970. En réponse à la question «Concevoir un art, une science ou une forme de mathématiques?» Jones a répondu: « *Le principal point de divergence est celui du timing. Tant les artistes que les scientifiques opèrent sur le monde physique tel qu'il existe dans le présent (qu'il soit réel ou symbolique), tandis que les mathématiciens opèrent sur des relations abstraites indépendantes du temps historique. D'un autre côté, les concepteurs sont tenus de considérer comme réel ce qui n'existe que dans un futur imaginaire et de spécifier les moyens par lesquels la chose prévue peut exister* » (Jones, John Christopher, 1992).

## 1.4. PIONNIERS DE LA CONCEPTION ARCHITECTURALE

Parmi les pionniers de la conception architecturale, un choix est porté sur, Christopher Alexander, Philippe Boudon, Herbert A. Simon, Prost Robert, Dominique Raynaud, Michel Conan, John Christopher Jones. La conception architecturale a été assimilée et pratiquée par plusieurs chercheurs dans le temps et dans l'espace, c'est la temporalité qui fait l'apparition de différentes définitions. On voit que chaque auteur définit la conception à sa manière.

Quant à Christopher Alexander, il recherche une méthode mathématique qui consiste à répondre de manière logique à tous les problèmes que pose aujourd'hui l'adaptation de la forme à son contexte (Alexander, 1971). Il ne partage pas l'idée avec des concepteurs qui soutiennent que la conception doit être un processus purement intuitif. Il essaye de la comprendre par la raison. Pour lui, les problèmes de la conception sont trop profonds. Ch. Alexander tenta d'assimiler le processus de conception architecturale à un processus scientifique par une formalisation utilisant la logique inductive. La difficulté de décrire certaines conceptions le poussa à abandonner cette approche de la logique inductive.

Pour Philippe Boudon, il postule que la créativité est indicible. Il n'analyse pas le processus, mais évoque une relation entre l'état et le processus. Il rejette l'idée que l'analyse du processus aide à la connaissance de la conception. Il donne comme exemples : la femme colombe et le film de Clouzot (conception, 2004). Il dit : « *L'idée de processus, par nature Temporelle, est une de celles que recouvre la notion de conception : peut être faut-il la revitaliser* » (conception, 2004), c'est-à-dire la compréhension du processus ne suffit pas. Le fait de tel ou tel geste est important. L'état est aussi important. Et bien sûr l'état final qui importe le plus. Pour Philippe Boudon, il existe un processus particulier pour chaque projet. Il rejette l'idée que la création puisse aider la connaissance de conception.

Néanmoins ils peuvent être généralisés comme l'essai de faire, Michel Conan qui recherche un processus type de conception impliquant la création. On voit que, Philippe Boudon et Michel Conan, n'ont pas la même vision du sujet. Le premier propose d'étudier, chaque étape d'un processus. Le deuxième cherche un processus type de conception architecturale impliquant la création. Michel Conan donne l'intérêt à la conception comme l'analyse du processus qui permet de mettre en place un processus de travail type, commun à tous les projets. Enfin, analyse des processus, analyse des étapes, analyse des problèmes sont trois approches très différentes. Pour nous, L'essentiel est de savoir comment l'architecte a

commencé son projet ou comment commencer un projet, selon que l'on analyse le projet ou le processus (Conan, 1992).

### 1.4.1. LE PROCESSUS PAR JOHN CHRISTOPHER JONES

A la fin des années soixante, John Christopher Jones à d'ailleurs remis en question la formalisation de plus en plus profonde de ce processus. Par illustrations, associées aux concepts de « *boite noire* » et « *boite de verre* », il a soulevé la part d'inconnu que recèlent les mécanismes créatifs (Broadband et Ward, 1969). La figure (1) illustre le principe de la boite noire, le concepteur humain qui va produire un résultat satisfaisant sans pour autant comprendre pourquoi. La figure (2) illustre le principe de la boite de verre, le concepteur rationnel qui à partir d'entrées va produire la meilleure sortie possible. Ces illustrations eurent un impact certain dans le domaine de conception : Considérer le principe de la boite noire revenait à abandonner toutes recherches sur le sujet alors que celui de la boite de verre tendait à simplifier dramatiquement les processus de conception.

### 1.4.2. LES LIMITES DU MODEL

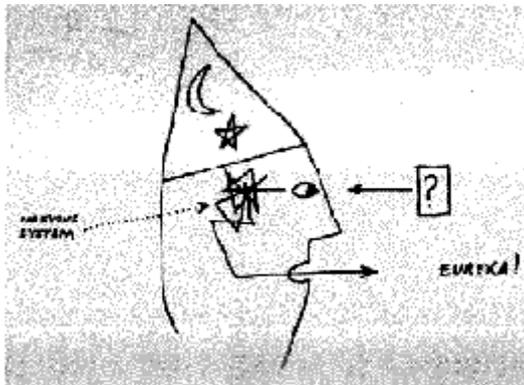


Fig.-1-Le concepteur magicien : Le concepteur irrationnel Caractérisé la boite noire, la partie cachée de la conception,[Source , John Christopher Jones]

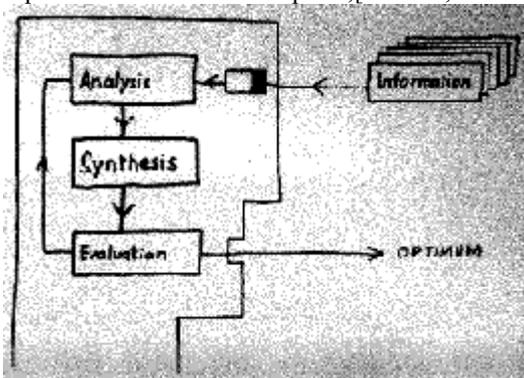


Fig.-2-Le concepteur ordinateur humain : Le concepteur rationnel. Caractérisé la boite de verre. Source : images tirées d'illustrations de John Christopher Jones.

### **1.4.3. L'ARCHITECTE ET SON MODELE CLASSIQUE DE CONCEPTION**

L'architecte qui est vu comme un génie solitaire, dans son modèle classique, porte à croire que la conception architecturale est une activité autonome, où tout se passe entre le créateur et son œuvre. Cette autonomie relative peut exister dans la temporalité de la création de l'œuvre. Mais « *le travail de conception ne peut aboutir à un résultat acceptable que s'il s'accomplit à travers un processus de collaboration, d'échange et de négociation qui fait émerger les ignorances mutuelles et les connaissances nécessaires* » (Conan, 1992).

Selon Cuff (1991), l'image mythique du designer solitaire est aujourd'hui complètement désuète. Plutôt, l'architecte opère à l'intérieur d'une structure sociale plus large, en constante évolution, présentant tout un spectre de contraintes et d'opportunités qui affecte son contrôle potentiel sur le projet. Le poids relatif de chaque partie, en termes d'autorité, a une grande influence sur le produit final. Comme Cuff, Prost (1992) ne reconnaît « *qu'une solution de design se constitue par des rapports complexes entre acteurs aux multiples rationalités et évoluant dans des contextes sociaux, économiques et culturels précis* ». A un problème posé ne correspond jamais une solution unique et les ajustements ne se font pas au nom d'une vérité objective, mais à partir des rationalités propres aux acteurs en présence ou à distance avec une gestion de la circulation de l'information entre acteurs-concepteurs.

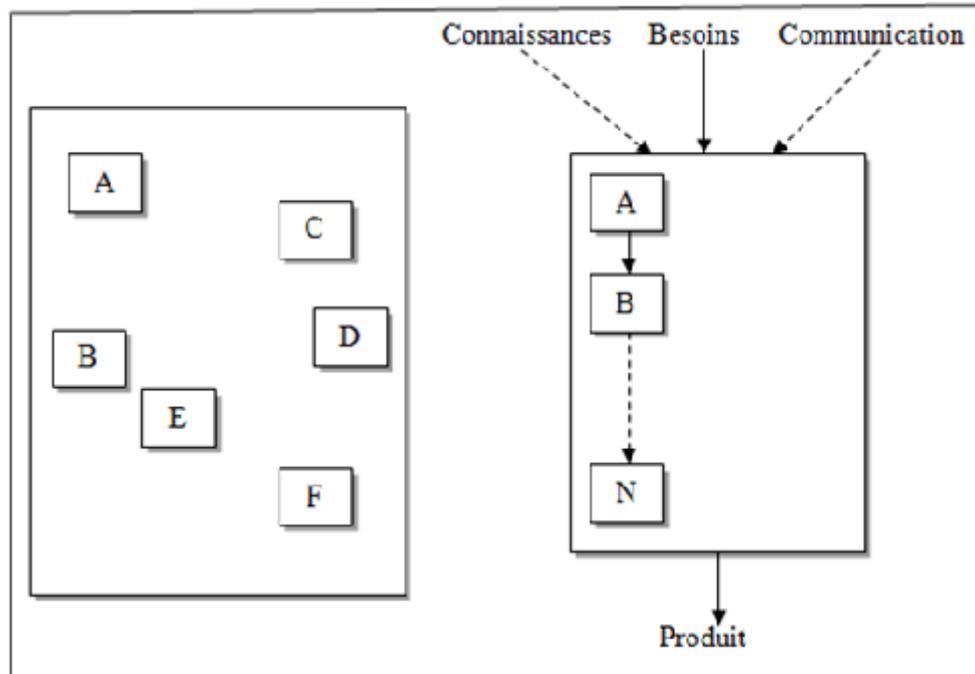
### **1.5. TYPE DE CHEMINEMENT DE L'INFORMATION**

L'information entre architecte et ingénieurs qui est la clé de la communication entre ces deux concepteurs en situation de conception peut prendre plusieurs types de cheminement. Selon différentes situations, in-situ ou à distance, le cheminement de l'information prend les itinéraires de plusieurs formes tel que : A processus linéaire à un seul sens, A processus linéaire itératif. On peut constater ces types de cheminement pendant les situations de conception suivantes :

#### **1.5.1. LA SITUATION EN CONCEPTION SEQUENTIELLE**

L'architecte et l'ingénieur ne conçoivent pas au même temps. L'information circule à un seul sens. Son caractère, asynchrone, à distance. Une situation de processus linéaire. L'architecte et l'ingénieur de structure ne collaborent pas. Dans cette situation la forme du

bâtiment est déterminée solennellement par l'architecte. L'ingénieur est concerné uniquement par le côté statique du bâtiment après la conception du modèle par l'architecte.



**A, Architecte, B, Ingénieur de structure,  
C, D, E, F, Autres Acteurs**

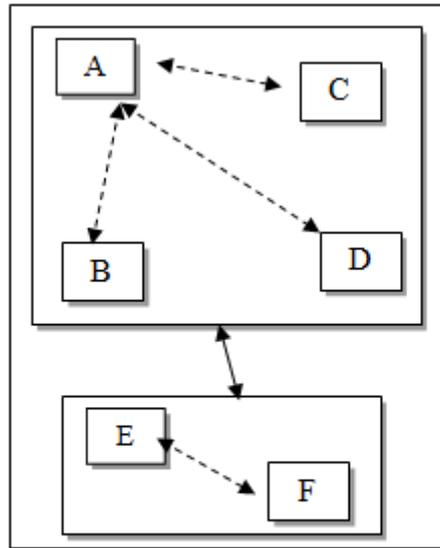
Fig3 : Situation de Conception séquentielle, processus linéaire, [Source Auteur]

Lorsqu'il s'agit de concevoir un bâtiment, de nombreux maîtres d'ouvrages et architectes croient encore à tort qu'il suffit d'associer l'ingénieur civil à la fin du processus, en lui confiant le mandat consistant à «calculer» la structure porteuse pour résister aux séismes. Or cette démarche doit être qualifiée de mauvaise. Elle peut avoir de graves conséquences et occasionner des surcoûts importants. En effet, aussi poussés soient-ils, les calculs et le dimensionnement ne sont pas à même de compenser à posteriori les défauts de conception de la structure porteuse et les erreurs dans le choix des éléments non-porteurs, notamment des cloisons intérieures et des éléments de façade.

### 1.5.2. LA SITUATION EN CONCEPTION ITERATIVE,

Dans cette situation, l'architecte et l'ingénieur conçoivent en même temps. L'information circule à double sens. Son caractère, synchrone ou asynchrone, in situ, à distance. C'est un processus itératif. L'architecte et l'ingénieur de structure commencent ensemble, pas-à-pas, en processus itératif, la conception, déterminent, la forme du bâtiment et font évoluer le projet.

Avec l'assistance numérique, l'ordinateur joue un rôle du point de vue rapidité et communication des données entre les concepteurs. Enfin l'interaction entre concepteurs est gérée au sens propre de son existence.



A, Architecte, B, Ingénieur de structure,

C, D, E, F, Autres Acteurs

Fig. 4 : Situation de Conception Itérative, Processus Itératif, [Source Auteur]

L'architecte et l'ingénieur conçoivent en un processus itératif pour en assurer le bon déroulement de la conception, garantir la sécurité de l'ouvrage, limiter sa vulnérabilité et maintenir les coûts dans des limites raisonnables. Les deux partenaires regroupent des compétences aussi différentes qu'indispensables. L'architecte s'occupe essentiellement de l'esthétique du bâtiment et de ses fonctions, tandis que l'ingénieur conçoit au meilleur prix une structure porteuse sûre et efficace. C'est pourquoi la conception entre l'architecte et l'ingénieur doit commencer dès les premiers coups de crayon.

Il n'est pas du tout pertinent que l'architecte attende d'avoir élaboré un projet de structure porteuse et choisi les cloisons intérieures non-porteuses et les éléments de façade, avant de s'adresser à l'ingénieur pour lui confier le calcul et le dimensionnement de la structure porteuse. Il est tout aussi inadmissible de commencer par concevoir la structure porteuse en fonction des seules charges verticales, puis de choisir les cloisons intérieures non-porteuses et les éléments de façade et enfin de compléter la structure pour qu'elle résiste aux actions sismiques (Conception parasismique, 2002).

## 1.6. LA NATURE DES ACTIVITES DE CONCEPTION

Les nouvelles recherches sur la conception ont contribué à démentir la représentation classique citée en haut. Des activités de conception, attachées le plus souvent à un acteur central, l'architecte, le créateur ou l'artiste. De ce fait, on peut dire que la conception n'est plus décrite uniquement comme une activité cognitive susceptible d'être menée par un esprit unique. Mais aussi, comme une situation d'interaction entre plusieurs concepteurs.

Selon Dana Cuff (1991), l'architecture, est un acte collectif et non celui d'un acte individuel isolé. Plus que cela elle défend la thèse selon laquelle la conception est un processus collaboratif. La notion de conception s'élargit donc à la fois à d'autres acteurs que l'architecte et à d'autres registres que l'acte créateur qui permet à ce dernier de trouver la «solution» au «problème» qui lui est posé. De ce fait, d'acte collectif, une étude sur la collaboration et ses activités, coopération, communication, coordination sera plus détaillée plus tard dans le chapitre de la collaboration.

La conception est une activité complexe (Boudon, 2009) que plusieurs recherches ont tenté de préciser du point de vue du processus cognitif (Lebahar, 1983 ; Conan, 1990 ; Prost, 1992 ; Boudon et al, 1997). Plusieurs modèles ont été proposés pour représenter le processus de la conception. Parmi ces modèles, il y a celui qui concerne la *boîte noire* modélisant la part créative et inconnue de la conception (Osborn, 1963 ; Gordon et al., 1987) par opposition à celui qui la modélise sous le concept de *boîte de verre* qui rapproche la logique du processus à celle d'une machine. La conception devient dans ce cadre une simple réponse à des problèmes avec une optimisation de la meilleure solution à produire. Ces deux modèles sont réducteurs quant à la complexité du processus qu'ils tentent de décrire et de modéliser.

Ces modèles ont évolué et définissent aujourd'hui l'activité de conception comme un *processus itératif* d'exploration et d'évaluation permanente (Raynaud, 1999). Par exemple, dans le domaine de la psychologie cognitive et de l'ergonomie, l'étude de la conception a été questionnée par Reitman (1964) et Eastman (1969). Leurs travaux ont été repris par Newell et Simon (1972) pour interroger le *traitement de l'information* afin de développer des *méthodes d'analyse de protocoles verbaux* inscrits dans un processus de conception. Dans la même lignée, Visser (1992) présente une analyse de la conception, non pas focalisée sur le *processus de résolution de problèmes*, mais sur le *processus de construction de représentations*. Ainsi,

différentes pensées ont été développées en vue d'étudier la *dimension cognitive des activités et processus de conception* (Bonnardel, 2009). Ces différents modes de pensées s'accordent sur le caractère « *non-défini* » des projets de conception (Reitman, 1964 ; Eastman, 1969 ; Falzon et al., 1990 ; Simon, 1996 ; Cross, 2001).

En effet, lorsque le concepteur reçoit au début du processus un programme-définissant des paramètres à insérer dans le projet - il construit une *représentation mentale, incomplète et imprécise* du projet à concevoir. Cette première représentation sert de point de départ à partir duquel le projet évolue suivant les concepteurs, domaines, et niveaux d'expertise (Dorst et al, 2001).

Brown, Collins et Duguid (1989) ou Gero et Maher (1993) proposent de distinguer, quant à eux, deux types d'activité de conception : une *activité de conception routinière* qu'ils distinguent de celle dite *non routinière*. Dans la première, l'objet conçu est rarement différent de celui qui le précède car il obéit à des contraintes techniques et fonctionnelles bien spécifiques. Dans le cas de conceptions non routinières, l'objet conçu ne répond pas simplement à une logique définie en amont, mais dépend généralement d'un contexte particulier et évolue dans un cadre différent à chaque fois.

Ainsi, la conception architecturale a été questionnée et étudiée relativement à différents points de vue : principalement selon les points de vue des sciences de la conception, de la psychologie cognitive.

## **1.7. APPROCHES DE LA CONCEPTION**

Selon le résumé élaboré par Pierre Fernandez sur le processus de la conception architecturale et de la modélisation initiée par H.A.Simon et synthétisé par Michel Conan, on distingue les *approches scientifiques* qui cherchent à modéliser le processus, les *approches artistiques* qui mettent en avant la notion de référence dans des procédures utilisées dans la conception. La dernière, *l'approche législative*, la *loi MOP*, proposée pour réguler les marchés publics de la construction.

### **1.7.1. LES APPROCHES SCIENTIFIQUES**

Le rapprochement du processus de conception à un processus de résolution de problème a été l'élément de groupement des premières approches de modélisation qui ont

évolué par la prise en compte d'étapes intégrant des activités, comme l'intuition ou la conception d'une image. Parmi ces approches nous pouvons citer en exemple :

### **1.7.1.1. LA PROGRAMMATION ARCHITECTURALE**

C'est un travail de programmation associant le concepteur au maître d'ouvrage. Elle compose de, La programmation, l'élaboration sommaire. Les phases de programmation sont celles qui clarifient l'énoncé du problème. Les d'élaboration sont celles qui décrivent les solutions. L'inconvénient de cette approche est la séparation forte entre les étapes de programmation et d'élaboration qui ne favorise pas le retour en arrière dans la conception.

### **1.7.1.2. L'ARCHITECTURE CONCEPTUELLE**

Elle est basée sur la théorie de l'invention de Henri Poincaré et résumée par J.C.Jones dans sa présentation de la « boîte noire », accorde une place à l'intuition préparée par un travail conscient de résolution de problème. Elle propose les étapes suivantes : identification du problème, formulation du problème, formulation des hypothèses, exploration consciente de l'ensemble des informations accumulées, incubation, application de filtre lié à l'esprit, invention et illumination qui réalisent une synthèse inconsciente des deux phases précédentes et enfin la vérification consciente des résultats de l'invention. D'après Conan, cette approche ne permet pas de comprendre tout le travail de mise au point existant dans un projet architectural après la première esquisse : les hésitations, les idées nouvelles, les nouveaux problèmes, le résultat des négociations, des compromis.....etc.

### **1.7.1.3. LA CONCEPTION PAR APPRENTISSAGE**

Elle fait intervenir la culture de l'architecte, sa connaissance du monde ses expériences et la construction d'une image qui joue le rôle de la réponse acceptable (*satisficing*). Le processus passe par les étapes suivantes : *identification du problème, conception d'une image, présentation de l'image, mise à l'épreuve de l'image, conception*. La présence de l'image dans le processus d'apprentissage est importante, car c'est bien une des représentations essentielles que manipule l'architecte dans une pensée qui lui est assez spécifique : la pensée visuelle. L'image joue le rôle de l'hypothèse que l'architecte souhaite confronter aux contraintes du projet.

Deux types d'informations sont alors présents dans ce processus, celles qui stimulent la génération de l'image et celles qui permettent la mise à l'épreuve et l'étude critique de la proposition. Le processus d'apprentissage est alors à deux niveaux : au niveau de la

conception, par la répétition du cycle liée à la production et à la mise à l'épreuve de la proposition imagée et au niveau de l'accumulation des expériences vécues par l'architecte.

#### **1.7.1.4. L'UTILISATION DES RÉFÉRENCES**

La partie créative inscrite dans le processus de conception repose sur une activité artistique constituée de procédures référentielles (Fernandez 2002). Ces procédures utilisent des « références », éléments de connaissance de l'architecte, comme facteurs de différenciation esthétique qui intégreront le concept ou parti du projet.

Une référence architecturale (artistique ou technique) est le résultat d'une interprétation, réalisée par l'architecte, du monde qui l'entoure, L'évocation d'une référence est alors un transfert de connaissance qui peut être activé par cinq formes de procédures (Scaletsky 2003) présentes dans un processus de conception : heuristique, analogique, métaphorique, à base de type architectural, à base de cas. Assister le processus de conception, c'est alors proposer des outils qui favorisent à la fois l'accumulation de références et l'activation de ces procédures référentielles.

#### **1.7.1.5. L'APPROCHE LÉGISLATIVE**

Toute opération de construction comporte trois phases, la conception, une phase de réalisation (chantier) et une phase intermédiaire de consultation des entreprises. Le cadre législatif, au travers de la loi MOP, propose de réguler ce processus de conception/construction en étapes distinctes rythmant l'évolution du projet (Malcurat 2001). La loi MOP définit précisément une dizaine de missions de maîtrise d'œuvre en fonction du type d'opérations (constructions neuves réutilisation /réhabilitation ...) :

Etude d'esquisse (EDE) : proposition d'une ou plusieurs solutions traduisant les éléments majeurs du programme : indication des délais de réalisation : vérification de la faisabilité de l'opération.

Avant-projet sommaire (APS) : composition générale en plan et en volume : appréciation des volumes intérieurs et de l'aspect extérieur de l'ouvrage : proposition de dispositions technique ; précision du calendrier de réalisation.

Avant-projet définitif (APD) : détermination des surfaces détaillées de tous les éléments de programme, plans coupes et façades ; principe constructif, matériaux et installations techniques ; estimation définitive du cout prévisionnel des travaux en lots séparés.

Etude de projet (EDP) : spécifications des formes des différents éléments de la construction, la nature des matériaux et leur mise en œuvre : coordination des informations nécessaires à l'organisation spatiale des ouvrages ; établissement du coût prévisionnel et du délai global des travaux.

Assistance apportée au maître d'ouvrage pour la passation du ou des contrats de travaux (ACT) : préparation de la sélection des candidats et consultation des entreprises, analyse des offres et préparation des mises au point nécessaires à la passation des contrats de travaux.

Études d'exécution (EEO) : établissement de tous les plans d'exécution ; spécifications à l'usage du chantier, réalisation des plans de synthèse, élaboration d'un devis quantitatif et d'un calendrier par lot ou corps d'état.

Examen de la conformité au projet des études d'exécution (ECE) : vérification du respect des dispositions dressées par le maître d'œuvre dans les documents établis par l'entrepreneur.

Direction de l'exécution du ou des contrats de travaux (DCT) : vérification de la conformité des divers documents d'exécution, l'établissement des ordres de service, procès-verbaux et constats contradictoires nécessaires à l'exécution.

Ordonnancement, coordination et pilotage du chantier (OPC) : analyse des tâches élémentaires portant sur les études d'exécution, la détermination de leur enchaînement par des documents graphiques, l'harmonisation des actions des différents intervenants dans le temps et dans l'espace.

Assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception ainsi que pendant la période de garantie de parfait achèvement (ARA) : organisation des opérations préalable à la réception ; examen des désordres signalés par le maître d'ouvrage ; constitution du dossier des ouvrages exécutés nécessaire à l'exploitation de l'ouvrage.

## **1.8. MÉTHODES DE CONCEPTIONS**

Construire un objet, un bâtiment, laisse le concepteur à prendre en considération le statut d'immeuble de l'objet à construire, qui exprime le lien fort existant entre le bâtiment et le lieu où il sera construit. Les caractéristiques du site qui reçoit le bâtiment à construire peuvent guider le choix de la méthode de conception [p.ex, la méthode utilisée pour concevoir un objet sur un site urbain peut être différente pour concevoir dans un site rural...etc].

Ce statut d'immeuble peut influencer les méthodes à utiliser dans la conception. En général, pour concevoir un bâtiment, l'architecte doit utiliser des méthodes de conceptions qui

répondent aux besoins du maître de l'ouvrage, les caractéristiques du projet. Parmi ces méthodes, *la conception architecturale, la conception technique et la conception de production* ».

### **1.8.1. LA CONCEPTION ARCHITECTURALE**

À vocation d'élaborer une proposition répondant à des contraintes connues [p. ex. contrainte 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 savoir et savoir-faire de qualités intellectuelles et créatives particulières dans l'approche du programme (Tric 1999) référence (Scalety, 2003), échelle (Boudon & al 1994), c'est autour de cette proposition que les interactions entre les différents concepteurs peuvent prendre corps.

### **1.8.2. LA CONCEPTION TECHNIQUE**

À 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.

### **1.8.3. LA CONCEPTION DE PRODUCTION**

Consiste à imaginer les différentes étapes de l'ouvrage du début jusqu'à sa configuration finale. Imaginer le procédé de construction ou le procédé de mise en œuvre des matériaux jusqu'à leur mise en place durant la phase de réalisation du projet.

Ces trois types de conceptions se complètent dans le but de produire un projet architectural en suivant les démarches suivantes : l'apprentissage, ce temps qui s'écoule entre l'appréhension d'un problème et l'acquisition de la connaissance. La méthode est considérée comme la base du savoir. Enfin, la synthèse qui est la soumission du projet à la réalité.

## **1.9. ARCHITECTES ET INGENIEURS**

### **INTRODUCTION**

On assiste à deux mondes d'appréhension du métier par les deux corps et esprits: *être architecte*, C'est apprendre à *maîtriser une vision abstraite et savante de l'espace*. Cela me semble être le cas depuis l'émergence du concept d'architecture à la renaissance et l'apparition de ce qu'il est convenu d'appeler *l'espace architectural*, espace de représentation

ou de configuration . *Etre Ingénieur*, c'est apporter une réponse technique et économique dans le cadre d'une trilogie vitruvienne (beauté, solidité, utilité) au détriment du bâtiment.

Le projet d'architecture doit désormais réunir, non seulement plusieurs architectes, mais aussi des ingénieurs généralistes et spécialistes, des paysagistes, des économistes, usagers, etc. La conception d'un projet architectural est alors est une activité complexe qui exige l'intégration de plusieurs domaines de connaissances et de compétences (Boudon, 2009). Concevoir devient aussi une démarche collective, qui rassemble divers experts s'impliquant dans la conception dès les premières phases du projet.

La conception est la phase clé dans la réalisation du bâtiment, car toutes les décisions concernant l'enveloppe, la structure, les systèmes mécaniques, les systèmes électriques, le design intérieur, et l'aménagement des espaces sont prises pendant cette étape (Mora et al. 2006). Plusieurs chercheurs ont montré que le projet est rarement mené par un seul individu (visser, 2002). L'activité de conception se caractérise de plus en plus aujourd'hui par sa composante collaborative dès les débuts d'un processus, rares sont les projets qui sont encore le fruit du travail d'un seul concepteur isolé, qu'il soit architecte ou ingénieur.

En effet si l'on demande ce qu'il ya de commun entre un ingénieur et un architecte, on dira volontiers que ce sont des concepteurs. L'architecte conçoit des bâtiments et des aménagements de l'espace, l'ingénieur conçoit des produits et des systèmes techniques. Selon la Commission des titres de l'ingénieur, « *Le métier de base de l'ingénieur consiste à résoudre des problèmes de nature technologique, concrets et souvent complexes, liés à la conception, à la réalisation et à la mise en œuvre de produits, de systèmes ou de services. Cette aptitude résulte d'un ensemble de connaissances techniques d'une part, économiques, sociales, et humaines d'autre part, reposant sur une solide culture scientifique (CTI.2001)*

Cette culture scientifique est un ensemble de connaissances théoriques et pratiques avec lesquelles le concepteur essaie de construire et lire le processus de conception d'une situation à une autre. «*Quiconque imagine quelques dispositions visant à changer une situation existante en une situation préférée est concepteur ...La Conception, ainsi conçue est au cœur de toute formation professionnelle. C'est elle qui fait la différence entre science et profession. Les écoles d'ingénieurs, comme les écoles d'architecture, de droit, de médecine, les écoles normales d'enseignement, toutes sont concernées, au premier chef par le processus de conception* » (Simon, 1974).

La conception architecturale est une activité collective au sein de laquelle les différents acteurs doivent partager les documents. (Halin. G, Hanser, D., Kubicki, S, 2004). Ces documents sont nommés des objets intermédiaires, Vinck, Jeantet et Laureillard (1998). Ces objets intermédiaires sous forme graphique ou orale facilitent la communication à travers la négociation pour la compatibilité de la forme architecturale et le système constructif du bâtiment.

Selon (F.Darse, F Falzon, 1994) le terme '*conception*' est alors réservé aux activités des opérateurs du bureau d'études qui définissent les spécifications et le concept d'un produit, ou encore aux activités des architectes qui pensent le concept d'un édifice, ou de l'ingénieur du bureau d'étude (B.E.) définissant les spécifications et le concept d'un produit, qui sera à réaliser par des opérateurs de fabrication.

En ergonomie, le terme 'opérateur' renvoie à 'celui qui exécute certaines tâches dans certaines situations de travail bien précises. 'Dans ces tâches, il y a mise en œuvre d'une activité orientée vers des objectifs précis, avec des contraintes précises' (De Montmollin, 1997). Toute conception est menée par une « *hétérogénéité des savoirs et des compétences* » (Tapie, 2000).

D'un point de vue général, la conception est un processus qui consiste à créer un nouvel objet, qu'il soit matériel (bâtiment, produit, machine, etc.) ou immatériel (logiciel, texte, etc.). « La conception consiste à spécifier un artefact (l'artefact produit), à partir de spécifications de départ qui indiquent- en général de façon ni explicite, ni exhaustive- les fonctions à remplir par l'artefact, ainsi que les besoins et les buts qu'il doit satisfaire, étant (étant donné certaines conditions (exprimées par des contraintes) » (visser, 2009).

## **1.9.1. APERÇU SUR LE METIER : ARCHITECTE ET INGENIEUR**

### **1.9.1.1. METIER DE L'ARCHITECTE**

L'étymologie même du mot architecte est révélatrice de cette tension entre poésies, tekhné et praxis, trois registres dont la complémentarité ne va pas toujours de soi.

« Le mot architecture est composé de tekhené, qui vient de tekhnikos qui signifie en Grec le "charpentier", le charpentier naval et plus généralement le "fabricateur" et de archi qui traduit le grec arkhi dont le sens, selon Jean-Pierre Vernant, est au moins triple : "commencement ».

Le travail de l'architecte est une activité intellectuelle qui consiste à formuler une solution originale et innovante à une demande de bâtiment régie par un ensemble de contraintes variées. La solution est exprimée par une représentation du bâtiment à construire, c'est-à-dire « *de quelque chose qui n'existe pas encore* » (Scaletsky 2003). Pour arriver à cette représentation, l'architecte traverse un processus complexe de création ou l'étape préliminaire de récolte de données cohabite avec l'élaboration des idées guidées. Ces idées guides agissent comme des balises du processus de conception, de la création à l'invention. L'acte de conception relie la connaissance à l'action, la création à l'invention (Prost, 1995). On trouve ici les fondements de cette « *production due à une transformation de la matière par l'alliance de la main et de l'intellect* ».

L'architecte, appelé maître d'œuvre, est l'auteur du projet et assure la direction des travaux. Des textes mentionnent le travail des moines et des convers sur les chantiers. Le maître d'œuvre est maçon, tailleur de pierre, sculpteur, dessinateur, calculateur. L'architecture était personnifiée par un homme ou une femme tenant une équerre ou un compas.. L'artiste, l'homme de métier était qualifié de *Maître de l'œuvre*. Le '*Maître*' désigne une personne ou entité chargée de la conduite opérationnelle de travaux. L'*Œuvre*' tout ce qui constituait l'immeuble et le meuble d'un bâtiment, depuis les fondations jusqu'aux tapisseries et autres objets mobiliers.

### **1.9.1.2. LES PRINCIPALES MISSIONS DE L'ARCHITECTE :**

L'architecte, *Maître d'œuvre*, est la personne chargée par le *maître de l'ouvrage* de prendre en charge la « *maîtrise d'œuvre complète* ». D'après l'Art 9, « *il est désigné par le présent décret 'Maître d'Œuvre', architecte agréé qui assure la conception et le suivi de la réalisation d'une construction* » la relation entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre est définie par la dite loi dans ses articles comme suite : Art 10 – « *les relations entre le maître de l'ouvrage et le maître d'Œuvre doivent être formulées par un contrat établi en les formes requises* ». Art 11 – « *l'architecte conserve la propriété intellectuelle de l'œuvre et peut, sauf dispositions contractuelles contraires, la faire publier* »

Selon Antoine Picon « *L'architecte est l'artiste qui conçoit les projets, rédige les cahiers de charges, les devis, les marchés, ordonne les travaux au lieu et place du propriétaire, en surveille l'exécution et en règle les prix en restant étranger aux faits qui constituent de véritables transactions commerciales des les constructions des édifices* » (Picon, 1997).

Le XIX siècle est l'âge d'ordres architectes, la ou ils accèdent à la reconnaissance officielle de leur profession comme activité artistique (et nom plus seulement économique ou technique) (Picon, 1997). L'architecte propose une solution technique et esthétique qui permet de réaliser le programme, avec une enveloppe budgétaire et des délais assignés.

Pour exercer la profession, l'architecte doit s'inscrire auprès du Conseil National de l'Ordre des Architectes. Ce dernier regroupe l'ensemble des architectes inscrits au tableau national. Ses missions sont : *veiller au respect de la réglementation relative à l'exercice de la profession d'architecte, proposer le code des devoirs professionnels des architectes, assister les maîtres et les pouvoirs publics dans le cadre des concours et pour l'élaboration de termes de références des projets d'intérêt régional ou national, participer à la définition des programmes de l'enseignement de l'architecture.*

### **1.9.1.3. LA METHODE DE TRAVAIL D'UN ARCHITECTE**

*Architect: 'this wall should be brick because I feel it will express what I want to say about the nature of this building'' (Holgate, 1986)*

- ✓ Un architecte travaille avec des dessins, des modèles, des images et surtout la résolution de problèmes.
- ✓ Un architecte pense à la fois sur la grande perspective et les détails. Il utilise l'échelle, les proportions, le rythme, effets textuels, les lumières, la couleur et l'audition de l'architecture. Avoir des connaissances sur des solides et des cavités dans l'architecture, les émotions.
- ✓ Dans l'ensemble, l'art ne doit pas être expliqué : il doit être expérimenté. L'architecte travaille avec des formes et des masses comme un sculpteur et comme un peintre, il utilise la couleur et la symétrie.

### **1.9.1.4. METIER DE L'INGENIEUR**

Les activités classiques de l'ingénieur peuvent se résumer comme suites : « *Le métier de base de l'ingénieur consiste à résoudre des problèmes de nature technologique, concrets et souvent complexes, liés à la conception, à la réalisation et à la mise en œuvre de produits, de systèmes ou de services. Selon la commission des titres des ingénieurs, cette aptitude résulte d'un ensemble de connaissances techniques d'une part, économique, social et humain d'autres part, reposant sur une solide culture scientifique* ».

Pour le bâtisseur les calculs ne suffisent pas à déterminer une forme, ils ne représentent qu'une base. «...la créativité est nécessaire, non seulement pour des questions formelles, mais aussi pour des aspects purement techniques: dans les procédés, les matériaux, les systèmes statiques ... Cette créativité fait la différence entre ceux qui se contentent de calculer et les véritables ingénieurs» (Judith Solt, 2008).

### 1.9.1.5. LA METHODE DE TRAVAIL D'UN INGENIEUR CIVIL

*“Engineers to many people, especially to the public, are mysterious figures. The most frequent remark is: ‘What do they do? They just make things stand up,’ as though this were not noble thing to do.” (Rice, 1989).*

*What do engineers learn? Most engineers agree upon solving problems. Engineers are “problem solvers”. They try to find the best solution, which often mean the easiest and cheapest solution of the project they are working on. The projects are often a part of a bigger connection and often there are discussions about which solution is the best. For winning this argument, the engineer has to have proof in calculations of costs and productions (Rice, 1989). Engineer: ‘this is so, because Newton said so’, ‘we should take this course of action because calculations indicate it will be the cheapest’ ( Holgate, 1986).*

*Engineers do often work in teams, in large project teams where they each have a small part in the whole project. Engineers are specialists; they dig themselves in small details, which often are very important. Even though the details seem small for others, there are a lot of calculations that have to be done to know that it will hold for all the load cases that could be possible. However engineers can also dig themselves too deep into details and they are not always too keen on coming back up again. (Holgate, 1986).*

Si le bâtiment constitue a priori le domaine réservé des architectes, l'ingénieur civil n'y est pas moins indispensable pour la conception et le calcul des structures ou la mise en œuvre de ces constructions. Il conçoit et réalise des routes et des ponts, des tunnels, des stations d'épuration, des centrales énergétiques et des constructions industrielles...etc.

## CONCLUSION

D'un point de vue général, la conception est un processus qui consiste à créer un objet, un produit...etc. Les différentes définitions de la conception couramment utilisées partagent la même signification. La conception peut être définie, en tant qu'activité cognitive. On peut distinguer la conception architecturale du design du produit. La conception est caractérisée par son degré d'innovation : La conception routinière, la conception innovante, la conception créative. Pour conclure les conceptions citées en hauts et définies par les théoriciens peuvent partager les points suivants :

- ✓ L'existence de données de départ (souvent sous la forme d'un programme) ;
- ✓ Un processus de transformation (d'un état initial à un état final) ;
- ✓ La satisfaction de buts, l'adaptation au contexte ;

La conception est une phase clé pour la production et la fabrication de l'objet architectural. Pour nous les concepteurs, architectes et ingénieurs, utilisent des approches et des méthodes différentes pour concevoir un même objet dans un même statut d'immeuble avec un même programme. C-a-d c'est concevoir pour un but commun.

# CHAPITRE N° 2

## LA CONCEPTION COLLABORATIVE

## **CHAPITRE N° 2 : LA CONCEPTION COLLABORATIVE**

### **INTRODUCTION**

La conception collaborative est une organisation basée sur un système d'échange d'informations à distance entre deux ou plusieurs concepteurs. Cette organisation nécessite que les concepteurs éloignés puissent dialoguer sur un outil informatique en cours de conception [échange de données CAO, Conception assistée par ordinateur, en particulier] et cela en temps réel. Les méthodes de travail peuvent aller de l'utilisation d'outils très simples jusqu'à la mise en œuvre d'une organisation rigoureuse des échanges, utilisant des bases de données et des logiciels évolués [portails collaboratifs] afin d'assurer une cohérence tout au long du projet et une gestion centralisée des modifications.

En particulier, la conception collaborative constitue un élément important dans les agences d'architecture éloignées. Il s'agit de concevoir à plusieurs éléments sur un outil informatique, l'ordinateur. Lorsque les situations de conception impliquent différents corps de métiers, des questions concernant les aspects collaboratifs dans le processus de conception, émergent. Ces situations de conceptions renvoient aux notions de communication, de tâches, de compétences, de synchronisation, de processus de négociation comme de gestion de conflits, etc.

### **2.1. ETAT DE L'ART DE L'ETUDE DES ACTIVITES COLLABORATIVES**

#### **2.1.1. LES ACTIVITES COLLECTIVES EN CONCEPTION ARCHITECTURALE**

Un projet architectural dépend, de manière générale, d'un contexte temporel, géographique, politique et économique. Il doit répondre à un programme et tenir compte d'un certain nombre de paramètres techniques, sociaux, ergonomiques, *etc.* Ces particularités rendent l'activité de conception complexe (Bucciarelli, 1988 ; Minneman, 1991 ; Larson, 2005) et imposent de la penser collectivement en termes de compétences (Cross *et al.*, 1995 ; Jeantet *et al.*, 1998 ; Bucciarelli, 2002).

Ainsi l'activité de conception combinerait autant des activités collectives que des activités individuelles entre différents experts (Pahl *et al.*, 1999). Il ne s'agit pas simplement d'assembler des points de vue. Elle résulte de l'interaction entre les différentes composantes du projet -dont le caractère est subjectif- (Pousin, 1986) et du consensus établi entre l'ensemble des acteurs participant à la conception du projet architectural.

Cette activité collective imposerait par ailleurs le recours à des instruments de partage sans quoi elle ne pourrait être (Dodier, 1993 ; Boujut, 2000). Ces instruments de partage visent à faciliter les échanges. Ces échanges sont importants pour la construction de ce qui est désigné en ergonomie cognitive par « synchronisation cognitive », « synchronisation temporo-opératoire », « conscience mutuelle » ou en encore « référentiel opératif commun ». Tous ces concepts, d'ores et déjà définis dans le champ de l'ergonomie cognitive, constituent « l'épine dorsale de la résolution collective d'un problème de conception » (Darses, 2004).

## **2.1.2. CONCEPTS RELATIFS A L'ACTIVITE COLLABORATIVE**

### **2.1.2.1. SYNCHRONISATION COGNITIVE ET SYNCHRONISATION TEMPORO-OPERATOIRE**

En situation de conception collaborative, les concepteurs se réunissent, réfléchissent ensemble sur les directions à prendre et sur les choix importants qui concernent le projet. Ils peuvent organiser leurs tâches de différentes manières. Par exemple, ils peuvent se partager certaines d'entre elles pour les réaliser individuellement. Les réunions permettent par la suite de recadrer le travail et de soulever les incompréhensions de chacun. Elles participent à la mutualisation du travail et des connaissances de chacun. Cette mutualisation est importante, elle permet aux différents collaborateurs de cerner leur rôle relativement à leur tâche (Valkenburg, 1998).

Diverses recherches ont été menées sur cette mutualisation des connaissances en vue d'en expliciter les mécanismes. Ces recherches sur la construction de connaissances mutuelles entre les acteurs concernent les mécanismes de *synchronisation* (Darses, 2004) ou du « *partage de la compréhension* » (Dong, 2005). Elles montrent que ces réunions permettent de définir des objectifs, des processus et le contexte du projet architectural, en améliorant l'efficacité des acteurs de la conception (D'Astous *et al.*, 2004 ; Guibert, 2004 ; Ruiz Dominguez, 2005). Falzon et Darses (1996) distinguent deux modes de synchronisation : une *synchronisation cognitive* (Falzon *et al.*, 1996) relative à la construction d'un contexte de connaissances partagées et une *synchronisation temporo-opératoire* (Falzon *et al.*, 1996, ) relative à la répartition des tâches entre les différents collaborateurs. Dans les deux cas, cette synchronisation ne se concrétise que par la définition conjointe des objets à traiter et des tâches à réaliser, visant à construire une connaissance mutuelle et une *référence opératoire commune* (Falzon, 1994 ; Darses *et al.*, 1996 ; Darses, 1997 ; 2001).

Falzon (1994) a montré dans son étude sur les activités collectives que ce partage des connaissances facilite le dialogue entre les collaborateurs.

### **2.1.2.2. CONSCIENCE MUTUELLE**

Pour faciliter la communication, le groupe-concepteurs doit se construire une représentation commune de son environnement (Cottone *et al.*, 2003). Cette construction commune est nommée *conscience mutuelle* (Cardon, 1997) connue dans le domaine de la psychologie cognitive sous le concept d'*awareness* (Beaudouin Lafon *et al.*, 1992). Cette *conscience mutuelle* n'est pas figée et évolue tout au long du processus collectif pour faciliter les interactions (Salas *et al.*, 1995).

Dourish et Bellotti (1992) insistent sur l'importance pour les différents acteurs de la conscience de leur apport personnel dans l'activité de groupe. Selon ces auteurs, cet *awareness* est nécessaire pour assurer la communication entre les acteurs et la pertinence de leur contribution personnelle dans ce groupe. Tollmar, Sandor et Schömer (1996) parlent quant à eux de *social awareness* en mettant l'accent sur la *conscience du groupe* dans les situations de travail collectif (Tollmar *et al.*, 1996). Ces auteurs montrent qu'il est possible d'améliorer ce *social awareness* en fournissant aux collaborateurs un environnement de travail flexible.

### **2.1.2.3. REFERENTIEL OPERATIF COMMUN**

Selon Terssac et Chabaud (1990), ce *référentiel opératif commun* est essentiel à toute collaboration, il aide à la mise en commun de compétences spécifiques et contribue à l'acquisition de nouvelles compétences pour travailler à plusieurs. Loiselet et Hoc (2001) insistent aussi sur le rôle central de ce *référentiel opératif commun* au sein d'un travail en groupe. Ils lui donnent un caractère fonctionnel, éphémère et transitoire. Il participerait, selon eux, à :

- ✓ l'élaboration d'un contexte partagé favorisant l'entente mutuelle et limitant les incompréhensions entre les concepteurs ;
- ✓ la représentation commune et partagée de l'objectif général par tous les acteurs ;
- ✓ la hiérarchisation des informations partagées par les collaborateurs pour la définition et la réalisation d'une tâche particulière.

Ce *référentiel opératif commun* a été introduit par Terssac et Chabaud (Terssac *et al.*, 1990) puis décrit sous différents concepts tels que : *common ground* (Clark *et al.*, 1991), ou *image opérative collective* (Troussier, 1990), ou, encore, *joint problem space* (Roschelle *et al.*, 1995). Il est également appelé *représentation fonctionnelle commune aux opérateurs* (Leplat, 1993).

### **2.1.3. TYPOLOGIES DES ACTIVITES COLLECTIVES**

L'activité collective a fait l'objet de différentes recherches. Généralement, elle s'oppose à l'activité individuelle et peut prendre plusieurs formes selon le champ dans lequel elle est questionnée. Pour définir ces différentes formes de l'activité collective, certaines études ont mis l'accent sur l'influence du nombre des acteurs et leurs relations hiérarchiques dans leurs activités. D'autres ont montré que ces activités collectives changent selon l'objet, le type d'échange et les outils utilisés par les acteurs pour travailler à plusieurs. Une troisième typologie s'est aussi construite à partir de la temporalité et de la spatialité des échanges entre les différents collaborateurs au cours de ces activités.

#### **2.1.3.1. TYPOLOGIES RELATIVE AUX ACTEURS**

Pour Bucciarelli (1988), qui a été un des premiers chercheurs à utiliser l'ethnographie pour analyser l'activité collective, celle-ci se développe à partir d'interactions sociales entre différents concepteurs. Selon ce point de vue, deux types d'activités collectives sont à distinguer : une *activité collective verticale* et une *activité collective horizontale*. L'*activité collective verticale* réunit par exemple un chef de projet et son dessinateur. L'*activité collective horizontale* quant à elle met en relation des architectes de même niveau hiérarchique qui travaillent conjointement à la conception d'un projet architectural. L'auteur montre que la nature des relations entre les acteurs n'est pas la même dans ces deux cas d'activités collectives.

Une autre typologie des activités collectives relative au nombre d'acteurs a été construite par Grudin (1994). L'auteur parle ici de *small group* ou *large group*. Ses travaux montrent que les performances des interactions entre les concepteurs ainsi que les prises de décision peuvent être influencées par le nombre d'acteurs participant (directement ou indirectement) à la conception. De même, Stasser et Taylor (1991) montrent que plus le nombre d'acteurs n'augmente, plus le temps de parole de chacun diminue lors de la réunion et plus le nombre de risques d'incompréhension et de mésententes s'accroît aussi. Ces deux

formes d'activités collectives impliquent des types d'interaction, des organisations du groupe et des coordinations différentes.

### **2.1.3.2. TYPOLOGIE RELATIVE A L'OBJET, TYPE D'ECHANGE ET OUTILS DE L'ACTIVITE**

Metz, Renaut et Cassier (2006) montrent que l'activité collective est partagée entre des activités dites « itératives et créatives » et des activités de coordination des tâches et de partage d'informations entre les concepteurs. Selon cette étude, le temps alloué à la *création* est moins important que celui qui concerne la coordination. Il est divisé entre l'exposition des données, la proposition de solutions et l'évaluation d'idées. Le temps alloué à la coordination est, quant à lui, divisé entre des temps de synchronisation des tâches, des activités de management, de coordination du projet et de communication et, des temps de recherche d'informations et de consultations informelles avec les experts.

Une autre classification de ces activités collectives existe relativement aux fonctions qu'assiste l'outil (Karsenty, 1994), la production, la communication et/ou la coordination. Cette classification s'aligne sur le modèle appelé *trèfle fonctionnel* d'Ellis, Gibbs et Rein (1991), qui a été par la suite emprunté par Salber (1995), Tarpin-Bernard (1997) et David (2001), recouvrant la création et la réalisation de l'objet, les échanges d'informations et la répartition des tâches et des ressources entre les acteurs. Pour ces auteurs, chacune de ces fonctionnalités est importante dans l'activité collective et, c'est dans leur intersection qu'évolue l'activité (David, 2001).

### **2.1.4. TYPOLOGIE RELATIVE A L'ESPACE ET AU TEMPS DES INTERACTIONS**

Gaver (1992) distingue les activités collectives relativement à l'espace-temps dans lequel collaborent les concepteurs au cours d'un processus de conception. L'activité collective peut prendre la forme de réunions en co-présence (lorsqu'elles se déroulent dans un même espace de travail) ou à distance (lorsqu'elles « rassemblent » des concepteurs qui sont géographiquement délocalisés), synchrones (en temps réel) ou asynchrones (en temps différé).

Schmidt (1990) propose de caractériser l'activité collective selon ces mêmes critères : l'espace et le temps. Il montre que les acteurs qui sont géographiquement séparés sont limités dans leurs interactions par manque de disponibilité, de temps et d'outils facilitant la communication et les échanges. Dans des situations où les acteurs sont à proximité, les échanges se font de manière plus libre et spontanée.

Par ailleurs, les tâches des acteurs peuvent être réalisées simultanément ou de manière différée.

#### **2.1.4.1. L'ACTIVITE COLLECTIVE RELATIVE A L'ESPACE**

Les réunions en co-présence, rassemblant plusieurs acteurs autour d'un projet, sont les situations les plus fréquentes dans le cadre des activités collectives. Olson et Olson (2000) montrent par exemple que cette situation particulière de l'activité collective favorise: 1- *la multi-modalité des échanges* ; 2-*les réactions et retours d'information rapides entre les collaborateurs*, 3-*l'accès aux informations de chacun (moyens de communication verbaux ou non)*, 4-*les échanges d'indices implicites et explicites issus de la situation*, 5-*le partage de vécus en termes d'espace et de temps*, 6-*les échanges informels rendus possibles avant, pendant et après les réunions*, ainsi que 7-*le partage facile et rapide des références*, etc.

Selon Chatty et Lecoanet (1996), quatre types d'espaces composent cet environnement de travail commun « physique » :

- ✓ *L'espace personnel* : concerne l'espace propre à l'acteur qu'il conserve tout au long de la réunion et dans lequel il dispose ses documents personnels ;
- ✓ *L'espace partagé* : concerne l'espace central perçu par l'ensemble des collaborateurs et où sont déposés les documents ou éléments à discuter, à négocier et à modifier en groupe ;
- ✓ *L'aparté* : concerne l'espace commun qui se crée temporairement entre deux individus ou une partie du groupe, pour discuter en aparté de certains sujets qui concernent le projet ;
- ✓ *L'espace interpersonnel* : concerne l'espace qui se crée temporairement à partir de contacts visuels entre les différents collaborateurs.

#### **2.1.4.2. L'ACTIVITE COLLECTIVE RELATIVE AU TEMPS**

Le temps est un facteur déterminant dans le déroulement de l'activité collective, *synchrone ou asynchrone*. Par exemple, Hisarciklilar (2009), montre dans une étude sur les annotations sémantiques, que le processus de l'activité collective est itératif évolue entre une *activité asynchrone* pendant laquelle les concepteurs étudient isolément le projet, mais aussi une *activité synchrone* pendant laquelle ils réalisent des revues de conception et valident collectivement les tâches en cours. Dans son étude, l'auteur souligne les problèmes

d'ambiguïté que soulèvent les *activités asynchrones* où les documents sont envoyés seuls sans commentaires. Les réunions régulières privilégiant les *activités synchrones* aident à mettre en commun les informations et à construire un contexte de discussion et de négociation pour une meilleure compréhension du projet.

L'étude réalisée par Hohmann (2002), sur des outils d'aide à la conception à plusieurs et à distance, montre que les tâches réalisées de manière asynchrone ne sont pas de même nature que celles réalisées de manière synchrone. Lorsque chaque concepteur travaille de son côté, il réalise des tâches de modélisation et de rédaction de documents. Lorsque les concepteurs se retrouvent et travaillent ensemble de manière synchrone, leur activité s'oriente vers l'évaluation et la co-production, principalement supportées par des représentations graphiques.

### **2.1.5. L'ETUDE DES ACTIVITES : PARTICIPATIVE, COOPERATIVE ET COLLABORATIVE**

Les typologies exposées ci-dessus montrent que l'activité collaborative prend diverses formes et est souvent décrite sous différents termes. On parle autant d'activité participative que coopérative, comme collaborative (Dillenbourg, 1999). La distinction entre tous ces termes reste difficile et leur définition dépend souvent de la situation concernée ou du champ

scientifique dans lequel ils sont évoqués (Barthe *et al*, 1999). C'est pourquoi il nous semble important d'énoncer clairement ce que nous entendons par ces appellations. Pour ce faire, nous nous basons sur les différentes définitions trouvées dans la littérature et nous nous focalisons principalement sur la distinction entre les activités dites collaboratives et celles dites coopératives, termes les plus souvent utilisés pour décrire des démarches ou des activités collectives en général. Nous proposons une première distinction entre différentes activités de conception relativement : 1-*aux différentes compétences susceptibles de porter le projet*, 2-*au rôle des acteurs dans le projet de conception* et, 3-*aux coordinateurs des tâches de l'équipe* (tableau.1, ci-dessous). Nous différencions d'abord *l'activité de conception isolée* où un seul concepteur

(généralement l'architecte, chef de projet) travaille sur le projet et *l'activité de conception collective* qui englobe l'ensemble des sous-activités de conception qui rassemblent plus d'un seul acteur dans le projet. Pour ces activités de conception collective, nous distinguons les activités de *conception collaborative*, de celle *coopérative* et de celle *participative* (tableau 1).

	<i>Concevoir seul</i>		<i>Concevoir ensemble</i>	
<b>Acteur(s)</b>	<b>Conception</b>	<b>C.Collaborative</b> (Co-conception)	<b>C.Coopérative</b> (Conception distribuée)	<b>C.Participative</b>
<b>Fonction</b> (officielle)	Architecte	Architectes, Experts	Architectes, Experts	Architectes, experts, Utilisateurs
<b>Rôle</b> (acteur de la conception )	Le Concepteur	<b>Un groupe de</b> Concepteur(s)	<b>Plusieurs concepteurS,</b> Un coordinateur	Le Concepteur
<b>Validation</b> (choix de la conception )	Le Concepteur	<b>Un groupe de</b> Concepteur(s)	Le Coordinateur	Les Utilisateurs

Tableau 1 : Proposition de distinction entre les différentes situations de conception  
Cours Master 2, S. Ben Rajeb Capteur d'écran [Source : auteur]

En architecture et en urbanisme, la démarche participative consiste à convier les futurs usagers à participer à la pensée du projet. Cette démarche remonte aux années 70 et tire son origine de l'ingénierie concourante faisant participer les employés aux décisions relatives à leur milieu de travail (Caelen, 2004). Elle a, par la suite, été introduite dans le domaine de la conception architecturale et plus particulièrement dans l'aménagement urbain. Cette démarche aurait pour objectif de permettre aux maîtres d'ouvrage et aux futurs utilisateurs concernés d'élaborer des décisions et des compromis collectifs concernant la définition du programme et de leurs espaces de vie (Noro *et al.*, 1991 ; Muller *et al.*, 1993 ; Daniellou, 2007). Cette situation n'est pas ce qui nous intéresse dans cette étude, puisque nous nous focalisons uniquement sur l'activité de conception architecturale rassemblant plusieurs concepteurs. La distinction entre l'*activité de conception coopérative* et celle de *conception collaborative* nous permet d'affiner leur sens respectif et de délimiter le cadre de notre recherche.

L'*activité de conception collaborative* est une situation qui réunit plusieurs concepteurs qui interagissent autour d'un même projet architectural et collaborent ensemble sur les mêmes tâches (figure 5). Là où, dans le cadre de l'*activité de conception coopérative* (telle que définie ci-dessus), le chef de projet valide ou non le travail des protagonistes ; en *conception collaborative*, chacun des concepteurs régule en permanence son travail. Ces régulations se définissent relativement aux choix optés conjointement par l'ensemble des collaborateurs (Dillenbourg *et al.*, 1995). Autrement dit, la *conception collaborative* est, pour nous, ce que Visser, Darses et Falzon (Darses

et al, 1996 ; Visser, 2002) appellent *Co-conception*, situation dans laquelle les tâches de chacun sont difficilement dissociables (Fig. 5).

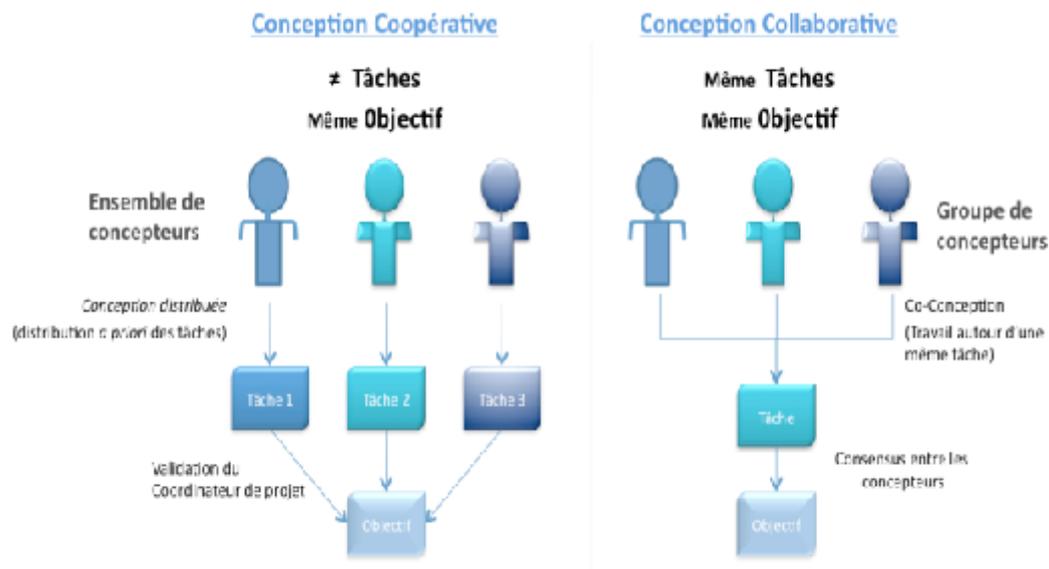


Figure 5: Conception coopérative vs conception collaborative [relativement aux tâches et objectifs]

## 2.1.6. DIFFERENTES ACTIVITES DE COLLABORATION EN CONCEPTION

En *co-conception*, les décisions sont directement intégrées dans la conception. En *conception distribuée*, elles sont collectées par un coordinateur qui rassemble les tâches de chacun tout en respectant la cohérence du tout (Kvan, 2000).

En *co-conception*, les concepteurs travaillent ensemble sur une même tâche, en *conception distribuée*, les tâches sont réparties pour concevoir à plusieurs selon Dillenbourg, Baker, Blaye et O'Malley (1995).

- **Mode de synchronisation**, par lequel les actions de chacun sont coordonnées selon Darses et Falzon (1996) : Lors de la *Co-conception*, c'est la *synchronisation cognitive* qui est privilégiée alors qu'en *conception distribuée* c'est la *synchronisation opératoire* relative à la répartition des tâches qui est mise en œuvre.

- **Awareness**, relatif à la conscience mutuelle de la situation, des choix arrêtés, des tâches à accomplir et des spécificités des collaborateurs selon Carroll, Neale, Isenhour, Rosson et McCrickard (2003) :

En *co-conception*, les acteurs privilégient la conscience des tâches des autres concepteurs au sein du processus et en *conception distribuée*, c'est la conscience

du contexte social de l'activité qui est nécessaire au bon déroulement de l'activité.

- **Grounding**, relatif à la gestion de points de vue pour la construction d'une intelligence collective commune de l'objet à concevoir. Selon Beers, Boshuizen, Kirschner et Gijsselaers (2006), Les collaborateurs travaillant sur une même tâche en *Co-conception*, il est nécessaire pour eux de se construire un *référentiel opératif commun*, ce qui n'est pas le cas lorsqu'il s'agit de *conception distribuée*.

- **Temporalité**, relative à la fréquence des échanges synchrones et asynchrones réalisés lors de situations de conception collective. Selon Maher, Paulini et Murty (2010), En *Co-conception*, ce sont les échanges synchrones qui sont privilégiés alors qu'en *conception distribuée* les échanges asynchrones se suffisent pour réaliser les tâches spécifiques à chacun des acteurs.

Partant de ces définitions, l'activité de conception passe, selon nous, autant par des moments où les concepteurs travaillent seuls que par des moments où ils *coopèrent* (*conception distribuée* ou *conception coopérative*), ou *collaborent* (*co-conception* ou *conception collaborative*).

### 2.1.6.1. MODELISATIONS DE L'ACTIVITE COLLABORATIVE EN CONCEPTION

Kvan (2000) modélise l'activité de collaboration sous la forme d'un processus itératif de négociation et d'évaluation, ponctué par des moments d'activités individuelles et parallèles des différents experts.

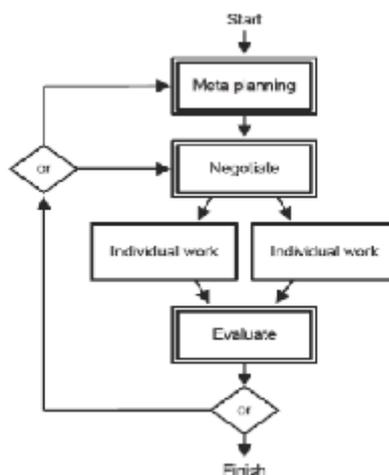


Figure. 6: Processus de collaboration selon Kvan (2000)

Pendant ces activités, les concepteurs travaillent sur leurs propres tâches avant de les resoumettre à leurs collaborateurs pour être négociées et/ou évaluées à plusieurs. (fig.6). Ce modèle expose un processus qui passe d'un espace de travail partagé à un autre espace de réflexion individuel. Il n'explique pas, par ailleurs, ce que les moments de négociation et d'évaluation impliquent dans la conception même de l'objet.

Chiu (2002) propose un modèle sous forme de cycle débutant par une phase initiale d'intention et s'achevant par une prise de décision finale (Fig.7).

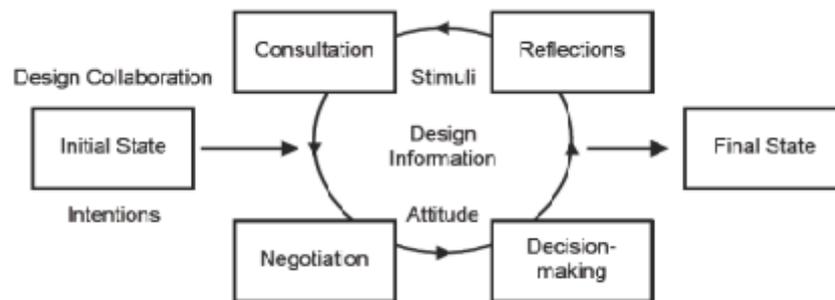


Figure7: Processus de collaboration selon Chiu (2002)

Suivant cette modélisation du processus de la collaboration (Fig.7), chaque cycle implique quatre phases : la consultation des données et des choix à prendre, la négociation de ces choix, la prise de décisions par rapport à un choix et enfin, la réflexion visant à le confirmer. Selon l'auteur, chaque cycle est enrichi par des stimuli et les attitudes des concepteurs ainsi que par des données qui concernent la conception de l'objet. Quand un cycle s'achève, un autre est déclenché. Par ce modèle, Chiu (2002) met en évidence l'importance de l'organisation et de la communication dans un cycle de choix arrêtés par consensus, mais, il n'inclut pas l'objet et ce que cela implique dans la réflexion des acteurs pour sa conception.

## 2.1.7. PLACE DES ECHANGES DANS LES ACTIVITES COLLABORATIVES DISTANTES EN CONCEPTION ARCHITECTURALE

### 2.1.7.1. IMPORTANCE DES COMMUNICATIONS VERBALES

Un problème majeur est soulevé par Gerbner (1956), celui *des différences culturelles entre les acteurs* qui, selon lui, jouent un rôle central dans la compréhension du sens des symboles transmis. Gerbner (1956) définit d'ailleurs la communication comme un processus d'échanges permettant l'émission, la transmission et la traduction des données relativement à un contexte. Ce contexte représente, selon lui, un stimulus

externe qui nourrit les représentations internes de la pensée des acteurs. Pour Montmollin (1997), la communication orale devient même une tâche à part entière pour les différents acteurs d'une même activité collaborative qui tendent à assurer une compréhension plus ou moins importante entre eux.

De même, pour Moles (1986), la communication est un partage de connaissances spécifiques à chaque individu qui dépend d'un contexte spatio-temporel et de canaux propres à chaque situation. Ces échanges assurent les interactions et permettent la synchronisation cognitive entre les différents collaborateurs (Moles, 1986).

D'autres auteurs comme Grice (1979) ou encore Sperber et Deirdre (1986) considèrent la communication verbale comme un processus de co-construction de sens partagé permettant à différents interlocuteurs de se comprendre. Ainsi, la communication devient un processus dynamique d'interprétation des échanges entre plusieurs collaborateurs.

Selon ce point de vue, la communication dans l'activité collaborative prendrait une place importante pour l'argumentation et l'explication de choix, ainsi que pour la négociation et les débats entre les acteurs du projet (Navarro, 1993 ; Bødker, 2000 ; Kan *et al.*, 2004).

Savoyant et Leplat (1983) distinguent différents types de communication orale entre les acteurs selon leur objet dans l'activité collaborative :

- des communications d'*orientation générale* : par lesquelles les acteurs définissent ensemble les directions principales des opérations ;
- des communications pour *commenter leurs activités* : par lesquelles les acteurs exposent leurs tâches et leurs points de vue sur leurs activités pour se coordonner ;
- des communications de *guidage* : par lesquelles les acteurs définissent les paramètres importants à prendre comme repères pour l'organisation et l'exécution de leurs tâches ;
- des communications de *déclenchement des opérations* : par lesquelles les acteurs annoncent le début d'exécution des opérations à réaliser ;
- des communications de *contrôle* : par lesquelles les acteurs contrôlent et vérifient l'ensemble des tâches à réaliser ainsi que leur coordination.

### 2.1.7.2. ROLE DES REPRESENTATIONS GRAPHIQUES

Reflétant un processus de précision des idées, les représentations graphiques évoluent en prenant d'abord la forme de croquis, de graphes et d'annotations. Elles sont ensuite « normalisées » et modélisées en 2D ou 3D par des outils de CAO et/ou de DAO afin d'être transmises au client (Arnheim, 1993). Plusieurs recherches visent à comprendre les usages de ces esquisses dans les activités collaboratives de la conception (Gero, 1998 a ; Perry *et al.*, 1998 ; Eckert *et al.*, 2003 ; Maher *et al.*, 2003 ; Gero *et al.*, 2004).

Lors des premières phases de l'activité de conception, les représentations graphiques du projet prennent généralement la forme de *croquis conceptuels* (formalisant des idées sans pour autant chercher à être normés), à la différence des *croquis synthétiques* (Leclercq *et al.*, 2007). Abstraits et ambigus, ils répondent à une approche essentiellement formelle d'une grande imprécision. L'importance de la représentation graphique dans la génération d'idées dépend semble-t-il du projet, du contexte, des concepteurs et de la phase dans laquelle elle se déroule. Elle ne reste pas moins nécessaire pour assurer la communication entre les concepteurs (Novak, 1998 ; Bucciarelli, 2002 ; Buzan *et al.*, 2003 ; Lee *et al.*, 2007).

Vinck (1995) et Jeantet (1998) ont montré que ces représentations graphiques jouent le rôle de média entre les acteurs de la conception prenant la forme de schémas, croquis, maquettes ou autres types de représentation. Elles sont appelées *objets intermédiaires*. Ces *objets intermédiaires* sont au cœur de l'activité collaborative de conception et ne sont pas complètement figés, mais évoluent tout au long du processus à partir des interventions et des interactions des acteurs (Finger *et al.*, 1995 ; Laureillard, 2000). Une caractérisation de ces objets a d'ailleurs été proposée par Vinck (1995) et Jeantet (1998) relativement à leurs propriétés et aux situations dans lesquelles ils sont utilisés.

Dans ce cadre, Jeantet (1998) modélise les différents types d'objets intermédiaires selon deux axes : un axe commissionnaire-médiateur et un autre ouvert-fermé (*fig.8*).



### 2.1.7.3. CAS DES ANNOTATIONS

L'échange de documents numériques, aussi bien en mode *synchrone* qu'*asynchrone*, a ouvert la porte aux pratiques d'annotations entre les différents collaborateurs de la conception. Ces annotations sont des moyens rapides et faciles à utiliser pour commenter un travail ou faire des propositions de croquis dans les activités collaboratives de conception (Boujut, 2003). Dans le cas de collaboration à distance, les outils pour l'annotation numérique donnent la possibilité à des concepteurs délocalisés de commenter, évaluer et discuter des documents mis en partage sur le net (Marshall *et al*, 1999 ; Baber *et al*, 2005 ; Guibert *et al.*, 2005). Ils tirent ainsi partie des nouvelles technologies numériques mises à disposition des agences et des bureaux de conception (Wolfe, 2002).

Ces systèmes d'annotation permettent de diminuer le temps que consacre le concepteur pour interpréter et traiter l'information qui lui a été transmise (Denoue, 2000). Par exemple, McMahon et Daves (2005) montrent la pertinence de ces systèmes dans le cadre de représentations 3D adaptées aux points de vue des diverses expertises.

Zacklad, Lewkowicz, Boujut, Darses et Détienne (2003) attribuent deux fonctions aux annotations : l'une fonction *critique* qui concerne l'évaluation et la revue de projet, l'autre fonction de *planification* qui concerne principalement la coordination du projet et sa gestion.

Ces outils sont pour la plupart utilisés pour la coordination et la résolution de problèmes bien définis plutôt que pour la création et la stimulation de nouvelles idées en conception architecturale.

Hisarciklilar et Boujut (2009), soulignent le caractère ambigu et abstrait de ces annotations transmises dans des activités collaboratives où les interactions sont continues tout au long du processus de conception. En s'alignant aux travaux de Zacklad, Lewkowicz, Boujut, Darses et Détienne (2003), ils distinguent trois types d'annotation :

- des annotations *argumentatives* qui sont créées pour renforcer ou formaliser le discours. Celles-ci peuvent avoir une fonction de critique et d'évaluation pour la conception ou de planification pour la coordination;
- des annotations *démonstratives* pour indiquer une zone, rajouter une information.
- des annotations *de rappel* pour mémoriser des éléments pertinents ou des références nécessaires à la réalisation du projet.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

L'état de l'art sur la conception collaborative montre la mise en exergue les concepts qui spécifient ces activités collaboratives. Ces activités reposent sur deux modes de *synchronisation*, l'une *cognitive* relative à la construction d'un contexte de connaissances partagées, l'autre *temporo-opératoire* relative à la répartition des tâches entre les différents collaborateurs. Ces synchronisations visent à construire une *conscience mutuelle* et une référence opératoire commune. (Falzon, 1994 ; Darses *et al.*, 1996 ; Darses, 1997 ; 2001). La *conscience mutuelle* est importante pour l'activité collaborative car elle permet aux collaborateurs d'interagir avec leur environnement et le groupe de concepteurs. La place du *référentiel opératif commun* qui contribue aux partages de compétences spécifiques à chacun et à l'acquisition de nouvelles compétences pour travailler à plusieurs.

Ces activités collaboratives peuvent être différentes selon le nombre d'acteurs, l'objet de l'activité, l'espace et le temps dans lesquels se déroulent ces interactions. Nous avons défini clairement les activités collaboratives à distance et synchrones entre différents concepteurs, lors de la phase d'esquisse. Cette phase est celle de l'émergence d'idées, de choix et de négociations. Réalisée à distance, elle requiert des outils spécifiques répondant à une dynamique d'échange (entre des verbalisations, des annotations et différents types de représentations graphiques), essentielle à la conception architecturale.

## **2.2. ETAT DE L'ART DE L'INSTRUMENTATION DES ACTIVITES COLLABORATIVES**

### **2.2. 1. METHODES D'ORGANISATION DES ACTIVITES COLLABORATIVES EN CONCEPTION**

Depuis quelques années, l'organisation des activités collaboratives en conception a beaucoup évolué. Cette organisation s'adapte au processus itératif spécifique à la conception architecturale et devient de moins en moins séquentielle. Elle ne se résume plus à un enchaînement linéaire d'un ensemble de tâches qui se suivent jusqu'à la réalisation du projet. Cette organisation linéaire se base sur une logique de phases, où chacune est indépendante des autres avec ses propres tâches et objectifs. Plusieurs recherches ont montré que ce type d'organisation limitait la compétitivité des entreprises par rapport au coût, à la main-d'œuvre et au processus créatif des acteurs (Brossard *et al*, 1997).

Selon Cross (2000), ces organisations ainsi mises en place dans les activités collaboratives tendent à assister la formalisation de procédés permettant aux concepteurs d'atteindre rapidement leurs objectifs en diminuant les redites dans leurs réflexions, par exemple. D'autres organisations facilitent l'externalisation des idées des concepteurs en encourageant la représentation graphique entre les acteurs. Ces représentations graphiques deviennent ainsi de possibles techniques de production d'idées au sein d'une activité collaborative.

Van der Lugt (2002) parle, par exemple, de la méthode *brainsketching* (relative à la méthode de *brainstorming*) qui consiste en une technique de génération d'idées utilisant les représentations graphiques comme principal moyen d'enregistrement de ces idées. Selon lui, ces représentations graphiques servent à stimuler les idées et les interprétations propres au concepteur ainsi que la réinterprétation des idées provenant des autres collaborateurs.

Par l'introduction de l'ingénierie concourante, une nouvelle organisation intégrée et simultanée a fait son apparition dans la gestion en conception. L'objectif de cette dernière est de réduire les délais et les coûts des projets et d'augmenter la performance des concepteurs. Cette méthode se base principalement sur la distribution parallèle des tâches et sur l'intégration conjointe des différents paramètres qui concernent le projet. Cette mise en parallèle de tâches permet d'avancer rapidement sur celles qui sont indépendantes.

En conception architecturale, certaines tâches (comme la conception de la façade) dépendent directement des résultats issus d'autres tâches (le dessin des plans, par exemple). Pour Prudhomme (1999), l'activité de conception architecturale est une activité collective, parallèle et intégrée, faisant interagir plusieurs acteurs autour d'un objectif commun. C'est pourquoi la mise en parallèle de tâches s'avère une méthode d'organisation plus difficile à appliquer dans le cas d'activités collaboratives en conception architecturale.

Plusieurs outils et systèmes d'organisation de l'activité collaborative ont été développés depuis, conduisant à une meilleure compréhension de la conception collaborative pour assurer son organisation (Achten, 2002). Ces réflexions ont été développées sur les spécificités des activités collaboratives en conception, en s'intéressant à leur aspect social (Kvan, 2000 ; Kalay, 2004 ; Evette *et al*, 2006).

### **2.2.2. OUTILS D'ASSISTANCE A L'ACTIVITE COLLABORATIVE ET DEVELOPPEMENT DU CSCD [COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE DESIGN]**

Les débuts des recherches effectuées dans le domaine des activités collectives et leur assistance informatique ont commencé dans les années 60. Parmi ces travaux, nous pouvons citer ceux d'Engelbart, plus précisément celui qui a été publié dans le cadre d'un rapport de recherche à l'Air Force Office en 1962 (Engelbart, 1962). Il décrit comment un ordinateur peut assister le travail en groupe. Selon l'auteur, l'ordinateur devrait résoudre ensemble des problèmes et prendre des décisions de manière plus efficace. Dans son introduction, Engelbart expose quelques-unes des disciplines ayant une pratique collaborative, y compris la conception qui, selon lui, pourrait bénéficier des avancées technologiques. Toutefois, il rejette immédiatement l'idée de développer des solutions spécifiques, « toutes faites », pour résoudre un problème spécifique au domaine. De là, sont apparus les premiers travaux qui concernent le CSCW « *Computer Supported Cooperative Work* ».

Un an plus tard, vers 1963 et pour la première fois, Coons écrit à propos de la nécessité d'une conception assistée par ordinateur qui permettrait l'interaction entre plusieurs utilisateurs (Coons, 1963). Ce travail a permis de jeter les bases de ce qui est appelé aujourd'hui le CSCD « *Computer Supported Cooperative Design* ».

Pour Coons, il est nécessaire que l'ordinateur puisse aider plusieurs concepteurs à converser et à effectuer des calculs à travers des postes connectés pour éviter des problèmes de décalage et d'incompréhension.

A la même période, le premier système graphique interactif appelé « Sketchpad » a été inventé par Sutherland (1963). Pionnier, ce système a été développé au MIT Lincoln Laboratoire et permettait à ses utilisateurs de dessiner et d'interagir directement sur un écran de neuf pouces à tube cathodique (CRT). Le travail de Sutherland constitue la base de toutes les interfaces graphiques modernes et est souvent repris dans le cadre de conception de table graphique. Ces systèmes développés à partir des idées de Sutherland ont renforcé sensiblement la collaboration.

Toutes ces visions avant-gardistes ont participé au développement de ces deux champs, le CSCW et le CSCD, pour les années qui suivent. Toutefois, étant donné que les travaux d'Engelbart (1962) et Coons (1963) traitent principalement des situations théoriques, leur réponse pour spécifier un système unifié a été intuitive et utopique. Néanmoins, ces travaux ont ouvert la porte à de nouvelles recherches sur les assistances du travail en groupe. Ainsi, outre les recherches sur les CSCW et les CSCD, il y a celles qui concernent : la communication médiatisée par ordinateur (Computer Mediated Communication, CMC), le soutien informatique au travail de groupe (Group Support Systems, GSS) ou encore les systèmes de support aux réunions à distance (Electronic Meetings Systems, EMS).

Durant les années 80, des recherches sur l'utilisation de systèmes de gestion de bases de données accessibles par des applications de CAO pour le bâtiment ont fait leur apparition (Quinrand *et al.*, 1985 ; Guéna *et al.*, 1986). Comme exemple le système X2A développé par le Centre d'Informatique et de Méthodologie en architecture, l'Université de Savoie, L'INSA de Lyon et l'École des Mines de Saint Étienne (Guéna *et al.*, 1988). Ce système était composé de plusieurs outils : un modelleur graphique interactif, un outil d'évaluation technique et un outil de visualisation, qui partageaient une unique base de données mémorisant les caractéristiques des objets constituant un projet de bâtiments (murs, fenêtres, portes, etc.) ainsi que les relations qu'ils entretiennent (par exemple une fenêtre perce un mur, etc.).

C'est lors d'une conférence tenue à Portland, en 1988, que Bødker publie un document intitulé « *Computer Support for Cooperative Design* » dans lequel il définit la conception coopérative comme étant un type de travail coopératif (Bødker, 1988). C'est à partir de cette publication que la distinction entre le CSCW (s'intéressant aux activités collectives en général) et le CSCD (se focalisant sur les activités de conception collective) s'est faite construite.

Pendant que d'autres recherches tendaient déjà à analyser les effets de l'activité collective et de ses nouveaux outils sur le travail en général et le processus de conception architecturale, en particulier (Gabriel *et al.*, 2002). Leur centre d'intérêt porte sur la façon dont les personnes travaillent ensemble et ses conséquences sur le comportement du groupe. Les outils développés dans ce cadre et dont l'objectif est d'assister le travail à plusieurs sont reconnus sous le nom de *groupwars* (ou collecticiels).

Selon Palmer, Burns et Bulman (1994), un collecticiel est « un système qui intègre le traitement de l'information et les activités de communication dans l'objectif d'aider les utilisateurs à travailler ensemble au sein d'un groupe ». Internet est au centre de tous ces outils, facilitant leur émergence et leur déploiement dans les entreprises et au sein de l'activité (Levan *et al.*, 1994).

Selon Frayret, D'Amours F, et D'Amours S. (2003), internet est considéré dans ce cadre comme un outil «facilitateur de la mise en place de cadres de transaction et d'opération» entre l'ensemble des collaborateurs (Frayret *et al.* 2003).

Pour classer l'ensemble de ces outils et les répertorier, différentes typologies ont été proposées. Par exemple, Hubert, Thai et Nogier Molly-Mitton (1995) proposent deux classifications de ces collecticiels :

- La première est *relative à leur évolution dans le temps* (fig.09). Cette première classification permet de montrer l'évolution des outils aidant le travail en entreprise et qui étaient proposés sur le marché relativement au développement des technologies dans le domaine informatique. La figure 12 montre que, du passage du micro-ordinateur (entre les années 1980 et 1985) aux systèmes permettant l'interactivité (via des systèmes tels que la visioconférence), différents outils ont été mis en place cherchant à assister les activités collectives au sein des entreprises.

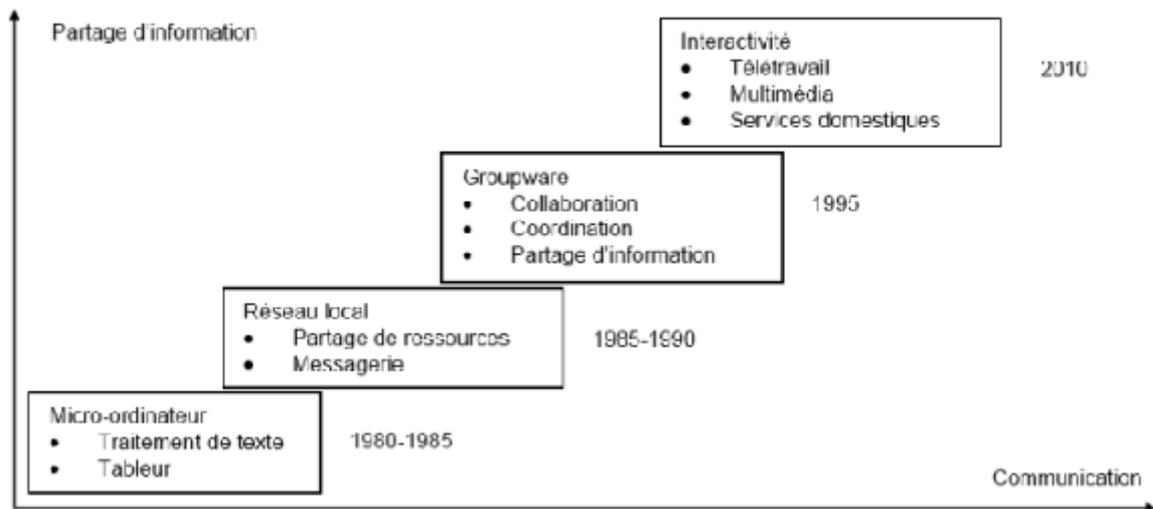


Figure 9: Classification des collecticiels relativement à leur évolution temporelle, selon (Hubert *et al.* 1995)

- La deuxième classification est *relative à leur fonctionnalité* dans le processus du travail collectif (fig.10). Ainsi quatre axes ont été définis par ces auteurs représentant les fonctions qu'assistent ces outils : 1-*le partage de ressources*, 2- *le partage d'informations*, 3-*la coordination*, 4-*la communication*.

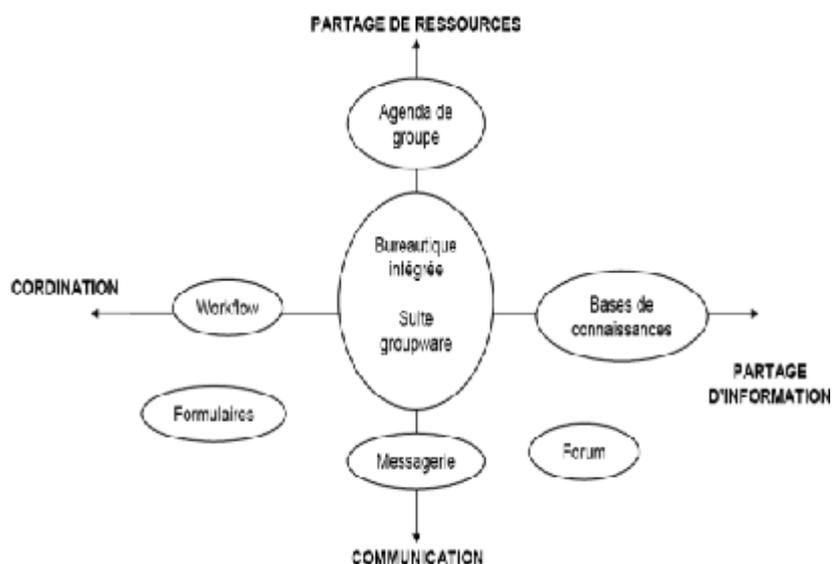


Figure 10 : Classification des collecticiels relativement à leur fonctionnalité, (Hubert *et al.*1995)

Une autre classification a été proposée par Cardon (1997) sous le nom des « sept familles du CSCW » (Cardon, 1997). Ces modèles familiaux révèlent des ensembles différents de collecticiels dont 1-*les espaces de dessins partagés* (videodraw,

Team Work Station, Digital Desk), 2-les *media space* (Cavecat, Rave, Collab, Video Window, Telecollaboration, Kasmer, Audiospace), 3- les *outils coopératifs asynchrones* (Workflow management system : Lotus Notes, Link Work, Coordinator), 4- les *P.C. coopératifs* : Cruiser, Portholes, Conference Desk, Montage, Forum), 5- les *tableaux électroniques* (LiveBoards, Smart), 6-les *systèmes de réunions électroniques*(Colab, Cognoter, GroupSystems, l'Amsterdam Conversation environnement, Dolphin), 7-les *environnements virtuels* (Cooperative Virtual Environnement : Dive, Massive, Freewalk, SecondLife).

Mais la classification la plus récurrente en matière de collecticiels reste celle mise en place par Johansen (1988) puis reprise par Ellis, Gibbs et Rein (1991) et Gaver (1992). Cette classification *spatio-temporelle* est relative à l'espace qui réunit l'ensemble des collaborateurs, mais aussi à la temporalité des échanges (Tableau. 2).

	Co-présence	Distance
Synchrone	Réunion en co-présence Tableau blanc Affichage commun	Téléphone Tchat Partage d'écran Vision conférence E-room
Asynchrone	Serveur de documents E-mails Post-it	Serveur de documents E-mails BIM

Tableau 2: Répartition des collecticiels relativement à la matrice Espace/Temps définie dans le champ du CSCW (Gaver, 1992)

Selon les auteurs, d'une part, il y a des collecticiels qui assistent des activités collaboratives en co-présence (c'est-à-dire se déroulant dans un même lieu, par exemple : les post-it, les tableaux blancs pour des réunions en Co-localisé, etc.), et des activités collaboratives se déroulant à distance (c'est à dire dans des lieux différents, par exemple : les serveurs, le téléphone, ou les systèmes de visioconférence). D'autre part, parmi ces collecticiels, il y a ceux qui offrent des fonctionnalités permettant d'interagir de façon synchrone sur les systèmes de visioconférence ou *MSN Messenger* pour des activités collaboratives à distance, ou les tableaux blancs lors d'activités collaboratives se déroulant en

co-présence. D'autres permettent les échanges asynchrones, les post-it, pour des activités collaboratives en co-présence.

## **CONCLUSION**

Dans ce chapitre nous avons pu mettre en exergue les concepts qui spécifient ces activités collectives. Ces dernières reposent sur deux modes de synchronisation, l'une cognitive relative à la construction d'un contexte de communication partagée, l'autre temporo-opérateur relative à la répartition des tâches entre les différents collaborateurs. Les activités collaboratives peuvent être différentes selon le nombre d'acteurs, l'objet de l'activité, l'espace et le temps dans lequel se déroulent ces interactions. Identification des activités à distance et synchrones entre différents concepteurs lors de la phase de conception. Enfin nous avons montré la place et l'importance des communications verbales et des représentations graphiques, comme le cas des annotations. Des méthodes et des outils, les collecticiels, sont utilisables aujourd'hui pour assurer la coordination, gérer les tâches et permettre la conception collaborative asynchrone entre plusieurs acteurs-concepteurs géographiquement séparés.

# CHAPITRE N° 3

## LA COLLABORATION

## CHAPITRE N° 3: LA COLLABORATION

*« In architectural terms, collaboration involves the design disciplines working together, often with the architect as lead designer – sharing knowledge, learning from each other, and building a project that reflects a consensus that this is the best solution. Collaboration among disciplines is an approach that acknowledges the process of design development: it depends on the analysis of problems and an iterative feedback of design solutions and options to the entire team, so that collective decisions are made at each stage. This requires a methodology of presentation where the logic of design moves is explained – transparent and open for comment. »*

*« The world we live in is the world engineers have made the world we see is the architect's. How could we possibly expect such people to get along? ».*

### INTRODUCTION :

La collaboration 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 c'est la principale distinction avec la coopération. La collaboration entre architecte et ingénieurs est un défi pour la réussite de la conception d'un projet. La conception architecturale est une activité complexe qui intègre différents domaines de compétence, tels que l'ingénierie, l'écologie, l'ergonomie, ou la sociologie et cela dès les premières phases de conception. En plus, confrontés à la concurrence, aux délais de rendu et aux exigences qualitatives et réglementaires de plus en plus complexes et difficiles, les agences d'architecture innovent en matière de démarches interdisciplinaires associant diverses compétences nécessaires pour la réalisation du projet.

### 3.1. LE CONCEPT DE COLLABORATION

Le concept de collaboration s'associe directement à la *raison communicative* et, par conséquent, au courant *socioconstructiviste*. La collaboration correspond à :

*Ce cadre dynamique dans lequel des activités conjointes sont effectuées, à l'intérieur d'échanges interactifs réunissant au moins deux collègues, qui communiquent pour atteindre des buts communs, dans un contexte d'interdépendance et de parités. (Little, 1992 ; Weich, Sheidan, 1995).*

Compte tenu de l'abondante littérature entourant ce concept et de la polysémie conceptuelle autour de termes *apparentés*, il convient d'apporter certaines distinctions, particulièrement en regard des concepts de *collaboration*, de *coopération*, de *partenariat* et de *collégialité* (Tableau. 3). Ici, le but consiste essentiellement à préciser certaines nuances pour

enrichir notre compréhension des éléments qui distinguent ces notions, afin de concevoir avec clarté ce qu'est la « véritable collaboration ».

### 3.1.1. DISTINCTION ENTRE *LES CONCEPTS APPARENTES* AU CONCEPT DE COLLABORATION

La collaboration nécessite *un partage dynamique* en lien direct avec *le principe de synergie*, pour accomplir ce qu'un individu n'aurait pu réaliser seul ou faire aussi bien: *la collaboration est essentiellement axée sur le processus*. Le lien qui unit les membres dans un groupe de collaboration correspond au plus haut niveau d'*interdépendance* qui puisse exister entre des acteurs. *La collaboration* nécessite que les acteurs *partagent un but commun*, même si l'accent est mis davantage sur la direction et la valeur de l'acte lui-même, plutôt que sur le but proposé (Bateson, 1977).

Le processus collaboratif s'attarde donc aux différentes étapes pouvant conduire à l'atteinte des résultats *Le processus collaboratif* s'attarde donc aux différentes étapes pouvant conduire à l'atteinte des résultats. La collaboration se caractérise par *une relation paritaire* entre les membres d'un groupe ce qui n'est pas nécessairement le cas dans d'autres types d'échange. La collaboration se situerait davantage à l'interne, dans un contexte naturel d'échanges, entre deux parties qui ne se côtoient pas naturellement, mais qui, dans une perspective d'avancée commune, décident de s'unir pour atteindre un même objectif.

Concepts	But commun	Parité	Interdépendance	Élément cible
<b>Collaboration</b>	oui	oui	oui	processus
<b>Coopération</b>	variable	oui	variable	résultat
<b>Partenariat</b>	oui	variable	oui	processus/résultats
<b>Collégialité</b>	variable	oui	variable	processus

Tableau 3 : Distinction entre les concepts apparentés au concept de collaboration  
(D'après l'auteure, inspirée de Sparks et Loucks-Horseley, 1989)

### 3.1.2. LES PRINCIPALES NOTIONS LIÉES A LA COLLABORATION L'INTERDÉPENDANCE ET L'INTERACTION

Les propos du Tableau. 4, présentent la collaboration en fonction de ses principaux axes, notamment en abordant *les notions d'interdépendance* et *d'interaction* sous les pôles « d'action » et « relationnel ». La représentation illustrée ci-après constitue une extrapolation des propos de Friend et Cook (1996) et de Little (1990a), en fonction de l'interprétation que font ces auteurs de la collaboration.

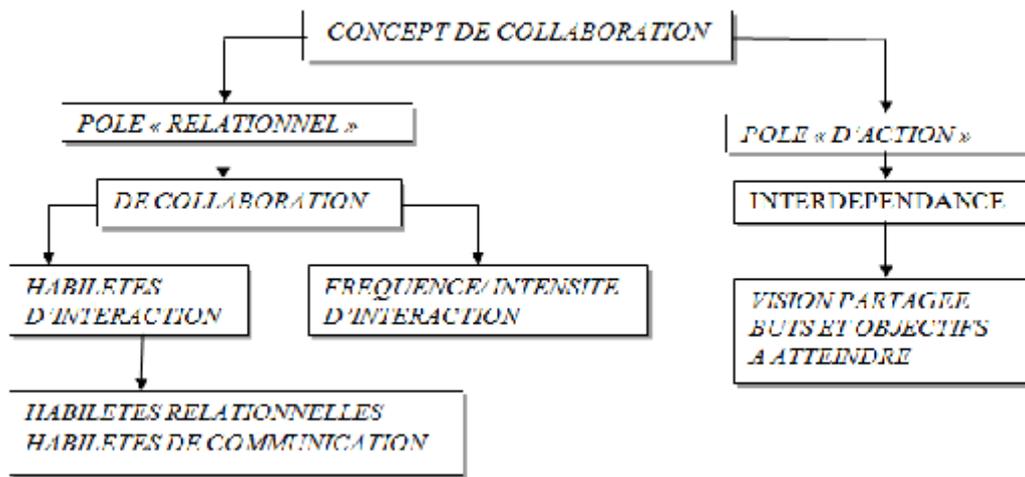


Tableau 4 : Représentation du concept de collaboration (Friend et Cook, 1996) et ( Little, 1990a)

Dans l'action, le processus de collaboration serait déterminé par *l'interdépendance*, elle-même tributaire de la réalisation de buts communs, pris dans le sens d'un cheminement « *processural* » (Friend et Cook, 1996) et (Little, 1990a) indique que les acteurs qui collaborent véritablement s'investissent dans des travaux conjoints.

### 3.1.2.1. LA NOTION D'INTERDÉPENDANCE

La collaboration nécessite *un haut niveau d'interdépendance*; c'est-à-dire que les *objectifs visés sont communs* et que leurs atteintes nécessitent la collaboration de tous les membres du groupe (Little, 1990a). Pour Sagoi et Saltiel (1998), « *l'interdépendance* peut être définie comme étant la vision partagée, c'est-à-dire les buts et objectifs communs poursuivis par les collaborateurs ». Dans une perspective socio dynamique, le concept d'interdépendance correspondrait au processus menant à l'atteinte d'un but commun, par la relation d'un individu avec un autre, ou avec d'autres. *Le but commun*, ou *la vision partagée*, constitue le *ciment* qui unit les personnes entre elles à travers leur relation de collaboration. L'intensité de partage de cette vision détermine souvent le succès du processus de collaboration (Saltiel, 1998). Les acteurs qui collaborent doivent partager au moins un but. L'interdépendance implique le partage des responsabilités en vue de la réalisation d'un travail ou d'un projet donné, qui peut être *en lien direct avec la conception*. Cette distribution équitable intervient au premier plan dans le cadre de travaux conjoints réalisés par des acteurs (Little, 1990a).

Ces derniers peuvent, par exemple, mener une recherche-action sur un même thème dans leur classe respective. En ce sens, on observe que les acteurs partagent un but commun. Ils doivent, pour mener à bien leur projet de conception, partager les difficultés qu'ils

*rencontrent et profiter des retombées positives liées aux discussions et aux échanges : leurs expériences deviennent complémentaires.* Dans ce contexte, le but visé a suffisamment de sens pour inciter l'acteur à investir temps et énergie à la collaboration (Friend et Cook, 1996).

### **3.1.2. 2 LA NOTION D'INTERACTION**

La collaboration se distingue par une forme d'interaction caractérisée par l'intensité et la fréquence élevée des rencontres directes (Little, 1990a). Donner un conseil à un autre acteur constitue une forme d'interaction de faible intensité et ne donne pas lieu à une collaboration à proprement parler, puisqu'il s'agit d'un contact ponctuel suscitant un faible niveau d'engagement. L'interaction entre deux personnes, au sens strict, se définit généralement comme « l'action réciproque qui existe entre ces individus » (De Villers, 1998).

Les interactions et, par conséquent, les rencontres directes, au sein des groupes qui s'impliquent dans des travaux conjoints, sont intenses et fréquentes (Little, 1990). Dans ce contexte, l'intensité d'interaction fait intervenir un engagement profond entre les personnes. Effectuer un travail conjoint afin de concrétiser un processus de conception nécessite une relation intense entre les acteurs en situation de conception. Il importe de distinguer les notions d'interaction et de relation: l'interaction se définit par des rencontres significatives entre individus, mais qui peuvent rester ponctuelles; la relation, pour sa part, constitue une suite d'interactions qui se déroulent dans le temps. La relation implique la manifestation par les personnes de leurs attentes, de leurs affects et de leurs représentations spécifiques (Hartup et Rubin, 1986).

### **3.1.2.3. LES HABILITES D'INTERACTION**

Parmi les habiletés interpersonnelles ou d'interaction se retrouvent *les habiletés ou capacités de communication* et de relation. Elles constituent les fondements de tout processus de communication, en assurant sa viabilité (Friend et Cook, 1996). En effet, toute *action collaborative se subordonne à l'efficacité de la communication* (Johnson, 1991). Les habiletés de communication, dont font partie la rétroaction, l'écoute active et le questionnement, se trouvent intimement liées aux capacités relationnelles de bienveillance, d'ouverture, d'empathie, ainsi qu'à la capacité de résoudre collectivement des problèmes.

L'écoute active serait aussi déterminante pour assurer le succès de la communication entre acteurs. Elle se définit comme un « processus menant à une compréhension adéquate de ce qu'une autre personne veut dire et à la manifestation de cette compréhension » (Johnson,

1991). *L'écoute active* procure l'information nécessaire et pertinente à la poursuite de l'activité de collaboration, ainsi qu'à la réalisation d'actions appropriées. *L'écoute active* se manifeste de trois Façons: on observe que la personne utilise des thèmes ou des mots clés qui servent à schématiser l'information, qu'elle *classifie l'information* en catégories et qu'elle *prend des notes* pour se remémorer les détails.

*L'aptitude à poser des questions* fait aussi partie des habiletés permettant d'améliorer *la qualité de la communication*. Elle sert à recueillir davantage d'informations durant l'interaction, en particulier durant *les rencontres de collaboration*. Un acteur possède la maîtrise de cette habileté lorsqu'il formule des questions judicieuses et lorsqu'il intervient au moment opportun. La qualité des relations interpersonnelles apparaît comme un élément clé de Toute interaction collaborative et, par conséquent, d'un développement des personnes à l'intérieur de ce processus de collaboration (Battistich, Solomon et Delucchi, 1993).

#### **3.1.2.4. LA NOTION DE LA MAITRISE EMOTIONNELLE**

Selon Daniel Goleman (1998), « *Il ne s'agit pas de quotient intellectuel, de diplômes ou d'expertise technique, mais d'améliorer nos compétences personnelles – le self-control, la motivation, l'intégrité et nos compétences sociales. la capacité de communiquer, d'évoluer, de stimuler les autres en nous apprenant à gérer nos émotions dans le cadre du travail* » (Golman, 1998). Toutes ces qualités sont nécessaires pour l'architecte, qui est le chef d'orchestre d'une équipe composée de plusieurs acteurs-concepteurs, et ces collaborateurs dans le but d'atteindre une collaboration optimale.

La maîtrise-émotionnelle est l'une des qualités fondamentales dans la construction de la personnalité de l'être humain. Cette bonne caractéristique, la maîtrise émotionnelle, du comportement de l'individu peut être une plateforme du savoir pour échanger et communiquer avec les autres collaborateurs dans un aspect actionnel et relationnel.

### **3.2. LES ACTIVITES DE COLLABORATION**

#### **3.2.1. LA COOPERATION**

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 « *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» (CERISIER, 1999).*

Dans une organisation coopérative absolue, il n'y aurait pas 'd'acteur pivot'. Les acteurs interagiraient jusqu'à se mettre d'accord sur la solution satisfaisante. Cette hypothèse est soutenue par A.Tzonis sous l'intitulé de 'collaborative design' (TZOMIS, 2000). La disparition de l'acteur pivot serait rendue possible grâce à l'assistance d'outils intelligents qui prendraient en charge les questions de coordination et, dans une certaine mesure, les questions d'intégrations des points de vue. Selon cette hypothèse, la conception serait distribuée auprès d'acteurs qui sauraient trouver, au moyen d'assistants intelligents intégrés dans les outils informatiques, un rôle collectif d'architecte » (Hanrot, 2003).

### **3.2.2. LA COORDINATION**

La coordination est une activité partagée. La coordination est un enjeu constant pour anticiper les conflits, les résoudre, et pour articuler les stratégies et les pratiques des intervenants. La coordination est une fonction partagée et négociée. Le problème de la coordination est posé depuis plusieurs décennies dans l'industrie, et la science des organisations développées par les Américains se posait la question très précise des coordinations, à l'intérieur même d'une entreprise, entre les services de production, les services commerciaux, les services de développement, etc. Il ne s'agit pas d'une question nouvelle, mais, en revanche, la question se pose de manière spécifique au monde du bâtiment, en ce sens qu'on produit souvent des prototypes.

### **3.2.3. LA COMMUNICATION**

La communication est une activité de collaboration. Cette activité entretient un double rapport : d'une part, la communication, directe, verbale ou non verbale, est un médiateur essentiel de la collaboration, d'autre part, il est nécessaire de coopérer pour dialoguer, en fournissant au partenaire et en prélevant dans la situation des indices visant à gérer le bon fonctionnement de la communication (falzon, 1994). La communication en conception varie selon plusieurs dimensions : son mode (asynchrone ou synchrone), son type (communication directe entre les acteurs ou indirecte, par des modifications des représentations de l'objet), son contenu (sur le problème ou le processus) et sa structure (quels types de réseau de communication) (Maher et al., 2010) .

La communication est par essence multimodale, c'est-à-dire qu'elle est portée à la fois par le discours verbal et par d'autres modalités de communication que sont les dessins,

les gestes ou les directions du regard. La communication est pluridisciplinaire, dans le sens où elle sert plusieurs objectifs en même temps (Falzon, 1994).

Selon Tardif (1992), la communication nécessite des connaissances de base pour pouvoir communiquer. Les recherches en psychologie cognitive montrent qu'il existe trois types de connaissances: *les connaissances déclaratives, les connaissances procédurales, et les connaissances conditionnelles*.

- ✓ *Les connaissances déclaratives* correspondent au savoir théorique. En fait, ces connaissances sont souvent ce qu'on peut apprendre par cœur. À l'école, une grande part de ce qu'on enseigne est de type déclaratif.
- ✓ *Les connaissances procédurales*, comme le terme l'indique, concernent les procédures; il s'agit ici de savoir comment faire. Les connaissances procédurales ont en effet la propriété de s'automatiser; à force d'exécuter une marche à suivre, cette dernière ne requiert plus qu'un minimum d'attention, un minimum de charge cognitive. Dans l'univers scolaire, on enseigne aussi des connaissances procédurales, comme calculer une division avec des décimales.
- ✓ *Les connaissances conditionnelles* concernent les connaissances requises pour savoir quand avoir recours aux autres connaissances. Il s'agit ici de connaître les conditions d'application de telle ou telle connaissance, et surtout de savoir reconnaître ces conditions dans une situation nouvelle. Devant un problème de mathématiques, reconnaître le besoin d'effectuer une division relève de ce dernier type de connaissances. Pour Moffet (1993) comme pour Tardif (1992), ce sont les connaissances conditionnelles qui sont responsables du transfert.

### **3.2.4. LA COLLABORATION**

La collaboration est une modalité d'action qui va au-delà de l'action individuelle en s'inscrivant explicitement dans une dynamique d'action collective. Selon Vitruve, L'« *Architect is a multi-cultural man with a different knowledge in a various field* ». L'architecte est l'intégrateur du savoir et coordonnateur des différentes tâches. Cette qualité lui permet de gérer l'information, variable de la conception, entre ses collaborateurs.

En accord avec Antoine Picon, « *La collaboration entre architectes et ingénieurs constitue un enjeu essentiel des mutations conceptuelles et organisationnelles de la fabrique*

*du projet architectural* » (Picon, 1997). Ainsi, la fabrique du projet s'étale sur un processus qui démarre de la programmation (défi des contraintes) et continue jusqu'à sa réalisation avec l'assistance des concepteurs, architectes et ingénieurs.

On dit qu'il y a collaboration quand un groupe organisé d'acteurs oriente et négocie ses interactions collectives vers une finalité dont chacun sait qu'elle ne pourrait être atteinte par un seul acteur. La collaboration, gérée par le travail collaboratif, implique un engagement mutuel des individus dans un effort coordonné pour effectuer une tâche ensemble un même problème. Aujourd'hui, le travail collaboratif revêt d'une dimension technologique forte et identifie comme un « *ensemble de méthodologies et outils issus des TIC qui permettent à des acteurs de réaliser une œuvre commune en partageant des idées des informations et des résultats* » (Observatoire, e-collaboration).

La collaboration s'entend en fait par une situation de travail collectif où tâches et buts sont communs. Chacun des membres du groupe travaille ainsi sur les mêmes points. Il va en effet plutôt s'agir ici de fusionner les contributions individuelles dans l'action. La responsabilité est donc ici collective et incombe au groupe tant que totalité.

Ce mode de travail collectif engage par conséquent une communication régulière entre les membres du groupe et une cohérence globale avec condition nécessaire de l'efficacité de l'action et donc de l'atteinte de l'objectif commun fixé.

Les aspects collaboratifs de la conception collective demandent des activités cognitives spécifiques, notamment de coopération, de coordination, de communication, de synchronisation et de résolutions de conflits. Toute collaboration est un processus de réunions au sein de laquelle tous les acteurs, Concepteurs, sont réunis pour trouver une solution à un problème. Le but de ces réunions est de prendre des décisions communes. Selon Oxford Dictionnaire Anglais, *le concept de coopération* est ancien de la première instance datant de 1616. Selon Steiner, *le concept de collaboration* apparaît dans la langue anglaise seulement en 1860. Ce concept accomplit un processus de conception architecturale qui est l'objet des réunions de collaboration pour atteindre un but commun.

La collaboration est une activité du travail collectif assurée par plusieurs acteurs, concepteurs, pour atteindre un but commun et résoudre un problème. La collaboration est assurée par un processus de conception itératif entre architecte et ingénieurs pour l'activité de

conception architecturale. Cette activité combine l'activité collective et l'activité individuelle en termes de compétence, de savoir et de savoir-faire. Le processus de la collaboration peut être géré par le recours à des outils de partage.

Ce type de partage est assuré par des instruments définis en Ergonomie cognitive par les concepts tels que : Synchronisation cognitive, Synchronisation temporo-opératoire, conscience mutuelle, référentiel opératoire commun, (Darse, Falzon, 1996). La synchronisation cognitive dépend des données et des connaissances à partager et de l'hétérogénéité des domaines de compétence des collaborateurs, (Darse, Falzon, 1996).

L'architecte et ses collaborateurs (ingénieurs de structure d'équipements, de façades.....etc.) utilisent tous internet et différents outils de communication englobés par les TIC qui appartiennent à l'internet. L'« *Internet est un ensemble de réseaux, interconnexion de réseaux, un réseau est un ensemble de connexion d'ordinateurs [Utts 0802111\_dabous\_stand (vidéo)]. « Les TIC englobent les ordinateurs, les logiciels, et réseaux. leurs buts sont de faciliter la visualisation, entre l'échange et la gestion des informations du projet » (Richard et al, 2000)*

Pour notre travail la collaboration est un tout, regroupant un ensemble de personnes qui peuvent intervenir tant qu'élément individuel dans un groupe. La collaboration est assurée par des outils de la famille des TIC tels que : les outils de communications, les outils de consultation et de partage d'informations, et de coordination.

Selon Levan (2004), la *collaboration* est considérée comme *l'intrication de trois processus complexes*, distincts dans leurs finalités respectives, mais interdépendantes :



Fig. 11: La Collaboration Capteur d'écran des trois processus complexes, (Levan, 2004) [source : auteur]

- ❖ Le premier processus de base, celui sans lequel les deux autres ne peuvent s'effectuer, est la communication. Pour simplifier, ce processus permet les interactions entre individus (acteurs/ sujets) dans un groupe. (Levan, 2004)
- ❖ Le deuxième processus, rendu possible par la communication, est la coopération. Pour simplifier encore, ce processus permet le partage et la mutualisation de ressources utiles pour la co-action (action à plusieurs, action collective qui ne repose pas nécessairement sur un objectif unique et partagé). L'exemple type est la communication/ coopération que l'on retrouve dans une communauté de pratique (Levan, 2004).
- ❖ Le troisième processus, optimisé et rendu possible par la communication et la coopération, est la coordination. Toujours pour simplifier, ce processus permet la synchronisation d'acteurs et d'actions en interdépendance dans le cadre d'un processus de travail. Autrement dit, dans le cadre de ce que j'appelle souvent une "activité collective, conjointe et finalisée". Contrairement à la coopération, la coordination repose nécessairement sur un objectif unique et partagé. L'exemple type est la communication/ coopération/ coordination que l'on retrouve dans une équipe projet (Levan, 2004).

La *collaboration* correspondait à ces "3C". Trois processus bien distincts qu'il est d'ailleurs facile de repérer, quotidiennement, sur le terrain de nos organisations à travers nos activités quotidiennes. Il existe un *processus cyclique de la collaboration* dans lequel on peut identifier 4 phases comme l'indique le schéma suivant duquel découle une *lecture pratique de la collaboration*.

Selon Levan (2004), « Il y a collaboration quand un groupe organisé d'acteurs oriente et négocie ses interactions collectives vers une finalité qui ne pourrait être atteinte par un seul acteur. » (Levan, 2004). La collaboration est produite par les actions de caractéristiques suivantes : *Actions orientées* (finalisées), *négociées* (discutées) pour permettre le *partage des sources* (coopération), la mise en œuvre de routine de *synchronisation* dans l'action (coordination).

La collaboration « est un travail en commun ; un travail entre plusieurs personnes qui génère la création d'une œuvre commune » (le petit Robert, 1995). Tandis qu'un « travail collaboratif désigne un nouveau mode de travail où se joignent de nombreuses

personnes (qui peuvent ne jamais se rencontrer physiquement) au moyen de technologies de l'information et de la communication » (Levan, 2004).

Nous parlerons de travail collaboratif lorsque la cible commune du travail d'une équipe consiste, outre le travail en groupe, en la réalisation d'un objet final. Par travail collaboratif, nous désignons donc, d'une part, la coopération entre les membres d'une équipe et, d'autre part, la réalisation d'un produit fini : Internet apparaît alors comme l'outil *adéquat* pour mettre en œuvre des actions « *collaboratives* ». En effet, les fonctionnalités de communication et de consultation sont utilisées dans le travail collaboratif pour la partie coopérative.

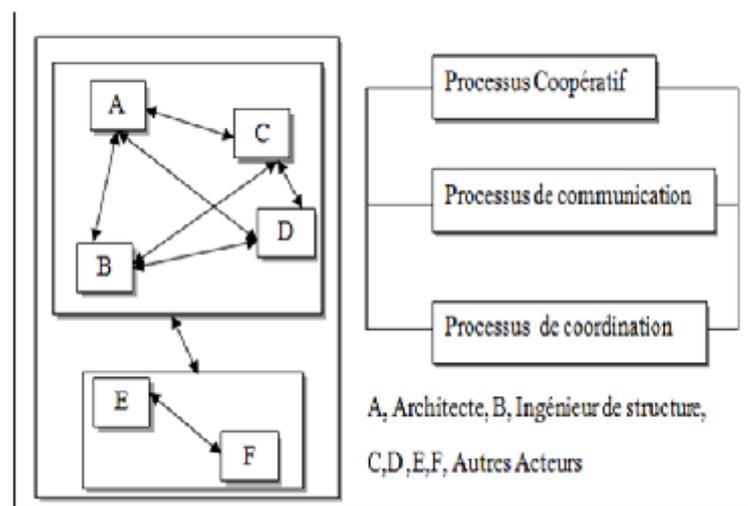


Fig. 12 : La Collaboration, Intrication de 3 Processus. [Source : Auteur]

La distinction que nous faisons entre la communication et le travail collaboratif se situe en termes d'objectifs. Communiquer est une fin en soi et ne donne pas forcément lieu à des réalisations visibles par tous alors que, dans un projet collaboratif, le but est de créer quelque chose en groupe et notamment en communiquant. *La communication est alors un moyen et non pas une fin en soi* (Levan,2004).

### 3.3. LE SYSTEME DE TRAVAIL COLLABORATIF

« *Un système de travail collaboratif est un système informatique qui regroupe plusieurs utilisateurs répartis au sein de différents groupes. Ce système facilite la prise en charge d'activités communes aux membres d'un groupe et fournit une interface pour un environnement partagé.* » (Levan, 2004).

### **3.3.1. TRAVAIL COLLABORATIF ASSISTÉ PAR ORDINATEUR, (TCAO), ET COLLECTICIEL**

Le domaine du *Travail Coopératif Assisté par Ordinateur* (TCAO) a pour thème d'étude les systèmes interactifs multiutilisateurs permettant à plusieurs utilisateurs de travailler ensemble. Les termes *collecticiel* et *synergiciel* désignent ce type de *système interactif*. La terminologie anglo-saxonne emploie les termes de *groupware* pour désigner un collecticiel et de *Computer Supported Cooperative Work* (CSCW) pour désigner le domaine du TCAO. Le TCAO est le domaine qui étudie la conception, la construction et l'utilisation des collecticiels. Le TCAO est un domaine de recherche multidisciplinaires et impliquant :

- ✓ Les sociologues, les psychologues, les ergonomes et les informaticiens, etc.
- ✓ Les outils mis en jeu dans ce domaine dépassent de loin l'ordinateur :
- ✓ La téléphonie, les messageries, la vidéo et les systèmes d'imagerie, la réalité virtuelle.

### **3.3.2. Les outils de la mise en œuvre du TCAO**

#### **3.3.2.1. DISCUSSIONS ASYNCHRONES**

- ✓ Possibilité de créer des forums de discussions ou des mailings listes
- ✓ Possibilité de choisir le type de modération : aucune, limitée, restrictive, etc.
- ✓ Création de messages à partir du système ou du client email

#### **3.3.2.2. Discussions SYNCHRONES (INSTANT MESSAGING ET CHAT)**

- ✓ Possibilité de voir les membres présents on-line et d'initier un dialogue
- ✓ Exportation dans un fichier texte les échanges
- ✓ Création de salle de chat sur des sujets spécifiques avec des membres sélectionnés
- ✓ Capitalisation des échanges via le chat

#### **3.3.2.3. WEB CONFERENCING (PARTAGE D'APPLICATIONS)**

- ✓ Possibilité de créer un web conférence : intégration de données audio, vidéo.
- ✓ Partage d'application pour la co-création

#### **3.3.2.4. NOTIFICATIONS PAR EMAILS**

- ✓ Notification automatique lors de la création de nouveaux objets
- ✓ Notification envoyée par un membre vers les autres membres.

### **3.3.3. Quelques objectifs du TCAO**

#### **3.3.3.1. Obtenir des gains de performances :**

- ✓ Améliorer la gestion des documents ;

- ✓ Faciliter la production collective de documents ;
- ✓ Accélérer l'accès à l'information ;
- ✓ Permettre la confrontation d'idées et de solutions sur un problème donné ;
- ✓ Généraliser la diffusion contrôlée d'information :
  - En donnant différents droits d'accès ;
  - En coordonnant les tâches et les utilisateurs

Les nouvelles pratiques de travail collaboratif, introduisant de nouveaux outils numériques de communication, de coopération et de coordination, viennent de modifier en profondeur le travail de l'activité collective, la collaboration. Certes, avec ces outils numériques les interactions entre concepteurs a atteint son optimum.

CHAPITRE 4

ROLE DES TECHNOLOGIES DE  
L'INFORMATION ET DE LA  
COMMUNICATION

# CHAPITRE 4 : ROLE DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET LA COMMUNICATION

## INTRODUCTION

Ces nouveaux outils informatiques, TIC, sont pensés pour renforcer la circulation de l'information. « Les TIC englobent les ordinateurs, les logiciels, et réseaux leurs but est de faciliter la visualisation, entre l'échange et la gestion des informations du projet » (Richard et al, 2000). Ils aident à projeter l'ensemble des informations d'un projet dans des espaces de travail virtuels dans lesquels ses acteurs pourront naviguer pour mettre collectivement leurs compétences au service du projet.

### 4.1. ETAT DES TIC AVANT LE BIM

Les TIC c'est un mode de communication synergique qui est apparu pour l'amélioration du travail collectif entre architectes et ingénieurs. Avant, la situation traditionnelle de travail entre architectes et ingénieurs avait comme support de communication, circulation de l'information, les outils tels que : Le calque, crayon, équerre, table à dessin, plan et maquette physique avec discussion sur place, In-situ. Cette méthode classique engendre beaucoup d'inconvénients que d'avantages sur l'aspect qualité, l'aspect économique, et enfin l'aspect temps. C.-à-d., avant l'arrivée des TIC, la phase préparatoire du BIM, la communication exige encore beaucoup de papier sur les chantiers. On remarque un manque d'efficacité, et des coûts astronomiques. Le problème réel est qu'à peine un plan a-t-il été imprimé, qu'il faut déjà effectuer des mises à jour. Les figures ci-dessous illustrent la situation du travail avant les TIC, BIM.



Fig.13: Utilisation du papier pour communication [Source : auteur]

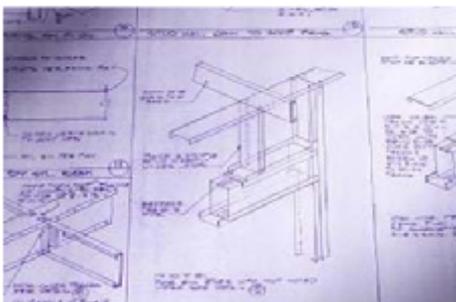


Fig.14: Utilisation du Blueprint pour détail de génie civil [Source : auteur]



Fig.15:Table à dessin, Maquette physique [source, Auteur]

Au début des années 1960, personne ne savait vraiment à quoi allaient servir les ordinateurs dans le domaine de l'architecture, c'est la thèse d'Ivan Sutherland au MIT qui posa en 1963 les premières bases de la conception assistée par ordinateur en inventant le premier logiciel graphique interactif utilisant un stylo optique pour dessiner sur écran des schémas techniques. Dans sa thèse, Sutherland évoquait des notions telles que la conception modulaire, la modélisation orientée d'objets et l'interactivité (Farchy, 1999).

La recherche dans ce domaine s'est brusquement accélérée, après que N. Negroponte et L.B Groisser conçurent en 1968, toujours au MIT, le logiciel Urban 5, un système rudimentaire destiné à assister l'architecte, un outil fondateur et essentiel, car relativement bien adapté à la pratique de projet (Sutherland, 1980). La recherche s'orienta alors dans deux directions non tant opposées que complémentaires, et qui se rejoignirent en définitive.

La première tendance fut celle des gains de productivité que ces nouveaux outils pouvaient apporter. On parla alors, et on parle encore, de l'écran d'ordinateur comme d'une super planche à dessin électronique, un moyen pour dessiner plus vite, mieux en faisant moins d'erreurs et donc à moindre coût. Avec des arguments bien rodés sur la performance et la productivité accrues que pouvaient en attendre leurs utilisateurs, les produits logiciels qui découlèrent de ces développements s'imposèrent sans surprise.

Ils permettaient d'exécuter du dessin assisté (DAO) plutôt que la conception assistée par ordinateur (CAO), mais, avec le temps, ils répondirent de plus en plus correctement à leur objectif affiché, sans doute important, bien que limité. Dans les années 1980-1990, la plupart des architectes, comme tous les autres professionnels de la maîtrise d'œuvre, se dotèrent d'outils de ce type et ceux-ci jouèrent un rôle non négligeable dans le renouvellement des structures d'étude.

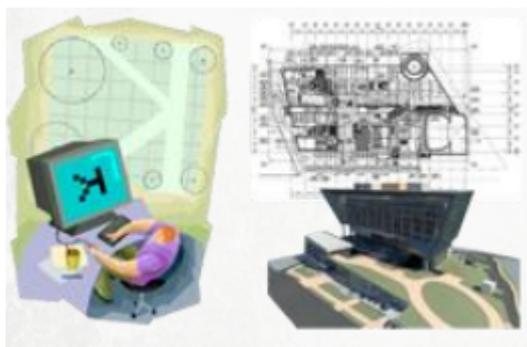


Fig. 16 : Ordinateur et maquette numérique Capteur d'écran Building SMART [Source: auteur]

Quand on pose aux architectes la question des « nouvelles technologies, selon Nasrine Seraji, les réponses sont de deux types : *« Il ya a ceux qui croient que l'ordinateur va changer la conception architecturale, et donc notre environnement construit, et ceux qui ne voient en lui qu'un outil de dessin performant. »* (Virtuel Réel, 2001). Certes l'ordinateur peut aider dans le sens de la conception génération (donner plusieurs combinaisons que l'architecte ne peut pas le faire. D'un autre côté, il remplace l'acteur-technicien au niveau de la représentation graphique.

La génération suivants de logiciels de CAO, qui se développa dans les années 1980-1990, profita certes des capacités accrues des ordinateurs personnels, de la puissance des processeurs, de l'amélioration des représentations graphiques, et surtout de l'augmentation de la demande en conception assistée dans de nombreux secteurs industriels. Mais leurs fonctionnalités pour assister la conception ne se sont guère enrichies. A vrai dire, certains observateurs ont même tendance à considérer qu'ils étaient moins bien adaptés que ceux de la première génération, principalement du fait qu'ils avaient perdu une part de leurs capacités d'analyse, spécifiques aux métiers de l'architecture, au profit d'une approche plus généraliste de la conception assistée. Commentant les logiciels de cette génération, Jim Glymph, un architecte partenaire de Frank Gehry dans Technologies, fait le constat suivant.

*« La plupart des solutions logicielles de l'AEC sont enracinées dans des Procédés sur papier du XX siècle qu'il s'agisse de la gestion de système de CAO 2 D, d'organisation en couches, ou de celles des conflits dans L'interprétation de dessins " sur papier" et de documents en format texte, la programmation du travail ou la logistique sur le site de construction, toutes ces solutions logicielles font peu pour remettre en cause le système fragmenté sous-jacent qui est au cœur du problème. Cela peut expliquer pourquoi, en dépit de*

*trente ans d'évolution dans les applications, logicielles de l'AEC, la Productivité n'a pas augmenté, les erreurs et les réclamations ont augmenté, et les clients, les architectes et les ingénieurs ainsi que les entrepreneurs se posent des questions sur cette industrie, sur eux-mêmes ainsi que sur leurs Procédés » (Glymph, 2005).*

Cette voie de développement s'est avérée finalement plutôt régressive. Elle a en effet consisté à optimiser des processus de travail traditionnels plutôt qu'à accompagner des changements de pratique, considérés nécessaires par ailleurs, notamment en termes de coopération et d'échanges entre les protagonistes du projet. Or, ces logiciels n'étaient pas conçus pour communiquer entre eux.

Un cloisonnement qui a fait dire à Jean-Michel Dossier lorsqu'il constate la situation actuelle que, « d'un acteur à l'autre, il n'y a aucune fluidité et que ce défaut handicape toute la filière du bâtiment » (M. Dossier, 2005). En définitive, le principe du DAO 2 D, qui s'est imposé auprès des professionnels, fractionne l'information que procure l'architecture à ses partenaires plutôt qu'elle ne la réunit, ce qui rend les synthèses plus difficiles à réaliser. Mais la concurrence a privilégié cette orientation, et le marché a fini par imposer un de ces logiciels, ainsi que ses formats comme un standard de fait ».

#### **4.1.1. CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR**

Les logiciels de CAO ont fait des progrès considérables en puissance et en rapidité. Leur ergonomie s'améliore. Ils sont surtout utilisés pour réaliser des plans en deux dimensions, même s'ils comportent presque tous des modules de représentation 3D.

Toute une série d'outils d'assistance à la conception, malheureusement pas toujours fiable, sont venus les compléter : calculs divers, spécifications techniques, quantitatifs, bilans acoustique, thermique, énergétique, simulations de l'ensoleillement, de l'éclairage naturel ou artificiel, images de synthèse, etc. pourtant, comme l'indique Jim Glymph de Gehry Technologies dans l'article déjà cité, « ces solutions sont habituellement incompatibles les unes avec les autres et souvent superflues. Ce caractère superflu de l'information a entraîné davantage de conflits et de risques ainsi que davantage d'inefficacité » ( Glymph, 2005).

#### **4.1.2. L'ORDINATEUR DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION**

Les sections précédentes ont présenté les éléments essentiels pour aborder la conception selon un point de vue systémique, centré sur l'interaction. Nous nous intéressons

dans cette section à l'introduction de l'ordinateur dans le processus de conception par l'intermédiaire d'applications interactives de conception assistée par ordinateur (CAO).

L'ordinateur est conçu comme un assistant du concepteur utilisant ses capacités de mémorisation (conservation et restitution d'information), de calcul (simulation) et de communication (notamment dans le cas de conceptions coopératives) par l'intermédiaire d'outils comme les bases de connaissances, les systèmes experts ou les outils de vérification de cohérence (Boissier, Alhajjar, 1994 et Galarreta, Trousse, 1994). L'application interactive de conception joue dans le processus de conception un rôle d'assistance, de support cognitif, toute l'activité cognitive incombant concepteur.

#### **4.1.3. LE ROLE DE L'ORDINATEUR**

Boudon (1994) compare le rôle que joue l'ordinateur dans le processus de conception à celui que joue le traitement de texte dans le processus d'écriture : « le traitement de texte ne fait pas de littérature, mais il peut aider considérablement l'écrivain ». De la même façon, l'application interactive de CAO ne fait pas de conception, mais peut aider le concepteur. Elle peut s'intégrer au système de représentation. Elle intervient de façon duale dans la mise en symboles du réel perçu (définition d'objets de conception et gestion de ces objets) et dans la concrétisation d'abstractions (visualisation ou, plus généralement, concrétisation des objets, des actions, des processus, de conception) (Adreit et al, 1993).

#### **4.1.4. BASES DE DONNEES**

Des bases de données orientées objet permettent de décrire des systèmes techniques, complexes et évolutifs. Leur utilisation est encore peu répandue dans les rangs de la maîtrise d'œuvre traditionnelle. Elles permettent pourtant de constituer une mémoire du projet qui se développe tout au long de la conception d'un ouvrage et qui peut être utilisé sans discontinuer pour sa construction, puis pour sa gestion et sa transformation ultérieure, voire pour sa future destruction et son recyclage.

Ces bases de données peuvent concerner par exemple le système énergétique, le système éclairage, ou la sécurité, d'un édifice unique ou d'un ensemble immobilier urbain, industriel, résidentiel, tertiaire, etc. les données qu'elles contiennent peuvent également être mises en liaison avec les données du territoire auquel l'édifice ou le patrimoine appartient, qu'il s'agisse d'un quartier, d'une ville, ou d'une région(Conseil Régional de Bourgogne,

2006). Ce sont probablement les logiciels de gestion de patrimoine qui ont mis en œuvre l'ensemble de ces possibilités de la façon la plus convaincante.

#### **4.1.5. MODELISER LES DONNEES ARCHITECTURALES**

La diversité des outils actuellement proposés aux professionnels de la maîtrise d'œuvre accentue la difficulté des échanges entre les acteurs d'un projet, non tant à cause de cette diversité que du fait de l'incapacité de ces outils à échanger leurs données. Si ces outils communiquaient mieux entre eux, ils modifieraient pourtant profondément la conduite des projets, car ils faciliteraient dès les premiers stades de leur formulation l'intégration des points de vue des différentes disciplines, la négociation entre elles, la prise de décision des responsables et l'évaluation du projet à chaque phase de sa mise au point.

Lorsque ces logiciels seront réellement mis en synergie, c'est-à-dire lorsqu'ils disposeront d'une bonne interopérabilité, pour reprendre la terminologie des informaticiens, une étape pourra être franchie : celle de la consultation d'une boîte à outils, qui pourra être personnalisée à la fois pour chaque acteur et pour chaque projet, et qui sera conçue pour communiquer des informations, d'un acteur à l'autre, d'un projet à l'autre. La mise au point et la diffusion de cette nouvelle génération d'outils constitue désormais le défi que les chercheurs et les éditeurs de logiciel sont en train de relever.

Ces outils pourraient être regroupés selon le principe d'une maquette virtuelle, appellation qui circule actuellement sous différentes appellations parmi les professionnels de l'informatique dédiée au bâtiment et à l'urbanisme. On parle en français de « Modélisation des données architecturales », de « Modélisation des données du bâtiment », ou en anglais de « Virtual Building », l'appellation officielle étant « Building information Modeling (BIM) ».

#### **4.1.6. LA MAQUETTE NUMÉRIQUE**

Cette notion de maquette numérique reste encore floue dans l'esprit de la plupart des acteurs de l'architecture et de l'urbanisme. Philippe Dard, chercheur au CSTB, en propose la définition très générale suivante : « On pourrait définir une maquette virtuelle comme le résultat d'un processus de modélisation géométrique complexe rendant possible l'expression numérique d'espaces et de volumes » (Dard, 2002). Cette définition peut recouvrir des utilisations très diverses. Elle convient à une maquette de ville dans laquelle on pourrait insérer les objets architecturaux et urbains en devenir.

Théoriquement, une maquette numérique peut également englober l'ensemble des données graphiques, techniques, économiques, juridiques, documentaires, etc. concernant la conception, la réalisation et la gestion ultérieure d'un ouvrage. Chaque acteur du projet peut utiliser ces données, soit avec l'aide d'outils collectifs, communs à un groupe d'intervenants, soit avec les moyens informatiques ou manuels qui lui sont propres. Il y puise les informations qui lui sont nécessaires pour modifier et informer le projet par le résultat de ses études ou de ses calculs, puis pour le communiquer en temps réel aux autres acteurs. Le projet ainsi représenté évolue dans la maquette numérique en fonction des apports de chacun de ses protagonistes.

La mise en œuvre d'une maquette numérique, ou BIM, impose néanmoins une réelle évolution des outils logiciels qui pourraient la composer et plus particulièrement une meilleure communication des données. Les éditeurs de logiciels ont presque tous décidé d'adopter les standards IFC « Industry Foundation classes » qui facilitent la fluidité des informations entre leurs produits. Les IFC constituent une structure standard de donnée.

De plus, beaucoup d'architectes considèrent que les moyens traditionnels dont ils disposent- croquis, perspectives, maquettes, photo, CAO/DAO, images de synthèse- sont suffisants pour concevoir et représenter leur projet et ne sont pas forcément tentés par l'adoption de nouveaux outils. Dans ces conditions, il reste encore un pas important à franchir pour apporter information et pédagogie à un milieu qui est très en retrait face à ces mutations méthodologiques et instrumentales. Il est probable que les nouvelles générations de concepteurs, plus motivés par des démarches de conception, et plus rodés aux arcanes des jeux vidéo, devraient accélérer l'adoption de ces nouvelles techniques.

L'informatique sous toutes ses formes a progressivement envahi le monde de la conception architecturale depuis trente ans. Les premières générations d'outils s'étaient donné comme objectif d'optimiser les pratiques professionnelles sans les transformer en profondeur. Ainsi, les logiciels de conception assistée ont permis aux architectes et à leurs autres partenaires de la maîtrise d'œuvre d'améliorer leurs performances, de produire plus vite, avec une marge d'erreur réduite, et avec des moyens réduits.

La nouvelle génération de logiciels de CAO associées aux technologies d'information et de communication, et l'adoption généralisée de standards d'inter d'interopérabilité, qui facilitent les échanges entre logiciels de métiers, ouvre la voie à une nouvelle génération d'outils conçus pour améliorer la conception la coopération entre les acteurs du projet.

Ces nouveaux outils informatiques sont pensés comme des boîtes à outils adaptées à chaque projet et à chaque équipe. Ces maquettes numériques 3 D associées à de puissantes bases de données, offrant informations et services, et à des outils de simulation et de réalité augmentée, constituent l'instrumentation de plates-formes collaboratives. Cette nouvelle génération d'outils est actuellement opérationnelle, mais encore diffusée. Elle est destinée à modifier radicalement les modes de conception et de productions du bâtiment.

D'une part, elle projette l'ensemble des informations d'un projet dans des espaces de travail virtuels dans lesquels ses acteurs pourront naviguer pour mettre collectivement leurs compétences au service du projet. D'autre part, ils transfèrent dans le bâtiment lui-même une part de l'intelligence qui était jusqu'à présent cantonnée dans la maîtrise d'ouvrage et sa maîtrise d'œuvre. Le développement de ces démarches de conception dans ces secteurs industriels comme l'aéronautique, mais aussi la pratique que les jeunes générations de professionnels ont acquise des jeux vidéo, devraient sans nul doute accélérer ces nouvelles pratiques.

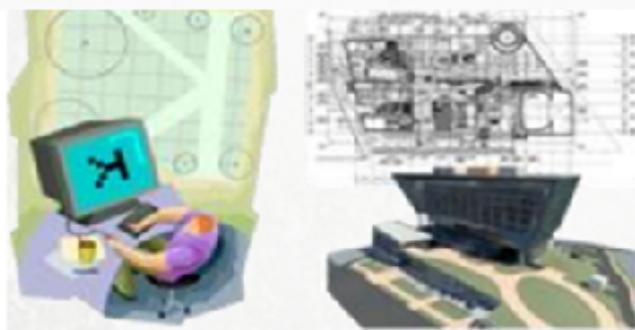
## 4.2. ETAT DE L'ART SUR LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION, BIM

### INTRODUCTION

**Hier** :(Calques, Equerres, Plumes, Maquettes), **Aujourd'hui** :(Ordinateur, Plan DAO, Maquette numérique), **Maintenant, L'avenir** C'est le BIM.



**Hier** : Calque, équerre, plume, maquette, table à dessin.



**Aujourd'hui** : ordinateur, planche, maquette numérique.



Fig.17: les trois processus, hier, Maintenant, L'avenir, Capture d'écran Building SMART [Source : auteur]

Au fait le BIM, c'est quoi? Tout d'abord le BIM vient de l'anglais Building Information Modeling qui se traduit par « Modélisation des Informations (ou données) du Bâtiment ». Le terme bâtiment ici est générique et englobe également les infrastructures.

Il est difficile de trouver une définition du BIM acceptée par tous. Le BIM, c'est surtout des méthodes de travail et une maquette numérique paramétrique 3D qui contient des données intelligentes et structurées. Le BIM est le partage d'informations fiables tout au long de la durée de vie d'un bâtiment ou d'infrastructures, de leur conception jusqu'à leur démolition. La maquette numérique quant à elle est une représentation digitale des caractéristiques physiques et fonctionnelles de ce bâtiment ou de ces infrastructures.

Le BIM est souvent assimilé à un logiciel ou à une technologie. Il est bien plus que cela. C'est en fait une suite de processus ou méthodes de travail utilisés tout au long de la conception, de la construction et de l'utilisation d'un bâtiment. Le BIM définit qui fait quoi, comment et à quel moment. Les paramétriques intelligents et structurés sont utilisés tout au long de la conception, de la construction et même de l'utilisation d'un bâtiment. Ces modèles virtuels permettent d'effectuer des analyses et simulations (énergétiques, calcul structurel, détections des conflits, etc.), des contrôles (respect des normes, du budget, etc.) et des visualisations.

La maquette numérique structurée permet une collaboration entre tous les intervenants d'un projet, soit par des échanges de données, soit en permettant une intervention sur un seul et même modèle. Avec le BIM, les analyses-contrôles-visualisation sont effectuées très tôt dans l'étude d'un projet, permettant ainsi une conception de meilleure qualité et la détection des problèmes avant la mise en chantier.

Le BIM n'est pas un logiciel ou une marque de logiciel, toutefois une application dite BIM capable de modéliser une maquette numérique composée d'objets paramétriques est nécessaire. Cela dit l'utilisation de programmes 2D ou 3D non paramétriques est parfaitement possible dans les processus de conception BIM, par exemple pour la production de plans papier, le partage des informations avec des intervenants sans logiciel BIM, ou lors de la phase d'avant-projet.

#### 4.2.1. DEFINITION DE L'ACRONYME BIM

BIM est un acronyme qui représente trois fonctions séparées mais rattachées.

- ❖ BIM : Building Information Modeling = Modélisation des Informations du Bâtiment
- ❖ BIM : Building Information Model = Modèle des Informations du Bâtiment
- ❖ BIM : Building Information Management = Management des Informations du Bâtiment

##### 4.2.1.1. BUILDING INFORMATION MODELING

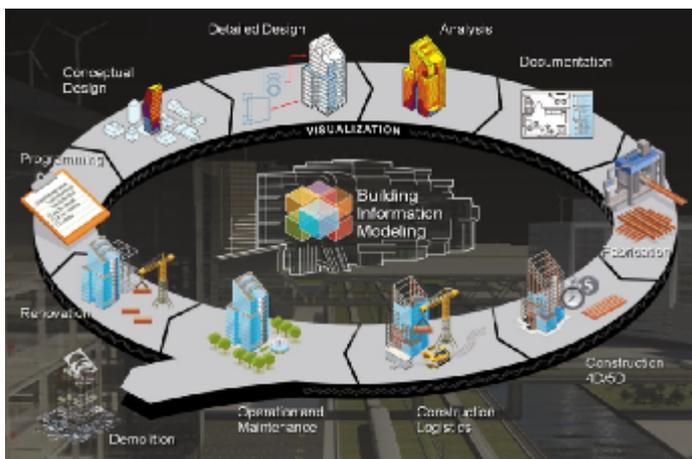


Fig.18 : Building Information Modeling = processus de travail et d'échange d'informations supportées par des maquettes numériques tout au long du cycle de vie du bâtiment, Capture d'écran Building SMART [Source : auteur]

Est un PROCESSUS D'AFFAIRES pour générer et exploiter des données de construction pour concevoir et exploiter le bâtiment au cours de son cycle de vie. Le BIM permet à toutes les parties prenantes d'accéder simultanément aux mêmes informations grâce à l'interopérabilité entre les plates-formes technologiques.

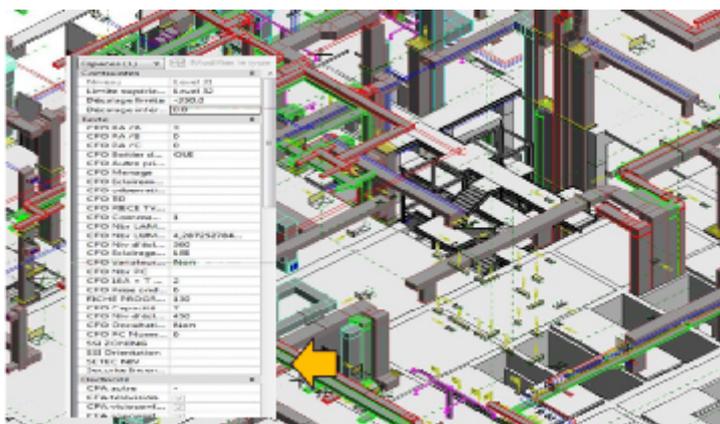


Fig.19 : Maquette Numérique = Base de données décrivant un ouvrage Capture d'écran Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur]



Fig. 20 : Maquette Numérique finalisée Capture d'écran Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur]

On appelle « **maquette numérique** » d'un ouvrage une maquette 3D, qui comprend ses caractéristiques géométriques (coupes, plans, élévations, etc.) et des renseignements sur la nature de tous les objets utilisés (composition, propriétés physiques, mécaniques, comportement, etc.). Par exemple, une porte est représentée battante ou coulissante, elle est en aluminium avec un double vitrage (attribut) et elle s'ouvre (comportement) (Delacombre,2014).

#### 4.2.1.2. BUILDING INFORMATION MODEL

Est-ce que la représentation numérique des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un établissement? En tant que tel, il constitue une source de connaissances partagée pour les informations sur l'acuité, formant une base fiable pour les décisions prises au cours de leur cycle de vie, depuis leur création.



Fig 21: Building Information Model Capture d'écran Building SMART [Source: auteur]

### 4.2.1.3. BUILDING INFORMATION MANAGEMENT

Est-ce que l'ORGANISATION ET LE CONTRÔLE du processus métier utilisent les informations contenues dans le prototype numérique pour partager les informations tout au long du cycle de vie d'un actif. Les avantages comprennent la communication centralisée et visuelle, l'exploration précoce des options, la durabilité, la conception efficace, l'intégration des disciplines, le contrôle du site, la documentation intégrée, etc.

Le BIM est une technologie est un logiciel : C'est avant tout une méthode de travail, un mode d'organisation regroupant tous les acteurs d'un projet (de rénovation énergétique, par exemple) dans un cadre collaboratif. Un enjeu essentiel, quand on connaît les surcoûts liés au manque d'interopérabilité entre les acteurs.

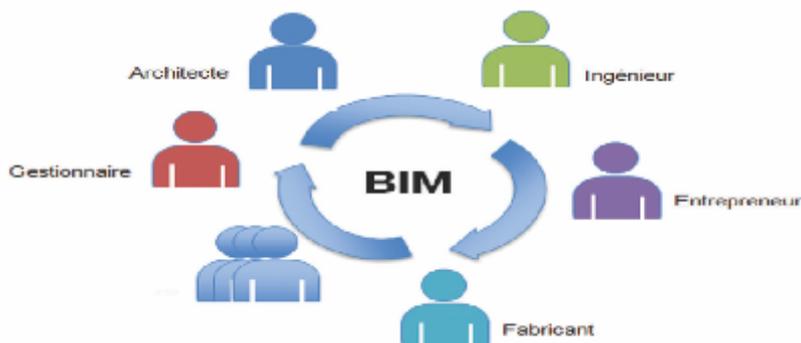
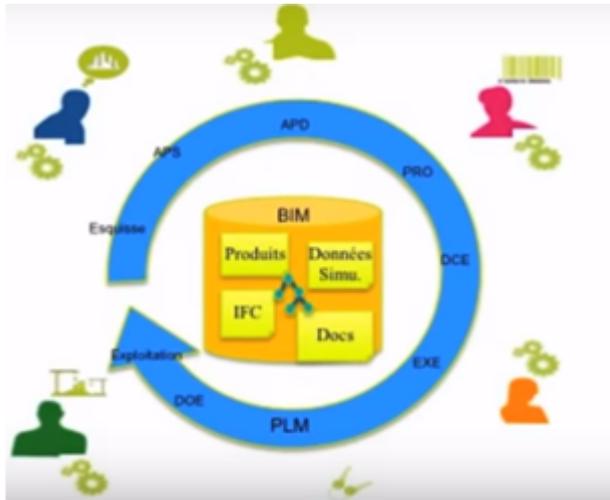


Fig.22: Building Information Management Capture d'écran Building SMART [Source: auteur]

### 4.2.2. APPROCHE BIM [GESTION DES PRODUITS]

#### 4.2.2.1. LE TRAVAIL DES ÉQUIPES [DÉMONSTRATION DES INTERACTIONS ENTRE ACTEURS]

- ✓ Gestion des configurations des maquettes numériques
- ✓ Les objets et leurs relations
- ✓ Gestion des rôles, des droits d'accès et des propriétés des acteurs
- ✓ travail collaboratif
- ✓ Connexion avec les outils métiers des acteurs
- ✓ Relations entre les objets et leurs informations, documents, etc
- ✓ Gestion des phases



**Fig. 23** : Démonstration entre acteurs Capture d'écran du BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

La maquette numérique comme document de base pour le BIM.



**Fig. 24** : Documents du CAD et du BIM Capture d'écran Building SMART [Source : auteur ]

### 4.2.3.1. L'ORIGINE DE LA MAQUETTE NUMÉRIQUE

Un projet de mise en scène des différents acteurs de construction avec cette notion d'échange numérique. En fait, la maquette numérique est une technologie qui vient des industries mécaniques et aéronautiques spatiales automobiles. C'est une représentation virtuelle du produit. On a une base de données. Il y a aussi des processus qui font vivre cette maquette numérique et d'organiser le travail autour de cette maquette numérique.

Donc, il fallait introduire un nouvel *outil complémentaire pour des plateformes collaboratives* qui prennent le nom *PLM (Product life management)*. Ce nouveau terme le PLM, C'est quoi ? Le PLM, des systèmes qui sont utilisés communément dans les industries aéronautiques et automobiles. Et maintenant qu'on arrive à importer dans le domaine de l'architecture et la construction. On a d'autres formes de *MN sous forme BIM et forme base de données*. On introduit ces outils qui sont des *serveurs aux technologies WEB*.

### **4.3. LES GRANDS PRINCIPES DU PLM**

*Les principaux types du PLM* : C'est une organisation et structuration de l'information, une gestion des rôles. Un outil qui va *permettre de gérer la responsabilité autour de la MN*. Qui fait quoi ? Qui a pu être en communication avec l'information. C'est un *outil qui permet de tracer le cycle d'accès à l'information autour de la MN*. Et d'ailleurs dans l'industrie aéronautique et automobile, c'est un *outil qui gère les aspects juridiques de communication entre fournisseurs*. Puis, on a le *BIM qui fournit une vision partagée*. C'est à travers la *Vision 3D...etc. Tout le monde peut voir les informations des autres acteurs*. Et dans une *logique on ne modifie pas forcément l'information des autres acteurs, mais on peut l'annoter*. Donc, *tout en étant logique on va respecter la contribution BIM de chaque acteur*.

#### **4.3.1. LES PLM (SYSTEMES FERMES)**

On a un seul éditeur qui fournit l'outil de CAO, de calcul dans la base de données.

#### **4.3.2 LES PLM (SYSTEMES OUVERTS)**

C'est une logique, effectivement, on a des outils hétérogènes et qui vont communiquer entre eux. Donc, le PLM ouvert, chaque *acteur est notamment cantonné dans un monde de PME, TPE*. Tout le monde n'a pas les moyens de *se payer le gros système complet*. Donc, chacun a des briques, des outils et qui peuvent par contre a des *standards de types IFC pour la communication*.

#### **4.3.3. LE PLM OUVERT ET LA GESTION DES PROPRIETES**

- ✓ La liberté de choix des outils métiers (CAO, structure, thermique, économie, etc., s'ils sont compatibles IFC)
- ✓ Le respect des propriétés et des responsabilités des contributions BIM de chaque acteur.
- ✓ La communication à travers une vision partagée des maquettes BIM.
- ✓ Un acteur ne modifie pas la contribution d'un autre acteur, mais il peut l'annoter.

#### **4.3.4. LE ROLE DU PLM**

##### **4.3.4.1. LE 1<sup>ER</sup> ROLE DU PLM : L'ORGANISATION DE L'INFORMATION**

Dans un PLM *on structure l'information en objet et sous-objet...etc.*, pour repérer les éléments de son bâti. Ça fait très macroscopique on va partir sur un site ou on a des bâtiments.

Dans les bâtiments on a des étages. Dans un étage on des espaces et des éléments de construction. et puis ça paraît très finement. Plus on avance dans le projet et d'ailleurs dans le niveau de détail on sent des éléments importants dans le travail qu'on brade.

#### **4.3.4.2. LE 2<sup>EME</sup> ROLE DU PLM : L'ORGANISATION DES ACTEURS**

On a un jeu d'acteurs qui sont autour de cette maquette et qui interagissent. Donc la, un outil comme le **PLM** va organiser ce jeu d'acteurs avec qui a le droit de lire, accéder en lecture, en écriture, en notification ...etc., suivant son rôle et son métier. Chaque acteur met en place un travail collaboratif. Chaque acteur utilise des outils. Ils ont des outils-métiers. Un architecte utilise un outil de CAO, Revit et Archicad...etc., pour fabriquer la MN. L'ingénieur de structure, il a ces outils qui sont propres à l'analyse de structure. Le thermicien, il a ses outils. L'économiste, il a ses outils. Tout ça, il faut les interroger et les utiliser. Donc, le **PLM** doit avoir cette capacité à s'inter acter et se connecter avec ses outils-métiers, qui sont les outils utilisés par les acteurs.

Une fois qu'on a ça, normalement, il doit y avoir la source d'information. Dans un PLM, il ya le côté **GED** (plateforme d'échange de documents). Au lieu d'avoir de l'arborescence plate...etc., l'information est structurée grâce à la MN. C.-à-d., on va naviguer beaucoup plus facilement dans l'information parce que la MN nous fournit un élément de compréhension virtuelle de notre projet, mais au plus tard en cours d'exploitation. Enfin, avec un PLM on gère le procès et on gère les phases et le planning...etc. Donc, chaque étape peut être instrumentée. Ça va être des étapes de travail collaboratif, aussi les étapes de livraison. C.-à-d. qu'à travers le PLM, on va gérer le dossier de consultation des entreprises. On peut gérer le DEO, le DIE, etc. Gérer toutes les phases contractuelles du projet.

### **4.4. INTEROPERABILITE DES HOMMES ET INTEROPERABILITE DES LOGICIELS [L'INFORMATIQUE ET LES COMPETENCES]**

#### **4.4.1. L'OPEN BIM, CLOS BIM.**

Le BIM est mondial. Donc, il faut pouvoir adapter des solutions communes et faire en sorte que le BIM est pour tous quelle que soit la dimension du projet. Il faut essayer d'avoir une vision à 360°. Le BIM Manager, on parle du management du BIM. Travailler avec l'Open BIM avec des formats ouverts pas comme le Clos BIM.

## **4.4.2. QUELQUES NOTIONS DE L'OPEN BIM**

### **4.4.2.1 L'OPEN BIM**

Open BIM est une approche universelle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation de bâtiments en collaboration avec des standards ouverts et des workflows. OPEN BIM est une initiative de création de SMART International (bSI) et de plusieurs fournisseurs de logiciels de premier plan à l'aide du modèle de données gSMART de construction ouverte.

### **4.4.2.2. L'IMPORTANCE DE L'OPEN BIM**

- ✓ EN OPEN BIM prend en charge un workflow transparent et ouvert, permettant aux membres du projet de participer indépendamment du logiciel qu'ils utilisent.
- ✓ EN OPEN BIM crée un langage commun pour les processus largement référencés, permettant à l'industrie et au gouvernement de se procurer des projets avec un engagement commercial transparent, une évaluation de service comparable et une qualité de données assurée.
- ✓ EN OPEN BIM fournit des données de projet durables à utiliser tout au long du cycle de vie des ressources, en évitant les saisies multiples des mêmes données et les erreurs consécutives.
- ✓ Les fournisseurs de logiciels de petite et grande taille (de plate-forme) peuvent participer et se faire concurrence sur les solutions les plus performantes, indépendantes du système.
- ✓ EN OPEN BIM dynamise le côté de l'offre de produits en ligne avec des recherches plus précises de la demande des utilisateurs et fournit les données du produit directement dans le BIM.

### 4.4.3. LE PARTAGE DES DONNEES ENTRE LES LOGICIELS METIERS

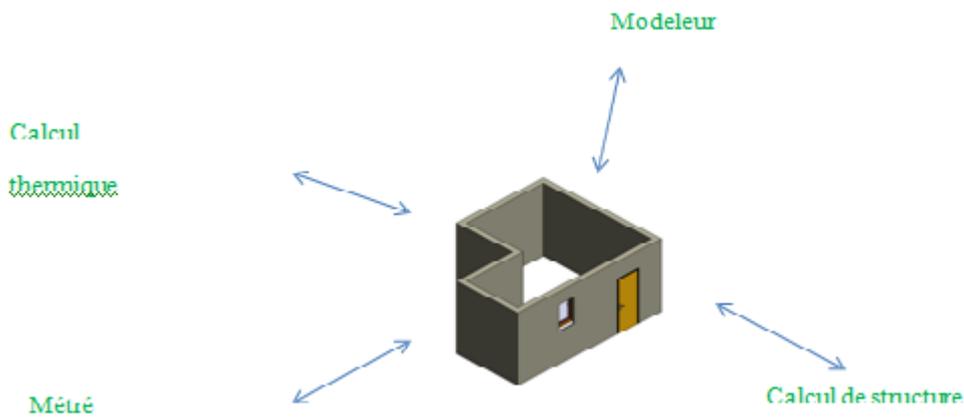


Fig.25 : Le partage des données Capture d'écran Cour de doctorat d'Aurélié. D [Source : auteur]

### 4.4.4. UNE BASE DE DONNEES COMMUNE

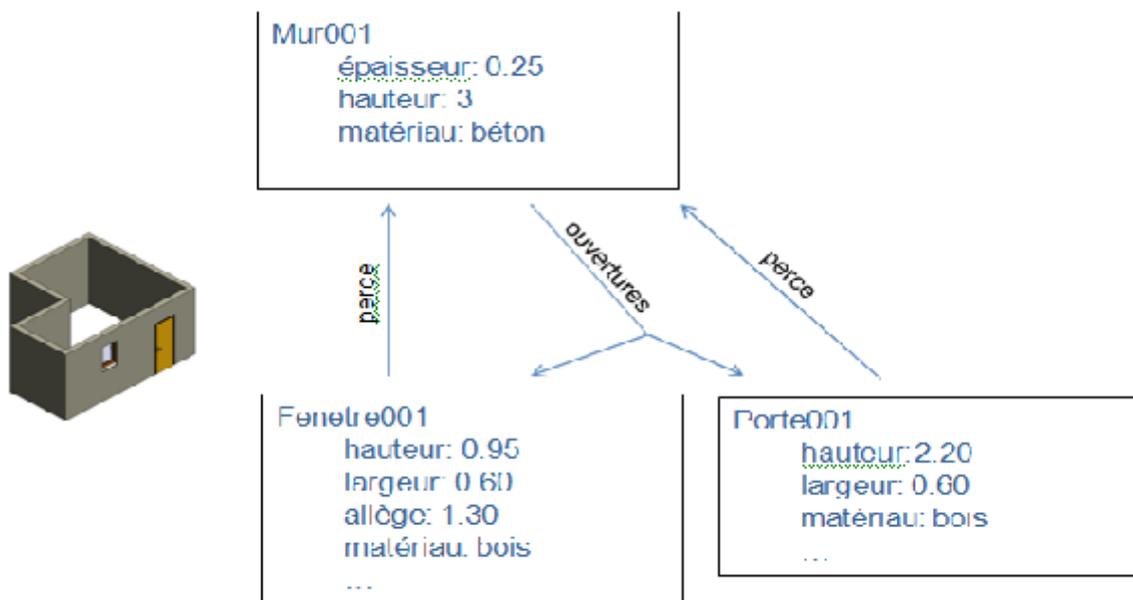


Fig.26: Modèle de base de données Capture d'écran Cour de doctorat d'Aurélié. D [Source : auteur]

Le BIM est une méthode de travail basée sur la collaboration autour d'une *maquette numérique*. La «maquette numérique» une maquette 3D comportant des renseignements sur la nature des objets subtilisés. Par exemple, un mur n'est plus simplement l'extrusion d'un ensemble de lignes en deux dimensions, mais un objet, fait de couches de différents matériaux avec des propriétés structurelles, thermiques, acoustiques...voici diverses représentations d'un mur par les logiciels métiers.

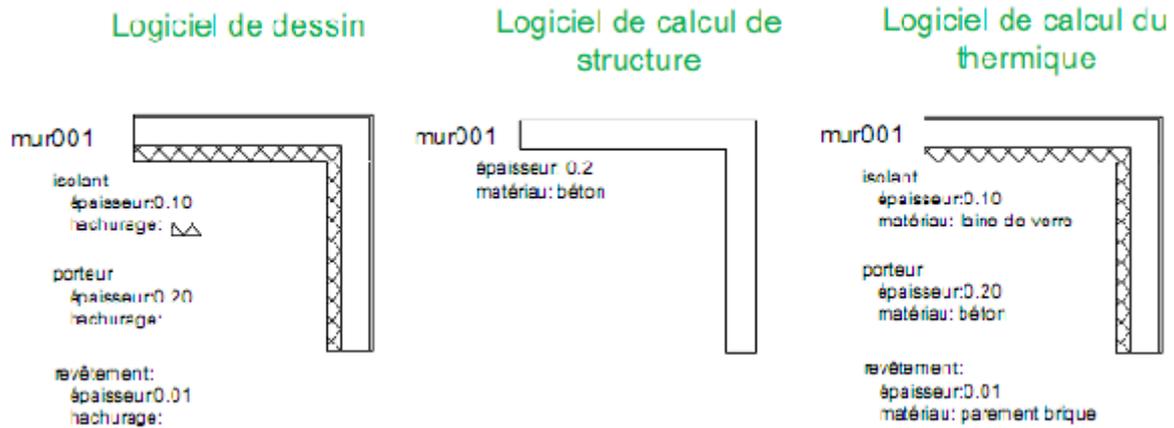


Fig.27 : Représentation des objets par Logiciel métier Capture d'écran Cour de Doctorat d'Aurélié .D [Source : auteur]

Une des particularités des logiciels BIM est de dessiner des objets (murs, planchers, fenêtres, etc.) et non simplement de dessiner des formes géométriques. Un dessin devient «Objet» quand toutes les données lui donnent des caractéristiques telles sa matière, sa composition, sa résistance, etc.

Au-delà de la CAO classique, on parle d'outils CAAO (Conception architecturale assistée par ordinateur - CAAD en anglais). Les outils de conception de partage entre métiers s'opèrent par l'utilisation des principaux logiciels des différents éditeurs. On assiste à un environnement multiutilisateur permettant le travail collaboratif. Ces outils, Logiciel Métier, sont énumérés dans le tableau suivant :

<b>Editeur</b>	<b>Produit - Solution</b>	<b>Utilisation</b>
Autodesk	Revit Architecture, Revit Structure et Revit MEP, BIM360	Conceptions (architecture, analyse structurelle, fluides, architecture simplifiée)
Autodesk	Navisworks	Revue de projet, Gestion de planning, simulation
Autodesk	Suite AutoCAD	
Autodesk	Ecotect	Simulation thermique
Nemetschek	Allplan Architecture, Engineering	Conceptions (Architecture+terrain), Ingénierie, rendu
Graphisoft (Nemetschek)	ArchiCAD, plug-in: MEP Modeler, EcoDesigner, Virtual Building Explorer	Modélisation, rendu
Sevem Partnership	Plug-in vers Autodesk Revit : Scan2BIM	Rétro ingénierie à partir de nuage de points
VIMTrek	Add-in depuis Autodesk Revit : VIMTrek	Visites virtuelles interactives de projets d'architecture
D2/AllSystems	VizAll	Rétro ingénierie à partir de nuage de points
Gehry Technologies	Digital Project Designer, Manager, Extensions	Conception, gestion de projet, simulation 4D, rendu
Graitec	Advance, Arche, Effel, Melody	Analyse structurelle, conception, simulation
Archimen	Active 3D	Gestion de patrimoine bâti
	plugin Rhino: RhinoBim	Modeleur
Tekla	Structures, Bimsight, NIS, Feedback, DMS, Webmap	Conception de structure, visualiseurs de maquette, génie électrique/fluides, gestion d'infrastructure, outil SIG
Bentley	crostation, Bentley Architecture	Conception d'infrastructures, de bâtiment
Bentley	Bentley Building Electrical/Mechanical Systems	Conception génie électrique/CVC
Bentley	Bentley CloudWorx, Bentley Facilities	Relevé de l'existant, Gestion de patrimoine bâti
Bentley	Structural Modeler, Staad Pro	Conception/Analyse structurelle
BBS Slama	Climawin	Simulation thermique
CSTB	Plateforme EVE	Visite virtuelle, temps réel
CSTB	ELODIE	Outil d'analyse en ligne du cycle de vie (impact environnemental)
Cycleco	e-licco	Analyse du cycle de vie (impact environnemental)
	Revizto	Visite virtuelle temps réel
Vizelia Technologies	Facility-Online	Gestion de parc immobilier
VectorWorks (Nemetschek)	VectorWorks	Conception/Modélisation
oland Messerli AG Informatik	EliteCAD	Conception/Modélisation
Labeo	Abyla	Gestion de parc immobilier
Adelior	BDP	Gestion de parc immobilier
Isiom	ISI FOR YOU	Gestion de parc immobilier
Nemetschek	Allfa TT Graphics	Gestion de parc immobilier
Archimen	Build Serveur	Serveur

Attic+	WinQuant	Quantitatif estimatif
Rastertech	WiselmageFM IFC	Dessin et édition de plans; conversion de plans papier ou vectoriels au format IFC
Adema	MagiCad	Génie climatique
SynchroLtd	Synchro	Revue de projet, Gestion de planning, gestion de cout, simulation
AceCAD	BIMProject, BIMReview, STRUM.I.S	Conception/ modélisation de structure acier; outil de revues de projet

Tableau. 5: principaux éditeurs et logiciels de partage de métier

#### 4.4.5. L'INTEROPERABILITE



Fig. 28 : Le processus des échanges par interopérabilité Capture d'écran Building SMART [Source : auteur]

Le partage numérique des données procure un gain d'efficacité et une amélioration de la qualité de ces échanges lors du processus de conception et du processus de construction. La plupart des éditeurs de logiciels, cités en haut, ont implémenté des méthodes visant à partager les données de leurs modèles avec des fournisseurs tiers. La technique d'importation/exportation classique nécessite une intervention manuelle pour un placement correct des données importées. Chaque fois que des modifications ou des révisions s'avèrent nécessaires, l'importation/exportation doit être répétée. Dans le cadre de projets de grande envergure, composés de plusieurs milliers de dessins, cette méthode de travail n'est pas réaliste (CSTB, 2014). Dans la nécessité d'importer et d'exporter des données entre les architectes et les ingénieurs.

L'interopérabilité peut procurer des avantages pour la fluidité de la circulation de l'information. Cette interopérabilité se résume en deux niveaux :

- Le premier niveau : Il permet aux utilisateurs *d'exporter et d'importer des données dans leur application logicielle*. Chaque logiciel possède son propre mécanisme de stockage de données propriétaire, de sorte que l'interopérabilité doit respecter une direction: d'un programme vers un autre.
- Le deuxième niveau : C'est *l'utilisation de formats d'échange standard*, afin que les utilisateurs puissent lire et écrire des données dans un large éventail de programmes. Le *fichier IFC, Industry Foundation Classes*, est le plus adapté dans le contexte. Le format IFC offre une multitude d'informations : l'utilisation d'objets de construction DAO3D intelligents tels que les parois, les fenêtres et les dalles.

#### 4.4.6. LES IFC [INDUSTRY FOUNDATION CLASSES]



Fig.29 : Fichier de Format IFC Capture d'écran de la Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur]

*Le format IFC («Industry Foundation Classes»)* est le modèle de données utilisé dans les maquettes numériques. Il permet de décrire des objets (murs, fenêtres, espaces, poteaux, etc.), leur caractéristiques et leurs relations. Les IFC font partie de la norme internationale STEP ou «standard for Exchange of Product data» (ISO10303). Depuis mars 2013, les IFC sont labellisés ISO 16739. Les IFC ont pour but d'assurer l'interopérabilité des logiciels métiers BIM (Delacombre, 2014)

On sait aujourd’hui que les IFC ne sont pas la panacée et au moins ça permet un engagement entre les acteurs. Quelque soit l’acteur, quelque soit le logiciel qu’il y a du moment il est du IFC, il est quand même en capacité de reconnaître les objets et un minimum d’information. Souvent ce n’est pas le logiciel qui est mis en cause, mais c’est les acteurs.

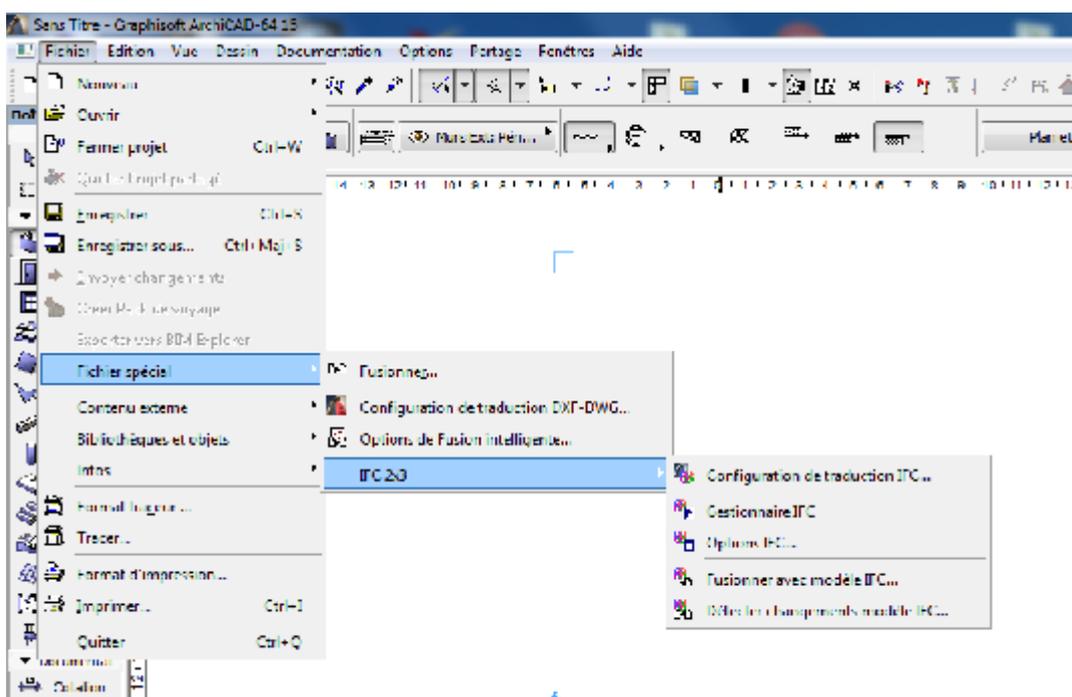


Fig.30 Archicad et l’IFC Capture d’écran du logiciel ArchiCAD [Source : auteur]

Une étude faite sur un cas de trois acteurs, dans la collecte des IFC, l’observation a révélé que la discordance entre les trois IFC qui n’est pas due aux logiciels, mais est due aux acteurs. La aussi, c’est un problème de formation (Mission Numérique Bâtiment, 2014). Une étape de la normalisation des produits est primordiale. Parce que sans produits, on ne construit pas en vrai sur terrain et faire un avatar du BIM par le biais de la maquette numérique. Toutes ces choses-là évoluent dans un univers des plateformes collaboratives. Les relations entre les acteurs sont écrites dans les notions du BIM-métier. Pourquoi la notion BIM-métier ? Parce qu’aujourd’hui les maîtres d’ouvrages sont nombreux et de tailles différentes. C.-à-d., il y a ceux qui sont généralistes, spécialistes, et qui font beaucoup de choses dans le monde de l’entreprise.

Le BIM c'est la transparence. L'outil qui va permettre de mieux communiquer entre vrais professionnels. Parce que si on n'est pas bon l'autre le voit. Par le BIM vous pouvez avaler des couleurs. Ex : celui qui prend un objet de mur pour dessiner un poteau, ce n'est pas simplement représenter un rectangle sur plan. C'est quelque chose de l'intelligence. Tout ça, ça décent sur une fondation et le logiciel à besoin de comprendre. Aujourd'hui, l'Open BIM est très important. On a besoin que les outils se plient. Les acteurs sont des professionnels. Le fait que le BIM facilite la collaboration, il permet à chaque acteur de s'exprimer et s'assurer sur son interaction avec les autres.

Durant l'interaction, une assurance est nécessaire. Alors, aujourd'hui, lorsqu'on fait quelque chose à l'intérieur du BIM on doit être bien assuré de le faire. Si on prend une décision, on doit regarder notre contrat d'assurance. Est-ce que c'est un sujet pour lequel notre assurance nous couvrira pour la décision que nous avons prise.

## **4.5. REFERENTIEL BIM**

### **4.5.1. BIM POUR UNE MAITRISE D'OEUVRE CONCORANTE**

*Le BIM, est la solution pour rompre avec une vision trop séquentielle et entrer dans l'âge d'or de la maîtrise d'œuvre concourante ? La volonté est bel et bien là, mais ce passage à une maîtrise d'œuvre collaborative, qui est plus sur tout le cycle de vie du bâtiment, nécessite de poser quelques règles. C'est notamment l'objet de la convention BIM. L'approche collaborative a été développée au travers d'un cas d'étude, celui du couplage BIM et PLM. Enfin, la notion d'Open BIM.*

### **4.5.2. BIM COMME NOTION CONCORANTE ET COLLABORATIVE**

Quand on parle BIM, effectivement, il est question collaborative d'où la notion de concourante. Mais quand on parle BIM on parle cycle de vie du bâtiment. Ce qui veut dire on est sur la notion d'échange dans le temps et les règles de l'art professionnels. Pour savoir comment on échange des méthodologies pour la notion d'échange entre professionnels on a la maîtrise d'œuvre BIM et méthodologie BIM comme références. La question est :

1- Comment on monte une convention BIM entre partenaires ? Qu'est-ce –que ça veut dire entre partenaire de la construction ? (Ingénierie concourante, 2015).

2- Le management du BIM [gestion du projet et management du BIM] ? (Ingénierie concourante, 2015).

3- Cas d'étude, de cette notion, comment on échange de cette maîtrise d'œuvre concourante ? (Ingénierie concourante, 2015).

### 4.5.3. SUPPORT REFERENTIEL DU BIM

- ✓ *Le BIM est l'ensemble des processus qui administrent les modèles physiques et analytiques de la maquette numérique du projet pendant tout le cycle de vie du bâtiment ou de l'ouvrage.*
- ✓ *La maquette numérique est une base de données partagée, avec des informations nécessaires et suffisantes à la prise de décision.*
- ✓ *Les modèles physiques et analytiques sont les représentations numériques virtuelles du projet pour une ou plusieurs disciplines.*

Parler des travaux d'un groupe de *Médiat construct* pour une *convention BIM* c.-à-d., un *gentleman agreement*, qu'il y a entre les acteurs, dans la construction d'un projet en maquette numérique. Il y a un certain *nombre de protocoles qui sont nouveaux* qui introduisent les façons de travailler ensemble de façons différentes.

J'ai voulu donner un *référentiel de support contenant trois notions autour du BIM*. C'est un travail en groupe qui a besoin d'une *convention BIM* c.-à-d., un *gentleman agreement*, qu'il y a entre les acteurs, dans la construction d'un projet en maquette numérique. Selon (Delacombre, 2010), Il y a un certain *nombre de protocoles* qui sont nouveaux qui introduisent les façons de travailler ensemble de façons différentes. En particulier c'est des concepts importants dans ce travail avec *trois niveaux d'appréciation du BIM*, plus *quatre niveaux complémentaires*.

#### 4.5.3.1. LE PREMIER NIVEAU

C'est de dire, le *BIM est un processus*, c'est en faite la manière dont les gens travaille ensemble. Cette façon de travailler ensemble doit pouvoir interagir avec le projet et pendant tout le cycle de vie du bâtiment, de la programmation jusqu'à son exploitation. *Niveau 1 : La maquette numérique isolée* [largement développée]. Chaque intervenant (architecte, bureau d'études, équipe travaux, ingénieurs, exploitant concessionnaire, fournisseur, sous-traitant) travaille sur une maquette séparée pour ses propres besoins.

Le *BIM niveau 1* correspond à la modélisation d'une maquette numérique et à des échanges à sens unique à un instant t.



Fig. 31 : La maquette numérique isolée Capteur d'écran de la Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur]

#### 4.5.3.2. LE DEUXIÈME NIVEAU

Le BIM a vocation à élaborer une maquette numérique, bien sûr, à maintenir la maquette numérique qui va être *différente en phase de programmation* et encore *différente en phase d'exploitation*. Mais, cette maquette numérique à tous ces stades à vocation à être une sorte de base de données relationnelle. Où tous les éléments interagissent les uns avec les autres avec un certain nombre de propriétés géométriques, physiques et analytiques.

Niveau 2 : *La maquette numérique collaborative* [expérimentée sur quelques projets, elle va devenir obligatoire dans certains pays] chaque intervenant travail sur une copie de la même maquette. Le BIM manager compile mutualise et établit des rapports de synthèse.

Le *BIM niveau 2* correspond à une collaboration basée sur la maquette numérique avec un échange à double sens entre architecte, bureaux d'études et entreprises. La maquette doit servir de base d'export, mais également intégrer des informations des collaborateurs. Cette collaboration peut commencer progressivement avec un ou deux collaborateurs, et au fur et à mesure des projets et de la maturité de chacun, intégrer plus d'intervenants.



Fig32: La maquette numérique collaborative Capteur d'écran de la Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur]

#### 4.5.3.3. LE TROISIEME NIVEAU

Ces propriétés physiques, géométriques et analytiques sont issues des modèles que tous les acteurs ont construits. On a le maître d'ouvrage qui aura sa petite idée de son ouvrage,

évidement. On a l'architecte. On a l'ingénieur de structure. On a les ingénieurs de fluide. On a les exploitants qui vont exploiter un autre type de maquette...etc. Quand on parle de BIM, il faut avoir dans la tête ces trois niveaux de définitions, et les articuler ensemble autour de ce cycle de vie du bâtiment. *Niveau 3 : La maquette numérique intégrée*, Chaque intervenant travaillera sur la même maquette en temps réel.

Le *BIM niveau3* correspond à l'utilisation d'une maquette numérique et à son partage via un réseau aux différents acteurs qui peuvent s'y connecter à tout moment pour l'alimenter.

Chaque intervenant travaillera sur la même maquette en temps réel.

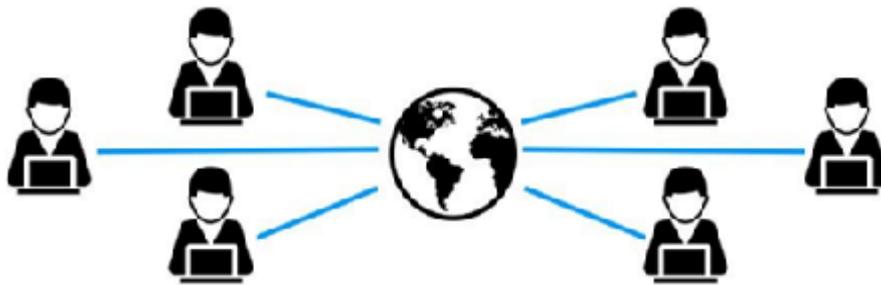


Fig. 33 : La maquette numérique intégrée Capteur d'écran de la Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur]

#### **4.5.3.4. LE QUATRIEME NIVEAU**

Une donnée « temps » est ajoutée aux trois dimensions géométriques. Elle permet de lier les éléments géométriques avec une information « temps » ou un planning de construction, ce qui va permettre aux différents acteurs d'un projet de visualiser dans le temps la durée d'une phase de construction.

#### **4.5.3.5. LE CINQUIEME NIVEAU**

On ajoute la donnée « cout » aux quatres dimensions précédentes. Il Permet de lier les éléments géométriques et la contrainte « temps » à un « cout » et ainsi estimer les couts de construction ou obtenir un aperçu de la situation financière d'un projet à un moment donné.

#### **4.5.3.6. LE SIXIEME NIVEAU**

Il Traite de tout ce qui concerne le « développement durable » d'un bâtiment, par exemple les analyses énergétiques.

#### 4.5.3.7. LE SEPTIEME NIVEAU

Il lie les éléments du projet à tous les aspects de la durée de vie du bâtiment. Généralement délivré à la fin de la construction, le modèle 7D tel que construit contient toutes les informations nécessaires au propriétaire pour l'utilisation et la maintenance du bâtiment.

#### 4.6. UN PROCESSUS CLASSIQUE D'UNE MAQUETTE NUMERIQUE FAITE PAR UN ARCHITECTE

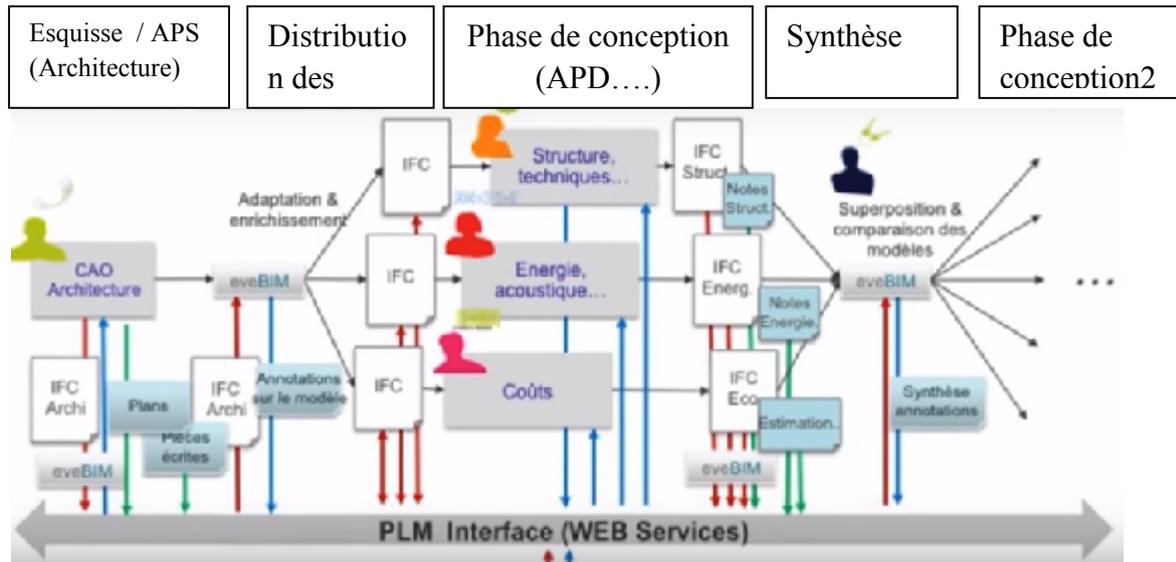


Fig.34 : Maquette Numérique élaborée par un Architecte Capture d'écran du BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

On a un processus classique. Souvent on part d'une maquette qui est faite par un architecte. On est en phase d'esquisse(APS). Cette maquette, après on montage par l'architecte, va être diffusée et éclatée. C'est le rôle du BIM Manager qui va la définir. Les informations qui vont être diffusées aux différents acteurs vont être prises par les différents acteurs par le logiciel pour créer le niveau de détail qui correspond à leur métier. Après on a des phases de synthèses. La ou la synthèse, grâce a la MN, est beaucoup plus outillée. On arrive à détecter les clashes avoir des problèmes de l'interconnexion. *L'avantage de la du BIM c'est cette automatisation de la synthèse.*

## 4.7. CAS D'UTILISATION DE MAQUETTE NUMERIQUE

[MODEL D'ARCHITECTE, UN COLLEGE CONÇU PAR BIM].

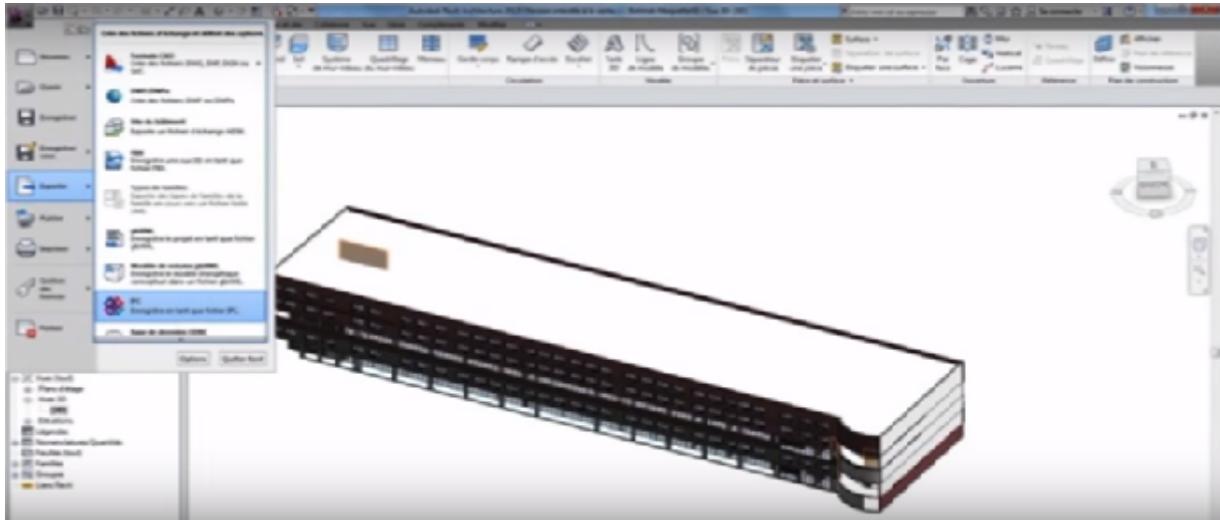


Fig.35 : Modèle de la Maquette Numérique d'architecte Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

L'architecte développe un collège. Il travail avec son logiciel-métier (auto desk). Il fait sa *modélisation* et puis il exporte dans le standard IFC de l'ISO de la MN du BIM. Donc, a partir de là, l'architecte va pouvoir l'a partagé avec les autres acteurs.

### 4.7.1. VERIFICATION ET DEPOT SUR LE SERVEUR

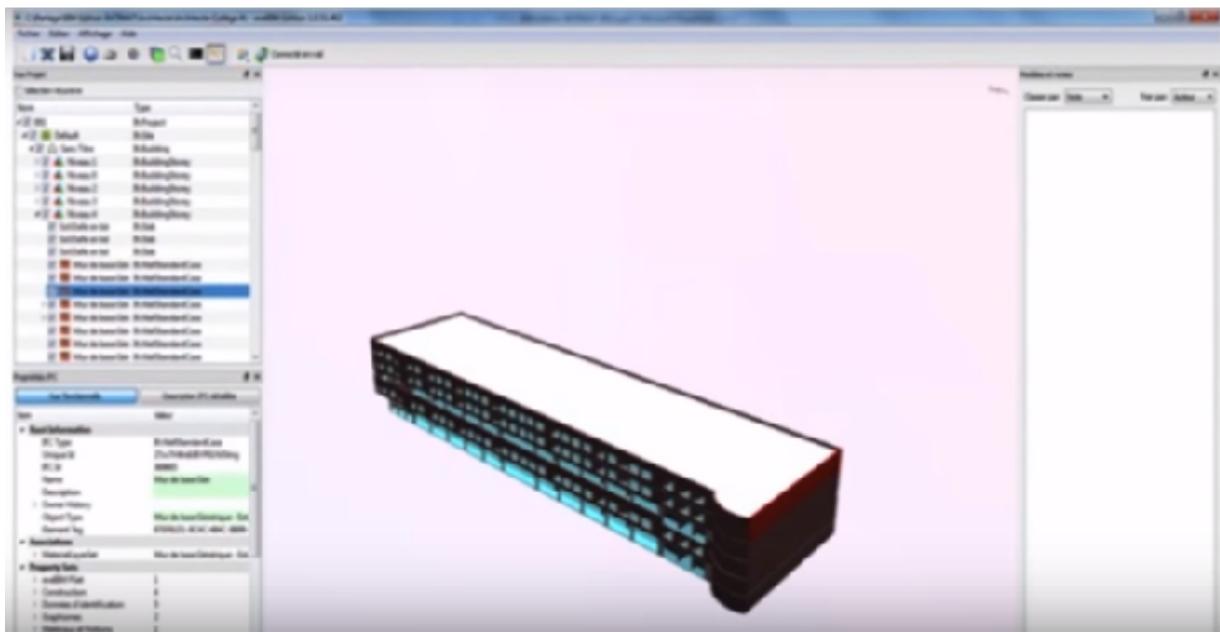


Fig.36 : Dépôt de la maquette sur le serveur Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

C'est l'étape de l'outil 'Visionneuse'. Qui va permettre de relire le modèle IFC. On est plus dans l'outil de CAO. On est dans un autre type d'outil plus léger et qui peut être partagé à l'ensemble des acteurs. Tous les acteurs ont cette visionneuse commune qui permet de vérifier l'échange de l'information entre acteurs s'il est complet. Si les informations sont bien renseignées. Donc, *on doit le déposer sur le serveur.*

#### 4.7.2. INGENIEUR REMARQUES

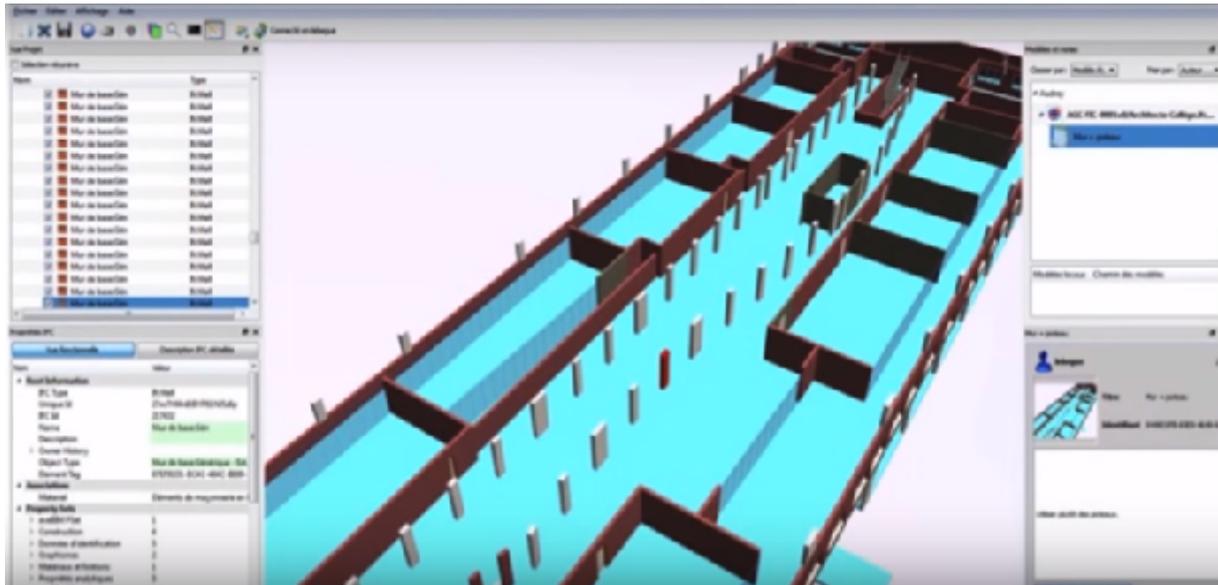


Fig.37 : Les remarques de l'ingénieur Capture d'écran de laMN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

L'ingénieur lui aussi se connecte au serveur. Il recharge le modèle et puis il va commenter. Il peut annoter. Y a des choses qui n'apparaissent pas correcte. Par exemple, d'un mur, d'un poteau qui a été modélisé par un objet mur. Des choses qui ne paraissent pas logiques, donc, on met des *Co- annotations*. On met en place tout un *système des annotations qui ne va pas modifier le model d'architecte*. Il va dire à l'architecte, *attention, y a un truc qui ne va pas, expliquez-vous.*

### 4.7.3. LA REPONSE DE L'ARCHITECTE

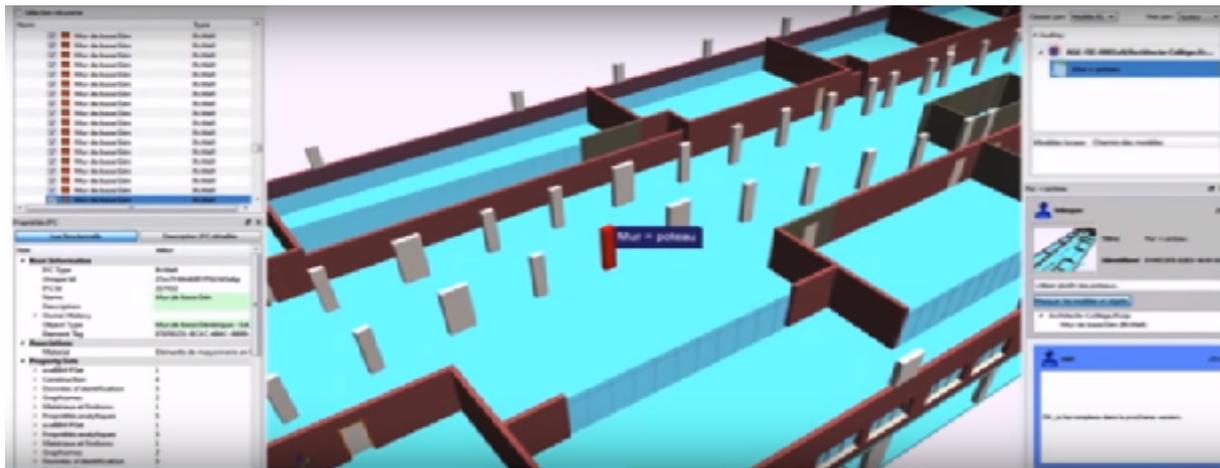


Fig.38: L'architecte répond à l'ingénieur Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

L'architecte se reconnecte. D'abord, il a eu l'information comme quoi l'ingénieur a découvert un problème. Il *charge une étiquette*. Il lui dit, voila, c'est un mur. Ce n'est pas un poteau. Ok, je prendrai ça lors en compte de la prochaine version. Il lui renvoi. *On a un processus itératif ou chacun pose sa maquette*. Cette maquette est enrichie par les acteurs.

### 4.7.4. METIER

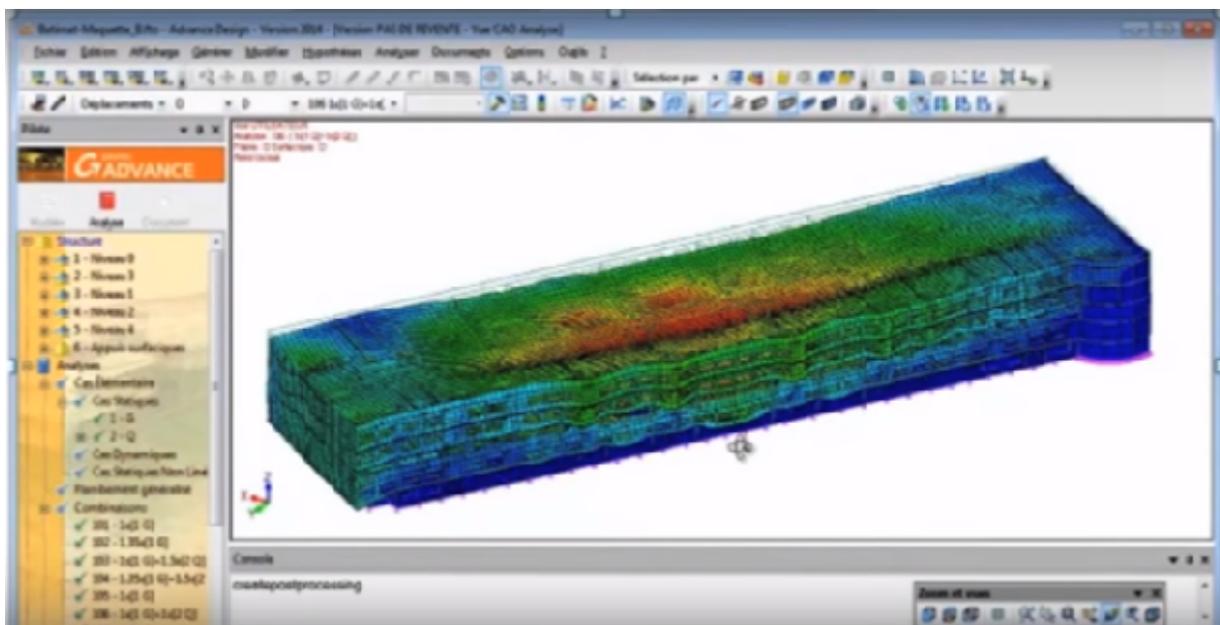


Fig.39 : Application logiciel métier Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

Après ce dialogue, l'ingénieur peut récupérer la maquette. Avec son outil de structure, il va pouvoir faire des descentes de charges. Entamer ses calculs finis. Enfin, l'ingénieur définit son modèle de structure. On est parti du modèle de l'architecte et on faire le modèle

BIM, le modèle de structure. La, on est dans le logiciel de structure qui va permettre de récupérer la maquette. La maquette qui peut être du coup réinjecter ainsi dans le serveur.

#### 4.7.5. BIM MANAGER, VERIFIE LA COHERENCE

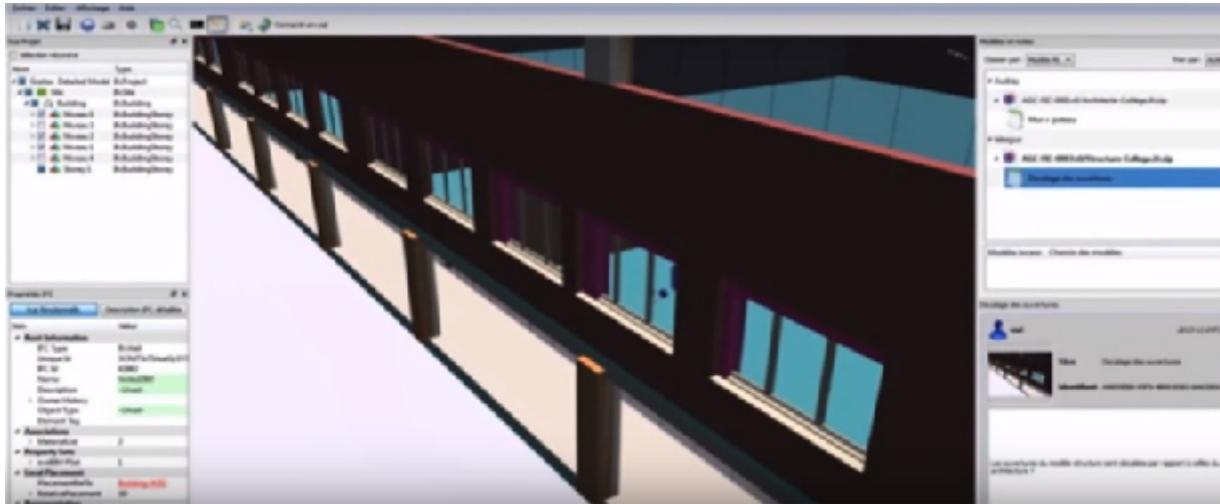


Fig. 40 : vérification de la cohérence par BIM manager Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

Après, on peut superposer le modèle de structure et le model d'architecture pour voir si c'était cohérent. Dans ce model on peut découvrir qu'il y a un décalage entre les ouvertures du model de structure et le model de l'architecture.

#### 4.7.6. ANALYSE ECONOMIQUE

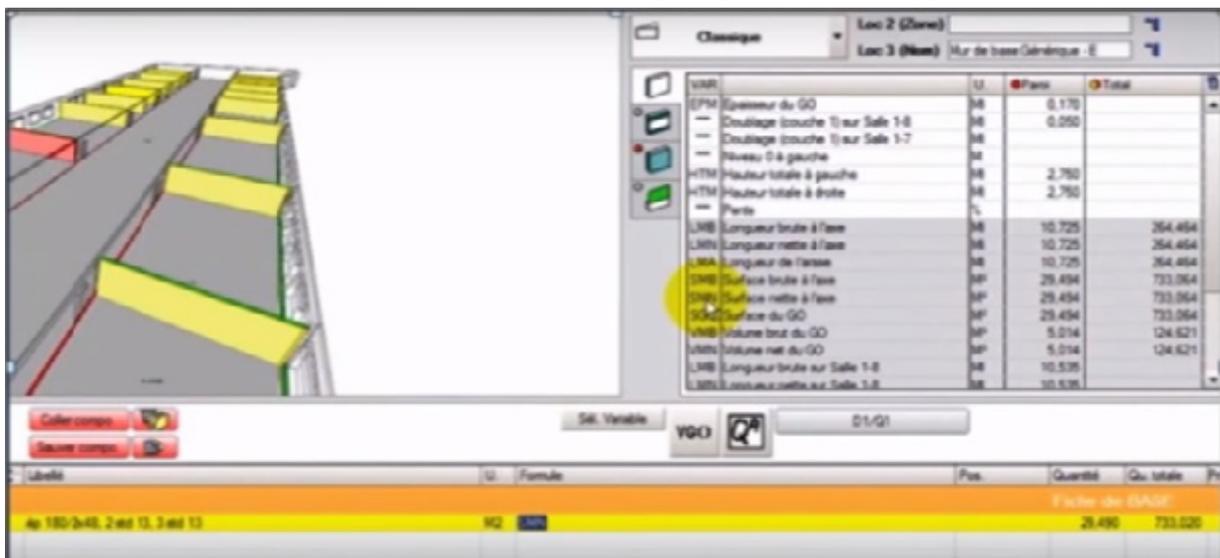


Fig. 41 : Analyse économique Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

Chaque métier avec son outil va pouvoir se connecter. Par exemple, l'Economiste avec l'outil ATTIC+ va se connecter. Par la démonstration de son outil qu'il se sent capable de recharger la maquette.

#### 4.7.7. L'OUTIL ATTIC+ QU'UTILISE L'ECONOMISTE



Fig. 42 : Exemple de l'outil ATTIC Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

Analyse économique (l'outil ATTIC+ WinQuant)

#### 4.7.8. L'ECONOMISTE, DEPOSE SON MODELE ENRICHI

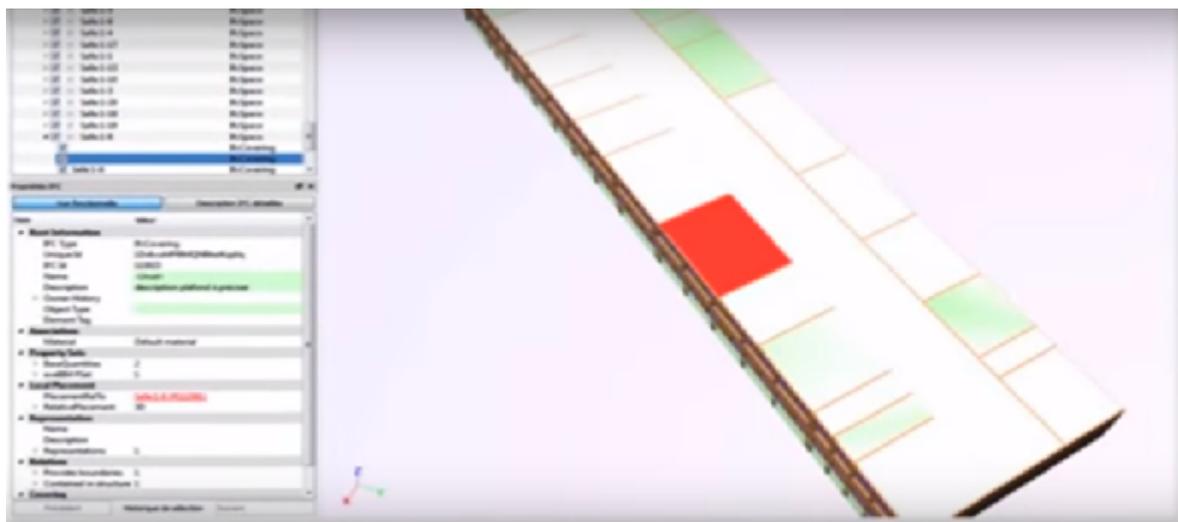


FIG. 43 : Le modèle de l'économiste Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]

Il permet de l'enrichir avec des éléments économiques. Par ex, un architecte ne va pas modéliser la poutre au dessus de la porte. Alors que la poutre est d'une dimension économique.

#### 4.7.9. THERMIQUE

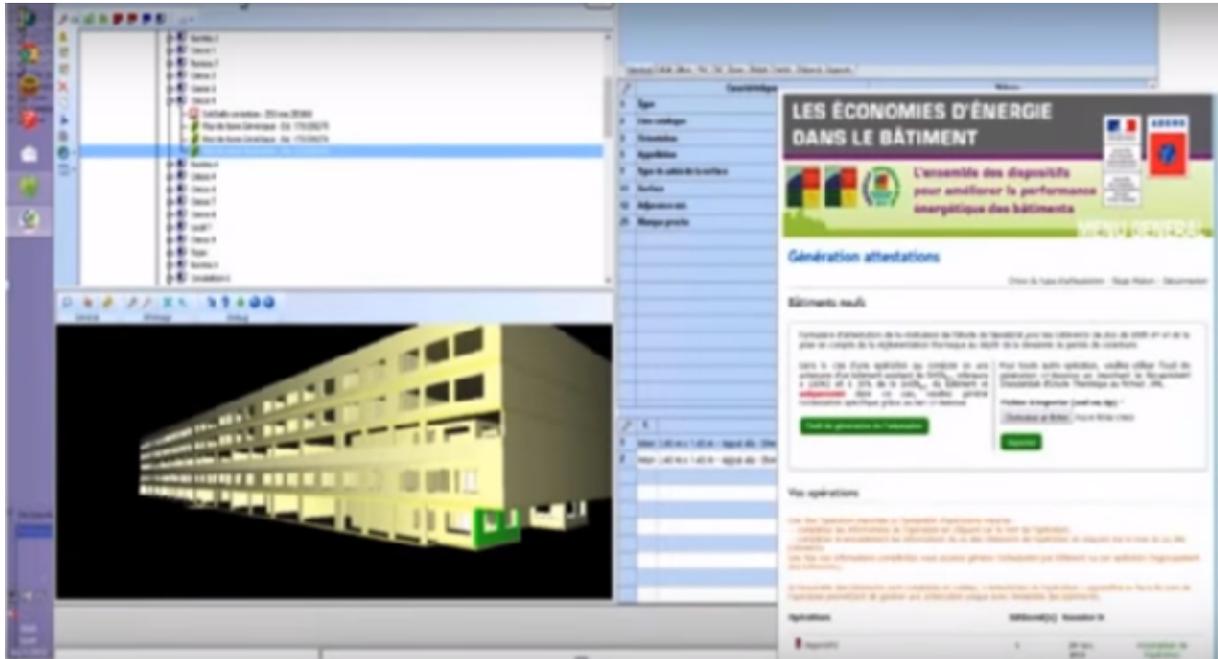


Fig. 44 : L'étude du thermique Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concurrente [Source : auteur]

Même chose pour la thermique, impact environnemental, on a une Batterie d'outil qui adresse tous les métiers d'analyse et qui sont interconnectées grâce a ce genre de systèmes

#### 4.7.10. IMPACT ENVIRONNEMENTAL

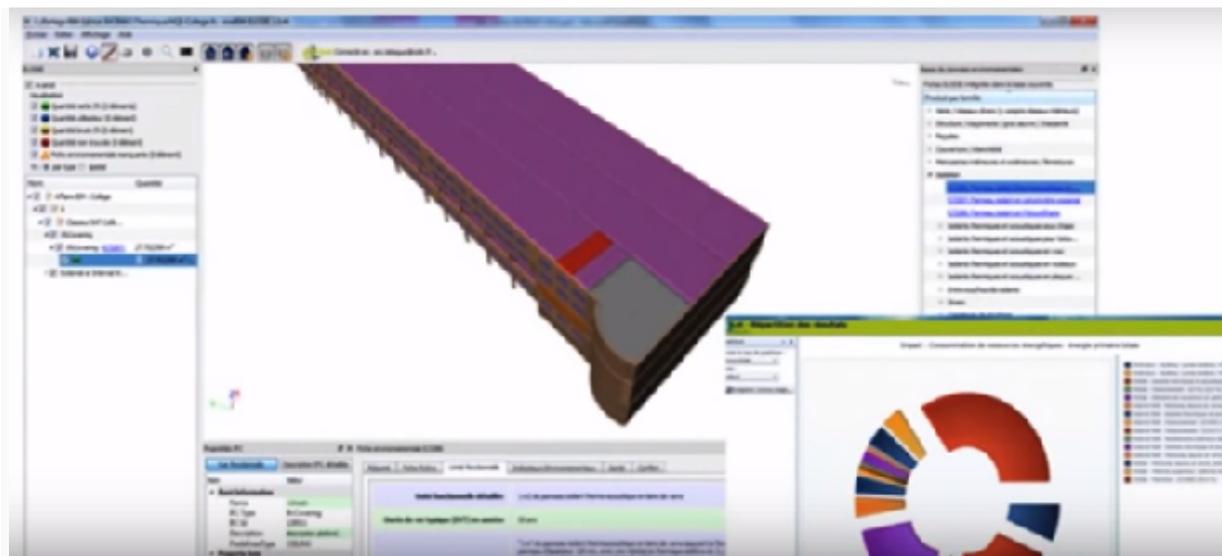


Fig.45 : L'étude environnementale Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concurrente [Source : auteur]

Batterie d'outil qui adresse tous les outils d'analyse.

#### 4.8. LE BIM MANAGER NE PEUT PAS TOUT FAIRE

Durant la présentation du cas de collègue conçu par BIM [modèle d'architecte], cité en haut en peut noter qu'un BIM Manager peut être nommé pour chaque projet, toutefois ce ne sera qu'une seule personne dans les PME. Il faut se rappeler que l'adoption du BIM est une vision de l'entreprise et non pas la mission d'une seule personne non soutenue. Le BIM manager ne peut pas à lui tout seul supporter l'implémentation et la réussite du BIM dans une entreprise. Dans ce processus d'ingénierie «concourante», se pose la question de l'élaboration et de l'actualisation de la maquette numérique. Le «BIM Management » devient une fonction centrale du projet BIM. Le « *BIM manager* » n'est pas un nouveau métier, mais plutôt une nouvelle fonction, qui peut être assurée par les différents intervenants de la maîtrise d'œuvre.

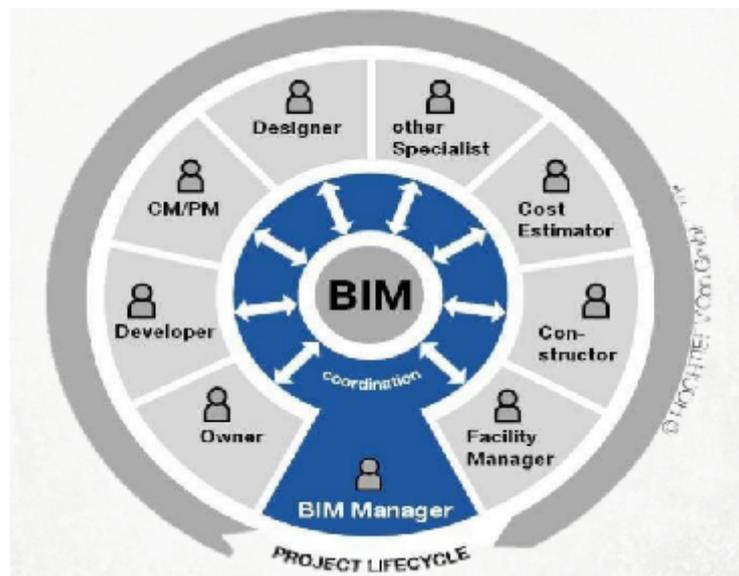


Fig.46 : Le BIM Manager Capture d'écran du BIM manager, Building SMART [source : auteur]

#### 4.9. LES AVANTAGES DU BIM POUR L'AGENCE D'ARCHITECTURE

Les avantages de la conception BIM sont multiples, pour tous les intervenants et à toutes les étapes d'un projet. Le BIM change la façon de travailler des maîtres d'ouvrage, architectes, ingénieurs et entrepreneurs. Il leur permet de collaborer et d'ajouter des informations pertinentes très tôt dans le projet, lorsque les modifications n'ont pas encore de conséquences financières graves.

Grâce à la réalisation d'un prototype ou une représentation virtuelle de ce qui va être construit, le BIM permet à un bâtiment d'être construit, testé et analysé en temps réel avant même le premier coup de pioche.

Grâce au BIM, il est possible de réaliser des bâtiments qui consomment moins d'électricité, sont chauffés et climatisés plus efficacement, et protègent mieux leurs occupants. Répartie en différentes catégories, voici la liste des principaux bénéfices liés à une conception BIM.

- ✓ Le modèle virtuel 3D conçu avec un logiciel BIM permet d'effectuer des visualisations précises à toutes les étapes du projet, et est automatiquement consistant dans toutes les vues.
- ✓ Le modèle composé d'objets paramétriques ne comportera pas d'erreur de géométrie, notamment suite à une modification.
- ✓ Les logiciels BIM permettent à tout instant de générer des plans 2D, consistants entre eux, qui reflètent parfaitement le modèle virtuel à cet instant.
- ✓ La collaboration entre les intervenants est facilitée grâce à l'utilisation d'un même modèle 3D, simultanément ou non.
- ✓ Le modèle virtuel BIM permet la vérification du respect des normes en vigueur et des critères du projet tant au niveau quantitatif que qualitatif.
- ✓ Les quantités et coûts de construction peuvent être extraits en temps réel, à tout moment durant la conception. Cela permet d'avoir un retour immédiat sur les conséquences budgétaires d'une modification ou d'une variante.
- ✓ Les analyses et simulations des performances énergétiques et environnementales d'un bâtiment peuvent être réalisées très tôt dans l'étude, ce qui fournit l'opportunité de corriger la conception au besoin.

#### **4.10. LES INCONVENIENTS DU BIM POUR L'AGENCE D'ARCHITECTURE**

En accord avec le CSTB(2014), Nous allons tenter d'énumérer les différents inconvénients du BIM. Éléments auxquels il faut penser durant l'établissement du budget pour le déploiement du BIM dans l'agence.

- ✓ *Le logiciel*: un logiciel BIM coûte à l'achat environ 5'000 à 6'000 euros. La souscription annuelle de mise à jour et maintenance est environ 20% du prix d'achat. Ce logiciel permettra de réaliser et de modifier le modèle 3D, de faire des visualisations et des estimations de quantités. Ensuite il faut savoir si on veut ajouter

des modules ou d'autres logiciels pour réaliser des analyses plus précises, la planification, etc. Il existe maintenant des clones de ces logiciels, ainsi que des versions "light" qui sont offertes aux alentours de 1'000 à 2'000 euros.

- ✓ *La formation:* Les logiciels BIM sont complexes, mais plutôt conviviaux. Toutefois, ne pensez pas vous en tirer à moins d'une semaine de formation. Les prix varient pas mal, de 500 à 1'000 euro par jours. En plus les personnes formées sont absentes du travail. Une formation interne est à envisager si vous avez les ressources pour le faire. Idéalement vos employé(e)s doivent aussi comprendre que c'est tout à leur avantage de se former et y mettre du leur, avec des livres par exemple.
- ✓ *La station de travail:* les logiciels BIM sont extrêmement puissants, donc requièrent des ordinateurs performants pour les faire tourner. Compter 2'000 à 3'000 euros pour ce type de machines, avec écrans. A voir bien sûr si l'agence dispose déjà de ce type d'ordinateur.
- ✓ *La perte de rendement initiale:* le BIM est un changement radical par rapport à la CAO. On ne peut pas du jour au lendemain passer d'un à l'autre sans perte de rendement. On parle d'environ 20-30% les 6 premiers mois. Donc au pire 1 à 2 mois de perte de rendement dû au changement de méthode de travail. Tout est lié au salaire et les charges des employés.
- ✓ *La mise en place du BIM dans l'agence et dans l'entreprise:* Cela prend du temps, beaucoup de temps. Le BIM impose de changer les méthodes de travail de chacun. Il faut mettre en place et tester les nouveaux flux de travail. Créer les standards, les gabarits, etc.
- ✓ *Combien cela vous coûte-t-il de ne pas passer au BIM ?* En effet après un an les études démontrent une augmentation moyenne de la productivité d'environ 20-30%. Plus pour les années suivantes. Le coût initial sera ainsi amorti au bout de deux ans environ. Et bien sûr le BIM pourrait vous amener des affaires supplémentaires.

Après avoir élucidé les avantages et les inconvénients du BIM, on peut opter pour l'utilisation du BIM parce que c'est un travail qui opte pour le concerté d' « Amortissement » à long terme. Peut-être pour les petites agences c'est moins fiable.

## **CONCLUSION :**

Les Technologies de l'information et de la communication, BIM, ne sont pas encore très répandues dans les métiers de la maîtrise d'œuvre, au-delà naturellement de l'usage aujourd'hui banalisé de la messagerie électronique et d'internet. Elles proposent pourtant des environnements qui permettent de renforcer les moyens de conception d'une équipe projet. Elles facilitent par exemple l'hébergement de projets sur des serveurs, la mise en ligne de service de gestion financière et documentaire tout en assurant une bonne maîtrise des droits d'accès et des circuits de validation (Celnik et Vincent, 2005). Elles permettent une connexion avec des moteurs de recherche multicritères dédiés à l'urbanisme et à l'architecture, facilitant des recherches par mots, mais aussi par images. Elles facilitent la description des différents objets qui caractérisent un bâtiment telles que portes, fenêtres, mur ; etc. en l'accompagnant un de spécifications techniques provenant de diverses sources industrielles, concernant leur mise en œuvre par exemple ( J.M. Dossier, 2005). Certains de ces services regroupent l'essentiel des informations disponibles pour la conception, la construction et la gestion d'un ouvrage : informations techniques, réglementaires, juridiques, produits, etc. sont disponibles en ligne.

CHAPITRE N° 5  
LE MODELE D'ANALYSE ET  
PRESENTATION DU LOGICIEL  
D'ANALYSE

# CHAPITRE N°5 : LE MODELE D'ANALYSE ET PRESENTATION DU LOGICIEL D'ANALYSE

## INTRODUCTION

Cette partie consiste à présenter le modèle d'analyse qui rend possible une prévision de questionnement des acteurs au sein des agences d'architecture. On présente les différentes techniques utilisées pour atteindre les objectifs de notre recherche à savoir : l'utilisation du logiciel Sphinx©, le questionnaire, l'échantillonnage, et le sondage. Le modèle crée à partir de la connaissance de ces caractéristiques de la construction représente un nombre de 75 questionnaires.

### 5.1. ELABORATION DU MODELE D'ANALYSE :

Le modèle d'analyse sera composé exclusivement de la méthode d'enquête classique avec pour épine dorsale le questionnaire.

#### 5.1.1. CHOIX DE LA METHODE D'ENQUETE : LE QUESTIONNAIRE

Etant donné la diversité importante des méthodes, le choix d'une procédure demande une réflexion, une compétence «*car la valeur des résultats dépend de celle des méthodes mises en œuvre.*»(Festifer et Katz, 1974). Pour cela, acquérir un certain savoir et savoir faire avec ces méthodes s'avère impérative.

D'après Angers M, il ya trois méthodes types en sciences humaines «*qui ont été retenues pour cours de méthodologie de la recherche dans le programme des sciences humaines de l'ordre collégiale* » (Festiger et Katz, 1974).

- ✓ 1-*la première méthode*, est celle qui se nomme *historique*, elle a pour objet les phénomènes du passé qu'elle cherche à reconstituer pour les étudier et les comprendre, ses moyens d'évaluation sont la critique interne et externe.
- ✓ 2-*La deuxième méthode*, est celle qui se nomme *expérimentale*, elle prend pour objet des phénomènes mesurables et vise à effectuer un rapport de causalité, il faut dire que «*se sont les sciences de la nature qui sont à l'origine de cette méthode* »(Angers, 1977).
- ✓ 3-*La troisième méthode*, la dernière méthode est *la méthode d'enquête*, qui s'effectue par le biais de plusieurs techniques d'investigations confectionnées selon des plans rigoureux. Cette procédure s'intéresse surtout aux phénomènes de population et permet d'étudier les comportements, les attitudes les opinions de cette population.

Pour notre travail on opte pour la 3<sup>ème</sup> méthode qui nous semble favorable sur les critères d'attitudes et d'opinions de la population à interrogée.

#### **5.1.1.1. DEFINITION DU QUESTIONNAIRE : OUTIL DE L'ENQUETE**

Selon Angers Maurice (1997), le questionnaire C'est «une technique directe d'investigation scientifique auprès d'individus qui permet de l'interroger d'une façon directive et de faire un prélèvement quantitatif» (Angers, 1997). Effectivement, le questionnaire C'est un instrument de collecte de l'information auprès d'une population déterminé. C'est un outil d'enquête qui permet d'entrer en contact direct, in-situ ou à distance, par le biais e-mail, messagerie avec des enquêtés. L'enquêteur, chercheur, utilise un formulaire qui contient des questions de différents types, formulées par lui-même, selon son sujet de recherche. Evidemment, c'est pour obtenir des réponses dans le but de mesurer le phénomène a étudié.

Il y a plusieurs manières d'administrer un questionnaire, (Fenneteau, 1997). Le premier type est le « questionnaire auto administré », lorsque l'enquêté prend en charge de répondre lui-même aux questions élaborées dans le questionnaire, et mentionner ses réponses dans le formulaire. Le deuxième genre est le « questionnaire administré par l'enquêteur » soit par le face à face, ou par le téléphone. C'est une technique peu coûteuse et rapide, elle assure le recueil de toutes sortes d'informations même la plus intime en garantissant bien sûr l'anonymat .Cependant, il ne faut pas négliger les limites de cet instrument, tel que la nature des informations, comme le souligne Maurice Angers (Angers, 1997).

#### **5.1.1.2. LA CONFECTION DU QUESTIONNAIRE ET LA FORMULATION DES QUESTIONS**

Vu l'importance du questionnaire comme outil d'investigation et de collecte d'informations, nous avons étudié la formulation des questions qui forment notre questionnaire en fonction de leur typologies, de leurs règles de construction. La confection du questionnaire est une phase très importante, la qualité de cet instrument conditionne largement la pertinence de l'enquête de notre travail.

La technique utilisée se résume en enquêtes quantitatives. Nous visons dans notre recherche la connaissance et la mesure des faits et des opinions d'une population déterminée. Nous élaborons le questionnaire, comme le sociolinguiste, dans le but de confronter avec les

données empiriques, la pertinence des questions qu'on se propose d'élucider et de confirmer la validité des hypothèses Postulées dans la phase préliminaire de notre recherche. D'après les caractéristiques de la population à interrogée, nous avons la confiance totale dans le choix du questionnaire comme outil approprié pour la collection des informations.

Dans notre sujet de recherche, on préféré aussi l' «enquête ciblée » pour laquelle on a opté pour la « technique d'échantillonnage ». Les enquêtés auront pour rôle de répondre aux questionnaires présentés.

### 5.1.2. CONSTRUCTION DE L'ECHANTILLON

Le questionnaire, instrument sociologique quantitatif, est soumis à une construction préalable. Le chercheur se doit de déterminer la population qu'il souhaite interroger. Comme dans la majeure partie des cas, la population étudiée est trop large, le chercheur se limite à un échantillon (Gaythomas, 2004). On a choisie la technique de construction d'échantillonnage. Pour la fiabilité de cet échantillonnage on a déterminé un échantillon représentatif de la population mère, échantillon de 75 questionnaires, des différentes chefs lieu d'existence d'agences d'architecture. Enfin c'est le passage à la structuration du questionnaire. Les questions sont organisées selon plusieurs tâches et activités assurées par acteurs à interroger au sein des agences.

- Le premier type d'agence, de statut privé, contient un architecte (le patron de l'agence) avec un ou deux architectes stagiaires. Pour, la majorité de ces petites agences n'ont pas le profil « Ingénieur génie civil » dans leur personnel. Avec la mention de l'anonymat, le questionnaire contient (19) questions organisées et structuré comme suit :
- Premièrement, des questions qui correspondent aux caractéristiques aux variables [Le rôle dans l'agence, Expérience].
- Deuxièmement, des questions qui correspondent aux variables [Type de logiciel, Utilisation du logiciel, Stade de l'utilisation du logiciel]
- Troisièmement, des questions qui correspondent aux variables [La place de l'ingénieur]
- Quatrièmement, des questions qui correspondent aux variables [Le niveau du commencement de la collaboration, le processus, le profil de l'ingénieur, l'impact de la collaboration : TS, S, PS, NS, défaut de la qualité architecturale].
- Cinquièmement, des questions qui correspondent aux variables [Rôle et place de

l'ingénieur dans la conception architecturale, Ingénieur communication, Effet de communication sur la qualité projet, effet de la communication sur des problèmes précoces].

- Sixièmement, des questions qui correspondent aux variables [Utilisation du BIM, L'impact du BIM sur, délais de réalisation, couts, durabilité].
- Septièmement, C'est des observations supplémentaires émis par la population interrogée.

### **5.1.3. LES TYPES DE QUESTIONS DANS LE QUESTIONNAIRE**

Comme la question est « l'échelle de mesure » dans le questionnaire, on a opté pour les types de questions suivantes : Les *questions fermées multiples*, les *questions ouvertes*, les *questions numériques*, les *questions à échelles*. Chacune d'elles a ses propres caractéristiques et présentent à la fois des avantages et des inconvénients particuliers.

#### **5.1.3.1. LA QUESTION FERMEE**

C'est la formule la plus adaptée au traitement et à l'analyse statistique. Dans ce genre d'interrogation, les réponses sont fixées à l'avance et on demande aux interrogés de choisir une ou plus d'une réponse. Cette forme de question est employée pour recueillir des informations sur des faits. Toutes les questions fermées sont adaptées au traitement statistique, parce que les réponses sont prédéfinies. Reste à dire que l'enquêteur doit être clair dans les modalités de réponse données pour laisser aux enquêtés le choix de la réponse qui lui convient. Nous allons voir maintenant quels sont les principaux types de la question fermée.

#### **5.1.3.2. LA QUESTION A CHOIX MULTIPLES**

Comme son appellation l'indique l'interrogé dispose de plusieurs modalités de réponses, il choisit celle qui lui convient. On distingue dans ce type, d'une part, les questions à choix unique, c'est-à-dire que l'interrogé ne peut retenir qu'une seule modalité de réponse et d'autre part, les questions à choix multiples, l'enquêté peut choisir plus qu'une réponse exemple :

A quel niveau commence la collaboration avec l'ingénieur:(choisissez une seule réponse)

- -Stade de l'esquisse
- -Stade de l'APS
- -Stade de l'APD

### 5.1.3.3. LA QUESTION A ECHELLE

C'est le troisième type de question fermée, l'enquêteur l'utilise pour pouvoir mesurer des variables qualitatives, en d'autres termes quantifier ce qu'est qualitatif, Selon Fenneteau H. « les principales échelles sont été conçues initialement pour analyser [...] Les attitudes» L'une des questions à échelles les plus utilisées dans des domaines variés, est le modèle de Likert. On propose à l'interrogé de démontrer son degré de satisfaction ou d'insatisfaction, ou encore le degré d'accord ou de désaccord en passant par stade intermédiaire, exemple : *Que pensez-vous de l'impact de la collaboration architectes/ingénieurs dans votre agence et la qualité des bâtiments réalisées ?*

*Très satisfaisant   Satisfaisant   Peu satisfaisant   non satisfaisant*

Les deux autres échelles sont utilisées les plus souvent en marketing qui n'est pas notre spécialité. Plusieurs avantages peuvent être attribués à ce type. Avec la question fermée, le recueil de réponses est simple, ce qui facilite l'analyse de l'information. Les modalités de réponse présentées aident l'interrogé à orienter sa réflexion. Mais ça ne veut pas dire que la question fermée ne contient pas des limites. Elle prive l'interrogé de s'exprimer librement selon Fenneteau H. « les réponses que l'on collecte ne fournissent pas d'indications sur la façon dont la question a été comprise » (Regean, 2003).

### 5.1.3.4. LA QUESTION OUVERTE

Comme son nom l'indique, ce type ne contient pas des suggestions de réponses. Par exemple : *Quels Sont selon vous le rôle et la place de l'ingénieur dans la conception architecturale?* L'enquêté peut dire ce qu'il veut, il est libre de donner n'importe qu'elle réponse. Selon Mucchilli R, «la question dite ouverte ne prévoit pas les réponses et laisse à l'individu la liberté complète de s'exprimer » (Fenneteau, 1997). Ce qui est avantageux dans ce type de question c'est que l'enquêteur peut découvrir des informations très importantes de

la part de l'enquêté. En plus l'enquêteur n'est pas censé de savoir à l'avance ce que l'enquêté peut penser, il détermine simplement le thème de la question, en laissant à l'enquêté la chance de s'exprimer avec son propre vocabulaire. Cependant, ce type pose les difficultés lors du traitement de l'information. Les réponses obtenues risquent d'être vagues et difficiles à interpréter ce qui exige une véritable analyse du contenu. Pour éviter ce genre de contrainte, il est utile de limiter l'ampleur de la réponse par le nombre de lignes fournies.

#### **5.1.4. PRESENTATION FINALE DU QUESTIONNAIRE**

Une très grande importance a été accordée à l'image du questionnaire, c'est une tâche qui a été réfléchi. Le questionnaire a une apparence simple et claire, en effet, on a choisi la qualité du papier, le caractère de l'écriture pour qu'elle soit lisible. Il songera aussi à numéroter et aérer les questions pour pouvoir mentionner les réponses.

#### **5.1.5. L'ORDRE DES QUESTIONS DANS LE QUESTIONNAIRE**

On a établi un ordonnancement des questions pour ne pas influencer les réponses et de mettre l'enquêté à l'aise et de ne pas le brusquer dès le début du questionnaire avec des questions difficiles, exemple. Le questionnaire a pris *la forme entonnoir*. On a essayé de garantir la cohérence et la continuité des questions et le questionnaire paraîtra moins long aux yeux de l'enquêté. On a débuté avec les questions générales vers les « questions spécifiques » ça va donner la possibilité aux informateurs de saisir le sujet du questionnaire. Enfin des mesures de précaution dans l'agencement des questions ont été prises pour pouvoir gagner la confiance des enquêtés mais aussi leurs honnêtetés.

#### **5.1.6. L'ADMINISTRATION ET LA PASSATION DU QUESTIONNAIRE**

Administrer un questionnaire c'est déterminer le mode de collecte de la réponse auprès de la population ciblée. Plusieurs facteurs peuvent contribuer à l'administration du questionnaire, le type d'enquête, le nombre des enquêtés et surtout à ne pas négliger le coût [<http://www.apce.com/pid531/realiser-questionnaire.html#Administration>] donc, on doit donner beaucoup d'importance à ces éléments. On distingue *quatre méthodes d'administration du questionnaire*, considérées comme les plus adaptées. Sous deux types, nous avons:

##### **5.1.6.1. LE QUESTIONNAIRE AUTO ADMINISTRE**

On remarque qu'il y a deux types de questionnaires : *L'administré* et *l'auto*

*administré*. Pour notre travail on choisi le deuxième pour des raisons cités dans ci-dessous. C'est l'enquête qui répond et mentionne lui-même ses réponses. On peut le distribuer soit en face à face, l'enquêteur donne directement un formulaire à remplir à des enquêtés, le support utilisé est le papier, sur le quel sont écrites toutes les questions (c'est notre corpus d'étude).

Soit par poste, l'administration ici est par voix postale toujours avec le même support qui est le papier. Elle peut être également par Internet. Il s'agit, d'envoyer des questions et de recueillir des réponses par Internet mais l'enquêteur est censé connaître toutes les adresses email des enquêtés. Sinon il s'adresse à des sites web.

Le questionnaire auto-administré n'est pas privé d'avantages; d'une part, il permet d'interroger un grand nombre de personnes d'une façon moins coûteuse, d'une autre part, Les informateurs ont la chance de posséder les formulaires ce qui facilitera la compréhension des questions, ajoutant aussi « *le délai de réflexion important* ».

[<http://www.apce.com/pid531/realiser-questionnaire.html#Administration>].

Pour conclure cet élément, il faut noter que le plus important dans l'administration du questionnaire est qu'il soit le même, passer à l'échantillon représentatif on parle ici de sa standardisation « *c'est la condition de la Mesurabilité* » [<http://www.apce.com/pid531/realiser-questionnaire.html#Administration>]. L'enquêteur peut adapter différents modes, par exemple: questionnaire par Internet, questionnaire en main à main. Le but est de garantir un taux élevé de réponses.

## **5.2. PRESENTATION DU LOGICIEL D'ANALYSE**

### **INTRODUCTION**

Les logiciels d'analyse, de part leurs capacités de calcul et de présentation qu'ils offrent, se sont des outils numériques qui ont été perçus comme pouvant aider à la conception collaborative, en particulier en conception architecturale : simulation, rendus graphiques, analyse, calcule...etc.

En l'état actuel des choses, l'informatique tiens une place importante dans la majorité des recherches en collaboration entre architecte et ingénieurs en conception architecturale. Elle offre aussi la possibilité, par des modèles construits au fur et a mesure du projet, d'orienter les choix des concepteurs ou de vérifier des contraintes qui n'ont pas encore été prises en compte dans les premières phases. Cela s'étend au niveau prescriptif par l'utilisation

de logiciel spécialisé à l'architecture, comme Sphinx, permettant la bonne gestion des paramètres de l'analyse des différents paramètres de l'objet.

Ce chapitre présente le logiciel utilisé dans la phase pratique pour aboutir à nos objectifs de recherche. A l'issue de cette présentation du logiciel, il sera possible de comprendre le processus d'utilisation de ce logiciel. Néanmoins, il est à préciser que ce chapitre traite brièvement ces données, et constitue ainsi un aperçu et introduction à l'étude opérationnelle qui suit.

### **5.2.1. PRESENTATION DU LOGICIEL SPHINX**

Sphinx est le logiciel d'analyse des résultats de la recherche. Il dispose d'une interface de manipulation des données concernant les variables de traitement du sujet. Il permet l'élaboration du questionnaire. Les enquêteurs peuvent commencer avec la création de la nouvelle enquête depuis l'écran de démarrage du logiciel en cliquant sur Nouvelle enquête. On sélectionne '*créer un nouveau questionnaire*' et on clique sur suivant. L'option 'Adapter un questionnaire' nous permet de rédiger notre enquête à partir d'un questionnaire préexistant ou des modèles de questionnaires proposés par Sphinx.

Après avoir créé un nouveau questionnaire, des fenêtres apparaissent en suite et nous permettent de saisir l'*en-tête*' : Le titre de l'enquête, le nom de l'organisme, la période et d'éventuels commentaires à destination des enquêteurs ou des répondants.

### **5.2.2. LA LECTURE DES OPTIONS DU LOGICIEL SPHINX**

La version utilisée pour ce travail de recherche « Sondage Conception collaborative » recherche est « Sphinx+© ». Il contient les opérations suivantes : [*Elaboration du questionnaire, Collecte des réponses, Traitement et analyses, Rédiger le questionnaire, Impression rapide, Formulaire multimédia, Evaluation du questionnaire, Tableur*].



Fig. 47 : Ces trois interfaces illustrent, les trois opérations : 1-Elaboration du questionnaire, 2- Collecte des réponses, 3- traitements et analyses. Capture d'écran du logiciel Sphinx, [source : auteur]

### 5.2.3. L'UTILISATION DU LOGICIEL SPHINX PLUS+©

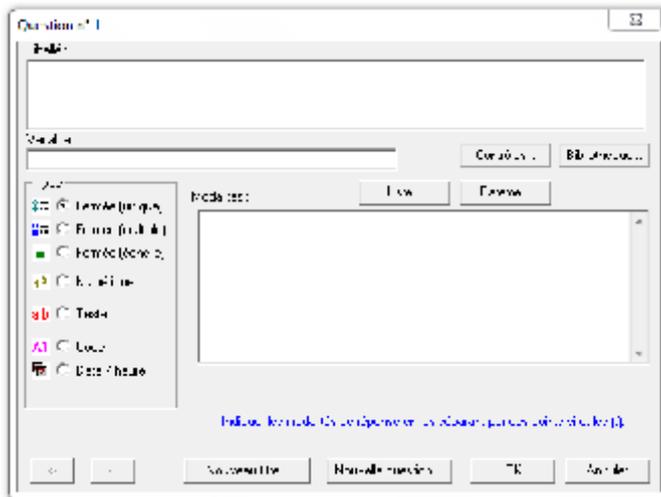
Les enquêteurs peuvent commencer avec la création de la nouvelle enquête depuis l'écran de démarrage du logiciel en cliquant sur Nouvelle enquête. On sélectionne 'créer un nouveau questionnaire' et on clique sur suivant. L'option 'Adapter un questionnaire' nous permet de rédiger notre enquête à partir d'un questionnaire préexistant ou des modèles de questionnaires proposés par Sphinx.

### 5.2.4. DEFINITION DES QUESTIONS

Le menu de définition d'une question est composé principalement:

- ✓ *Du libellé*: il s'agit de l'intitulé complet de la question.

- ✓ Du *nom de la variable*: c'est le nom abrégé de la question. Il doit être court et explicite. Il permettra de repérer la question dans les Listes et dans les autres stades du logiciel,
- ✓ Du *type de la question*: celui-ci doit être sélectionné parmi les sept catégories disponibles,
- ✓ D'un espace dédié aux modalités de réponses possibles pour les questions fermées.

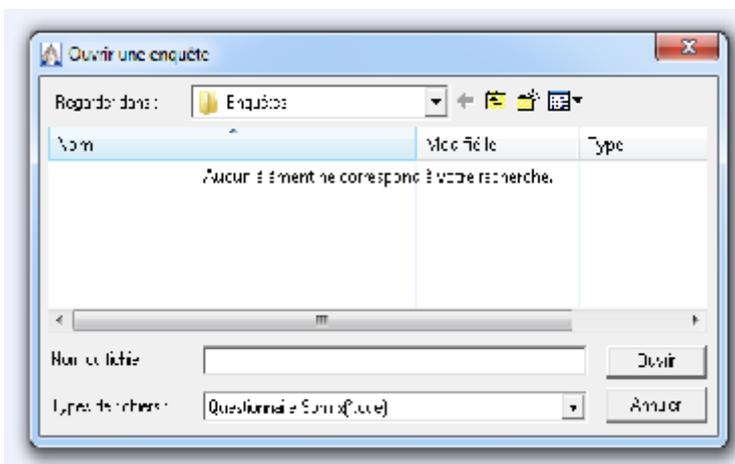


On passe à la question suivante en cliquant sur le bouton Nouvelle question.

Capture d'interface du logiciel Sphinx [source Auteur]

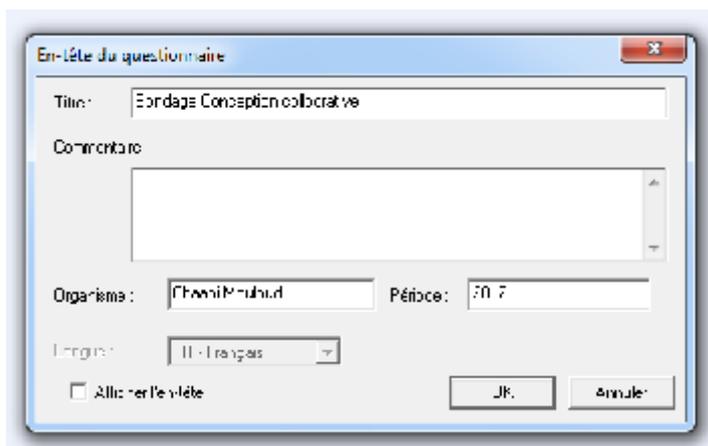
## 5.2.5. LES ETAPES D'UTILISATION

La version utilisée pour cette recherche est Sphinx +<sup>©</sup>. La démarche à suivre est la suivante :



*Première étape*: Ouvrir une enquête dans l'interface du logiciel sphinx.

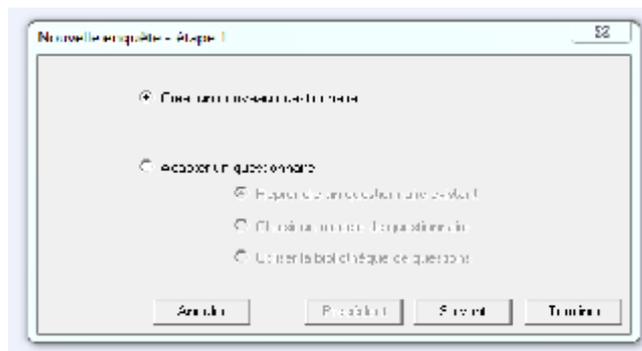
Il contient, les opérations suivantes : voir l'image de l'interface ci-dessous.



The screenshot shows a dialog box titled "Entête du questionnaire". It contains the following fields and controls:

- Title: "Enquête Conception collaborative" (text input)
- Commentaire: (empty text area)
- Organisme: "CFPMM Mulhouse" (text input)
- Période: "20 7" (text input)
- Langue: "FR - Français" (dropdown menu)
- Checkbox: "Afficher le volet" (unchecked)
- Buttons: "OK" and "Annuler"

La deuxième étape : elle concerne l'entête du questionnaire. Elle englobe :  
Le titre de l'enquête, le nom de l'organisme, enfin la date et le commentaire



The screenshot shows a dialog box titled "Nouvelle enquête - étape 1". It contains the following options and controls:

- Radio button: "Créer une nouvelle enquête" (selected)
- Radio button: "Editer un questionnaire" (unselected)
- Sub-options under "Editer un questionnaire":
  - Radio button: "Espace de travail collaboratif" (selected)
  - Radio button: "Espace de travail individuel" (unselected)
  - Radio button: "Liste à bulles de questions" (unselected)
- Buttons: "Annuler", "Précédent", "Suivant", "Terminer"

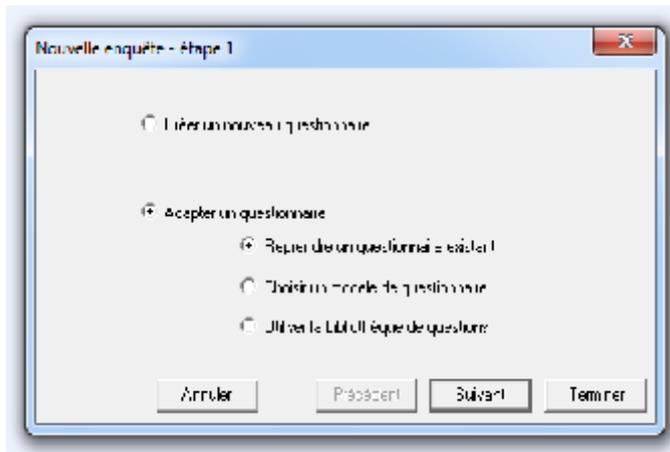
La troisième étape : C'est la nouvelle enquête-étape 1, La création d'un nouveau questionnaire.



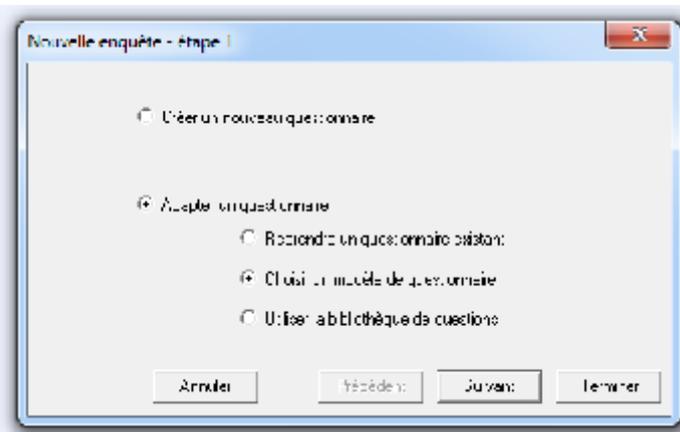
The screenshot shows a dialog box titled "Définir une partie". It contains the following fields and controls:

- Title: (empty text input)
- Consigne: (empty text area)
- Buttons: "Titre < /> Consigne", "OK", "Annuler", "Précédent", "Suivant", "Terminer"

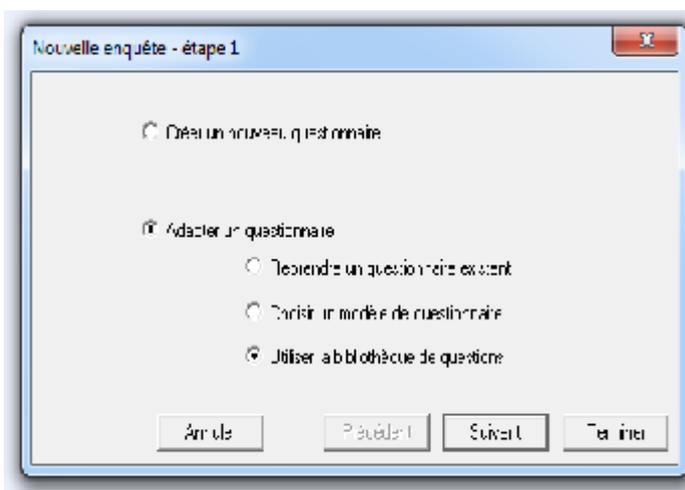
La quatrième étape : C'est la définition d'une partie 1, on définit un titre avec consigne avec le passage à de nouveau titre ou nouvelle question.



La cinquième étape : Nouvelle enquête-étape 1 : Adaptation d'un questionnaire, c-à-d, reprendre un questionnaire existant.



La sixième étape : Nouvelle enquête-étape 1 : adapter un questionnaire, c.-à-d., choisir un modèle de questionnaire



La Septième étape : Nouvelle enquête-étape 1 : adapter un questionnaire, c.-à-d, utiliser la bibliothèque de questions. Capteur d'interfaces du logiciel Sphinx +© [Source :auteur]

## **CONCLUSION**

Aujourd'hui, on remarque que l'utilisation de l'outil numérique dans le processus d'analyse d'un fait scientifique, les variables de la collaboration, est devenue nécessaire. Son application assure de parfaits résultats du point de vue technique et économique. Il facilite la gestion de la phase expérimentation. Il donne au chercheur l'envie d'approfondir ses recherches pour les valider dans un processus expérimental structuré. Sphinx est un logiciel qui permet d'observer et analyser les différentes variables de l'expérimentation. Sa performance dans l'analyse du problème de la collaboration avec les modalités de réponses contrôlées le rend un partenaire qualifié de fiabilité et de rentabilité.

# CHAPITRE N° 6

## APPLICATION DU MODELE D'ANALYSE

## CHAPITRE N° 6 : APPLICATION DU MODELE D'ANALYSE

### INTRODUCTION

Ce chapitre s'intéresse à la présentation des différentes techniques utilisées pour atteindre les objectifs de la recherche. Parmi les techniques utilisées, l'élaboration du questionnaire, la distribution, la collecte...etc. Une description de cas d'étude opte pour les caractéristiques telles que, le fonctionnement, la taille, le statut, etc. Ceci nous mène à décrire le processus de collaboration existant ou non au sein du cas d'étude. Et dire comment la conception collaborative prend place entre les acteurs des différentes agences d'architecture.

#### 6. 1.PRESENTATION DU CAS D'ETUDE

Notre cas d'étude touche La population interrogée qui travaille dans les différentes agences d'architecture mentionnée ci-dessous :

- Le premier type d'agence, de statut privé, contient un architecte (le patron de l'agence) avec un ou deux architectes stagiaires. La majorité de ces petites agences n'ont pas le profil « Ingénieur génie civil » dans leur personnel.
- Le deuxième type d'agence, de statut étatique, contient plusieurs architectes et ingénieurs (anciens et stagiaires avec le directeur du profil architecte ou ingénieur) sous le nom « Bureau d'études techniques et économiques de la wilaya ».
- Le troisième type d'agence, de statut étatique, sous le nom « Société d'Etudes Techniques de Sétif ». C'est une agence qui est composée de : 01 Architecte, 27 Ingénieurs en génie Civil, Dont le profil est purement technique.

##### 6.1.1. LA PRE-ENQUETE

Cette étape s'intéresse à vérifier la clarté dans la formulation des questions et leurs degré de compréhension par le questionné. Pour cela une pré-distribution symbolique, quelques questionnaires, a eu lieu comme teste de compréhension. C'est dans le but de renforcer cet dialogue entre le questionneur et le questionné. C'est un travail introductif pour la phase qui suit, le déroulement de l'enquête.

#### 6.2. DEROULEMENT DE L'ENQUETE

Le déroulement de l'enquête dépend des ressources disponibles et du temps. En effet, pour le temps nécessaire, on a essayé de faire un planning de mouvement pour

ventilation des questionnaires sur les agences d'architecture pour la réussite de notre enquête. En plus on a réservé un budget, des moyens matériels, et des moyens de transports.

### **6.2.1. DESCRIPTIONS DES ETAPES DE L'ENQUETE**

(Élaboration du questionnaire, distribution, collecte, problèmes rencontrés etc.....).

### **6.2.2. L'ELABORATION DU QUESTIONNAIRE**

Nous avons commencé la rédaction du formulaire de questions qui se caractérise par la technique directe d'investigation scientifique utilisée auprès d'individus, qui permet de les interroger de façon directive et de faire un prélèvement quantitatif chiffré. Cette technique est choisie pour les avantages suivants :

- ✓ Une technique peu couteuse : Les questionnaires sont remplis par l'enquêté, cultivé et instruit dans le domaine du dit sujet de recherche. Il suffit de poser correctement les questions, rapidité dans l'exécution contrairement à l'observation ou à l'entrevue, un questionnaire peut se remplir en un temps relativement court, d'une durée de 30minutes à 01heure et demi selon l'ampleur du sujet.
- ✓ La faculté de comparaison des réponses : Le fait de poser les mêmes questions avec les mêmes termes à différents répondants permet de comparer, de compiler des chiffres et de calculer des pourcentages en rapport avec les variables dans l'hypothèse. et pour l'application de la méthode quantitative choisie nous avons passé par l'échantillonnage et la technique du sondage.

### **6.2.3. L'ECHANTILLONNAGE**

L'échantillonnage est choisi en fonction de la taille de l'agence (de 01 architecte, 02architectes, et au delà). Aussi les agences d'architecture de statut privé ou étatique. L'échantillon contient 75 questionnaires formulés selon les variables du sujet de notre recherche. Ce dernier a touché les agences situées dans les quatre zones du chef lieu des wilayas du pays citées ci-dessous : Alger, Oran, Annaba, Jijel, Skikda, Sétif, Bordj Bouariridj, Batna, Bejaia, Bouira, Tizi ouzou, Ouargla, Biskra, M'sila, Boussaâda. Le questionnaire est réparti sur les types d'agences comme suit :

- ✓ On a distribué *15 questionnaires* pour, les agences composée d'un architecte.
- ✓ *30 questionnaires* ont été distribués au des agences composées d'architecte et ingénieur.

- ✓ Une distribution de 30 questionnaires a eu lieu au sein des agences composées de deux architectes et plus.

La collecte des questionnaires a transité par :

- La distribution et la récupération sur place, c.-à-d., le temps qu'il soit rempli par l'enquêté.
- Le dépôt du questionnaire et sa récupération après un moment donné.

## 6.2.4. LE SONDAGE

Le sondage est orienté vers des architectes en chef, architecte-concepteurs, architectes chargés du suivi de chantier, et autres, qui sont mieux habilités à éclaircir les questions formulées dans le questionnaire.

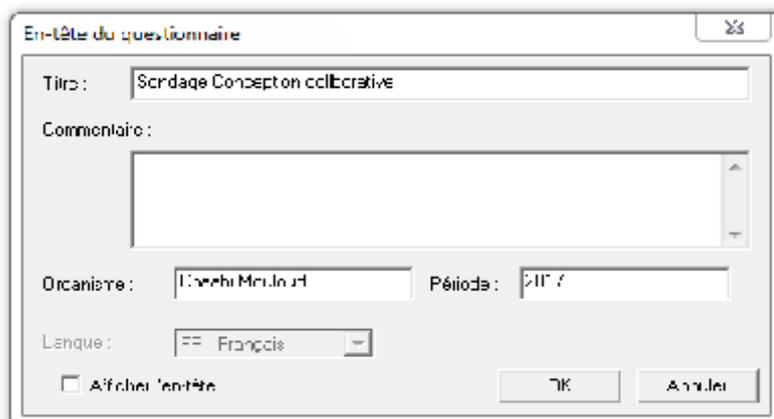
Nous avons choisi un échantillon de 75 éléments [questionnaires]. L'enquête s'est étalée sur une durée d'environ de 60 jours. Le sondage a touché les acteurs concernés par ce travail de recherche.

## 6.3. LA SAISIE DES QUESTIONS DE L'ENQUETE DANS LE LOGICIEL SPHINX+©

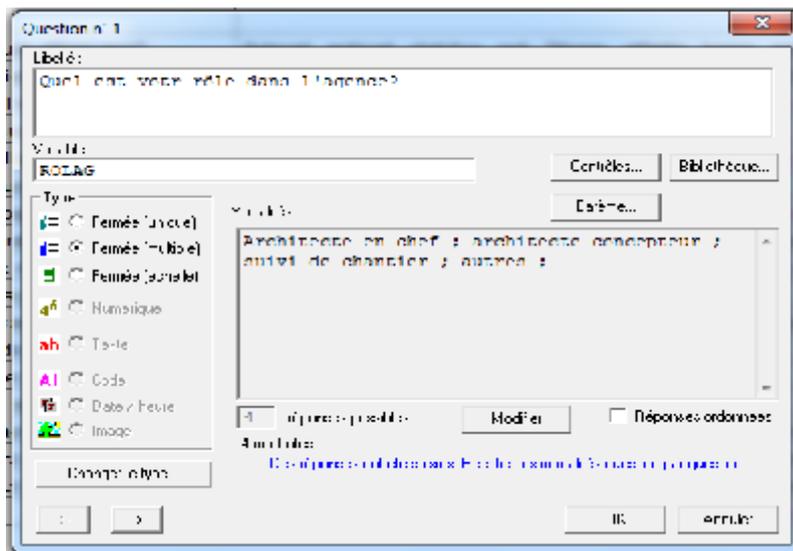
### 6.3.1. LES ETAPES DE LA SAISIE DES QUESTIONS

Après collecte des réponses de la population interrogé par le questionnaire du 'sondage de la conception collaborative' [voir modèle en annexes ci-joint] nous avons procédé à l'opération de la saisie des réponses dans le Sphinx + ©. Une fois l'opération est terminée nous avons passé à la discussion des résultats de l'enquête avec Sphinx+© (Ch.6.4).

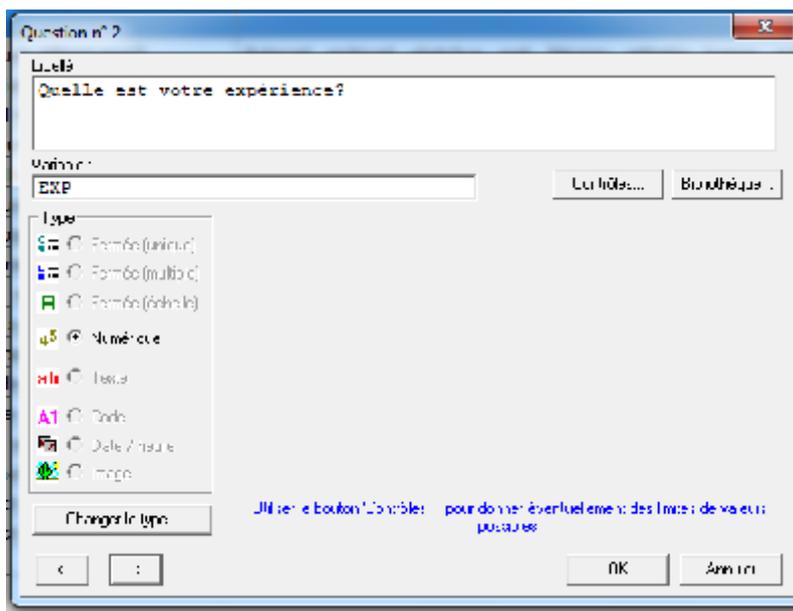
- 1-L'intitulé de l'enquête : Sondage Conception Collaborative



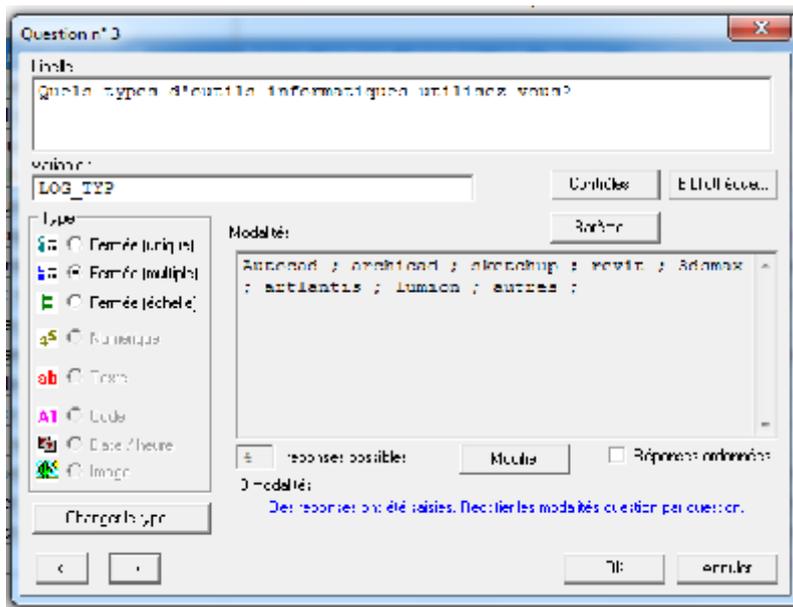
- 2- La saisie des questions : Chaque question est formulée selon [La Libellé ; les Modalités ; les noms des échelons ; la Variable, le Type]



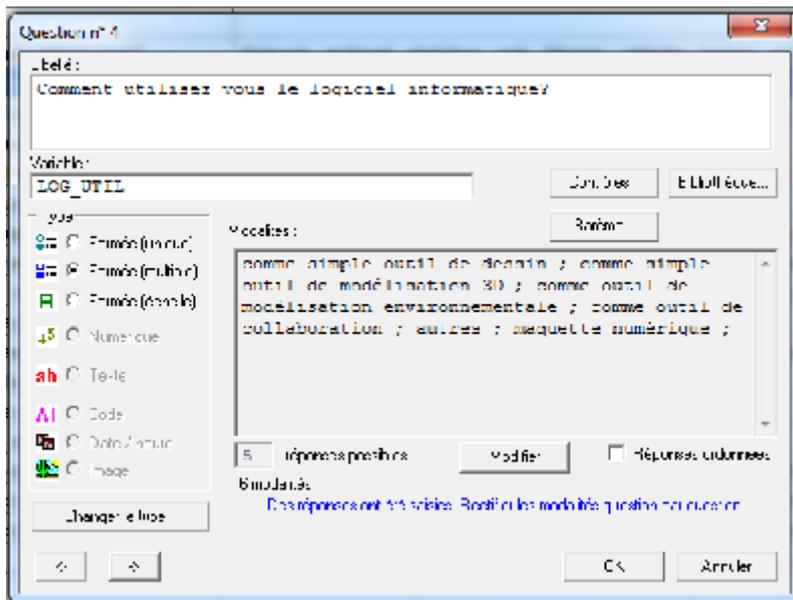
Question n°1 : *Libellé* : Quel est votre rôle dans l'agence ? *Modalités* : Architecte en chef ; architecte concepteur ; suivi de Chantier ; autres. *Variable* : ROLAG. *Type* : [Fermée (multiple)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



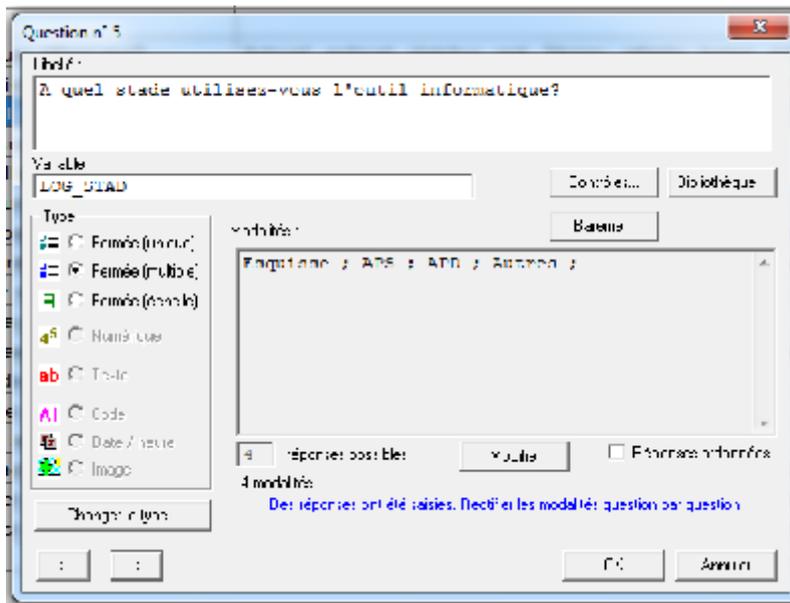
Question n°2 : *Libellé* : Quel est votre expérience ? *Variable* : EXP. *Type* : [Numérique] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



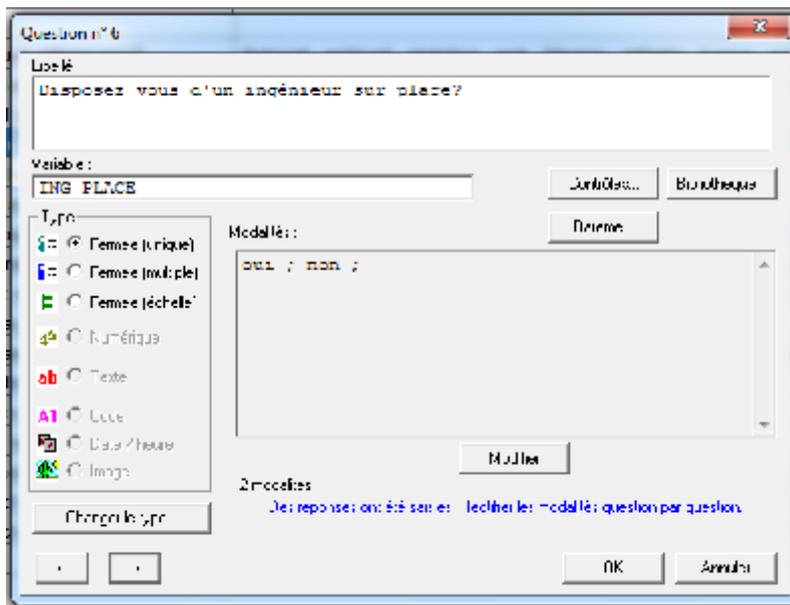
Question n°3 : *Libellé* : Quels types d'outils informatiques utilisez-vous? *Modalités* : Autocad ; Archicad ; sketchup ; revit ; 3dmax ; artlantis ; lumion ; autres. *Variable* : LOG\_TYP. *Type* : [Fermée (multiple)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



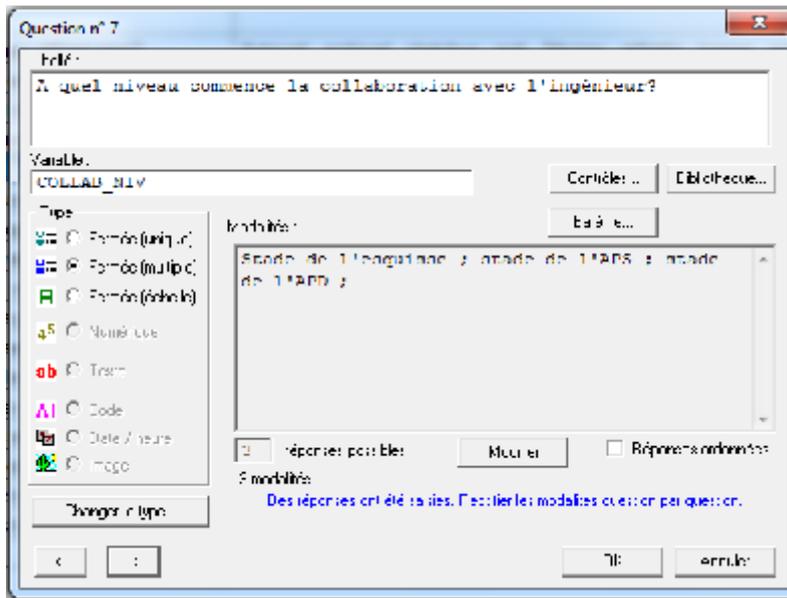
Question n°4 : *Libellé* : Comment utilisez-vous le logiciel informatique? *Modalités* : Comme simple outil de dessin ; comme simple outil des modélisations 3D ; comme outil de modélisation environnementale ; comme outil de collaboration ; autres ; maquettes numérique. *Variable* : LOG\_UTIL. *Type* : [Fermée (multiple)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



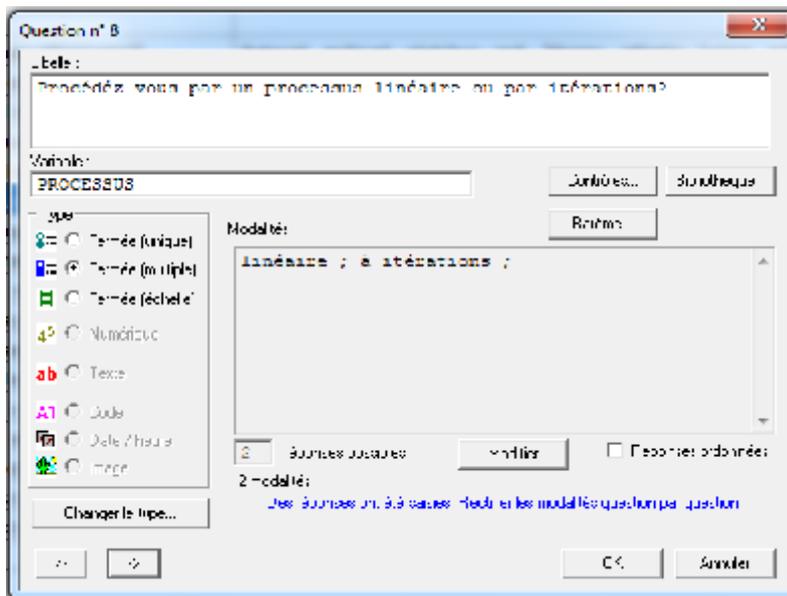
Question n°5 : *Libellé* : A quel stade utilisez-vous l'outil informatique ? *Modalités* : Esquisse ; APS ; APD ; Autres. *Variable* : LOG\_STAD. *Type* : [Fermée (multiple)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



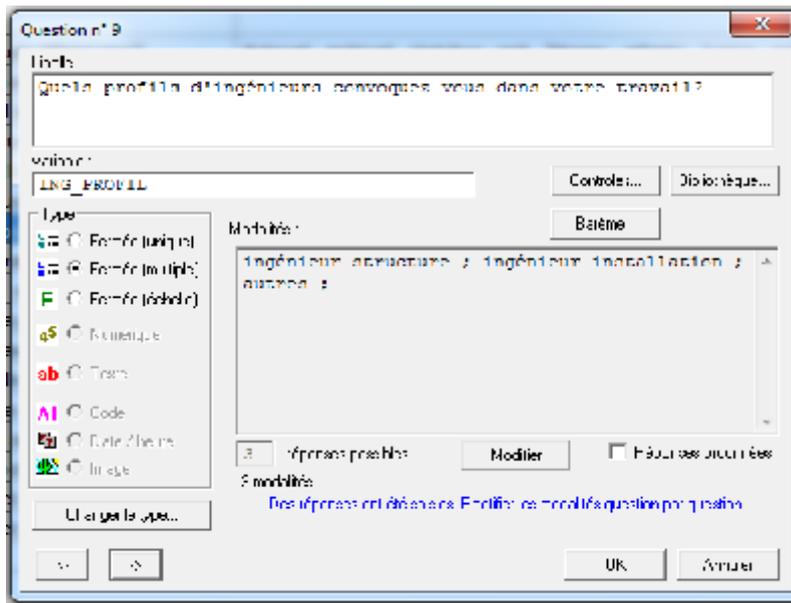
Question n°6 : *Libellé* ; Disposez-vous d'un ingénieur sur place ? *Modalités* : Oui ; non. *Variable* : ING\_PLACE. *Type* : [Fermée (unique)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



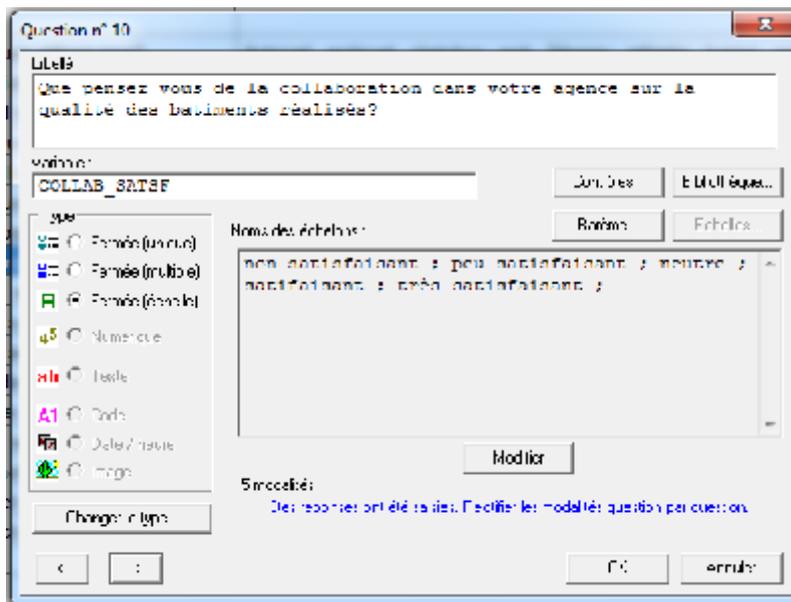
Question n°7 : *Libellé* : A quel niveau commence la collaboration avec l'ingénieur? *Modalités* : Esquisse ; APS ; APD ; Autres. *Variable* : COLLAB\_NIV. *Type* : [Fermée (multiple)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



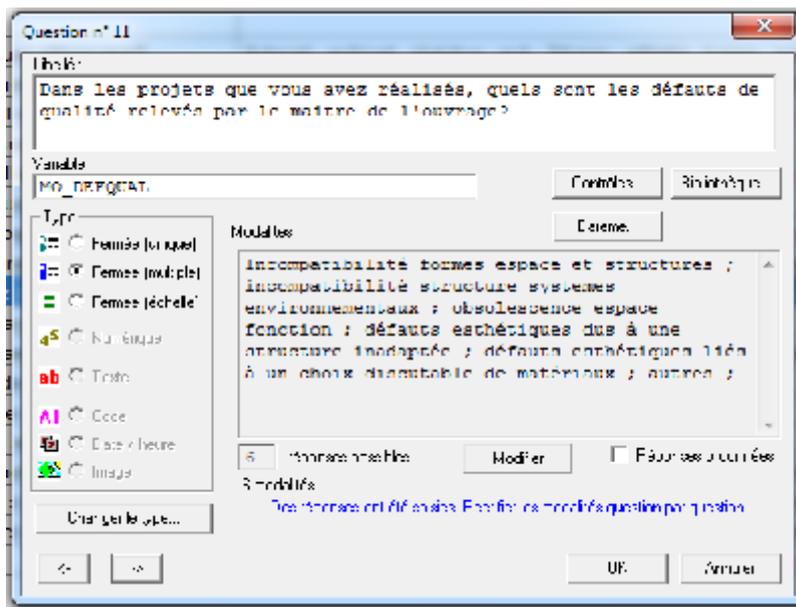
Question n°8 : *Libellé* : Procédez-vous par un processus linéaire ou par itérations? *Modalités* : Linéaire ; itération. *Variable* : PROCESSUS. *Type* : [Fermée (multiple)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



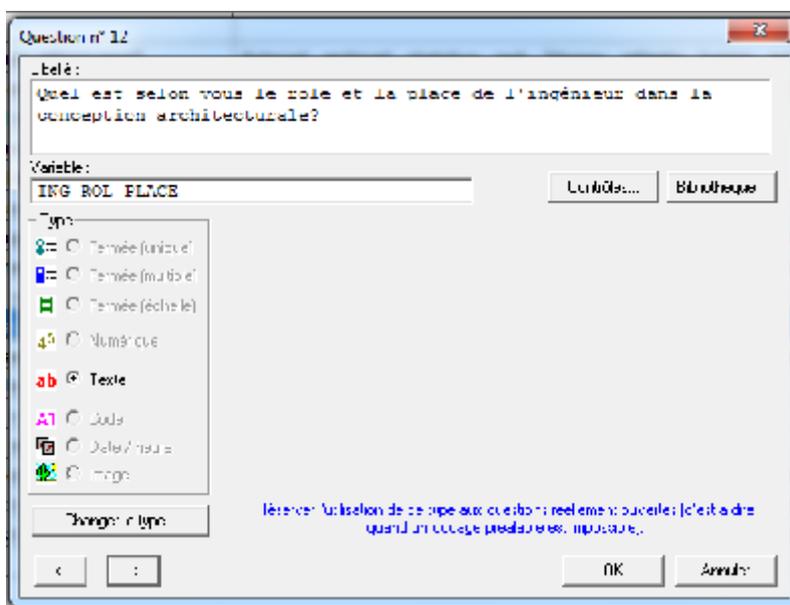
Question n°9 : *Libellé* : Quels profils d'ingénieurs convoquez-vous dans votre travail? *Modalités* : Ingénieur structure ; ingénieur installation ; autres. *Variable* : ING\_PROFIL. Type : [Fermée (multiple)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



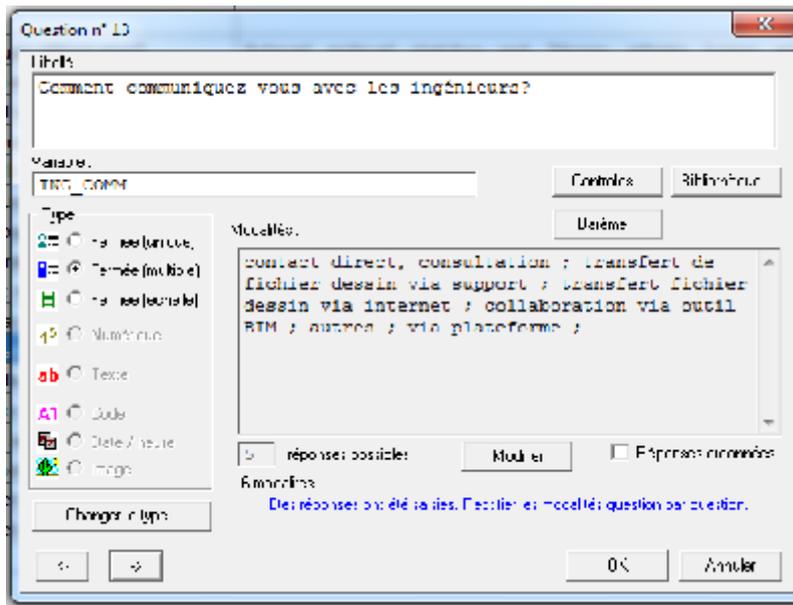
Question n°10 : *Libellé* : Que pensez-vous de la collaboration dans votre agence sur la qualité des bâtiments réalisées ? *Noms des échelons* : non satisfaisant ; peu satisfaisant ; neutre ; satisfaisant ; très satisfaisant. *Variable* : COLLAB\_SATSF. Type : [Fermée (échelle)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



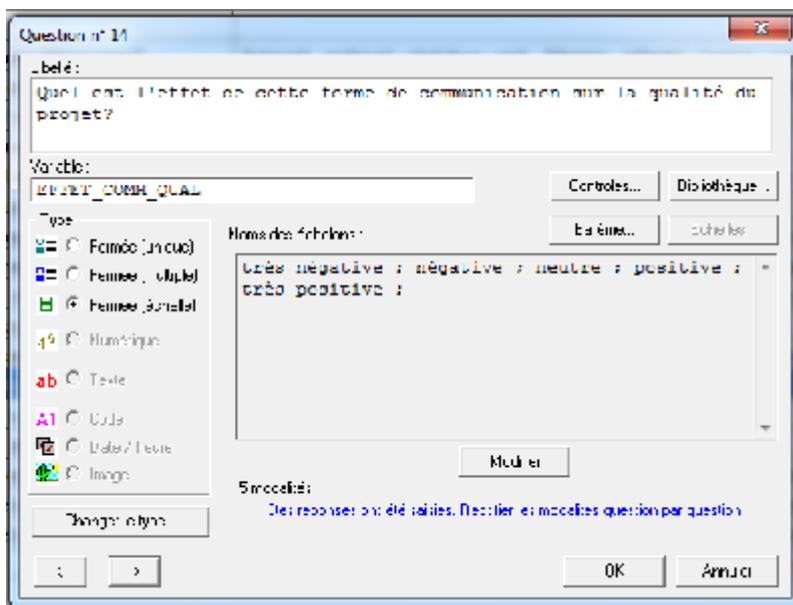
Question n°11 : *Libellé* : Dans les projets que vous avez réalisés, quels sont les défauts de qualité relevés par le maître de l'ouvrage? *Modalités* : Incompatibilités formes espaces et structures ; incompatibilité structure systèmes environnementaux ; obsolescence espace fonction ; défauts esthétiques dus à une structure inadaptée ; défauts esthétiques liés à un choix discutable de matériaux ; autres. *Variable* : COLLAB\_SATSF. *Type* : [Fermée (échelle)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



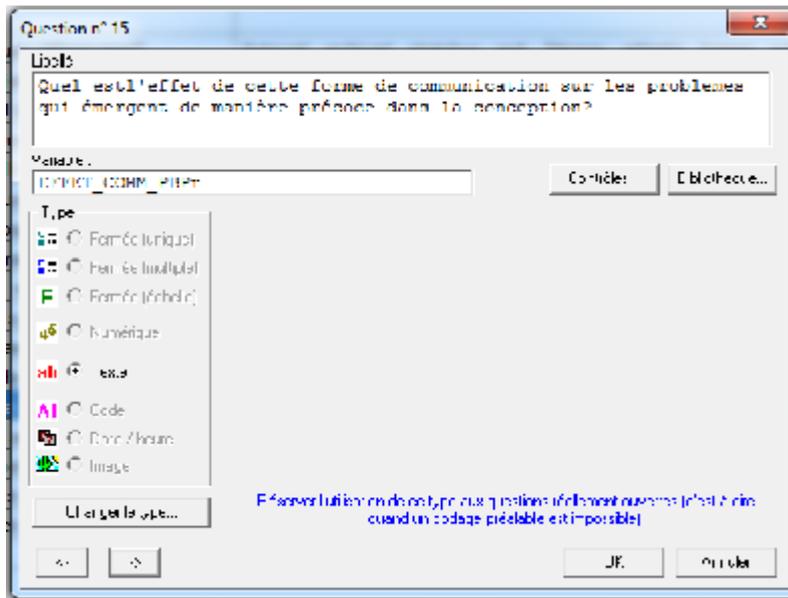
Question n°12 : *Libellé* : Quel est selon vous le rôle et la place de l'ingénieur dans la conception architecturale ? *Variable* : ING\_ROL\_PLACE. *Type* : [Texte] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



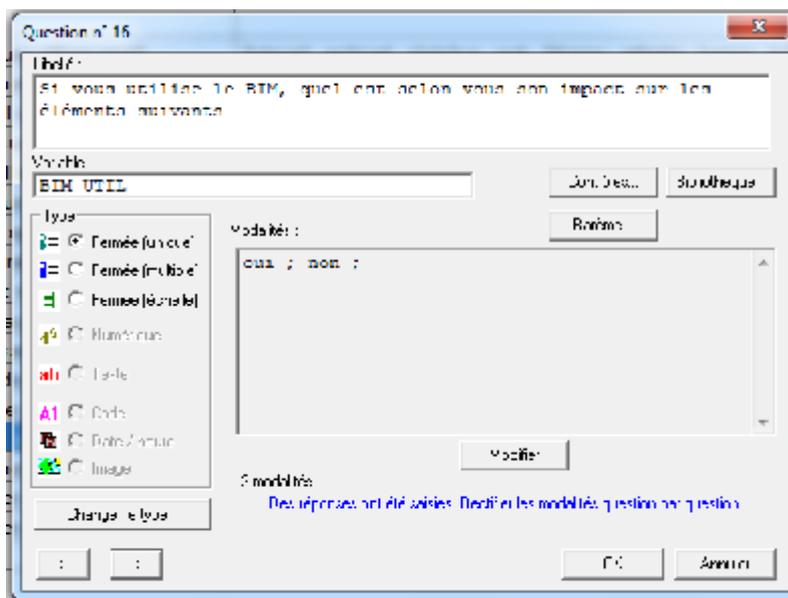
Question n°13 : Libellé : Comment communiquez-vous avec les ingénieurs? Modalités : Contact direct, consultation ; transfert de fichier dessin via support ; transfert fichier dessin via internet ; collaboration via outil BIM ; autres ; via plateforme. Variable : ING\_COMM. Type : [Fermée (multiple)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



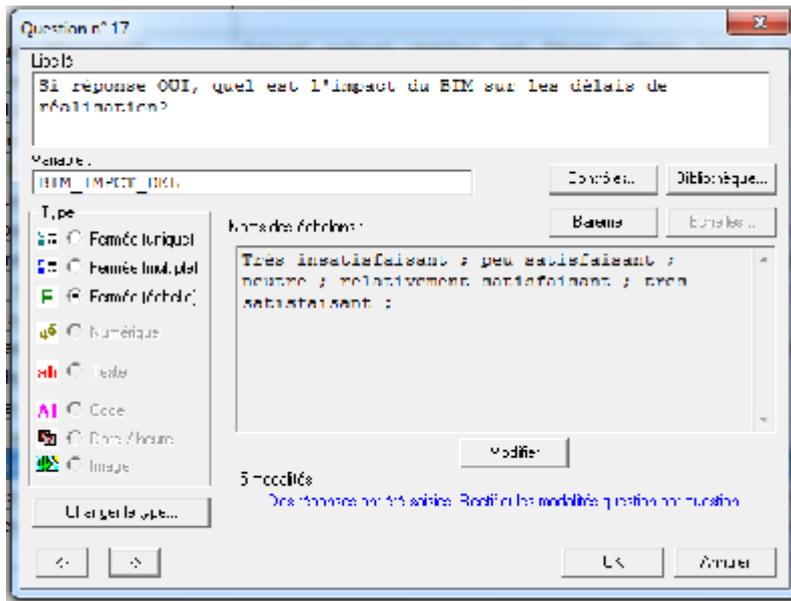
Question n°14 : Libellé : Quel est l'effet de cette forme de communication sur la qualité du projet? Noms des échelons : Très négative ; négative ; neutre ; positive ; très positive. Variable : EFFET\_COMM\_QUAL. Type : [Fermée (échelle)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



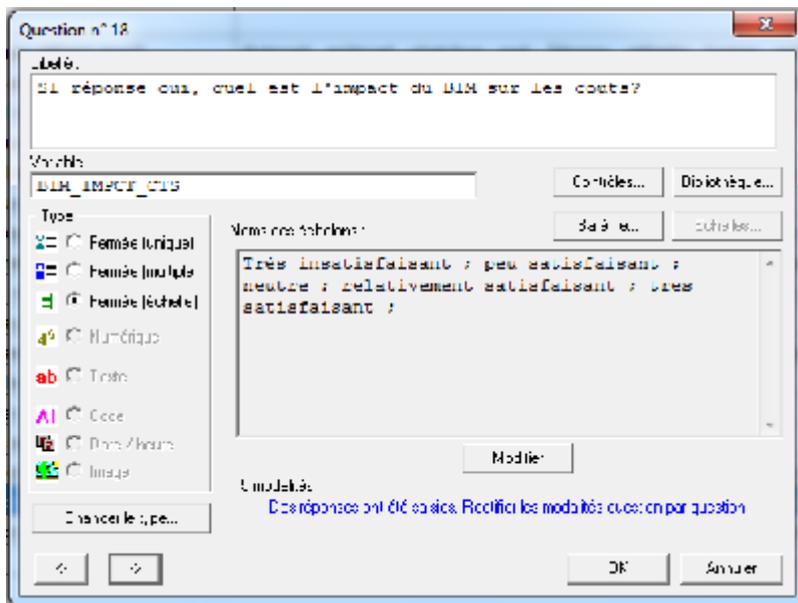
Question n°15 : *Libellé* : Quel est l'effet de cette forme de communication sur les problèmes qui émergent de manière précoce dans la conception ? *Variable* : EFFET\_COMM\_PBPPr. *Type* : [Texte] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



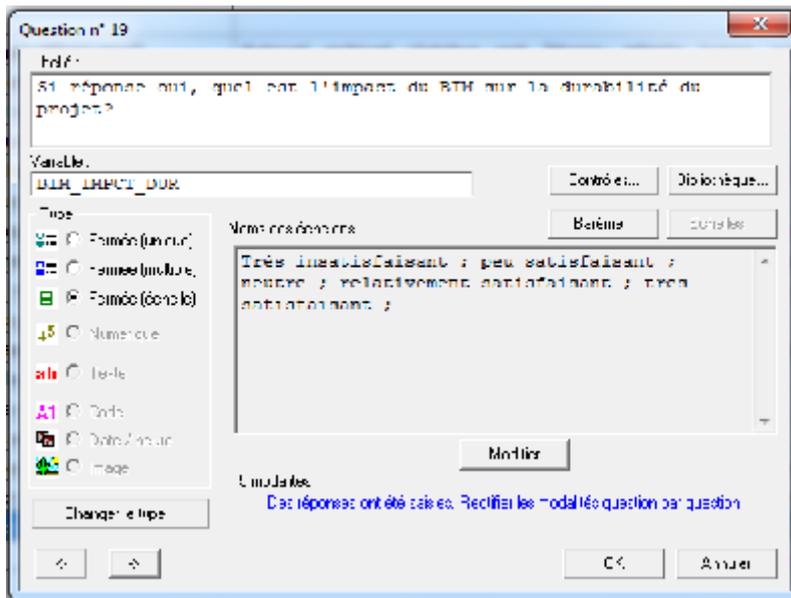
Question n°16 : *Libellé* : Si vous utilisez le BIM, quel est selon vous son impact sur les éléments suivants? *Modalités* : Oui ; non *Variable* : BIM\_UTIL. *Type* : [(Fermée (unique))] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



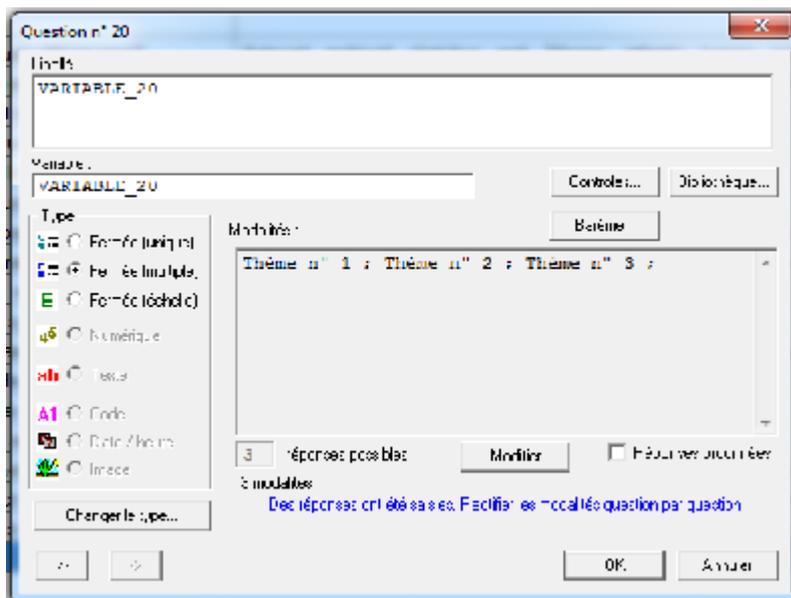
Question n°17 : *Libellé* : Si réponse oui, quel est l'impact du BIM sur les détails de réalisation ? *Noms des échelons* : Très insatisfaisant ; peu satisfaisant ; neutre ; relativement satisfaisant ; très satisfaisant. *Variable* : BIM\_IMPCT\_DEL. *Type* : [(Fermée (échelle))] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



Question n°18 : *Libellé* : Si réponse oui, quel est l'impact du BIM sur les couts ? *Noms des échelons* : Très insatisfaisant ; peu satisfaisant ; neutre ; relativement satisfaisant ; très satisfaisant. *Variable* : BIM\_IMPCT\_CTS. *Type* : [(Fermée (échelle))] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



Question n°19 : *Libellé* : Si réponse oui, quel est l'impact du BIM la durabilité du projet? Noms des échelons : Très insatisfaisant ; peu satisfaisant ; neutre ; relativement satisfaisant ; très satisfaisant. *Variable* : BIM\_IMPACT\_DUR. *Type* : [(Fermée (échelle))] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]



Question n°20 : *Libellé* : VARIABLE\_20 ; Thème n°1 ; thème n° 2 ; thème n°3. *Variable* : VARIABLE\_20 *Type* : [Fermée (multiple)] Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [Source auteur]

## 6.4. DISCUSSION DES RESULTATS DE L'ENQUETE AVEC SPHINX

### 6.4.1. TRI A PLAT DES RESULTATS DE L'ENQUETE

1

Quel est votre rôle dans l'agence ?		
	Nb	% obs.
Architecte en chef	41	54,7%
architecte concepteur	52	69,3%
suivi de chantier	28	37,3%
autres	1	1,3%
<b>Total</b>	<b>75</b>	

A la question relative au rôle dans l'agence 41% ont répondu comme architecte en chef. 52 ont déclaré être dans le rôle d'architecte concepteur, avec un pourcentage de 69.3%; 28 (37.3%) ont déclaré porter la casquette du suivi de chantier."

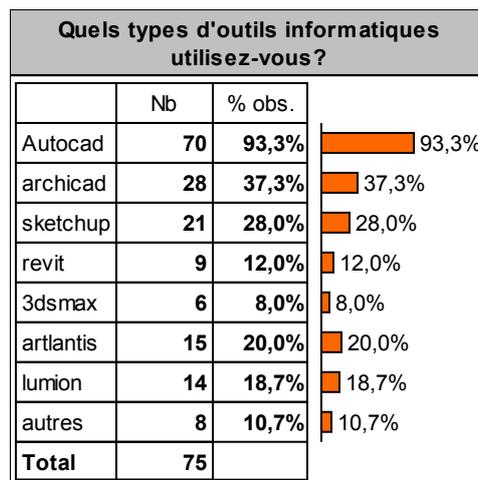
2

Quelle est votre expérience ?		
Moyenne = 14,05		
Médiane = 12,00		
Min = 1 Max = 43		
	Nb	% cit.
Moins de 7	21	28,4%
De 7 à 13	22	29,7%
De 14 à 20	15	20,3%
De 21 à 27	8	10,8%
De 28 à 34	5	6,8%
35 et plus	3	4,1%
<b>Total</b>	<b>74</b>	<b>100,0%</b>

Ce graphique n'est pertinent que pour les questions fermées multiples.

En réponse à la question se rapportant à l'expérience 06% ont répondu avoir une expérience de 4,00 à 6,00ans. 12 ont déclaré travailler dans la boîte de 6,00à 8,00, avec un pourcentage de 40 (53.3 %) ont déclaré l'expérience de 12.00et plus. Cette expérience peut-être considérée comme non négligeable et peut contribuer à la validation des résultats obtenus.

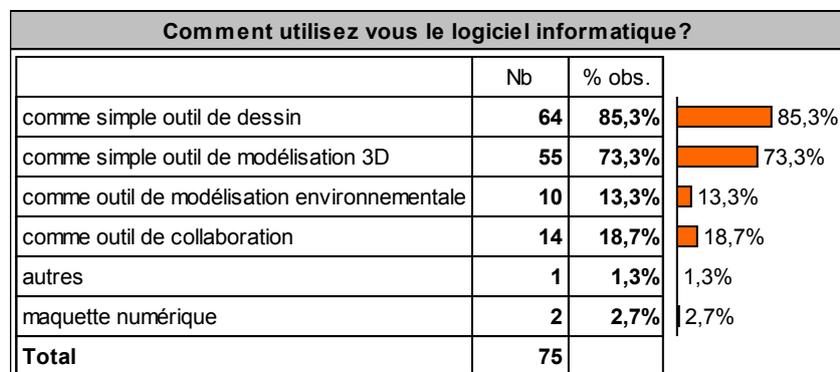
3



Suite à la question aux types d'outils informatiques utilisés 70% ont répondu avoir utilisé Autocad. 28% ont déclaré avoir utilisé Archicad, avec un pourcentage de 21% avoir déclaré utiliser sketchup. 14 (18.87%) ont déclaré se sont servi de lumion.

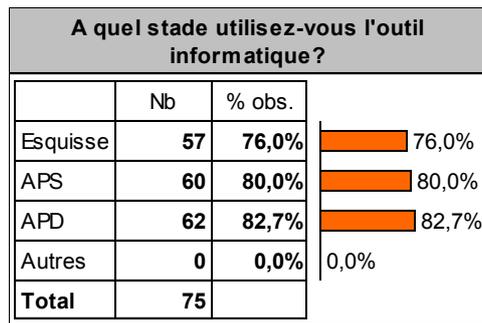
Ce qui confirme les hypothèses avancées que les outils les plus utilisés sont à majorité des outils de dessin 2D, (70%) et ArchiCAD, l'outil 3D, ne réalise que 28% d'utilisation

4



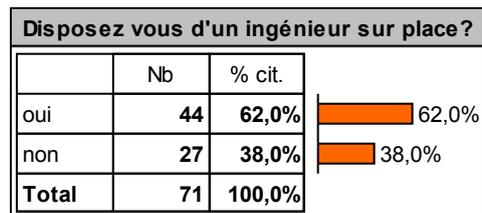
Concernant l'utilisation du logiciel informatique dans l'agence 14% ont répondu avoir l'utilisé comme outil de collaboration. 10% ont déclaré avoir l'utilisé comme outil de modélisation environnemental, avec un pourcentage de 85.3% ; 55 (73.3%) ont déclaré l'utiliser comme simple outil de dessin et modélisation. Les 14% seulement d'utilisation des logiciels comme outils de collaboration confirmant notre hypothèse stipulant l'accentuation du manque de collaboration par le fait d'utiliser les logiciels à leur premier niveau de dessin, éludant le recours à une collaboration faisant appel aux TIC, notamment le BIM.

5



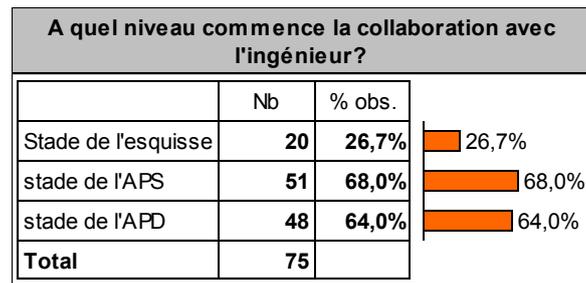
A la question relative au stade d'utilisation du logiciel informatique 57 (76%) questionnés ont répondu utiliser le logiciel au stade d'esquisse ; 60(80%) ont déclaré l'utiliser en phase APS, et 62 (82,7%) ont déclaré l'utiliser durant l'APD. On remarque une distribution égale entre les différentes phases d'utilisation des logiciels, sans qu'aucune phase ne se détache de manière claire.

6



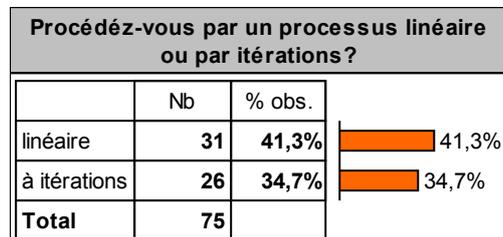
A propos de la la disposition d'un ingénieur sur place. 44 questionnés (58.7%) ont répondu disposer d'un ingénieur sur place. 27 (36%) ont déclaré ne pas disposer d'ingénieur, sur place. Ce qui pose le problème de la difficulté de collaboration lorsque l'ingénieur n'est pas sur place et pose, pour les 36% ne disposant pas d'ingénieur sur place la question de la collaboration à distance avec toutes les conséquences inhérentes à ce genre de pratique.

7



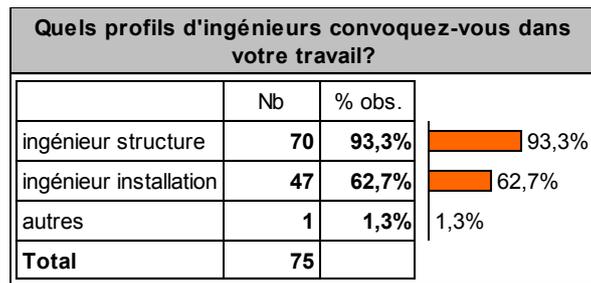
Pour ce qui est du niveau du commencement de la collaboration avec l'ingénieur 20 questionnés (26.7%) seulement ont répondu commencer leur collaboration au stade de l'esquisse, ce qui explique le manque de collaboration à un stade précoce de la conception architecturale. Cette situation est génératrice de conflits postérieurs. 51 questionnés (68%) ont déclaré le faire dans la phase APS et 48(64.0%) ont déclaré la pratiquer collaboration au stade APD. La majorité des faits de collaboration a lieu aux stades de l'APS et de l'APD, posant une fois encore le problème de l'absence d'une collaboration aux stades initiaux de la conception comme c'est le cas aujourd'hui.

8



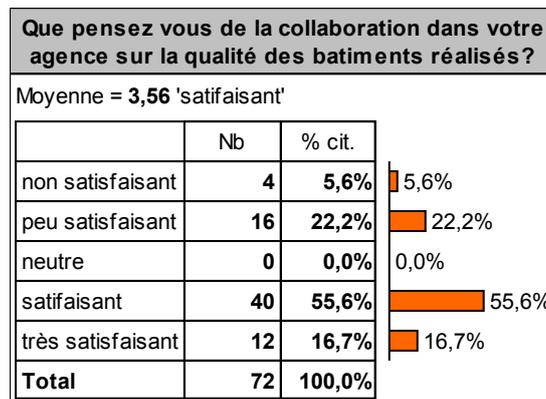
A supposer que la procédure par processus linéaire ou par itérations, 20 personnes (26.7%) ignorent la nature du processus. Si on rajoute ce chiffre à celui des partisans du processus linéaire (31 personnes, 41 ;3%), on remarque le processus par itérations n'es plus pratiqué que par 26 questionnés correspondant à 34.7%. Sachant le rôle crucial (*cf.* chapitre 1 : conception architecturale) ont répondu par processus linéaire.

9



En admettant que les profils d'ingénieurs convoqués au travail 47% ont répondu ingénieur installation. 70 ont déclaré ingénieur structure, avec un pourcentage de 01% ont déclaré autres.

10



A en juger que la qualité de la collaboration, 12 questionnés (16%) seulement ont répondu par « très satisfaisant » ; 40 questionnés (53.3%) la pensée dans l'agence sur la qualité des 4% ont répondu non satisfaisant. 16 ont déclaré peu satisfaisant, avec un pourcentage de 53.3%; 12 (16.0%) ont déclaré satisfaisant. Ce résultat illustre le niveau de satisfaction qui demeure assez bas ; mettant en clairement en évidence la qualité de la collaboration qui demeure en deçà des espérances.

## 11

Dans les projets que vous avez réalisés, quels sont les défauts de qualité relevés par le maître de l'ouvrage ?		
	Nb	% obs.
Incompatibilité formes espace et structures	25	33,3%
incompatibilité structure systemes environnementaux	18	24,0%
obsolescence espace fonction	21	28,0%
défauts esthétiques dus à une structure inadaptée	14	18,7%
défauts esthétiques liés à un choix discutable de matériaux	23	30,7%
autres	2	2,7%
<b>Total</b>	<b>75</b>	

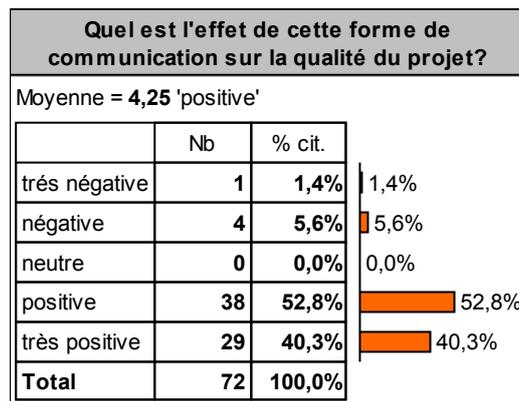
En guise de réponse à la question aux défauts de qualité relevés par le maître de l'ouvrage dans les projets, 25 questionnés (33.3%) ont mis à l'index l'incompatibilité formes, espaces et structures, mettant en lumière des problèmes de collaboration entre architectes et ingénieurs ; suivi par 18% affirmant avoir eu des défauts d'incompatibilité entre structure et systèmes environnementaux. Si on rajoute à ces deux chiffres les 14 questionnés représentant 18.7% affirmant avoir eu des défauts esthétiques dus à une structure inadaptée, on atteint le chiffre global de 76% de problèmes causés par une structure inadaptée. Les défauts esthétiques liés à un choix discutable de matériaux sont cités par 23 personnes questionnées (30.7%).

## 12

Comment communiquez-vous avec les ingénieurs ?		
	Nb	% obs.
contact direct, consultation	62	82,7%
transfert de fichier dessin via support	27	36,0%
transfert fichier dessin via internet	27	36,0%
collaboration via outil BIM	2	2,7%
autres	0	0,0%
via plateforme	0	0,0%
<b>Total</b>	<b>75</b>	

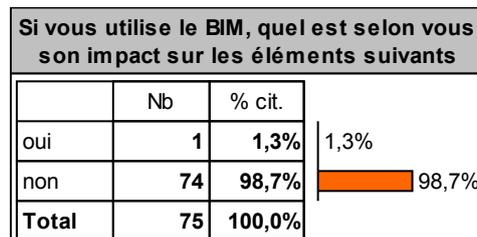
Concluons qu'à la communication avec les ingénieurs 62 questionnés (82.7%) ont répondu communiquer avec l'ingénieur via contact direct et consultation. Ce chiffre illustre le manque de communication via les supports modernes des TIC ; communication qui reste majoritairement confinée à des pratiques anciennes obsolètes, combinées dans 36% des cas (27 personnes) avec le transfert des fichiers dessin via un support physique (clef USB ou CD). Le transfert des fichiers par internet réalise seulement 36% des échanges. Enfin, le BIM n'est utilisé que par une infime minorité de deux personnes avec un pourcentage de 2.7%.

13

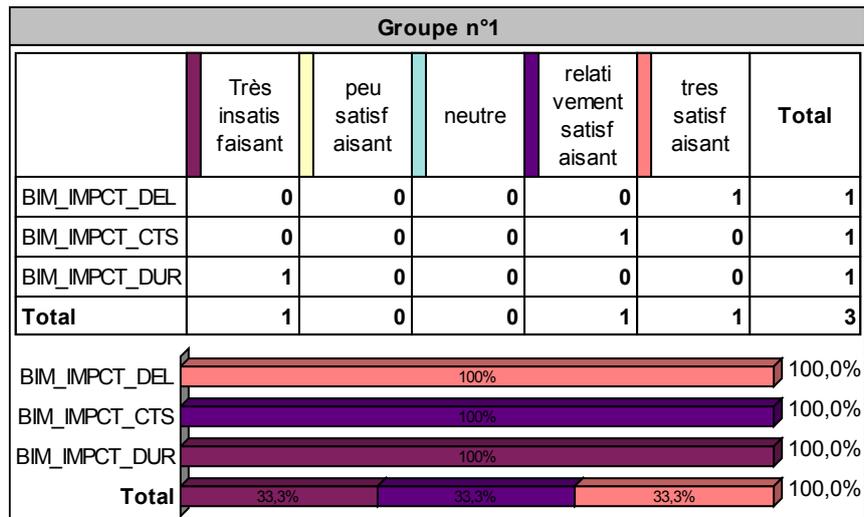


Si on déduit que l'effet de cette communication sur la qualité du projet 67 personnes questionnées (89.4%) considèrent ce type de communication comme étant positif ou très positif contrairement aux 5 personnes (6.6%) qui considèrent la communicative négative ou très négative. Cette situation qui semble convenir à la majorité des personnes enquêtées.

14



A la question relative à l'impact du BIM sur les (délais de réalisation, les couts, la durabilité) s'il est utilisé, 1% ont répondu par oui. 74 ont déclaré non. Ce résultat est attendu vu la non utilisation du BIM dans le processus de communication entre architectes et ingénieurs.



A la question relative à la réponse 'oui' pour l'impact du BIM sur les délais de réalisation 74% n'ont pas répondu. 01 ont déclaré très satisfaisant, avec un pourcentage de 98.7% ont déclaré non réponses. Ce résultat est également attendu vu la non utilisation du BIM dans le processus de communication entre architectes et ingénieurs.

A la question relative à la réponse 'oui' pour l'impact du BIM sur les couts, 74 questionnés (98.7%) n'ont pas répondu. 01 ont déclaré relativement satisfaisant, avec un pourcentage de 1.3% de réponses. Ce résultat est également attendu vu la non utilisation du BIM dans le processus de communication entre architectes et ingénieurs.

A la question relative a la réponse 'oui' pour l'impact du BIM sur la durabilité 74% n'ont pas répondu. 01 ont déclaré très insatisfaisant, avec un pourcentage de 98.7% ont déclaré non réponses.

## 6.4.2. DE QUELQUES CO-VARIATIONS

Dans la première corrélation entre variables, nous avons essayé de comprendre la relation entre le « rôle dans l'agence » et le « type de logiciel utilisé » ; pour cela, nous avons utilisé les tableaux croisés comme outil statistique. Le croisement des données ne montre pas de différences significatives entre les catégories d'architecte en chef et d'architecte

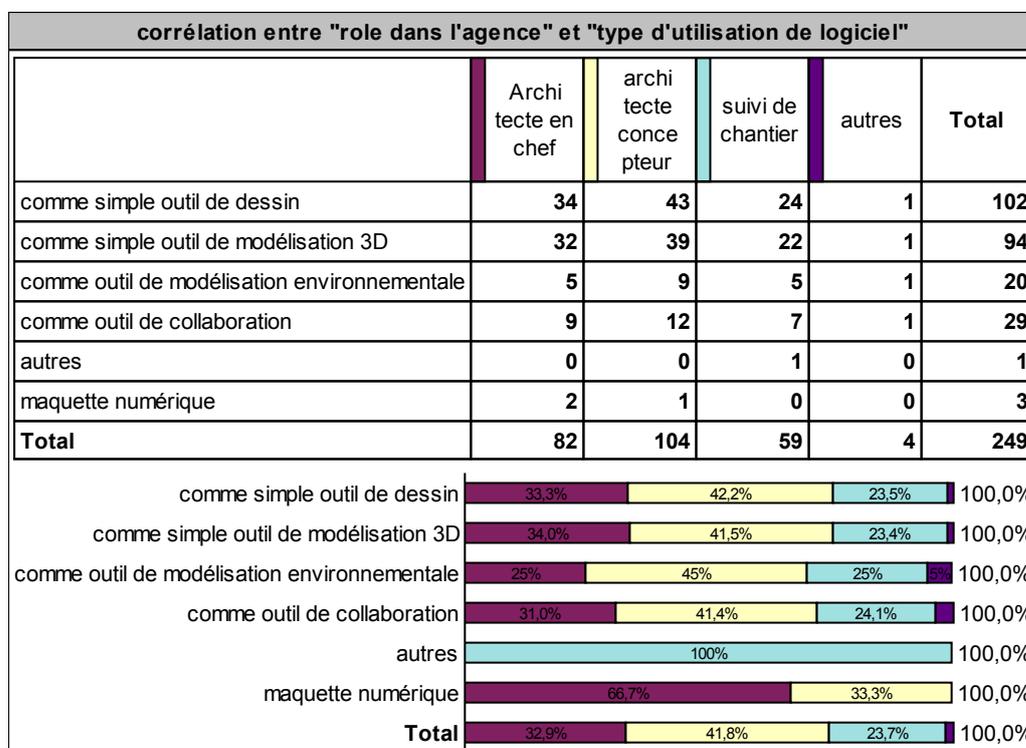
	Archi tecte en chef	archi tecte conce pteur	suivi de chantier	autres	Total
Autocad	40	47	26	1	114
archicad	14	20	9	0	43
sketchup	13	13	5	1	32
revit	6	5	1	0	12
3dsmax	3	4	1	0	8
artlantis	10	9	4	0	23
lumion	9	6	3	0	18
autres	3	4	3	1	11
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>108</b>	<b>52</b>	<b>3</b>	<b>261</b>

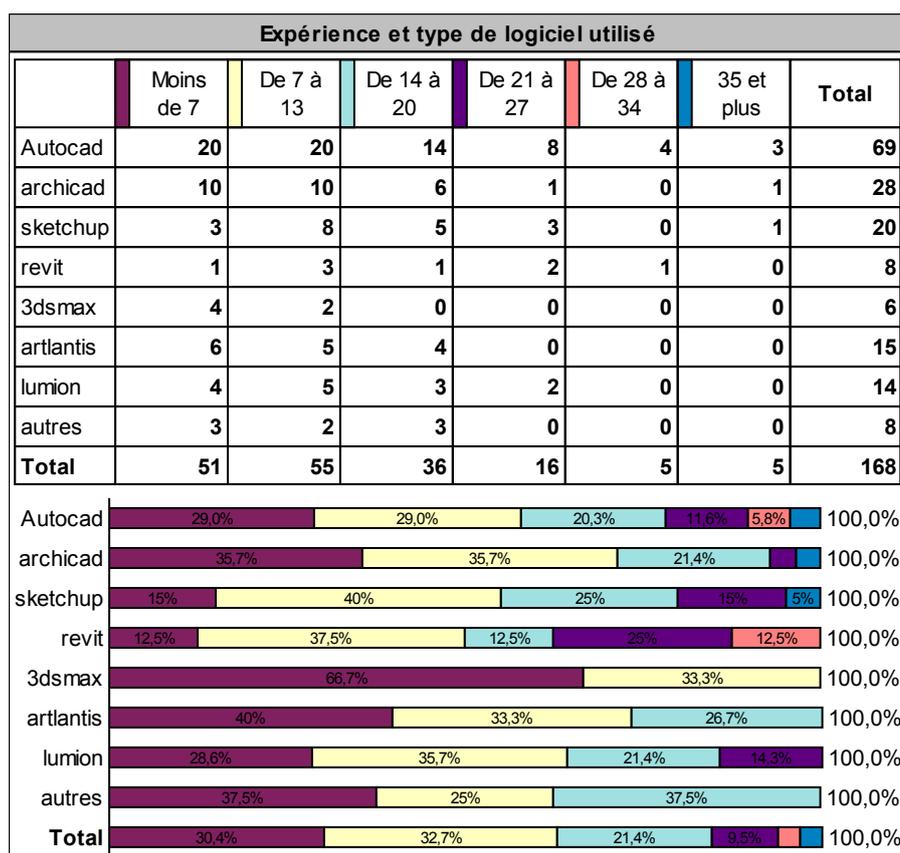
Autocad	35,1%	41,2%	22,8%	100,0%
archicad	32,6%	46,5%	20,9%	100,0%
sketchup	40,6%	40,6%	15,6%	100,0%
revit	50%	41,7%	8,3%	100,0%
3dsmax	37,5%	50%	12,5%	100,0%
artlantis	43,5%	39,1%	17,4%	100,0%
lumion	50%	33,3%	16,7%	100,0%
autres	27,3%	36,4%	27,3%	100,0%
<b>Total</b>	<b>37,5%</b>	<b>41,4%</b>	<b>19,9%</b>	<b>100,0%</b>

concepteur ; dans la majorité des agences, c'est la seule et même personne. En revanche, les préposés au suivi de chantier ne représentent que la moitié des individus, quel que soit le logiciel utilisé.

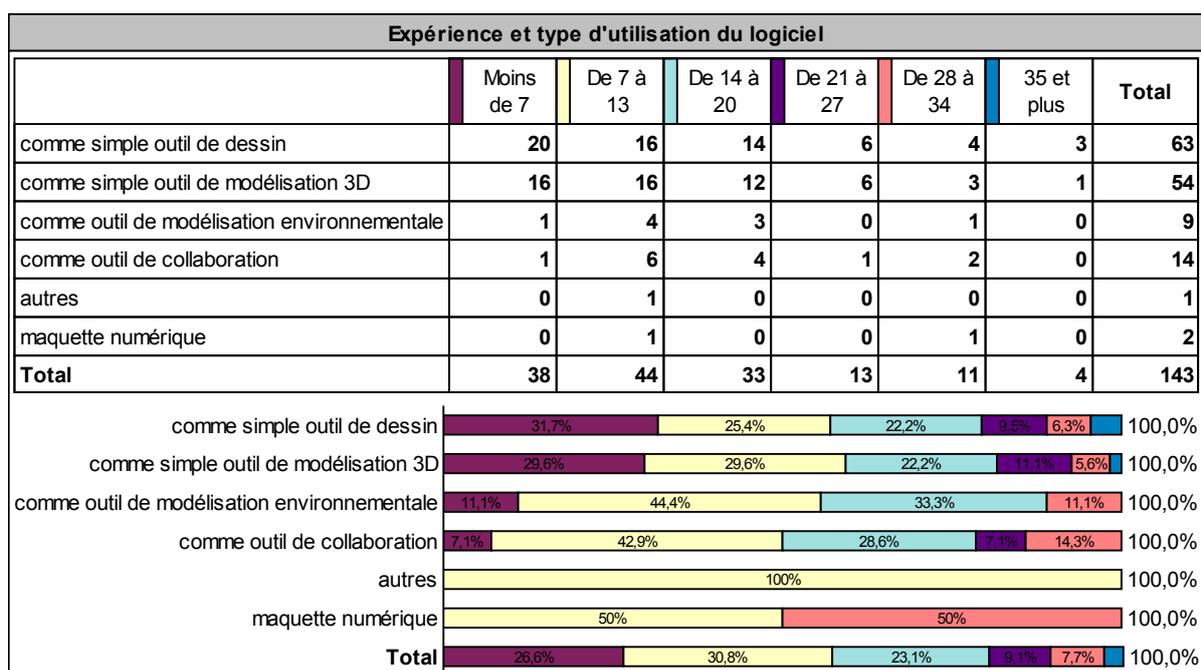
Le croisement entre la variable « rôle dans l'agence » et type d'utilisation du logiciel » révèle un profil identique avec pratiquement un chiffre identique pour l'architecte en chef et l'architecte concepteur représentant le double comparé au profil d'utilisation du chargé du suivi de chantier.



Par contre le croisement des variables « expérience et type de logiciel utilisé » montre que ce sont les architectes ayant le moins d'expérience qui utilisent le plus les logiciels de type AUTOCAD, ArchiCAD ou Sketchup, même si on peut retrouver un profil similaire pour les logiciels de rendus 3D ou de simulation environnementale, mais ces derniers restent peu utilisés dans les agences enquêtées. Cette tendance pourrait s'expliquer par le fait que les architectes plus anciens, habitués à un mode opératoire privilégiant le dessin classique sur calque, ont du mal à suivre le rythme des nouvelles générations recourant systématiquement aux logiciels.

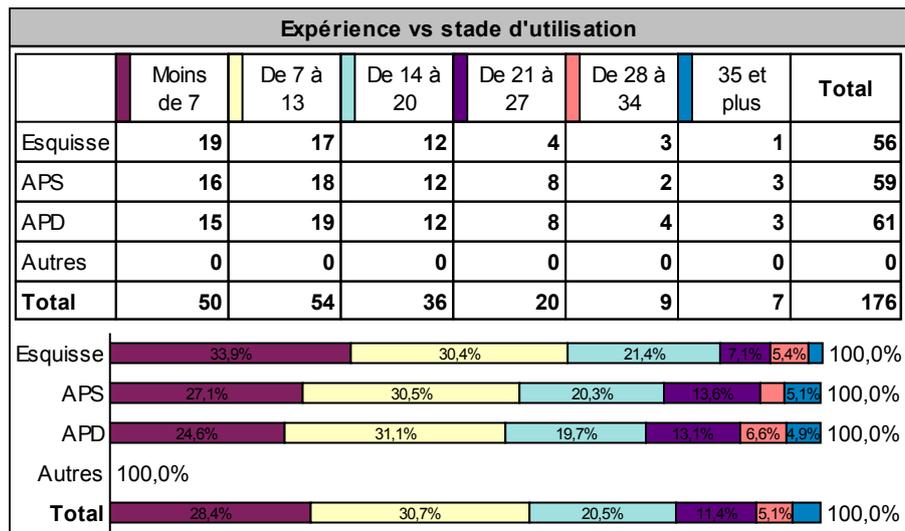


Le croisement de la même variable « expérience » avec le type d'utilisation des logiciels montre que l'utilisation des logiciels comme simples outils de dessin ou pour la modélisation 3D n'est pas associée à l'expérience, c'est la catégorie dont l'expérience varie de 07 à 13 ans qui utilise les logiciels comme outils de collaboration ; c'est peut-être la catégorie intermédiaire, ayant acquis le minimum d'expérience nécessaire et pas suffisamment dépassée



par les nouveaux outils de la communication, qui profite le mieux des avantages des logiciels pour la collaboration avec les partenaires.

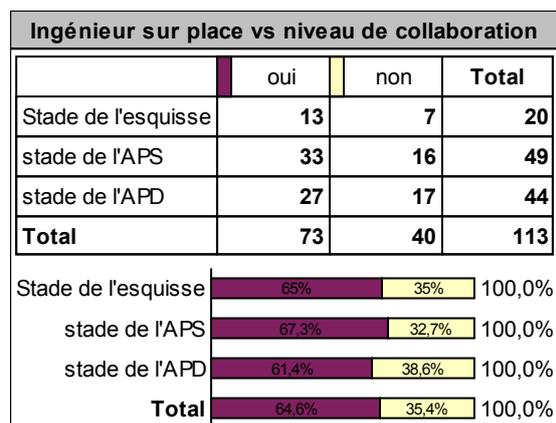
Il est important aussi de vérifier si l'expérience joue un rôle dans tel ou tel stade de l'utilisation des logiciels ; pour cela, nous avons croisé les deux variables correspondantes. Il s'avère que ce sont encore une fois les moins expérimentés qui ont tendance à utiliser les logiciels de CAO/DAO à un stade précoce de la conception.



On s'est également interrogé sur le rapport stade d'utilisation du logiciel et processus de conception (caractère linéaire ou à itérations). Le graphique ci-dessous montre qu'il n'y a pas de profil particulier qui se dégage et que le processus ne joue pas de rôle particulier par rapport à un stade ou un autre de la conception architecturale.

Le croisement des variables stade d'utilisation des logiciels (esquisse, APS, APD) avec la collaboration de l'ingénieur fait ressortir que la collaboration intervient à 1/3 au début de l'esquisse et à 2/3 dans les 02 phases suivantes (APS et APD)

En revanche, la présence d'un ingénieur sur place favorise grandement la collaboration, pour preuve, le graphique ci-après.



Stade vs niveau de collaboration					
	Esquisse	APS	APD	Autres	Total
Stade de l'esquisse	19	15	15	0	49
stade de l'APS	36	49	49	0	134
stade de l'APD	30	42	44	0	116
<b>Total</b>	<b>85</b>	<b>106</b>	<b>108</b>	<b>0</b>	<b>299</b>

Stade de l'esquisse	38,8%	30,6%	30,6%	100,0%
stade de l'APS	26,9%	36,6%	36,6%	100,0%
stade de l'APD	25,9%	36,2%	37,9%	100,0%
<b>Total</b>	<b>28,4%</b>	<b>35,5%</b>	<b>36,1%</b>	<b>100,0%</b>

Le taux de collaboration est porté au double si l'ingénieur est sur place. La satisfaction par rapport aux bâtiments réalisés est double si l'ingénieur est sur place. Ce qui souligne fortement soit la présence sur place de l'ingénieur soit une collaboration étroite par le biais des nouveaux outils de communication, encore absents de nos agences aujourd'hui.

Néanmoins, la présence de l'ingénieur sur place n'empêche pas que les principaux défauts relevés par le maître de l'ouvrage dans les bâtiments réalisés aient lieu dans les bâtiments réalisés par des maîtres d'œuvre disposant d'un ingénieur sur place. Ceci pose la question de la nature de la collaboration, est-elle juste un alibi pour obtenir le permis de construire en répondant aux exigences du CTC ? Sachant que les défauts touchent des catégories qui ne sont pas d'ordre structurel et technique, mais de rapports de compatibilité entre espace et structure, structure et systèmes environnementaux ou, enfin, de défauts esthétiques.

Ingénieur sur place et satisfaction des bâtiments réalisés			
	oui	non	Total
non satisfaisant	1	3	4
peu satisfaisant	8	7	15
neutre	0	0	0
satisfaisant	24	13	37
très satisfaisant	8	4	12
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>27</b>	<b>68</b>

non satisfaisant	25%	75%	100,0%
peu satisfaisant	53,3%	46,7%	100,0%
neutre	100,0%		
satisfaisant	64,9%	35,1%	100,0%
très satisfaisant	66,7%	33,3%	100,0%
<b>Total</b>	<b>60,3%</b>	<b>39,7%</b>	<b>100,0%</b>

Ingénieur sur place vs défauts relevés			
	oui	non	Total
Incompatibilité formes espace et structures	19	5	24
incompatibilité structure systemes environnementaux	14	4	18
obsolescence espace fonction	12	7	19
défauts esthétiques dus à une structure inadaptée	9	5	14
défauts esthétiques liés à un choix discutable de matériaux	11	12	23
autres	1	1	2
<b>Total</b>	<b>66</b>	<b>34</b>	<b>100</b>

Incompatibilité formes espace et structures	79,2%	20,8%	100,0%
incompatibilité structure systemes environnementaux	77,8%	22,2%	100,0%
obsolescence espace fonction	63,2%	36,8%	100,0%
défauts esthétiques dus à une structure inadaptée	64,3%	35,7%	100,0%
défauts esthétiques liés à un choix discutable de matériaux	47,8%	52,2%	100,0%
autres	50%	50%	100,0%
<b>Total</b>	<b>66%</b>	<b>34%</b>	<b>100,0%</b>

À ce niveau, il importe d'explorer si le type de collaboration influe sur la présence ou non des défauts ; pour cela, nous avons croisé les défauts relevés dans les bâtiments réalisés avec le type de collaboration architecte-ingénieur. Les défauts relevés appartiennent en majorité à deux types de communication : le contact direct et le transfert de fichier via support et à un

Défauts constatés vs type de comm avec l'ingénieur							
	Incomp atibilité formes espace et struc tures	incomp atibilité struc ture syst emes environ nemen taux	obsole scence espace fonction	défauts esthét iques dus à une struc ture inada ptée	défauts esthét iques liés à un choix discu table de matér iaux	autres	Total
contact direct, consultation	22	15	18	14	19	1	89
transfert de fichier dessin via support	12	3	14	7	11	0	47
transfert fichier dessin via internet	8	7	6	8	14	0	43
collaboration via outil BIM	0	0	0	0	0	1	1
autres	0	0	0	0	0	0	0
via plateforme	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>25</b>	<b>38</b>	<b>29</b>	<b>44</b>	<b>2</b>	<b>180</b>

contact direct, consultation	24,7%	16,9%	20,2%	15,7%	21,3%	100,0%
transfert de fichier dessin via support	25,5%	6,4%	29,8%	14,9%	23,4%	100,0%
transfert fichier dessin via internet	18,6%	16,3%	14,0%	18,6%	32,6%	100,0%
collaboration via outil BIM	100%					100,0%
autres	100,0%					
via plateforme	100,0%					
<b>Total</b>	<b>23,3%</b>	<b>13,9%</b>	<b>21,1%</b>	<b>16,1%</b>	<b>24,4%</b>	<b>100,0%</b>

degré moindre par internet. Les autres moyens de communication, notamment le BIM, sont inexistant.

L'utilisation du BIM étant pratiquement inexistante, il ne nous a pas semblé utile d'en croiser les résultats avec les autres variables du projet.

### **6.4.3. RECAPITULATIF DES PRINCIPAUX RESULTATS**

1. Les architectes concepteurs et/ou chefs d'agence représentent le double en matière d'utilisation de logiciels par rapport aux chargés du suivi de chantier.
2. Les architectes plus anciens, habitués à un mode opératoire privilégiant le dessin classique sur calque, ont du mal à suivre le rythme des nouvelles générations recourant systématiquement aux logiciels.
3. Seule la catégorie dont l'expérience varie de 07 à 13 ans utilise les logiciels comme outils de collaboration ;
4. Les architectes moins expérimentés ont tendance à utiliser les logiciels de CAO/DAO à un stade précoce de la conception.
5. La collaboration avec l'ingénieur intervient à 1/3 au début de l'esquisse et à 2/3 dans les 02 phases suivantes (APS et APD)
6. La présence d'un ingénieur sur place favorise grandement la collaboration.
7. Le taux de collaboration est porté au double si l'ingénieur est sur place.
8. La satisfaction par rapport aux bâtiments réalisés est double si l'ingénieur est sur place.
9. La présence de l'ingénieur sur place n'empêche pas que les principaux défauts relevés par le maître de l'ouvrage dans les bâtiments réalisés aient lieu dans les bâtiments réalisés par des maîtres d'œuvre disposant d'un ingénieur sur place.
10. Les défauts relevés dans les bâtiments réalisés appartiennent en majorité à deux types de communication : le contact direct et le transfert de fichier via support et à un degré moindre par internet. Les autres moyens de communication, notamment le BIM, sont inexistant.
11. L'utilisation du BIM étant pratiquement inexistante, il ne nous a pas semblé utile d'en croiser les résultats avec les autres variables du projet.

# CONCLUSION GENERALE

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Plusieurs variables, la collaboration, la conception architecturale, architectes et ingénieurs, Rôles des TIC, ont été étudiées à travers une revue littéraire exhaustive. En général, cette étude a pu investiguer dans le champ de la naissance et l'émergence ces variables et en particulier, la prise en considération de ces concepts dans les agences d'architecture en Algérie.

Cette étude nous a permis d'élucider en premier lieu la collaboration qui est la clé de la réussite de la conception de projet par plusieurs acteurs, in-situ ou à distance. Ce concept de collaboration qui est une activité collective basée sur les activités, la coopération, la communication, la coordination. Ces activités ont pris plusieurs facettes dans le processus de conception architecturale telles que : la manière de coopérer (passer de l'action séquentielle à l'action itérative), de communiquer (le passage du calque et crayon à la 3D) et coordonner (de la réunion à table à la maquette numérique, BIM) dans la conception du projet. Sans oublier le rôle de L'architecte, comme pivot, qui assure le fonctionnement du processus de la conception collaborative, soit dans le modèle traditionnel ou le modèle moderne avec l'introduction des TIC. Et enfin l'ingénieur qui est une facette technique que l'architecte a toujours besoin pour la conception du projet.

La *partie des hypothèses* nous a conduits de dire que cette étude a touché les éléments ciblés dans cette étude finalisée sur plusieurs plans d'investigation :

Le premier plan se résume, en l'état actuel des choses, la conception en agence accuse un manque de collaboration entre architectes et ingénieurs. Cette situation est accentuée par l'utilisation des logiciels à leur premier niveau de dessin, éludant le recours à une collaboration faisant appel aux TIC, notamment le BIM.

Le deuxième plan nous a permis d'accepter que les outils informatiques, *logiciels de type BIM*, puissent aider à anticiper et résoudre à un stade précoce et en amont de la réalisation, des problèmes divers de la conception architecturale et ainsi réduire les délais, les couts et prévenir les transformations.

Pour *l'aspect problématique*, un travail de sondage mené sur la collaboration, par nos soins, à travers des questionnaires remis et collectés auprès des agences d'architecture en Algérie, nous laisse s'interroger sur la collaboration comme activité collective.

Cette recherche interrogative sur la collaboration en agence d'architecture dépasse le cadre réglementaire, qui se traduit par « la fonction prime », instauré dans les institutions étatiques. Pour des raisons évidentes de nécessité dans le domaine de la conception architecturale nous avons essayé de trouver des réponses aux questions telles que, l'existence d'une collaboration entre architectes et ingénieurs en conception architecturale, en agences d'architecture en Algérie. Cette interrogation s'enchaîne avec les enjeux de la collaboration. Aussi définir le rôle et la place de l'architecte et l'ingénieur en conception architecturale. Enfin une amélioration des outils et processus de travail liés aux outils informatiques, logiciel de types BIM, est nécessaire. Avec la possibilité de s'aligner avec les pays utilisateurs du BIM.

Parmi *les trois objectifs* de cette étude. Un premier objectif fondamental est atteint par la construction des connaissances du processus de conception collaborative dans des situations distantes, synchrones, asynchrones et outillées. Le deuxième type fondamental a confirmé l'impact des nouveaux outils d'aide, l'interaction homme-machine et de la TCAO. Et dernier lieu, l'objectif appliqué nous a guidé à proposer des recommandations pour assistance à la collaboration synchrone distante outillée, logiciels de type BIM, en conception architecturale dans les agences d'architecture en Algérie par la notion de transposition du BIM.

La transposition se concrétise grâce à l'existence des méthodologies BIM en Europe [ex, la France] vers l'Algérie. Autant ces mécanismes lancent des défis et des enjeux, autant ils ouvrent des perspectives et amorces des dynamiques dans le secteur du bâtiment « Quand le bâtiment va tout va ». Ces défis et enjeux seront pris en compte par la transposition du BIM, outil et logiciel manipulés par la maquette numérique, qui renforce le partenariat des professionnels, concepteurs et constructeurs algériens avec ceux de la planète. L'application du BIM minimise les (délais, l'économie, facilite la collaboration en conception architecturale). Enfin la gestion de l'information, qui est fondamentale dans tout le processus collaboratif, est assurée par des supports performants relevant des technologies de l'information et de la communication, BIM.

Pour répondre à *la problématique* et atteindre les objectifs cités en haut, nous avons opté pour *La méthodologie* qui se constitue par l'adoption des démarches suivantes :

-L'utilisation d'une approche d'observation de construction de connaissances théoriques et pratiques pour l'analyse des aspects relationnels, cognitifs et instrumentés, entre architectes et ingénieurs en collaboration. Ces connaissances peuvent être écrites ou verbales.

-analyse conceptuelle des différentes activités de collaborations dans le but de comprendre la naissance et l'essor de du concept de la collaboration.

-analyse conceptuelle des différents éléments qui constituent le BIM selon le processus de son organisation et son application par les acteurs en situation de collaboration à distance.

- Cette méthode de recherche emprunte un processus de réflexion ordonné qui commence par l'observation à la discussion en utilisant « *le modèle d'analyse composé exclusivement de la méthode d'enquête classique avec pour épine dorsale l questionnaire* ».

Enfin, comment aborder cette problématique sans étudier plus précisément le contexte d'une conception, qu'elle soit individuelle ou collective, ainsi que les démarches cognitives qui s'y réalisent. C'est ce que nous avons tenté de faire en premier chapitre de ce travail, la définition de la conception ses approches et ses méthodes.

Les *chapitres de la thèse* commencent par la définition et l'aperçu historique de la conception architecturale. On a présenté les approches de la conception du *Design Méthodes* 1960 jusqu'à nos jours. Approches et méthodes des auteurs-théoriciens comme : Braylan Lawsan [How designers think], Philippe Boudon, Christopher Alexander, Michel Conan et Nigel Cross, Prost, Dominique Raynaud, pour mieux élucider la conception architecturale.

Une étude a été dirigée sur la conception collaborative et en particulier les deux concepteurs, architectes et ingénieurs, selon leurs métiers et rôle dans le processus de la conception et la collaboration. Après on a construit les connaissances du concept de la « collaboration » en tant qu'activité collective englobant les activités dites de collaboration ou travail collaboratif tel que : La coopération, la coordination, la communication.

Ces activités qui constituent le travail collaboratif avec l'usage technologies de l'information et la communication (TIC) nous a guidé a présenter les différents logiciels classiques de collaboration et de mettre en lumière les caractéristiques du logiciel BIM qui est un élément déterminant dans notre travail pour la réussite de la conception collaborative.

On a eu une idée globale sur les niveaux du BIM en mode d'utilisation actuel :

Après cette construction de connaissance a base d'une revue littéraire, nous pouvons rappeler l'architecte et ces collaborateurs de l'importance BIM :

- ✓ LeBIM n'est pas un logiciel, mais une façon de travailler.
- ✓ LeBIM est un processus constructif efficace que l'architecte doit pleinement et impérativement maîtriser.

- ✓ Dans un futur proche, le BIM deviendra incontournable dans la mesure où il est notamment source d'économies pour le maître d'ouvrage.
- ✓ L'intégration du BIM dans un bureau d'architecture doit être effectuée de façon réfléchie et progressive en tenant compte des spécificités de ce bureau.
- ✓ Le BIM est un processus constructif auquel il peut être fait appel quelle que soit la taille du projet.
- ✓ L'architecte doit piloter la méthodologie BIM. Elle met en valeurs on travail ainsi que la nécessité de son intervention. Et elle lui permet de rester garant de la qualité architecturale produite.

Pour conclure, en accord avec le CSTB, le BIM qui se trouve en maturité a des avantages qu'on peut préconisés aux agences d'architecture en Algérie pour atteindre le stade de la collaboration faisant appel aux TIC, notamment le BIM. Ces outils informatiques logiciels du BIM, peuvent aider à anticiper et résoudre à un stade précoce et en amont de la réalisation des problèmes divers de la conception architecturale et aussi réduire les délais, les couts et prévenir les transformations.

Le BIM est un gain de temps, il prend un peu de temps au départ, mais les délais et les couts sont réduits. C'est contrairement au projet conçu et construit selon la logique CAO. On a un départ plus rapide, mais ensuite, les problèmes s'annoncent avec les projets complexes dus à la non-maitrise de l'information.

L'information peut prendre deux facettes entant que catalyseur et générateur de l'idée entre les acteurs. Plusieurs systèmes de gestion de l'information en conception architecturale ont vu le jour. En modèle traditionnel de conception architecturale, séquentiel et itératif, le processus de sa transmission est géré par les outils, le calque, la maquette physique, le crayon, la réunion sur place...etc. Comme résultat, c'est une perte de temps. Après le développement du CSCD en 1980, les outils informatiques assistent la conception sous la forme de CAO. En plus aux outils cités au modèle traditionnel, la gestion de l'information est caractérisée par l'utilisation de, l'ordinateur, l'USB, fichier DWF, e-mail, téléphone...etc.

Au-delà de ce modèle, un système de circulation de l'information a vu le jour avec des aspects de collecte d'information, stockage de l'information, traitement de l'information et diffusion de l'information a travers la maquette numérique. Elle est le support d'information des TIC, BIM. Ce dernier assure la collaboration dans la conception architecturale assistée par

ordinateur [CAAO ou CAAD] au lieu [CAO] en utilisant des outils de conception de partage de métier, logiciel BIM. Enfin le BIM est un processus de travail d'échange d'informations supportées par des maquettes numériques tout au long du cycle de vie du bâtiment, la conception architecturale incluse. La maquette est une base de données décrivant le projet pour une meilleure collaboration.

La collaboration [la coopération, la communication, et la coordination] entre architectes et ingénieurs avec pour épine dorsale l'information qui est structurée par le BIM et utilisée par les acteurs en insitu ou à distance et [synchrone ou asynchrone]. Ce qui permet l'exactitude des données partagées et le gain de temps. En plus la préservation des transformations avant la réalisation. Ce qui consiste à s'intéresser davantage au projet qu'à l'œuvre achevée. On peut dire la bonne collaboration commence en phase de la conception architecturale qui est la phase clé d cycle de bâtiment.

## ANNEXES

La lecture des précédents chapitres est *argumentée par des annexes*. En effet, plusieurs documents sont joints enfin de document, thèse, pour permettre de préciser au lecteur certaines références bibliographiques et de présenter la résolution de la recherche en expliquant les étapes de la saisie de données par le logiciel d'analyse qui à relation directe avec la collecte des réponses élucidant les questions formulées dans le questionnaire, joint-on partie annexes.

## NOTE AU LECTEUR

En accord avec Bachelard, « *Le fait scientifique est conquis, construit, constaté* ». [Gaston Bachelard, la démarche scientifique]. Le fait scientifique 'la collaboration' abordé par cette thèse a été *conquis* par l'observation à base du « *parcours du doctorant* » et le *formulaire questionnaire principal du « Sondage Conception Collaborative » avec des questions ciblées pour la bonne constatation du fait scientifique de la recherche sur lequel est construit le modèle d'analyse*.

Le formulaire du questionnaire du « Sondage Conception Collaborative » du modèle d'analyse a été élaboré selon les méthodes d'organisation des questionnaires par Angers .M. « *retenues pour cours de méthodologie de la recherche dans le programme des sciences humaines de l'ordre collégiale* » .Il englobe la question ouverte, la question fermée, la question numérique, la question à échelle. Il s'inscrit dans une méthode d'analyse conceptuelle exhaustive des principaux concepts de la recherche : collaboration, conception architecturale et TIC. Ce questionnaire est la base de l'analyse de tri à plat et les corrélations gérer par l'utilisation du logiciel Sphinx+© en dernier chapitre.

## LES INTERFACES DU LOGICIEL SPHINX+©

La saisie des questions de l'enquête « Sondage Conception Collaborative ». Le Formulaire du questionnaire est le résultat de cette saisie.

The screenshot shows the 'En tête du questionnaire' window. It contains the following fields and controls:

- Titre:** A text box containing 'Sondage Conception collaborative'.
- Commentaire:** A large empty text area for additional notes.
- Titulaire:** A text box containing 'Cheab Mououc'.
- Durée:** A text box containing '20\*7'.
- Langue:** A dropdown menu set to 'FR - Français'.
- Afficher fenêtre** checkbox.
- Navigation buttons: '<<' and 'Annuler'.

The screenshot shows the 'Question n°1' window. It contains the following elements:

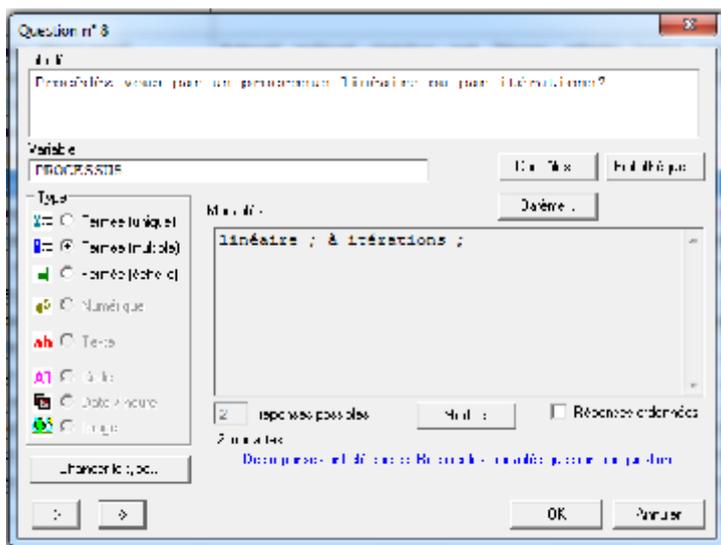
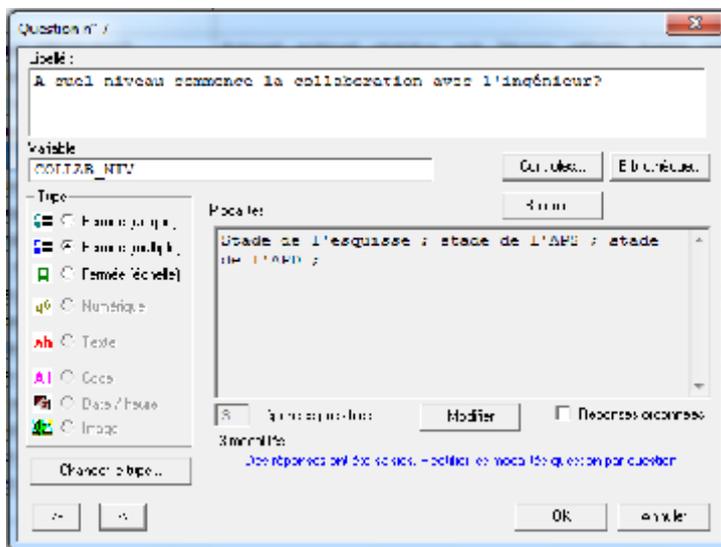
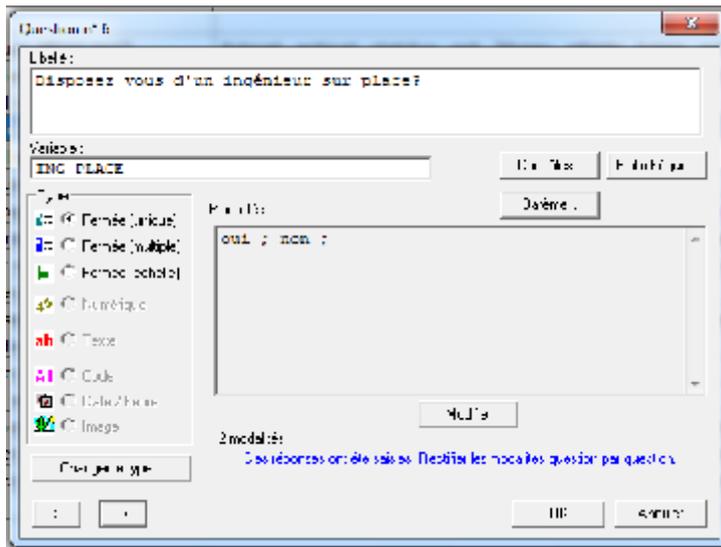
- Libellé:** A text box with the question 'Quel est votre rôle dans l'agence?'.
- Variable:** A text box containing 'ROLES'.
- Type:** A list of question types with radio buttons: 'Forme (un seul)', 'Forme (multiple)', 'Forme (échelle)', 'Réponse', 'Test', 'Case', 'Date/heure', and 'Image'. 'Forme (multiple)' is selected.
- Options:** A text box containing 'André, Lucie, Christophe, Olivier, Charlotte, Mathias'.
- Réponses possibles** checkbox.
- Réponses multiples** checkbox.
- Navigation buttons: '<' and '>'.
- Buttons: 'Annuler' and 'Ajouter'.

The screenshot shows the 'Question n°2' window. It contains the following elements:

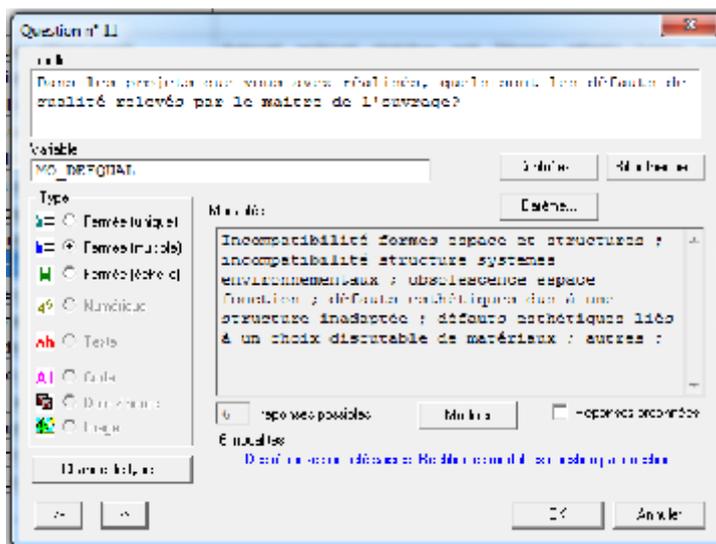
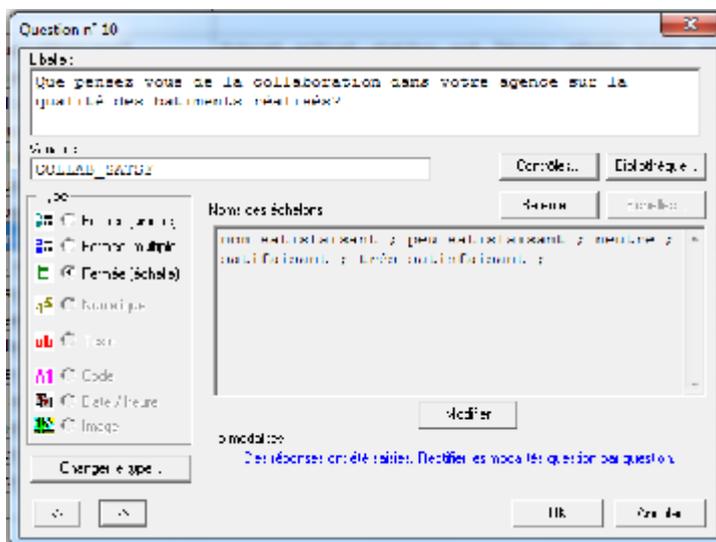
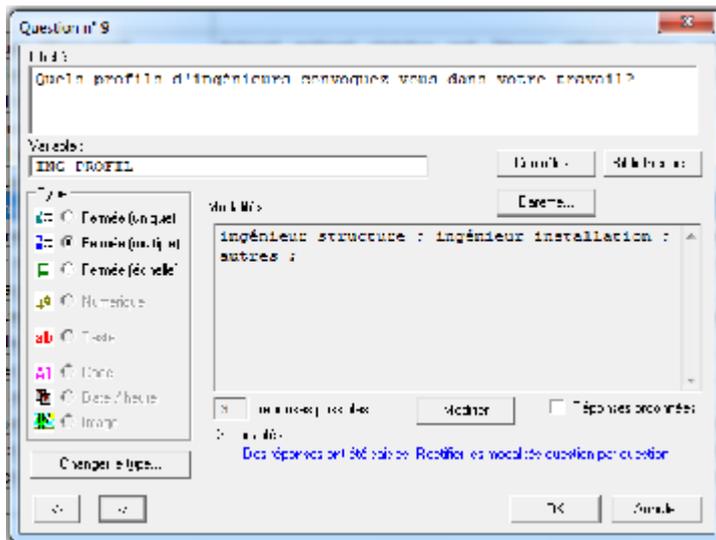
- Libellé:** A text box with the question 'Quelle est votre expérience?'.
- Variable:** A text box containing 'EXP'.
- Type:** A list of question types with radio buttons: 'Forme (un seul)', 'Forme (multiple)', 'Forme (échelle)', 'Réponse', 'Test', 'Case', 'Date/heure', and 'Image'. 'Réponse' is selected.
- Options:** A text box containing 'Utiliser le bouton "Options" pour définir éventuellement des intervalles de valeurs possibles'.
- Navigation buttons: '<' and '>'.
- Buttons: 'Annuler' and 'Ajouter'.

Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [source : auteur]

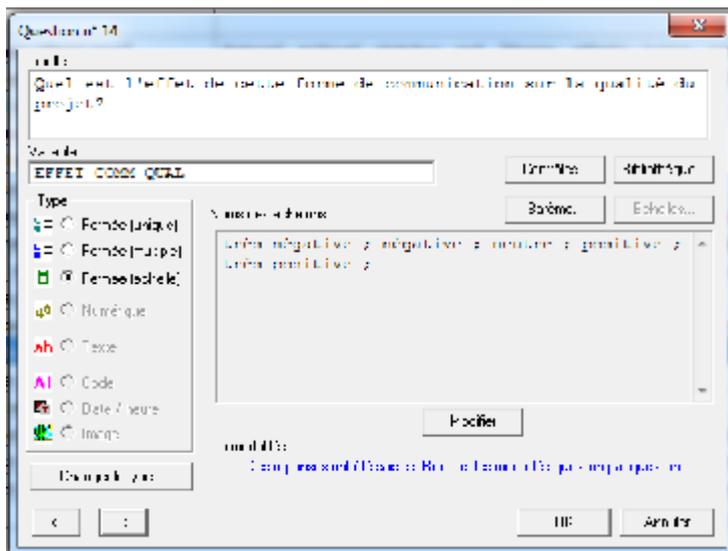
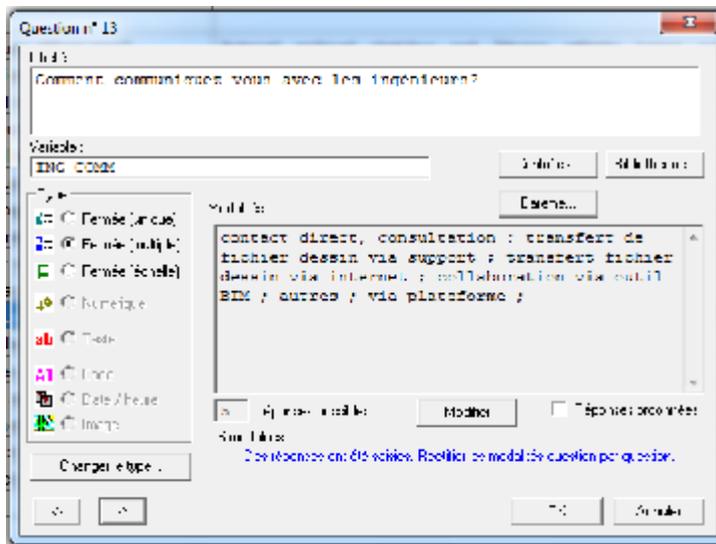
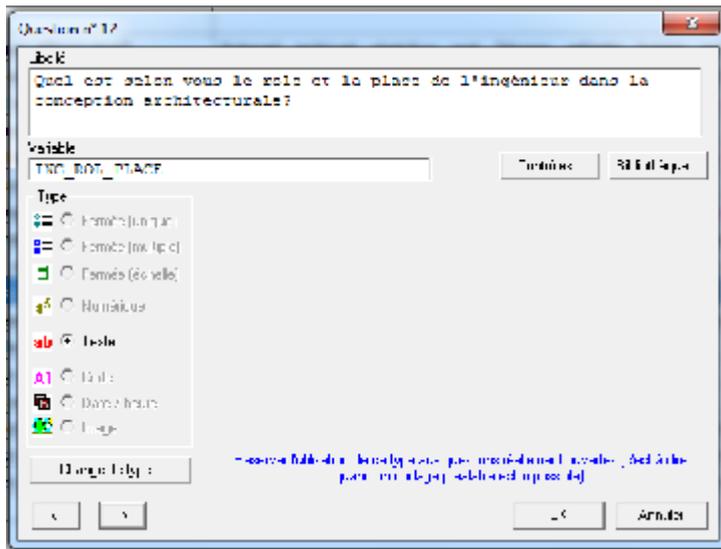




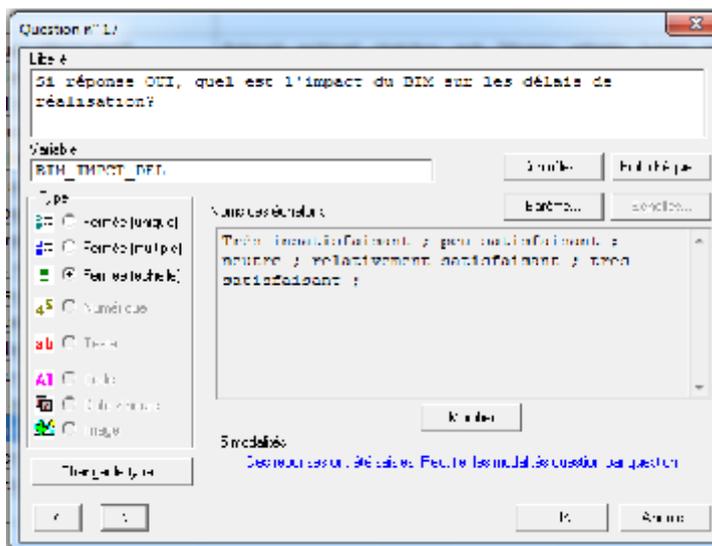
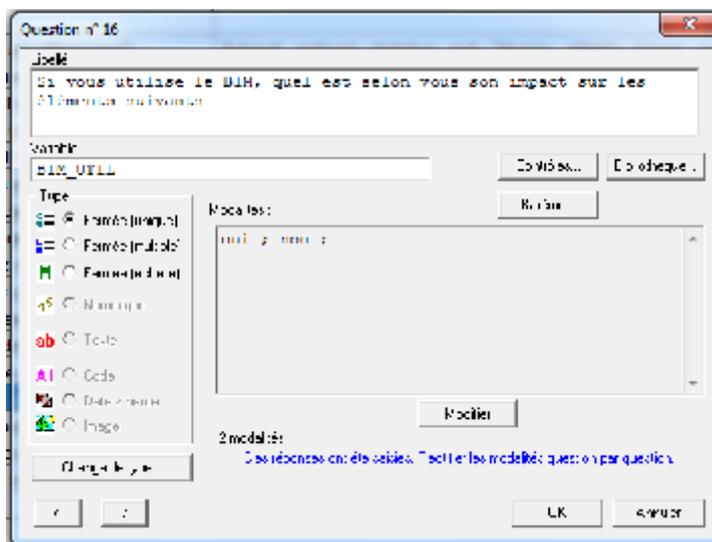
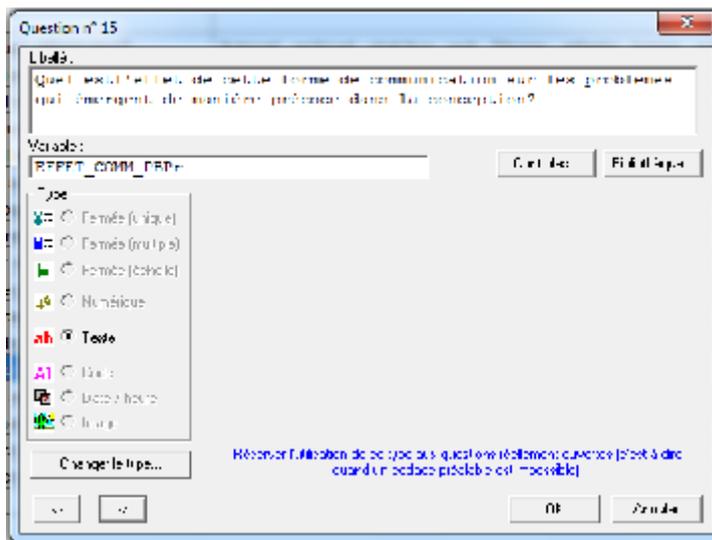
Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [source : auteur]



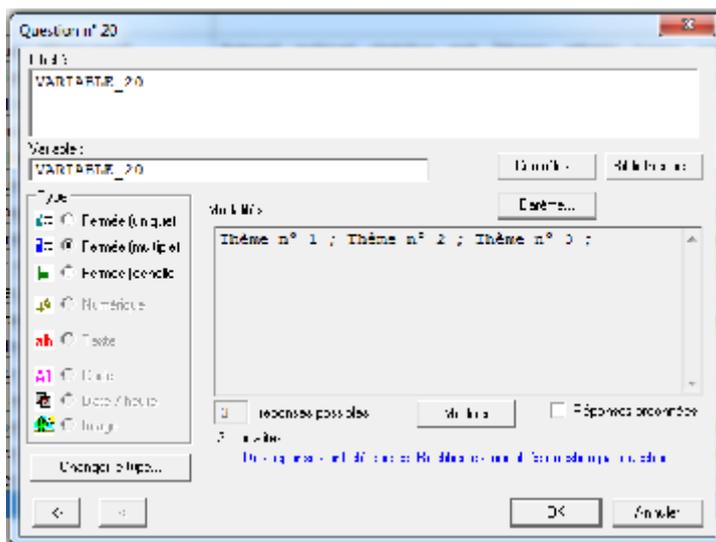
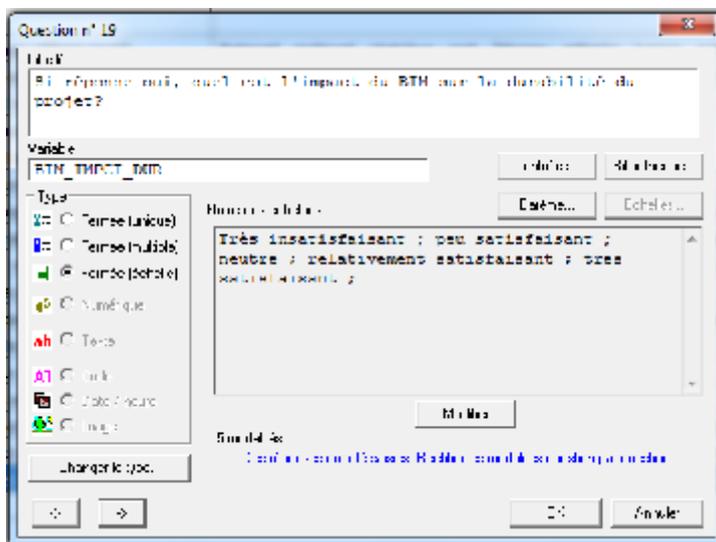
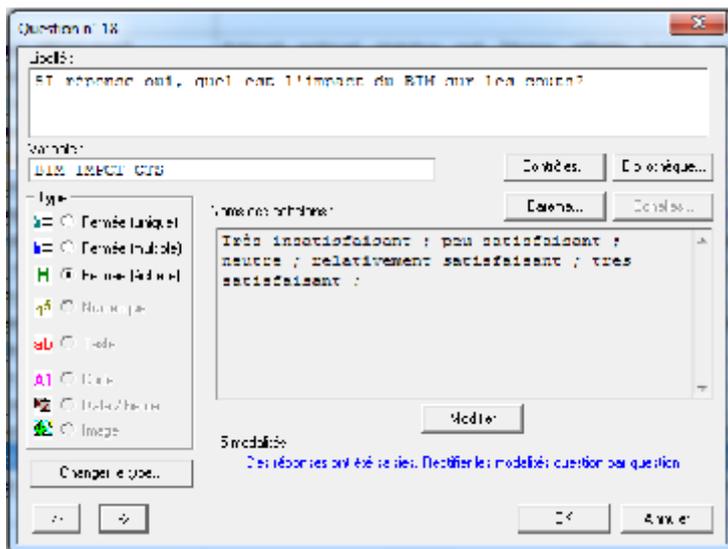
Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [source : auteur]



Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [source : auteur]



Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [source : auteur]



Capture d'écran du logiciel Sphinx+© [source : auteur]

# LE FORMULAIRE DU QUESTIONNAIRE [SUR LEQUEL EST CONSTRUIT LE MODELE D'ANALYSE DU SONDAGE DE LA CONCEPTION COLLABORATIVE]

## Sondage Conception collaborative

2017 - Chaabi Mouloud

1. Quel est votre rôle dans l'agence?

1. Architecte en chef  2. architecte concepteur  
 3. suivi de chantier  4. autres

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

2. Quelle est votre expérience?

3. Quels types d'outils informatiques utilisez-vous?

1. Autocad  2. archicad  3. sketchup  4. revit  
 5. 3dsmax  6. artlantis  7. lumion  8. autres

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (4 au maximum).*

4. Comment utilisez vous le logiciel informatique?

1. comme simple outil de dessin  
 2. comme simple outil de modélisation 3D  
 3. comme outil de modélisation environnementale  
 4. comme outil de collaboration  
 5. autres  
 6. maquette numérique

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (5 au maximum).*

5. A quel stade utilisez-vous l'outil informatique?

1. Esquisse  2. APS  3. APD  4. Autres

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

6. Disposez vous d'un ingénieur sur place?

1. oui  2. non

7. A quel niveau commence la collaboration avec l'ingénieur?

1. Stade de l'esquisse  2. stade de l'APS  
 3. stade de l'APD

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

8. Procédez-vous par un processus linéaire ou par itérations?

1. linéaire  2. à itérations

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

9. Quels profils d'ingénieurs convoquez-vous dans votre travail?

1. ingénieur structure  2. ingénieur installation  
 3. autres

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

10. Que pensez vous de la collaboration dans votre agence sur la qualité des bâtiments réalisés?

1. non satisfaisant  2. peu satisfaisant  3. neutre  
 4. satisfaisant  5. très satisfaisant

11. Dans les projets que vous avez réalisés, quels sont les défauts de qualité relevés par le maître de l'ouvrage?

1. Incompatibilité formes espace et structures  
 2. incompatibilité structure systèmes environnementaux  
 3. obsolescence espace fonction  
 4. défauts esthétiques dus à une structure inadaptée  
 5. défauts esthétiques liés à un choix discutable de matériaux  
 6. autres

*Vous pouvez cocher plusieurs cases.*

12. Quel est selon vous le rôle et la place de l'ingénieur dans la conception architecturale?

13. Comment communiquez-vous avec les ingénieurs?

1. contact direct, consultation  
 2. transfert de fichier dessin via support  
 3. transfert fichier dessin via internet  
 4. collaboration via outil BIM  
 5. autres  
 6. via plateforme

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (5 au maximum).*

14. Quel est l'effet de cette forme de communication sur la qualité du projet?

1. très négative  2. négative  3. neutre  
 4. positive  5. très positive

15. Quel est l'effet de cette forme de communication sur les problèmes qui émergent de manière précoce dans la conception?

16. Si vous utilisez le BIM, quel est selon vous son impact sur les éléments suivants

1. oui  2. non

17. Si réponse OUI, quel est l'impact du BIM sur les délais de réalisation?

1. Très insatisfaisant  2. peu satisfaisant  
 3. neutre  4. relativement satisfaisant  
 5. très satisfaisant

*La question n'est pertinente que si BIM\_UTIL = "oui"*

18. Si réponse oui, quel est l'impact du BIM sur les coûts?

1. Très insatisfaisant  2. peu satisfaisant  
 3. neutre  4. relativement satisfaisant  
 5. très satisfaisant

*La question n'est pertinente que si BIM\_UTIL = "oui"*

19. Si réponse oui, quel est l'impact du BIM sur la durabilité du projet?

1. Très insatisfaisant  2. peu satisfaisant  
 3. neutre  4. relativement satisfaisant  
 5. très satisfaisant

*La question n'est pertinente que si BIM\_UTIL = "oui"*

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Proposition de distinction entre les différentes situations de conception Cours Master 2, S. Ben Rajeb Capteur d'écran [Source : auteur].....	52
Tableau 2	Répartition des collecticiels relativement à la matrice Espace/Temps définie dans le champ du CSCW (Gaver, 1992).....	66
Tableau 3	Distinction entre les concepts apparentés au concept de collaboration (D'après l'auteure, inspirée de Sparks et Loucks-Horseley, 1989).....	70
Tableau 4	Représentation du concept de collaboration (Friend et Cook, 1996).....	71
Tableau 5	Principaux éditeurs et logiciels de partage de métier.....	102

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Le concepteur magicien : Le concepteur irrationnel Caractérise la boîte noire, la partie cachée de la conception,[Source , John Christopher Jones].....	28
Figure 2	Le concepteur ordinateur humain : Le concepteur rationnel. Caractérise la boîte de verre. Source : images tirées d'illustrations de John Christopher Jones.....	28
Figure 3	Situation de Conception séquentielle, processus linéaire, [Source Auteur].....	30
Figure 4	Situation de Conception Itérative, Processus Itératif, [Source Auteur].....	31
Figure 5	Conception coopérative vs conception collaborative [relativement aux tâches et objectifs].....	53
Figure 6	Processus de collaboration selon Kvan (2000).....	54
Figure 7	Processus de collaboration selon Chui (2002).....	55
Figure 8	Les différents axes caractérisant les objets intermédiaires (Jeantet, 1998)..	58
Figure 9	Classification des collecticiels relativement à leur évolution temporelle (Hubert <i>et al.</i> , 1995).....	65
Figure 10	Classification des collecticiels relativement à leur fonctionnalité (Hubert <i>et al.</i> ,1995).....	65
Figure 11	Collaboration Capteur d'écran des trois processus complexes, (Levan, 2004) [source : auteur].....	77
Figure 12	La Collaboration, Intrication de 3 Processus. [Source : Auteur].....	79
Figure 13	Utilisation du papier pour communication. [Source Auteur].....	83
Figure 14	Utilisation du Blue print pour détail de génie-civil [Source Auteur].....	83
Figure 15	Table à dessin, Maquette physique, [source, Auteur].....	84
Figure 16	Ordinateur et maquette numérique Capteur d'écran Building SMART [Source: auteur].....	85
Figure 17	trois processus, hier, Maintenant, L'avenir, Capture d'écran Building SMART [Source : auteur].....	91
Figure 18	Building Information Modeling = processus de travail et d'échange d'informations supportées par des <i>maquettes numériques</i> tout au long du <i>cycle de vie du bâtiment</i> , Capture d'écran Building SMART [Source : auteur].....	92

Figure 19	(MN) = <i>Base de données</i> décrivant un ouvrage Capture d'écran Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur].....	92
Figure 20	Maquette Numérique finalisée Capture d'écran Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur].....	93
Figure 21	Building Information Model Capture d'écran Building SMART [Source: auteur] .....	93
Figure 22	Building Information Management Capture d'écran Building SMART [Source: auteur].....	94
Figure 23	Démonstration entre acteurs Capture d'écran du BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur] .....	95
Figure 24	Documents du CAD et du BIM Capture d'écran Building SMART [Source : auteur ].....	95
Figure 25	Le partage des données Capture d'écran Cour de doctorat d'Aurélie. D [Source : auteur].....	99
Figure 26	Modèle de base de données Capture d'écran Cour de doctorat d'Aurélie. D [Source : auteur] .....	99
Figure 27	Représentation des objets par Logiciel métier Capture d'écran Cour de Doctorat d'Aurélie .D [Source : auteur].....	100
Figure 28	Le processus des échanges par interopérabilité Capture d'écran Building SMART [Source : auteur].....	102
Figure 29	Fichier de Format IFC Capture d'écran de la Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur] .....	103
Figure 30	Archicad et l'IFC Capture d'écran du logiciel ArchiCAD [Source : auteur].....	104
Figure 31	La maquette numérique isolée Capteur d'écran de la Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur].....	107
Figure 32	La maquette numérique collaborative Capteur d'écran de la Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur].....	107
Figure 33	La maquette numérique intégrée Capteur d'écran de la Mission Numérique du Bâtiment [Source : auteur].....	108
Figure 34	Maquette Numérique élaborée par un Architecte [Source Ingénierie concourante].....	109
Figure 35	Modèle de la Maquette Numérique d'architecte Capture d'écran de la MN du collègue conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur].....	110
Figure 36	Dépôt de la maquette sur le serveur Capture d'écran de la MN du collègue conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur].....	100
Figure 37	Les remarques de l'ingénieur Capture d'écran de la MN du collègue conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur] .....	111
Figure 38	L'architecte répond à l'ingénieur Capture d'écran de la MN du collègue conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur].....	112

Figure 39	Application logiciel métier Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur].....	112
Figure 40	vérification de la cohérence par BIM manager Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur]..	113
Figure 41	Analyse économique Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur].....	113
Figure 42	Exemple de l'outil ATTIC Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur].....	114
Figure 43	Le modèle de l'économiste Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur].....	114
Figure 44	L'étude du thermique Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur].....	115
Figure 45	L'étude environnementale Capture d'écran de la MN du collège conçu par BIM pour Ingénierie Concourante [Source : auteur].....	115
Figure 46	Le BIM Manager Capteur d'écran du BIM manager, Building SMART [source : auteur].....	116
Figure 47	Ces trois interfaces illustrent, les trois phases : 1-Elaboration du questionnaire, 2- Collecte des données, 3- traitements et analyses. Capture d'écrans du logiciel Sphinx, [source Auteur].....	129

## BIBLIOGRAPHIE

- Alexander. C., (1971). Notes sur la synthèse et la forme (1964).Paris : Dunod.
- Alexander C., 1971, De la synthèse à la forme. Editions Dunod.
- Arup, O, 1995. "Philosophy and the art of building." in The Institution of Civil Engineers (ed.), *Ove Arup*, London: The Institution of Civil Engineers.
- Bachman, H., 2002."Conception parasismique des bâtiments-Principe de base à l'attention des ingénieurs, architectes, maitres d'ouvrages, Direction de l'OFEG, 81p.
- Badke-Schaub P., Neumann A., Lauche K., Mohammed S., 2007. «Mental models in design teams:a valid approach to performance in design collaboration?»,in *CoDesign*, 3(1), pp.5-20.
- Beaudouin-Lafon M., Karsenty A., 1992. «Transparency and Awareness in a Real-Time Groupware System», in *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 171-180.
- Beetz J., Leeuwen V., Vries B.D., 2004. «Towards a multi agent system for the support of collaborative design», in Leeuwe J.P., Timmermans H.J.P. (eds), *Developments in Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning*, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, pp. 269-280.
- Béguin,P.,1997 «L'activité de travail: facteur d'intégration durant les processus de conception», Bossard,P. Changevriier C.et Leclair P.(Eds),*Ingénierie concourante: de la technique au social*, Economica,1997.
- Ben Rajeb S., Lecourtois C., Guéna F., 2010 (a). «Operations of conception in Architectural Collaborative Design», in *Proceedings of eCAADe 2010, Conference future cities*, Zurich, pp.687-695.
- Bonnardel N., 2009. « Activités de conception et créativité : de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives », in *Le travail humain*, Presses Universitaires de France.
- Boudon. P., (2004). *Conception*. Paris : Editions de la vilette.
- Boudon. P., 2009. « Complexité de la conception architecturale : conception et Représentation», in *Synergies Monde*, 6, pp. 105-110.
- Caelen J., 2004. « La plate-forme MultiCom, pour inventer les usages des objets communicants du Futur », in *PaPyrus*, Université Joseph Fourier.
- Cardon D., 1997. « Les sciences sociales et les machines à coopérer. Une approche

- bibliographique du Computer Supported Cooperative Work (CSCW) », in Réseaux, 15 (85), pp. 13-51.
- Carroll J.M., Neale D.C., Isenhour P.L., Rosson M.B., McCrickard D.S., 2003. «Notification and awareness: synchronizing task-oriented collaborative activity», in International Journal Of Human-Computer Studies, 58, pp. 605-632.
  - Cerisier, 1999« environnements d'apprentissages collectifs en réseaux» 1999Poitiers, Paris8, groupe de recherche sur l'apprentissage et les médias en éducation.
  - Chimits C., Godier P., Tapie G., 1996. « Bilbao, entre volontarisme et pragmatisme », in Bonnet M. (dir.), L'élaboration des projets architecturaux et urbains en Europe, Rapport d'étude, CDU.
  - Chiu M.-L., 2002. «An organizational view of design communication in design collaboration », in Design Studies, 23 (2), pp. 187-210.
  - Clark H.H., Brennan S.E., 1991. «Grounding in Communication», in Resnick L.B., Levine J.M., Teasley S.D. (dir.), Perspectives on Socially Shared Cognition, American Psychological Association, pp. 127-149.
  - Colas R., 1993« 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.
  - CTI : Commission des Titres d'Ingénieurs
  - Conan M., 1990. Concevoir un projet d'architecture, L'Harmattan, Paris
  - Coons S.A., 1963. «An outline of the requirements for a computer-aided design system», in Proceedings of the May 21-23, spring joint computer conference Cross N., 1982. « Designely Ways of Knowing ».Désign studies3.4, pp 221-227.
  - Daniel Golman (1998) L'intelligence émotionnelle. Editions Robert Laffont, S.A, 1999, pp.31-35.
  - Daniellou F., 2007. « Des fonctions de la simulation des situations de travail en ergonomie », in Revue électronique activités, 4 (2), pp. 77-83.
  - Dard, P., CSTB, Nouveaux outils de représentation d'environnements urbains », vol 1 les maquettes numériques, quels développement ? Quels usages ?, MENRT, Programme ACville, 2002.
  - Darses F., Falzon P., Mondutéguy C., 2004 (c). « Paradigmes et modèles pour l'analyse cognitive des activités finalisées », in Falzon P. (éd.), Ergonomie, Presses Universitaires de France, Paris, pp. 191-212.
  - Darses F., 2001. « Converger vers une solution en situation coopérative de conception: analyse cognitive du processus d'argumentation », in Modéliser les activités coopératives

- de conception, Actes du 10ème Atelier du Travail Humain, Paris.
- Darses F., 1997. « L'ingénierie concourante: Un modèle en meilleure adéquation avec les processus cognitifs en conception », in Brossard P., Chanchevrièr C., Leclair P. (éds.), Ingénierie Concourante. De la technique au social, Economica, Paris.
  - D'Astous P., Détièrre F., Robillard P. N., 2004. «Changing our view on design evaluation meetings methodology: a study of software technical review meetings», in Design Studies, 25 (6), pp. 625-655.
  - David B., 2001. « IHM pour les collecticiels », in Réseaux et Systèmes Réparties (RSR CP),13, Hermes Science, pp. 169-206.
  - Détièrre F., Martin G., Lavigne E., 2005. «Viewpoints in co-design: a field study in concurrent engineering», in Design Studies, 26, pp. 215-241.
  - Dillenbourg P., 1999. «What do you mean by collaborative learning?», in Dillenbourg P.(ed.) Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches, Elsevier, Oxford, pp. 1-19.
  - Dillenbourg P., Baker M., Blaye A., O'Malley C., 1995. «The evolution of research on collaborative learning», in Spada E., Reiman P. (eds), Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science, Elsevier, Oxford, pp. 189-211.
  - Dodier N., 1993, « L'expertise médicale. Essai de sociologie sur l'exercice du jugement, Métailié, Paris.
  - Dong A., 2005. «The latent semantic approach to studying design team communication», in Design studies, 26 (5), pp. 445-461.
  - Dorst K., Cross N., 2001. «Creativity in the design process: Co-evolution of problem-solution», in Design Studies, 22, pp. 425-437.
  - Dourish P., Bellotti V., 1992. «Awareness and Coordination in Shared Workspaces», in Proceedings of CSCW'92, Toronto.
  - Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K., 2008. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, Wiley,New Jersey.
  - Eckert C., Boujut J.-F., 2003. «The role of objects in design co-operation: Communication through physical or virtual objects», in Computer Supported Cooperative Work (CSCW), 12 (2), pp. 145-151.
  - Ellis C.A., Gibbs S.J., Rein G., 1991. «Groupware: some issues and experiences», in Communications of the ACM, 34 (1), pp. 39-58.
  - Engelbart D.C., 1962. Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework, Technical

Report AFOSR-3223, Contract AF 49(638)-1024, Stanford Research Institute.

- Evette T., Terrin J.-J., 2006. Projets urbains. Expertises, concertation et conception, Collection Cahiers Ramau 4, éditions La Villette, Paris.398/42
- Falzon P., Darses F., 1996. « La conception collective : une approche de l'ergonomiecognitive », in de Terssac G., Friedberg E. (dir.), Coopération et Conception, Octarès, Toulouse.
- Falzon P., Bisseret A., Bonnardel N., Darses F., Détienne F., Visser W., 1990. « Les activités de conception : l'approche de l'ergonomie cognitive », in Actes du Colloque «Recherches Farchy, J., 1999. La Fin de l'exception culturelle ?, P.150-152. Paris : CNRS Editions. sur le Design », Compiègne.
- Fay D., Frese M., 2000. «Self-starting behavior at work: Toward a theory of personalinitiative», in Heckhausen J. (ed.), Motivational psychology of human development: Developing motivation and motivating development, Elsevier, Amsterdam, pp. 307-337.
- Fernandez A., 2002. «La préréflexion du collectif est-elle représentable dans l'auto confrontation ? », in Actes des Journées d'Act'Ing, Modélisation de la référenciation, de l'équipe au lecteur, Nouan-le-Fuzelier.
- FestigeretKatz .,1997, Les méthodes de recherche dans les sciences sociales, T.1-2.,cité par Angers M.: Initiation pratique à la méthodologie de la recherche en sciences humaines, Casbah,Alger, Paris, 1974,p. 97
- Finger S., Konda S.L., Subrahmanian E., 1995. «Concurrent design happens at the interfaces», in Artificial Intelligence for Engineering Design Analysis and Manufacturing, 9, pp. 89-99.
- Fruchter R., Clayton M., Krawinkler H., Kunz J., Teicholz P., 1993. «Interdisciplinary communication medium for collaborative design», in Proceedings of the Third International Conference on AI in Civil Engineering, Edinburgh, pp. 1-28.
- Gabriel G., Maher M., 2002. «Coding and modeling communication in architectural collaborative design», in Automation in construction, 11 (2), pp. 199-211.
- Gaver W.W., 1992. «The affordances of media spaces for collaboration», in Proceedings of CSCW'92, ACM, New York.
- Gerbner G., 1956. «Toward a general model of communication», in Audio Visual Communication Review, IV (3), pp. 171-199.
- Gero J.S., Kannengiesser U., 2004. «The situated function- behaviour-structure framework», in Design Studies, 25 (4), 2004, pp. 373-391.

- Gero J.S., 1998 (a). «Conceptual designing as a sequence of situated acts», in Smith I. (ed.), *Artificial Intelligence in Structural Engineering*, Springer, Berlin, pp. 165-177, [http://mason.gmu.edu/~jgero/publications/1998/Gero\\_SEAAI.pdf](http://mason.gmu.edu/~jgero/publications/1998/Gero_SEAAI.pdf).
- Gero J.S., Maher M.L., 1993. *Modeling Creativity and Knowledge-Based Creative Design*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, New Jersey.
- Gero J.S., McNeill T., 1988. «An approach to the analysis of design protocols», in *Design Studies*, 19 (1), pp. 21-61.
- Glymph , J., « L'industrie de l'AEC est-elle prete pour un changement ? » in le Guide 2005, informatique et bâtiment.
- Gordon W.J.J., Poze T., 1987. *The new art of the possible: The basic course in synectics*, Porpoise Books, Cambridge.
- Gregory S.A., 1969. *The Design Method*, Butterworths, London.
- Grice H.P., 1979. « Logique et conversation », in *Communications*, 30, pp. 57-72.
- Grudin J., 1994. « Computer-Supported Cooperative Work: History and Focus », in *Journal, IEEE Computer*, 27 (5), pp. 19-26.
- Guéna F., Zreik K., Bajon J.Y., 1988. *Systèmes experts dans l'architecture, le bâtiment et les travaux publics, Etude de cas : La France, le Japon, les Etats-Unis et le Royaume Uni*, Collection Recherches, Ministère de l'Équipement, Plan Construction et Architecture.
- Guéna F., Leininger J.P., Dufau J., Mangin J.C., Miramond M., 1986. *X2A : Un système d'évaluation technique et économique de bâtiment, CAO et Bâtiment : Etat et perspectives*, Ministère de l'Équipement, Plan Construction et Architecture.
- Guibert P., 2004. « Processus de socialisation des néo-enseignants en IUFM », in *De Bretagne et d'ailleurs, mélange offerts à A. Guillou*, éditions Université de Bretagne Occidentale.
- Hanrot ,S., *Enjeux pour l'ingénierie de maitrise d'œuvre*, Paris, PUCA, 2003, p.41.
- Hatchuel A., 1996, *Coopération et conception collective, variété et crises des Rapports de prescription*.in G. deTressac, E.Friedberg (eds), *coopérationet conception*.Toulouse. Editions Octares.
- Hohmann, B., 2002. *Etude empirique: Analyse d'une situation de conception coopérative médiatisée*, Rapport de DEA d'Ergonomie du Centre National d'Arts et Métiers, Paris.
- Holyoak K.J., Spellman B.A., 1993. «Thinking», in *Annual Review of Psychology*, 4 (4), pp.265-315.dossier prospectif », in *CXP International*, Paris.

- Jeantet A., 1998. « Les objets intermédiaires dans la conception. Eléments pour une Sociologie
- Jimenez L.M., 2010. Etude expérimentale de la production collective d'idées en utilisant des technologies de collaboration synchrone à distance, mémoire, département de mathématiques et de génie industriel, Ecole Polytechnique de Montréal.
- J-M. Dossier , in J-J.Terrin (dir), Maitres d'ouvrage, maitres d'œuvre et entreprises, de nouveaux enjeux pour les pratiques de projet, paris, Eyrolles, 2005,p.161
- Johansen S., 1988. «Statistical analysis of cointegrating vectors», in Journal of Economic.
- Jürg Conzett, entretien avec Judit Solt, dans TRACÉS No 19, 2008 (traduction française: Anna Hohler)
- Kalay Y.E., 2004. «Architecture's New Media. Principles, Theories, and Methods of Computer-Aided Design», in The MIT Press : Communication, MIT Press, Cambridge, pp. 83-198.
- Kristensen K., Hildre H.P., Sivertsen O.I., Røyrvik J., «Evaluating the organisational ROI of different collaborative strategies», in Proceedings of Design 2004, Dubrovnik.
- Kvan T., 2000. «Collaborative design: what is it? », in Automation in Construction, 9 (4), pp. 409-415.
- Lebahar J.-C., 1983. Le dessin d'architecte : simulation graphique et réduction d'incertitude, Roquevaire, Editions Parenthèses, Presses universitaires de France, Paris.
- Leclercq P., Elsen C., 2007. « Le croquis synthé-numérique », in Actes du Séminaire de Conception Architecturale Numérique SCAN'05, Paris, France.
- Leplat J., 1993. « Ergonomie et activités collectives », in Six F., Vaxevanoglu X. (éds.), Les aspects collectifs du travail, Toulouse, Octarès, pp. 7-27.
- Loiselet A., Hoc J.M., 2001. « La gestion des interférences et du référentiel commun dans la coopération: implications pour la conception », in Psychologie Française, 46, pp. 167-179.
- Maher M.L., Paulini M., Murty P., 2010. «Scaling up: From individual design to collaborative design to collective design», in Proceedings of Design Computing and Cognition '10, Stuttgart.
- Maher M.L., Gero J.S., Saad M., 1993. «Synchronous Support and Emergence in Collaborative CAAD», in Proceedings of CAAD Futures '93.
- McKim, Robert;1973."Experiences in visual Thinking. Books/Cole Publishing Co.

- Malcurat O., 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 O., 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. Stanford.
- Malone T., Crowston K., Lee J., Pentland B., 1993, Tools for inventing organizations: Toward a handbook of organizational processes. MIT center for coordination science.
- Marshall C., Price M.N., Golovchinsky G., Schilit B.N., 1999. «Collaborating over portable reading appliances», in Personal Technologies, 3, pp. 43-53.
- Martin G., Détienne F., Lavigne E., 2002. «Confrontation of viewpoints in a concurrent engineering process», in Chedmail P., Cognet G., Fortin C., Mascle C., Pegna G. (eds.), Integrating design and manufacturing in mechanical engineering, Kluwer Academic Publishers, London, pp. 3-10.
- McMahon C., Daves D., 2005. «The use of markup in documents and in computer aided design: A comparison», in Proceedings of International Workshop on Annotation for Collaboration, Paris.
- Metz S., Renaut C., Cassier J.L., 2006. «Distant co-design among professionals: A proposal for existing activities classification», in Proceedings of Meeting diversity in Ergonomics, IEA 2006, Maastricht.
- Minneman S.L., 1991. The Social Construction of a Technical Reality: Empirical Studies of Group Engineering Design Practice, PhD Thesis, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, Stanford, CA. Xerox Palo Alto Research Center report SSL-91-22.
- Mitchell W.J., 2004. «Challenges and opportunities for remote collaborative design», in Bento J., Collaborative design and learning: Competence building for innovation, International series on technology policy and innovation, Praeger, Conn, Westport, pp. 5-12.
- Mitchell W.J., 1990. The logic of architecture: design, computation, and cognition, The MIT Press, Cambridge.
- Muller M., Kuhn S., 1993. «Introduction», in Communications of the ACM - Special Issue on Participatory Design, 36 (4), pp. 24-2
- Navarro C., 1993. « L'étude des activités collectives de travail : aspects fondamentaux et méthodologiques », in Six F., Vaxevanoglou X. (éds.), Les aspects collectifs du travail.

- Actes du XXVIIe Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, Octarès, Toulouse, pp. 91-106.
- Navarro C., 1991. « Une analyse de l'interaction dans les activités de travail », in *Le Travail Humain*, 54 (2), pp. 113-128.
  - Newell A., Simon H.A., 1972. *Human problem solving*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
  - Norman D.A., 1991. «Cognitive artifacts», in Carroll J.M. (ed.), *Designing Interaction: Psychology at the Human-Computer Interface*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 17-38.
  - Norman D.A., 1986. «Cognitive engineering», in Norman D.A., Draper S.W. (eds.), *User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, pp. 31-61.
  - Noro K., Imada, A.S., 1991. *Participatory ergonomics*, Taylor and Francis, London.
  - Olson G.M., Olson J.S., 2000. «Distance matters», in *Human Computer Interaction*, 15, pp. 139-178.
  - Osborn A.F., 1963. *Applied imagination: Principles and procedures of creative problem solving*, Charles Scribner's Sons, New York.
  - Ostergaard K., Summers J., 2009. «Development of a Systematic Classification and Taxonomy of Collaborative Design Activities», in *Journal of Engineering Design*, 20 (1), pp. 57-81.
  - Perry M., Sanderson D., 1998. «Coordinating Joint Design Work: The Role of Communication and Artefacts», in *Journal of Design Studies*, 19, pp. 273-328.
  - Picon. A., 1997. *L'art de l'ingénieur*, Centre Georges Pompidou, Paris : Le Moniteur, 1997.
  - Pousin F., 1986. « Concevoir et visualiser : la représentation en question. Les nouvelles images et la CAO », in *Le Carré Bleu*, 2/3.
  - Prost R., 1992. *Conception architecturale. Une investigation Méthodologique*, L'Harmattan, Paris.
  - Prudhomme G., 1999. *Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement*, Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble.
  - Quintrand P., 1985. *Travaux GAMS AU sur la régularité en architecture. Identification des composants architecturaux et constructifs manipulés dans le projet d'architecture*, GAMS AU/BETEREM/Plan construction et Architecture.

- Raynaud D., 1999. « Le schème, opérateur de la conception architecturale », in *Intellectica*, 29, pp. 35-69.
- Reitman W.R., 1964. «Heuristic Decision Procedures, Open Constraints, and the Structure of Defined Problems», in Shelly M.W., Bryan G.L. (eds.), *Human Judgements and Optimality*, John Wiley and Sons, New York.
- Reynaud J.D., 2001. « Le management par les compétences, un essai d'analyse », in *Sociologie du travail*, 43, pp. 7-31.
- Rice, P, 1989. "A celebration of the life and work of Ove Arup." *Royal Society of Arts journal*, volume CXXXVII, no. 5395, pp 425-437.
- Rowe, G. P, 1991. "Design Thinking" Cambridge", The MIT Press, p 229.
- Ruiz-Dominguez G.A., Boujut J.-F., 2005. « Analyse comparative entre deux expériences de conception collaboratives de point de vue macroscopique », in Actes du 9ème colloque National AIPPRIMECA, La Plagne.
- Savoyant A., Leplat J., 1983. « Statut et fonction des communications dans l'activité des équipes de travail », in *Psychologie Française*, 28 (3/4), pp. 247-253.
- Scaletsky C.C., « rôle des références dans la conception initiale en architecture :contribution au développement d'un système ouvert de références au projet .
- Simon. H., 1974. *La science des systèmes* .paris : Dunod, pp. 7.
- Simon. H., 1991. *La sciences des systèmes de l'artificiel*. Paris : Dunod.
- TerssacG,Maggi B,1996 « Autonomie et conception »1996,dans *Coopération et Conception*, sous la direction de G.De Terssac et E.Fridberg, édition Octares
- Terssac. G., Chabaud.C., 1999. Référentiel opératif commun et fiabilité. Dans J.Leplat, & ,G.Terssac, *Les facteurs humain de la fiabilité dans les systèmes complexes*, pp.110-139. Toulouse : Octères.
- Tollmar K., Sandor O., Schömer A., 1996. «Supporting Social Awareness at Work– Design and Experience», in *Proceedings of CSCW'96*, ACM Press, Boston, pp. 298-307.
- Tormey D., Chira C., Chira O., Roche T., Bernnan A., 2003. «The use of ontologies for defining collaborative design processes», in *Proceedings of the 32nd International conference on computers and indistrual enginnering*, University of Limerick, Limerick.
- Valkenburg R.C., 1998. «Shared understanding as a condition for design team», in *Automation in construction*, 7, pp. 111-121.
- Van Leeuwen J.P., Van der Zee A., 2005 (a). «Distributed object models for collaboration in the construction industry», in *Automation in Construction*, 14 (4), pp. 491- 499.

- Van Leeuwen J., Van Gassel F., Den Otter A., 2005 (b). « Collaborative Design in Education. Evaluation of three approaches », in Proceedings of Ecaade 2005 Conference, Lisbon, Portugal.
- Vinck D., 1995. Sociologie des Sciences, Armand Colin, Paris. Virtuel Réel, quelle place pour la nouvelle technique ? Les cahiers de la recherche architecturale, Marseille, janvier 2001, p.69.
- Virtuel réel, quelle place pour la nouvelle technique ? Les cahiers de la recherche architecturale, Marseille, janvier 2001, p.69.
- Visser W., 2009. « Co-élaboration de solutions en conception architecturale et rôle du graphico-gestuel : Point de vue de la psychologie ergonomique », in Détienne F., Traverso V. (eds.), Méthodologies d'analyse de situations coopératives de conception : Corpus MOSAIC, Presses Universitaires de Nancy, Nancy, pp. 129-167.
- Visser, W. 2006, The cognitive artifacts of designing, Lawrence Erlbaum Associates.
- Visser W., 2002. « Conception individuelle et collective : Approche de l'ergonomie Cognitive », in Borillo M., Goulette J.-P. (éds.), Cognition et création : Explorations cognitives des processus de conception, pp. 311-327.
- Visser W., 1992. «Designers' activities examined at three levels: organization, strategies and problem solving», in Knowledge-Based Systems, 5 (1), pp. 92-104.
- Wolfe J., 2002. «Annotation technologies: A software and research review», in Computers and Composition, 19 (4), pp. 471-497. www.samuely.co.uk.
- Yang M.C., Wood W., Cutkosky M., 2005. «Design information retrieval: A thesauri-based approach for reuse of informal design information», in Engineering with Computers, 21 (2), pp. 177-192.
- Zacklad M., Lewkowicz M., Boujut J.-F., Darses F., Détienne F., 2003. « Formes et gestion des annotations numériques collectives en ingénierie collaborative », in Dieng-Kuntz R. (dir.), 14èmes journées francophones d'Ingénierie des Connaissances, PUG, Laval, Grenoble.
- <http://www.apce.com/pid531/realiser-questionnaire.html#Administration>

## GLOSSAIRE DES TERMES

Précisions terminologiques : Pour faciliter la compréhension du texte, nous Précisons certains termes qui sont récurrents tout au long de la thèse.

**Acteur** : toute personne jouant un rôle dans la conception et son processus. Par exemple, un maître d'ouvrage est considéré comme un acteur, mais non un concepteur, car il n'intervient pas directement dans la conception et les mesures mêmes du projet architectural comme pourrait l'être un architecte.

**Concepteur** : un des acteurs de la conception, généralement l'architecte en est le chef de projet, appelé communément maître d'œuvre. Il participe directement dans les choix de mesures de l'objet architectural. Dans ce sens, un paysagiste, un ingénieur, un urbaniste sont aussi considérés comme des concepteurs s'ils ont un rôle actif dans les choix qui concernent le projet, sa forme, son aménagement, son organisation, etc.

**Collaborateur** : terme utilisé pour désigner l'acteur qui collabore avec le concepteur. Il est lui-même concepteur, mais n'implique pas nécessairement qu'il soit issu de la même formation ou qu'il ait la même expertise que son collaborateur/concepteur. Un architecte et un ingénieur peuvent être deux collaborateurs qui travaillent sur une même tâche de conception du projet.

**Activité** : ensemble d'actions (individuelles ou collectives) en chaîne comportant des opérations emmenant à la transformation d'un objet, au cours d'un processus formé d'un certain nombre de phases et d'étapes.

**Processus** : ensemble d'activités corrélées induisant la transformation du modèle d'un état initial à un état recherché.

**Activités collectives** : activités impliquant l'intervention de plusieurs acteurs ayant des langages, des règles, des objectifs et des contraintes données pour la réalisation d'un même projet. Nous prenons ce terme dans son sens le plus général, c'est-à-dire qu'une activité dite collaborative est une des formes que peut prendre l'activité collective. Les activités collaboratives induisent nécessairement la réalisation d'un même projet, mais aussi des actions de différents acteurs autour d'une même tâche.

**Collaboration** : activité que nous distinguons de la coopération et que nous tendons à préciser, définir et spécifier par ce travail de recherche. La collaboration impliquerait l'intervention de plusieurs acteurs pour un même objectif et sur une même tâche.

**La coopération** : quant à elle, fait intervenir différents acteurs toujours pour un même objectif, mais pas nécessairement sur les mêmes tâches, chaque acteur pouvant avoir une tâche qui lui est propre relativement à ses expériences, connaissances, références, expertises etc. Ici collaboration et coopération sont deux formes d'activité collective.

**Activité collaborative de conception** : activité impliquant des concepteurs qui collaborent autour d'un même projet et travaillant sur la même tâche, à différencier de l'activité coopérative de conception.

**L'informatique** : est un domaine d'activité scientifique, technique et industriel concernant le traitement automatique de l'information via l'exécution de programme informatique par des machines : des systèmes embarqués, des ordinateurs, des robots des automates, etc. (Wikipédia)

**L'outil ordinateur** : C'est une machine électronique qui fonctionne par la lecture séquentielle d'un ensemble d'instruction, organisées en programmes, qui lui font exécuter des opérations logiques et arithmétiques sur des chiffres binaires. Dès sa mise sous tension, un ordinateur exécute, l'une après l'autre, des instructions qui lui font lire, manipuler, puis réécrire un ensemble de données. Des textes et des sauts conditionnels permettent de changer d'instruction suivante, et donc d'agir différemment en fonction des données ou des nécessités du moment. L'ordinateur est composé de trois parties essentielles :

**Technologie De L'information et de la communication** : Les notions de technologies et de la communication (TIC) et de nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) (en anglais, Information and communication technologies, ICT ou télématiques en français) regroupant les techniques principalement de l'informatique de l'audiovisuel, des multimédias, d'internet et des télécommunications qui permettent aux utilisateurs de communiquer, d'accéder aux sources d'information, de stocker de manipuler, de produire et de transmettre de l'information sous toutes les formes : textes, musique son, image, vidéo et interface graphique interactive (IHM).

En ce qui concerne les NTIC, le terme tend à qualifier plus particulièrement les problématiques résultant de l'intégration de ces technologies au sein des systèmes institutionnels, recouvrant notamment les produits, les pratiques et les procédés potentiellement générés par cette intégration( Wikipédia).

**Le logiciel** : En informatique, un logiciel est un ensemble de séquences d'instructions interprétables par une machine et d'un jeu de données nécessaires à ces opérations. Le logiciel détermine donc les tâches qui peuvent-etre effectuées par la machine, ordonne son fonctionnement et lui procure ainsi son utilité fonctionnelle.

**Programme informatique** : Un programme informatique est une séquence d'instructions qui spécifique étape par les opérations à effectuer pour obtenir un résultat. Il est exprimé sous une forme qui permet de l'utiliser avec une machine comme un ordinateur pour exécuter les instructions. Un programme est la forme électronique et numérique d'un algorithme exprimé dans un langage de programmation- un vocabulaire et des règles de productions destinées à exprimer des programmes.

**Base de données** : Système d'organisation de données englobant la structure d'information, l'information numérisée elle-même (fichiers) et les procédures ou langage d'accès.

**BCF** : *BIM collaboration format* : format neutre permettant d'annoter et de commenter un modèle numérique en vue d'échanges, le post-it du BIM.

**BDMS** : *Data base management system* : système de base de données.

**BIM - Building information modeling** : Méthode de travail basée sur la collaboration autour d'une maquette numérique (BIM information Model). Chaque acteur de la construction crée, renseigne et utilise cette maquette, et en tire les informations dont il a besoin pour son métier. En retour, il alimente la maquette de nouvelles informations pour aboutir au final à un objet virtuel renseigné, représentatif de la construction, de ses caractéristiques géométriques et des propriétés de comportement. BIM pour processus et maquette numérique pour le « model ».

**BIM Management** : Process visant à l'organisation des méthodes et processus permettant l'établissement de la maquette numérique. Le BIM Management consiste à :

- l'élaboration de la convention et son suivi;
- la consolidation de la maquette aux points d'étapes;

- la conversion des objectifs du projet en cas d'usages BIM (ensuite le BIM Management doit les appliquer au projet en intégrant les contributeurs et les moyens donnés par la maîtrise d'ouvrage et/ou l'entreprise) ;
  - le contrôle qualité du respect de la réalisation des cas d'usages ;
- Il s'applique à chaque étape du cycle de vie du projet.

**BIM-catalogue :** Applicatif intégrant un algorithme décrivant la mise en œuvre des objets, ouvrages, des produits-articles mis en œuvre dans un système donné. Les caractéristiques objets, ouvrages, systèmes-produits-articles utiles à cet algorithme sont dans l'e-catalogue. Cet applicatif interopérable avec le BIM a pour fonction de simuler un dessin du système dans le BIM.

**BIM-IFC :** Expression qui désigne un BIM normalisé : le format ISO-IFC est utilisé pour échanger entre intervenants, par opposition au BIM propriétaire qui suppose soit l'usage d'un seul logiciel ou d'une gamme de logiciels (échanges fermés, entre logiciels d'un même éditeur).

**ACV :** Analyse du cycle de vie : méthodologie multicritère d'évaluation environnementale, normalisée ISO 14040-44.

**AEC :** *Architecture engineering construction* (en anglais).

**Charte BIM :** Document venant du Maître d'ouvrage précisant ses attentes liées au BIM

**Classe :** Dans les IFC, une classe regroupe des objets de même type, possédant des propriétés et un comportement semblable.

**Cloud :** Stockage des données sur les serveurs accessibles par internet (publics ou privés) et non plus en local sur la machine de l'utilisateur ou sur les serveurs internes de sa société. Ce système permet une externalisation des données, de leur stockage, de leur sauvegarde, avec des accès distants (y compris pour des utilisateurs de plusieurs sociétés différentes) : il permet donc le travail collaboratif par l'accès simultané de plusieurs utilisateurs au même fichier.

**DWF :** Format de fichier conçu et utilisé par l'éditeur Autodesk, permettant d'échanger des données vectorielles 2D et 3D d'une façon neutre et avec un poids de fichier réduit. Ce format peut être consulté à l'aide de viewers gratuits, et est également reconnu par de nombreux logiciels techniques. Il est utilisé essentiellement pour la consultation des données (visualiser

un modèle 3D avec les informations associées aux éléments géométriques : calque de création, type, matériaux...) et permet l'annotation par un tiers (porter des remarques, questions...) avant de retourner le fichier à son créateur pour qu'il importe ces données dans son logiciel de création.

**DWG** : Format natif du logiciel AutoCAD de l'éditeur Autodesk, devenu standard de fait pour l'échange de données géométriques 2D et 3D entre logiciels graphiques. Attention : ce format évolue au fil des versions d'AutoCAD, la compatibilité entre logiciel dépend donc des versions des traducteurs DWG respectifs.

**DXF** : *Drawing interchange file format* - structure de communication entre le logiciel Autocad d'AUTODESK, et tout autre logiciel doté d'une interface capable de lire ou écrire ce type de fichier neutre : devenu standard, de fait, d'échanges de dessin.

**IDM** : *Information Delivery Manual* - méthodologie normative concernant la saisie et spécification des procédés et des informations durant le cycle de vie d'un bâtiment.

**IFC**: Acronyme de Industry Foundation Classes. Il s'agit d'un langage orienté objet utilisé par l'industrie du bâtiment pour échanger et partager des informations entre logiciels. Ce format de fichier est ouvert. Depuis mars 2013, les IFC sont labellisés ISO 16 739. Les IFC ont pour but d'assurer l'interopérabilité des logiciels métiers BIM.

**Immersion** : Systèmes et technologies permettant la navigation à l'intérieur d'une maquette numérique (ville, quartier, bâtiment ou espace intérieur) et un ressenti physique (notamment confort visuel et acoustique) de son comportement vis-à-vis de sollicitations (acoustique, lumière, par exemple).

**Information** : C'est une valeur paramétrique ou attributaire associée à une ou plusieurs propriétés d'un objet.

**Ingénierie concourante** : dit aussi simultanée ou processus de conception intégrée (PCI) - Approche de travail pour concevoir un projet/produit - de sa conception à sa mise à disposition- intégrant la définition du produit, les processus de fabrication, et tous les autres processus requis dans le cycle de vie tels que, notamment, le fonctionnement (dans des environnements mécaniques, thermiques, acoustiques, électromagnétiques...) ou la maintenance. En découle un engagement de tous les acteurs dès le début du projet dans la compréhension des objectifs recherchés et de l'ensemble des activités qui devront être

réalisées, et la création d'équipes multidisciplinaires et/ou multimétiers qui travailleront de manière collaborative à l'inverse donc de l'ingénierie séquentielle.

**Interopérabilité :** Capacité d'échanger par la présence d'un standard neutre et ouvert des données entre les différents « modèles » sans dépendre d'un acteur ou d'un outil en particulier.

**LOD :** Level of Detail - Niveau de détail. Un concept fondamental de la maquette numérique BIM qui permet de préciser les différents niveaux de précision attendus aux différents stades du projet de construction.

**Maquette numérique :** ou MNB (maquette numérique du bâtiment). Représentation graphique de la base de données numérique, généralement en 3D, contenant des objets BIM (voir Objet BIM) portant l'ensemble des informations et des propriétés du projet. Cette maquette est réalisée à partir d'outils informatique BIM. Cette base de données peut être exploitée de différentes façons : représentation géométrique 3D, tableaux, nomenclatures d'objets.

**Maquette numérique urbaine :** dit aussi MNU, de CIM, de Digital City... c'est un modèle de données centralisant et harmonisant des données géographiques (géolocalisées), géométriques (2D/3D), temporelles (4D) et sémantiques, sur plusieurs niveaux de détail. Elle peut être étendue, exploitée, puis enrichie par des moteurs de simulation numérique.

**Maquette ou modèle 3D :** Représentation géométrique numérique 3D, d'un projet ou objet. On parle aussi de maquette ou de modèle virtuel.

**OpenBIM :** Désigne l'interopérabilité pour le BIM. C'est la possibilité de pouvoir échanger des données entre logiciels BIM d'éditeurs différents, grâce à un standard d'échanges. La norme reconnue d'interopérabilité BIM est l'IFC, développées par l'association buildingSMART.

**Plateforme collaborative :** C'est une infrastructure d'échange de données liées à un projet selon des méthodologies définies. Elle centralise tous les outils liés à la conduite de projet et la gestion des connaissances liées à ce même projet et les mets à disposition des acteurs dudit projet.

**PLM** : *Product life cycle management* - en général outil de type application web permettant de gérer la collection des fichiers contenant les paquets d'objets des différents acteurs et de gérer l'accès à ces fichiers dans le temps et suivant le respect des propriétés de chaque acteur.

**Processus BIM** : Un processus est un ensemble d'opérations, d'actions ou d'évènements mis en oeuvre pour atteindre un ou plusieurs objectifs et réaliser un usage BIM.

**Propriété d'objet BIM** : Attribut qui qualifie les caractéristiques graphiques, physique, analytique et techniques d'un objet.

**Protocole BIM** : Document complémentaire à la convention BIM. Il regroupe un ensemble de règles et de procédures à respecter, qui définissent les axes principaux du processus BIM dans chaque entité. Il peut servir de socle pour l'élaboration d'une convention BIM.

**SIG** : Systèmes d'Information Géographique : système capable d'organiser et de présenter des données spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. Il représente l'équivalent du BIM pour les infrastructures urbaines, linéaires et géographiques. Un des formats de référence des SIG est le CityGML.

**Traçabilité** : Continuité du cheminement de la transformation d'une information dans le développement d'un modèle, à toutes ses étapes.

**Travail collaboratif** : Désigne la coopération entre les membres d'une équipe afin d'atteindre un but commun. Coopérer repose principalement sur le dialogue et l'échange (avec des partenaires, clients, fournisseurs, collaborateurs, prescripteurs...). Travail sur lequel interagissent plusieurs acteurs - simultanément ou non - dans la réalisation de tâches visant à atteindre un but commun.

**Usage BIM** : (BIM Use ou Model Use) : un usage BIM est une explicitation de processus métiers intégrant des pratiques BIM, c'est-à-dire la description d'un processus concret tel qu'il sera mis en oeuvre sur un projet. Cela permet de décrire factuellement les usages voulus des maquettes numériques, les interactions des différents acteurs avec cette base de données, pour des actions métiers précises allant de la production d'images jusqu'à l'exploitation de bâtiment.

## EPIGRAPHS

### Paroles et Ecrits des architectes et ingénieurs sur la collaboration

#### Owen Willaims

The engineer and architect have a long road to travel before their separate roles can be played by one man. [...] The engineer must realise that sound architecture is only sound engineering and the architect must believe that sound engineering is the only sound architecture. Beauty of design must not be considered the sole property of the architect, nor must the engineer assume exclusive possession of the theories of stability.

(Newby 1987, p. 160).

I do not believe an architect as an architect can collaborate with an engineer as an engineer... You have the opposition of two philosophic ideas.... [...] And if you think of architecture and engineering one trying to be practical and the other trying to say, "We have a God-given mission to be effective", these two things are actually opposing doctrines, which cannot collaborate.

(Newby 1987, p. 161-162).

#### Peter Rice

When he became a consulting engineer in 1946, the idea that an engineer should devote himself to working with architects was at least odd, if not faintly ridiculous. It was considered a marginal activity, one which you did in your spare time. It set Arup apart from the real engineers, a foreigner on two counts. It was an enormous affirmation of his beliefs.

(Rice 1989, p. 430).

#### Arup, Ove & Partners :

Engineering is not a science. Science studies particular events to find general laws. Engineering design makes use of these laws to solve particular problems. In this it is more closely related to art or craft; as in art, its problems are under-defined, there are many solutions, good, bad or indifferent. The art is, by a synthesis of ends and means, to arrive at a good solution. This is a creative activity, involving imagination, intuition and deliberate choice.

(Arup, Ove & Partners 1986, p. 19).

#### Peter Rice :

My only hope is that this well-educated minority will swell to include the less well-educated majority so that even governments can start to think about how to alter course without creating worldwide chaos. It will be extremely difficult. It must be a slow and controlled process and its success depends on whether we can convince a majority of our leaders and their followers that we need to alter course. [...]. Pulling down is easy, building up is difficult. [...]. In the end all depends on our own integrity.

(Rice 1989, p. 437).

Architects and engineers have learned to work together, not everywhere, not always, but sometimes, and that has made possible some very fine buildings. It has also changed things, and the message will go on spreading until it will no longer be possible for architects and engineers not to work together as a team.

(Rice 1989, p. 437).

### **Arup. Ove:**

Ove's commitment to "Total design" is probably his greatest contribution to our profession in particular, and to society in general. Whether the totality refers to the integration of design and construction, the place of structure in architecture, the place of architecture in society or to the impact of modern technology on society, Ove brings his intellect to bear on issues with a directness and integrity which has set an example to us all.

(Campbell 1995, p. 36)

### **Felix Samuely :**

I gradually realised that his [Samuely's] approach to structural design was somewhat different to mine. He was a typical professional engineer; his main endeavour was to produce a structure, which did the job with the least possible material, by applying his considerable knowledge of structural theory in which he had implicit faith. For me the important thing was the cost and soundness of the whole job; the design, materials and construction. I was striving for simplicity, both for its own sake and for ease of construction. My first question was – how can we best build this thing? His was - how can I make an elegant structure which does the job with the least material? The two are not necessarily the same.

(Campbell 1995, p. 34, 35)

## PARCOURS DU DOCTORANT ET LE FAIT DE LA COLLABORATION

J'ai eu la chance et le bonheur de démarrer ma vie professionnelle au BET, D.B.C « Design Build Collaborative Inc», B.E.T aux USA, comme architecte. J'ai occupé le poste d'architecte-concepteur, et chargé de la finalisation de coupe section, en coopération avec des ingénieurs.

[Design Build Collaborative Inc =Design By Chaabi].



**DBC**  
THE DESIGN BUILD  
COLLABORATIVE INC.

**DBC**  
THE DESIGN BUILD  
COLLABORATIVE INC.

December 3, 1986

To Whom It May Concern:

Mouloud Chaabi worked for DBC between April and November, 1986. During that time, his skills exceeded those of a student intern in a fully qualified profession/junior architect.

Mouloud began his experience at DBC measuring and tracing existing conditions of small apartment buildings. He soon was able to add minor corrections to drawings. By the time he left DBC, Mouloud was doing the full array of architectural drawings including plans, elevations, and wall sections.

It is with much disappointment that we see Mouloud leave DBC for his return to Algeria. He was highly recommended for his enthusiasm, quickness to learn and good drafting skills. We hope to see him again soon.

Sincerely,

*Alvah Levine*  
Alvah Levine

June 2, 1986

To Whom It May Concern:

Mouloud Chaabi worked for Design Build Collaborative on a part-time basis during his last semester at Washington University.

Mouloud proved eager and intelligent, and quickly improved his drafting skills. He worked mainly on measuring and drawing existing conditions for a scattered site rehabilitation project. He has the skills and background to continue on other design and drafting work. Mouloud took instructions easily and with understanding and was very dependable with his schedule.

I believe Mouloud would be an asset to any firm where he could continue to increase the range of his experience while using his abilities productively. We would hire him again full-time without hesitation, should our workload increase.

Sincerely,

*Alvah Levine*  
Alvah Levine

ALV

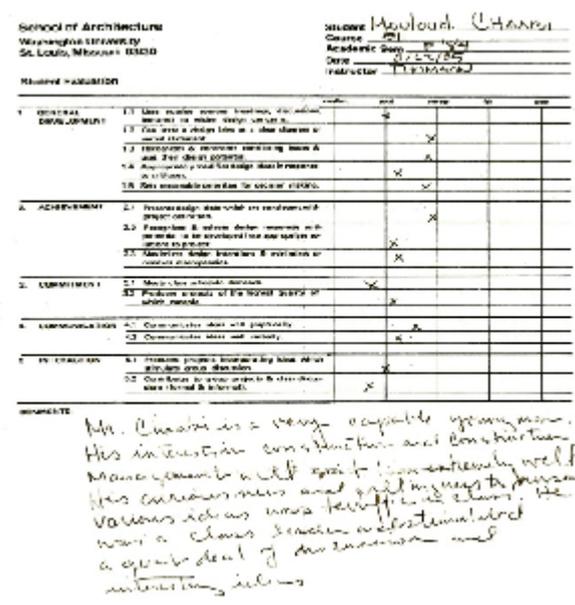
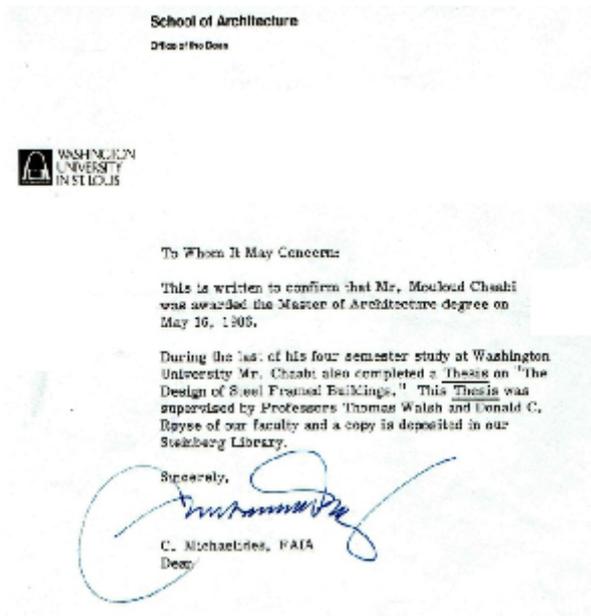
Ce parcours professionnel m'a rappelé le «*fait de la collaboration*» qui me venait à l'esprit depuis 1979, en Algérie. Ma question a toujours été: existe-t-il une collaboration entre architectes et ingénieurs? C'est l'époque de 1980. On remarque que la communication et la coordination qui sont des activités importantes pour collaborer se limitent à des réunions insitu, et en l'échange de connaissances sur support de représentation graphique et maquettes physiques dans les B.E.T.

Octobre 1980, me rappelle un événement de manque de collaboration. *Durant l'opération d'implantation d'un projet de C.E.M par l'entreprise de la famille CHAABI sous l'exécution du conducteur des travaux et moi-même, en formation à l'université de Constantine, un glissement de terrain a surgit. Il a fallu arrêter l'opération de l'implantation du projet et faire appel au CTC « Centre Technique de Construction », localisé à Constantine, le seul à l'échelle régionale.*

Cet arrêt a pris plus de (05) cinq mois de retard dans l'opération de réalisation du projet. Ce retard est dû à la préparation des documents techniques, conception des murs de soutènement d'enceinte pour stabiliser l'assiette du projet.

Selon Gaston Bachelard « *le fait scientifique est conquis, construit, constaté* ». En accord avec lui, pour moi, *le fait de la collaboration est un fait scientifique*. Le manque de « *collaboration* » au début du projet s'est répercuté sur la durée de sa réalisation, sur son cout et sa qualité .....etc. On remarque un manque de partage de document et de coordination par la non-performance des outils de communication mis à disposition pour les acteurs du projet.

En 1983, j'ai bénéficié d'une bourse de formation à l'étranger, aux USA dans le profile « *Architecture métallique* ». Les études à « *Washington University* » commençaient par un semestre réservé à la formation en conception par projet d'une durée de 15 jours sanctionnés par un affichage. C'est pour tester les connaissances de l'étudiant et pouvoir l'orienter vers le sujet de préparation de la thèse de « *master degrés* » équivalant » au « *magister* ». Mon orientation a fait l'objet d'évaluation par le prof. Thomas.C pour le projet « *construction et management* ». [Voir l'évaluation et la lettre de la thèse].



Dans la même orientation, j'ai préparé une thèse intitulée « *The design of Steel Framed Building* ». L'encadrement avait été assuré par Prof. Donald Royce « *architecte* », Prof. Irving Engel « *ingénieur* » et Prof. Thom Walsh « *manager* ». L'encadrement a pris une forme d'« *activité de coopération* », au lieu d'activité collective de « *collaboration* ».

Après mon retour en Algérie, en 1987, et après avoir enseigné à l'université de Constantine j'ai été réaffecté à l'Institut d'architecture de Sétif. En 2010, le « *fait scientifique de la collaboration* » me vient encore une fois à l'esprit. J'ai alors entamé la recherche sur la « *collaboration* » dans le cadre du doctorat es-sciences. Doctorant : M. Chaabi.

## Sondage au profit d'un travail de recherche :

- A) Le questionnaire est anonyme, la forme du retour sera détruite après la fin du travail de recherche.
- B) Si vous avez des questions ou des commentaires, contactez moi à  
Mouloud\_archi@yahoo.fr et merci d'avance pour votre collaboration.

### Conception Collaborative :

- Le rôle dans l'agence (Position)
  - Architecte en chef
  - Architecte-concepteur
  - suivi de chantier
- Autres (Précisez).....
- Expérience .....
- Utilisation des outils informatiques  
Types d'outils.....
- Comment utilisez-vous le logiciel informatique
  - Comme simple outil de dessin
  - Comme simple outil de modélisation 3D
  - Comme outil de modélisation environnementale
  - Comme outil de collaboration
  - Autres, précisez.....
- A quel stade utilisez-vous l'outil informatique ?
  - Esquisse
  - APS
  - APD
  - Autres.....
- Disposer-vous d'un ingénieur sur place ?
- A quel niveau commence la collaboration avec l'ingénieur ?
  - Stade de l'esquisse
  - stade de l'APS
  - Stade de l'APD

- Procédez-vous par un processus linéaire  ou à plus itérations
- Quels profils d'ingénieurs convoquez-vous dans votre travail ?
  - Ingénieur de structure
  - Ingénieur d'installation [chauffage, climatisation, fluide]
  - Autres précisez.....
- Que pensez-vous de l'impact de la collaboration architectes/ingénieurs dans votre agence  
Et la qualité des bâtiments réalisés ?

Très satisfaisant	Satisfaisant	peu satisfaisant	non satisfaisant
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Dans les projets que vous avez réalisés, Quels sont les défauts dans la qualité architecturale qui vous sont été signifiés par le maitre de l'ouvrage ?
  - Incompatibilité : formes/espaces et structures
  - Incompatibilité : structures/ et systèmes environnementaux
  - Obsolescence de l'espace/fonction
  - Qualités esthétiques liées à une structure inadaptée
  - Qualités esthétiques liées un choix discutable de matériaux
  - Autres, précisez.....
- Quels sont selon vous le rôle et la place de l'Ingénieur dans la Conception Architecturale ? .....
- Comment communiquez-vous avec les ingénieurs ?
  - Contact direct, consultation ?
  - Transfert de fichier dessin via support
  - transfert via internet
  - Collaboration via outil BIM
  - Autres, précisez.....
- Quel est l'effet de cette forme de communication sur la qualité du projet ?
 

Position très positive	<input type="checkbox"/>	Position positive	<input type="checkbox"/>
Position négative	<input type="checkbox"/>	Position très négative	<input type="checkbox"/>
- Quel est l'effet (impact) de ce type de communication sur les problèmes qui Emergent de manière précoce dans la conception ?  
.....

- Si vous utilisez le BIM, quel est selon vous, son impact sur les éléments suivants

- Délais de réalisation :

très satisfaisant	satisfaisant	peu satisfaisant	non satisfaisant
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Coûts :

très satisfaisant	satisfaisant	peu satisfaisant	non satisfaisant
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Durabilité (différente obsolescence)- transformation :

très satisfaisant	satisfaisant	peu satisfaisant	non satisfaisant
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- N'hésitez pas à ajouter vos observations... ?

## RESUME

Cette thèse présente un travail de recherche sur la collaboration entre architectes et ingénieurs, en mettant en exergue le rôle des technologies de l'information et de la communication en situation de conception architecturale.

Le travail s'intéresse à interroger la collaboration sous ses différentes formes : la coopération, la coordination, la communication,.... etc. Pour caractériser la collaboration, un éclaircissement de ses différentes approches est nécessaire. La collaboration est la clé de la gestion du processus de la conception architecturale par des pratiques de formes en Co-présence et à distance.

Le concept de la collaboration est défini par les aspects relationnels et actionnels entre les acteurs-concepteurs. Le concept est basé sur l'interaction, l'interdépendance, la mutualité, et la maîtrise émotionnelle.....etc. Pour mieux collaborer, les technologies de l'information et de la communication utilisées pour l'échange et le partage, en co-présence et à distance entre les concepteurs, en situation de conception architecturale, peuvent être un moyen pour faciliter le déroulement des différentes activités collectives et collaboratives entre architectes et ingénieurs de (structures, équipements, façades.....etc.) au sein des agences d'architecture.

La thèse émet les hypothèses stipulant qu'en l'état actuel des choses, la conception en agence accuse un manque de collaboration entre architectes et ingénieurs. Cette situation est accentuée par l'utilisation des logiciels à leur premier niveau de dessin, édulant le recours à une collaboration faisant appel aux TIC, notamment le BIM. Ces derniers peuvent aider à anticiper et résoudre à un stade précoce et en amont de la réalisation, des problèmes divers de la conception architecturale et ainsi réduire les délais, les coûts et prévenir les transformations.

D'après la méthode d'observation menée sur la collaboration par nos soins au sein des agences d'architecture en Algérie, on peut dire que la collaboration n'a pas atteint le stade de résolution de problème sur les différentes phases de la conception et la réalisation du projet architectural.

Parmi les principaux résultats atteints, on peut signaler que la collaboration existe, mais reste très confinée à des tâches définies selon un schéma linéaire, limitée comme activité collective et vit des situations de conflit concurrentiel et de complémentarité. La recherche a également permis de mettre en exergue le potentiel du BIM comme solution potentielle pour la gestion des conflits entre architectes et ingénieurs. ( une collaboration réelle ; optimale).

Mots clés : Conception architecturale, Collaboration, Conception Collaborative, architectes, Ingénieurs, Technologies de l'Information et de la Communication.

## ABSTRACT

This thesis presents a research work on the collaboration between architects and engineers, highlighting the role of information and communication technologies in architectural design situations.

The work focuses on questioning collaboration in its different forms: cooperation, coordination, communication, .... etc. To characterize the collaboration, a clarification of its different approaches is necessary. Collaboration is the key to managing the process of architectural design through co-presence and remote form practices.

The concept of collaboration is defined by the relational and actional aspects between the actors-designers. The concept is based on interaction, interdependence, mutuality, and emotional mastery ... .etc. To better collaborate, the information and communication technologies used for the exchange and the sharing, in co-presence and at a distance between the designers, in an architectural design situation, can be a way to facilitate the unfolding of the different activities. Collective and collaborative collaboration between architects and engineers of (structures, equipment, facades ... .etc.) within architectural agencies.

The thesis puts forward the hypotheses stipulating that in the current state of things, agency design accuses a lack of collaboration between architects and engineers. This situation is accentuated by the use of software at their first level of design, avoiding the use of ICT-based collaboration, especially BIM. They can help to anticipate and resolve at an early stage and upstream of the realization, various problems of architectural design and thus reduce delays, costs and prevent changes.

According to the observation method carried out on the collaboration by us within the architectural agencies in Algeria, we can say that the collaboration did not reach the stage of problem solving on the different phases of the design and the implementation of the architectural project.

Among the main results achieved, it can be pointed out that the collaboration exists but remains very confined to tasks defined in a linear pattern, limited as a collective activity and experiencing situations of competitive conflict and complementarity. The research also highlighted the potential of BIM as a potential solution for conflict management between architects and engineers. (a real collaboration, optimal).

Key words: Architectural Design, Collaboration, Collaborative Design, Architects, Engineers, Information and Communication Technologies.

## خلاصة القول:

تقدم هذه الرسالة بحثاً حول التعاون بين المهندسين المعماريين والمهندسين ، مع تسليط الضوء على دور تقنيات المعلومات والاتصالات في حالات التصميم المعماري. يركز العمل على التشكيك في التعاون في أشكاله المختلفة: التعاون، التنسيق، التواصل.... الخ لتوصيف التعاون ، من الضروري توضيح مقارباته المختلفة. التعاون هو المفتاح لإدارة عملية التصميم المعماري من خلال التواجد المشترك وممارسات النموذج عن بعد.

يتم تعريف مفهوم التعاون من خلال الجوانب العلائقية والعملية بين الممثلين والمصممين. ويستند هذا المفهوم إلى التفاعل والترابط والتبادلية والإلتقان العاطفي ... الخ. من أجل التعاون بشكل أفضل، يمكن لتقنيات المعلومات والاتصالات المستخدمة للتبادل والمشاركة، بالتواجد المشترك وعلى مسافة بين المصممين، في وضع التصميم المعماري، أن تكون وسيلة لتسهيل الكشف عن الأنشطة المختلفة. تعاون جماعي وتعاوني بين المهندسين المعماريين والمهندسين (الهيكل، التجهيزات، الواجهات... الخ) داخل الوكالات المعمارية.

تطرح الرسالة الفرضيات التي تنص على أنه في الحالة الراهنة للأشياء، فإن التصميم بالوكالة يقر بعدم التعاون بين المهندسين المعماريين والمهندسين. ويبرز هذا الوضع من خلال استخدام البرمجيات في المستوى الأول من تصميمها، مع تجنب استخدام التعاون القائم على تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، وخاصة في BIM. يمكن أن تساعد على توقع وحل في مرحلة مبكرة والانتقال من المنبع، ومشاكل مختلفة من التصميم المعماري وبالتالي الحد من التأخير والتكاليف ومنع التغييرات.

وفقاً لطريقة الملاحظة التي نفذت بالتعاون بيننا داخل الوكالات المعمارية في الجزائر، يمكننا القول أن التعاون لم يصل إلى مرحلة حل المشكلات على مراحل مختلفة من التصميم وتنفيذ المشروع المعماري.

ومن بين النتائج الرئيسية التي تحققت، يمكن الإشارة إلى أن التعاون قائم ولكنه يظل محصوراً للغاية في المهام المحددة في نمط خطي، ومحدود كنشاط جماعي ويواجه حالات نزاع تنافسي وتكامل. كما سلبت البحث الضوء على إمكانات BIM كحل محتمل لإدارة الصراع بين المهندسين المعماريين والمهندسين. (تعاون حقيقي، مثالي).

الكلمات المفتاحية: التصميم المعماري ، التعاون ، التصميم التعاوني ، المهندسين المعماريين ، المهندسين ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.