



Université Henri Poincaré

MAP
CRAI

École d'Architecture de Nancy
École d'Architecture de Strasbourg
Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg
Institut National Polytechnique de Lorraine

D.E.A. **"Modélisation et Simulation des Espaces Bâtis"**

**Un outil d'aide à la coopération pour la conception
d'ouvrages en bois**

**Construction de points de vue à partir de filtres de données
à caractère sémantique**



Thèse de doctorat publiée en octobre 2004

Jérôme THIBAUT

Travail réalisé au Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie - UMR MAP 691 - Nancy

sous la direction de Jean-Claude BASTON

Université Henri Poincaré

Ecole d'Architecture de Nancy
Ecole d'Architecture de Strasbourg
Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg
Institut National Polytechnique de Lorraine

Mémoire de DEA
« Modélisation et Simulation des Espaces Bâtis »

**Un outil d'aide à la coopération pour la conception
d'ouvrages en bois
Construction de points de vue à partir de filtres de
données à caractère sémantique**

Jérôme THIBAUT

Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie – UMR MAP 694 – EAN

Sous la direction de M. JC. BIGNON

15 Octobre 2004

REMERCIEMENTS

Merci à Jean-Claude Bignon pour son suivi attentif et ses conseils précieux et éclairés concernant mon travail.

Merci à Mohammed Bouattour et Sylvain Kubicki pour leur participation et leur disponibilité.

Merci à tous les membres du CRAI, Alain, Sabrina, Nadège, ...etc. pour leur soutien et leur bonne humeur quotidienne.

Merci à toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail.

TABLE DES MATIERES

01 X..... 39

1.1.QUESTIONNAIRE 64

1.2.MERCI DE VOTRE COOPÉRATION..... 65

INTRODUCTION

Le secteur du bâtiment, et du BTP ¹ plus généralement, est un secteur très particulier. Une des particularités de ce secteur est la multitude des acteurs qui interviennent de près ou de loin sur le projet architectural. Comme dans de nombreux secteurs, ces acteurs sont obligés de communiquer, d'échanger, de coopérer, ...etc. afin de mener à son terme le projet. Ce secteur est donc soumis à une intense coopération entre les acteurs qui n'est pas toujours évidente.

L'essor de l'informatique ces dernières années a fait naître et se développer de nombreux outils informatiques très intéressants, mais qui ont du mal à faciliter la coopération ou à ne pas l'empêcher. Bien entendu, le travail mené ne se propose pas de résoudre ce problème complexe, mais il tend plutôt à s'attacher à un problème plus pointu qui est celui de la question du « point de vue » sur le projet. En effet, le projet architectural est un contexte multi utilisateurs qui nécessite plusieurs expertises, et la question de la représentation des informations adaptée à chaque acteur s'y pose de manière cruciale.

Dans d'autres secteurs comme celui de l'aéronautique, la maquette numérique est une réalité. Ce n'est pas encore le cas dans le secteur du BTP mais un environnement propice au passage à la maquette numérique commence à se mettre en place. En faisant l'hypothèse que l'utilisation de maquettes numériques va se développer dans les années à venir, il devient de plus en plus urgent de savoir comment chaque acteur va pouvoir accéder à l'information contenue dans ces maquettes numériques. Cette question de l'accès aux informations est un thème intéressant car de plus en plus de logiciels dédiés à la construction apparaissent sur le marché, et, d'ici quelques années, la question de la structuration des informations dans ces logiciels va se poser de manière impérative. L'anticipation d'un tel problème permettra peut-être de faire évoluer les mentalités avant de nous trouver dans une impasse.

¹ Bâtiment et Travaux Public

Le travail mené se place dans la lignée de plusieurs travaux qui ont été ou qui sont encore mené au sein du laboratoire du CRAI ². Un des axes de recherche du laboratoire concerne la coopération dans le secteur du bâtiment, et le travail de thèse de Mohammed Bouattour porte sur la conception d'un outil d'aide à la coopération dans le domaine du bois. Ainsi, nos problématiques étant assez proches, j'ai pu travailler en collaboration avec Mohammed Bouattour afin d'enrichir mutuellement nos travaux.

Avant même de rentrer dans le détail de chaque partie, voyons comment se compose ce mémoire. Dans une première partie, nous étudierons le contexte général du bâtiment dans lequel je me place, en faisant un état de l'art des pratiques actuelles dans le milieu de la construction en bois. Je présenterai les acteurs du BTP, puis la loi MOP ³ avant d'aborder une partie plus spécifique exclusivement dédiée à la construction en bois et à ses particularités.

La seconde partie sera l'occasion de présenter la manière dont nous pouvons modéliser des points de vue dans le contexte de la maquette numérique. Pour ce faire, je présenterai le contexte du projet numérique au sein duquel la maquette numérique vient s'inscrire, puis le méta modèle de coopération mis au point par le CRAI, avant de comprendre ce qui définit sémantiquement chaque ouvrage de ce méta modèle. Enfin, avant d'aborder la question de la mise au point d'un modèle de points de vue, nous ferons un rapide état des lieux des outils informatiques dédiés au bois.

La dernière grande partie de ce mémoire sera dédiée quant à elle à la validation de ce travail reposant sur un scénario, un prototype et une confrontation du modèle à quelques professionnels de la construction en bois. Pour finir, je ferai état des limites et des critiques qui auront pu émergées au cours de cette validation.

² Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie – UMR MAP 694 – Ecole d'Architecture de Nancy

³ Loi sur la Maîtrise d'Ouvrage Publique

PROBLEMATIQUE

Comme nous l'avons affirmé dans l'introduction, le secteur que nous étudions est très particulier et une de ces particularités est la multiplicité des acteurs qui interviennent sur le projet, entraînant avec eux leur propre culture, leur propre méthode de travail et leur propre structure d'entreprise. Il est intéressant et important de noter que ces différentes cultures se retrouvent, durant une période à durée variable, mobilisées toutes ensemble sur un même projet. En effet, tous les projets ont la particularité commune de rassembler l'ensemble des personnes intéressées par la construction (concepteurs, constructeurs, usagers, ... etc.) sur une période définie. La multiplicité des acteurs et leurs différences sont à l'origine d'un grand nombre de situations diverses qui vont de l'ingénierie de pointe jusqu'à l'artisanat. Sur le projet de construction du collège André Malraux à Senones par exemple, nous trouvons par exemple des acteurs comme Henri Bessere (économiste) et le bureau de contrôle Veritas 54 représenté par Bernard Bouteville. Henri Bessere travaille seul dans son cabinet, n'a aucun employé (occasionnellement quelques stagiaires) et est assez réfractaire aux outils informatiques, mis à part Microsoft Excel. Bernard Bouteville est, lui, intégré dans une structure plus grosse (plus de 20 employés) et est très attaché à l'informatique ; il dispose d'ailleurs des derniers outils informatiques le concernant (CD-Rom ⁴, logiciels ⁵, ...etc.). De plus, dans le secteur de la construction en bois comme dans d'autres secteurs, l'essor de l'informatique a fait naître plusieurs outils logiciels très intéressants mais trop souvent développés dans une forme d'autarcie qui a conduit leurs éditeurs à créer des formats spécifiques qui ne permettent pas d'échanger avec d'autres outils concurrents. Nous pouvons citer par exemple les logiciels AutoCAD et le format dwg, Archicad et ses formats pne, mde, tpe, pae, ...etc., Allplan et son format propriétaire, ou encore Vectorworks et son format mcd. La multiplicité de ces outils logiciels et de leurs formats d'échange, associée aux différences technologiques énoncées plus haut, rend la communication et la coopération particulièrement ardue lors de certaines phases du projet.

⁴ « CD Reef » contient toute la réglementation du bâtiment

⁵ AutoCAD 2000, Robot Millénium v.16.5

La loi MOP découpe le projet en missions qui sont assignées aux acteurs concernés. Ce découpage accentue plus encore le phénomène de segmentation et de fragmentation de l'information, ce qui explique la difficulté de conserver une linéarité dans la transmission des informations d'une mission à l'autre. Nous pouvons noter que la période de conception technique est souvent le lieu de ces discontinuités car chaque intervenant possède ses propres compétences techniques et ses propres outils de travail, entraînant de fait plusieurs ruptures dans le cycle de conception-construction. Ces ruptures s'expliquent également par un autre phénomène, qui est que ces nombreux acteurs opèrent sur le projet séquentiellement et de façon discontinue.

L'intérêt du travail mené se nourrit du fait que les discontinuités dans le processus conception-construction énoncées plus haut deviennent de plus en plus problématiques dans le secteur de la construction en bois. Le contexte économique actuel entraîne dans le secteur du bois et du bâtiment, comme dans les autres secteurs de l'industrie, une tendance à vouloir réduire les coûts et les délais de réalisation. Ces contraintes, économiques en particulier, nous obligent aujourd'hui à tenter d'optimiser le processus afin de passer d'une gestion séquentielle et fragmentée à une gestion plus simultanée et coopérative [SAH99].

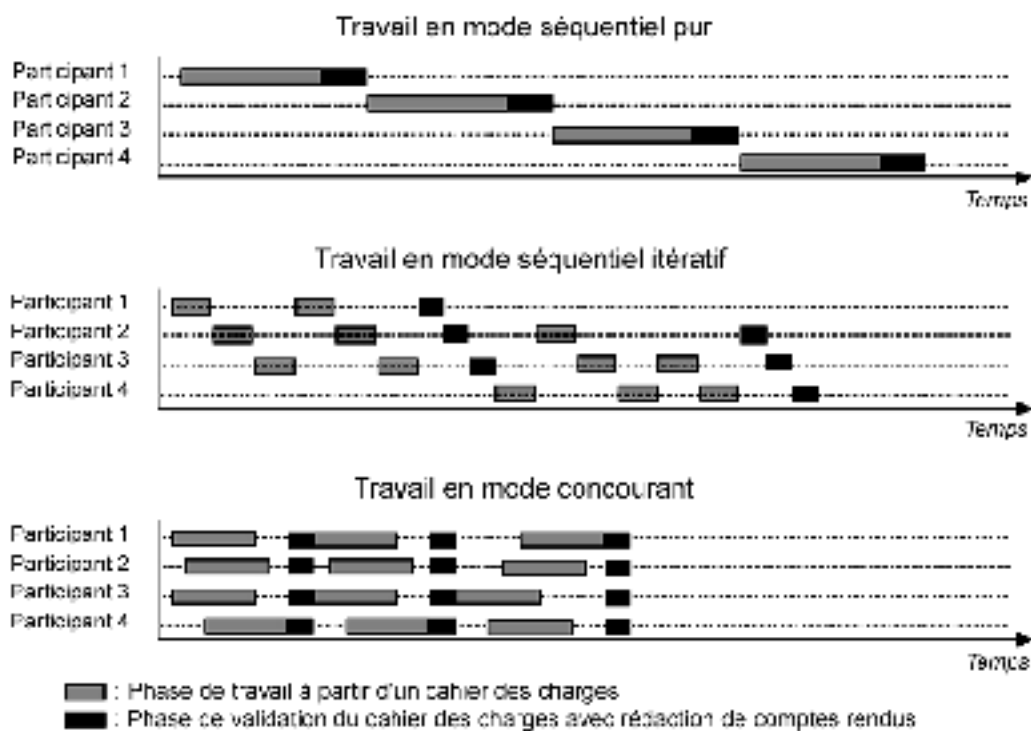


Figure 1 : Différents modes d'organisation du travail coopératif⁶

⁶ Figure issue de [TAR97] p.6

Pour l'heure, nous pouvons noter que quatre pratiques d'échanges de données de la construction structurent les approches de la coopération :

- **La pratique courante** = gestion manuelle des échanges (disquettes, CD, ...etc.).
- **La pratique éprouvée** = échange d'informations au travers d'armoires à plans.
- **La pratique émergente** = gestion de projets en ligne.
- **La pratique expérimentale** du projet numérique reposant sur l'utilisation de maquettes numériques.

Les trois premières approches constituent les approches basées sur les documents et les fichiers. La dernière pratique constitue l'approche basée sur l'utilisation et la manipulation d'objets portant la sémantique du projet. Cette sémantique des ouvrages, au sens du projet numérique, est stockée dans un format (ex. format IFC), et est traduite dans des maquettes numériques. Chacune de ces maquettes numériques correspond à une représentation globale de l'objet à un moment donné. L'utilisation de ces maquettes numériques offre la possibilité, comme avec des maquettes en carton, d'avoir une représentation virtuelle permettant d'avoir une perception globale à une échelle globale du projet en question. Il est fondamental de noter qu'il existe des données qui ne sont pas représentables géométriquement (ex. les pièces écrites) et qui ne pourront donc pas être traduites dans ces maquettes numériques. Ces informations non représentables géométriquement sont regroupées avec les maquettes numériques dans un cadre plus étendu qui est celui du projet numérique.

La maquette numérique est une réalité dans les industries automobile et aéronautique où l'on parle à présent d'usine numérique. Dans la construction en bois, un environnement propice au passage au projet numérique se met en place grâce au développement des outils informatiques, des recherches menées sur le thème de la maquette numérique, ...etc. Selon Médiaconstruct ⁷ « une maquette numérique, ou bâtiment virtuel, est la description des objets composant un bâtiment, de leurs caractéristiques et des relations entre ces objets. Elle ne peut être produite qu'avec des logiciels de CAO de nouvelle génération véritablement orientés objets ». L'ensemble des informations sur le bâtiment pour tous les intervenants, et pour toutes les phases du cycle de

⁷ http://www.mediaconstruct.org/Domaines/Theme4_Maquette/intro.htm

vie du bâtiment, est donc censé être rassemblée et organisée dans la maquette numérique.

Je pense que l'idée qu'il y ait une représentation unique de la maquette numérique pour tout le monde semble très difficilement envisageable. Je pense également que la pratique reposant sur l'utilisation de maquettes numériques dans le cadre du projet numérique peut être la pratique d'échange de données la mieux adaptée au secteur de la construction en bois, sans pour autant affirmer que les trois autres pratiques ne puissent pas l'être. Notons que l'utilisation de maquettes numériques peut se rapprocher, dans un certain sens, de l'utilisation de maquettes en carton comme nous l'avons vu plus haut. Cette pratique reposant sur l'expérimentation existe depuis des lustres dans le domaine de la construction de bâtiments, et je pense que sa pérennité invite à la reconsidérer avec les moyens actuels dont nous disposons.

Tout en s'inscrivant dans le cadre des travaux de recherche en cours au CRAI dans le domaine de la conception et de la coopération, ainsi que du travail de thèse de Mohammed Bouattour, ce travail vise à analyser le contexte de la construction en bois et du projet numérique, à analyser la pertinence des logiciels actuels à modéliser des ouvrages en bois, puis à modéliser des points de vue permettant aux acteurs de bénéficier d'une représentation adaptée à leurs besoins. Enfin, je montrerai les limites actuelles de la maquette numérique et du projet numérique plus généralement dans le secteur de la construction en bois.

1 ANALYSE DU CONTEXTE GENERAL / ETAT DE L'ART

Le contexte dans lequel nous nous plaçons est un contexte complexe et particulier. Il est celui du BTP et de la construction de bâtiments en bois. Ce secteur met en scène de nombreux acteurs tous différents les uns des autres, allant de l'architecte qui supervise tout le projet, à l'artisan menuisier qui a pour mission, par exemple, de poser un escalier dans un salon. Cet exemple démontre, s'il en était besoin, la nécessité de présenter avec un maximum de précision les différents acteurs du secteur que nous étudions ainsi que leur rôle dans le projet.

D'autre part, il ne faut pas occulter le fait que tous ces acteurs s'inscrivent dans un même cadre législatif régi par la loi MOP. Cette loi découpe le projet en missions qui correspondent à des obligations auxquelles les acteurs doivent répondre. La présentation de la loi MOP sera l'occasion de mieux saisir les notions de phases et de tâches qui ont été mises en œuvre par le CRAI pour mettre au point son méta modèle de coopération.

1 1 ACTEURS ET RÔLES

Une des particularités importantes du secteur de la construction en bois est la multiplicité des acteurs qui interviennent tous ensemble sur le projet. Chacun de ces acteurs entraîne avec lui sa propre culture, ses propres méthodes de travail et doit opérer avec d'autres acteurs. Aussi, il arrive que la coopération soit compliquée entre une très grosse entreprise à la pointe de la technologie et une petite structure artisanale au savoir-faire ancien. D'autre part, il existe également des acteurs de la construction dont le rôle est, par exemple, de prendre des décisions concernant le projet, ce qui nous montre bien que tous ces acteurs n'ont pas le même rôle au sein du projet. Pour parler du nombre de personnes qui interviennent, il faut faire une distinction entre les projets complexes et les projets moins complexes du point de vue de la mise en œuvre (un opéra et un kiosque à journaux n'entraîne pas les mêmes complications de mise en œuvre par exemple). Ceux-ci ne mobilisent pas le même nombre de ni la même diversité d'intervenants. Ce nombre d'intervenants est également fonction de la complexité fonctionnelle et technique de l'ouvrage bâti (un hôpital et un abri bus par exemple). Nous pouvons toutefois affirmer qu'en moyenne, un projet rassemble de 3 à 8 personnes

intellectuelles et une vingtaine d'entreprises. Les relations entre ces acteurs se caractérisent par un partenariat de nature inconstant, étant donné que l'appel d'offres est le principal mode d'attribution des marchés. Ceci explique la quasi certitude de ne jamais retrouver la même équipe d'un projet à l'autre [MAL01].

1 1 1 LA MAITRISE D'OUVRAGE

C'est la personne physique ou morale (généralement le futur propriétaire) pour le compte de qui est construit l'ouvrage. Dans certains cas, il peut faire appel à des adjoints ou à des délégués. On classe les maîtres d'ouvrage en maître d'ouvrage public (état, offices HLM, ...etc.), maître d'ouvrage privé (particuliers, associations, ...etc.) et maître d'ouvrage réglementé (SNCF, EDF, ...etc.). Etant donné qu'il commande le projet, il a un droit de regard sur toute la construction et a le pouvoir de faire évoluer les études en fonction de ses envies et de son budget. En général, il entretient des rapports soutenus avec la maîtrise d'œuvre pour se détacher du côté trop technique de la construction qu'il ne maîtrise pas forcément, et pour se focaliser sur les aspects esthétiques et fonctionnels de la construction auxquels il est plus sensible et plus attaché.

1 1 2 LA MAITRISE D'ŒUVRE

C'est la personne physique ou morale qui réalise l'ouvrage pour le compte du maître d'ouvrage et qui assure la responsabilité globale de la qualité architecturale et technique, du délai et des coûts. En général, il s'agit d'architectes. Il est donc chargé de conduire le projet commandé par la maîtrise d'ouvrage. Il reste maître de l'œuvre architecturale tout au long du projet et a donc un rôle de supervision de toute la construction tout au long des missions qui lui sont assignées. Il est souvent le trait d'union entre les demandes de la maîtrise d'ouvrage et la réalisation concrète sur le chantier de ces demandes. C'est sans doute l'acteur qui a le regard le plus étendu sur toute la construction. Son rôle central entraîne le fait qu'il a droit de regard sur tout ce qui concerne la construction.

1 1 3 LES EQUIPES DE REALISATION

Elles sont chargées, par contrat, de la responsabilité de l'ensemble de la construction de l'ouvrage. On peut distinguer 3 familles d'équipes de réalisation : les entreprises de gros œuvres, les entreprises de second

œuvre, et les artisans. Les SPS ⁸ et la cellule OPC ⁹ participent aussi à la réalisation de l'ouvrage à bâtir. Ces entreprises sont donc chargées de réaliser le projet de la maîtrise d'œuvre, et sont choisies à l'issue d'appels d'offres émis par cette dernière. Ainsi, peuvent se retrouver sur le chantier des entreprises aux structures très différentes (artisans, entreprises, ... etc.). Ces entreprises ne sont souvent concernées que par l'aspect concernant la réalisation du projet et n'interviennent d'ailleurs que dans les phases en aval du projet (et non pas dans les phases de conception). Il peut arriver par exemple que l'entreprise sous-traite les plans de fabrication à un ingénieur lorsqu'elle n'a pas les compétences pour les mettre au point elle-même.

1 1 4 LE CONTROLE TECHNIQUE

Il est souvent question de vérifier si le projet est bien conforme aux normes en vigueur et cet aspect est assuré par un bureau de contrôle. Ce bureau de contrôle technique est toujours dans une attitude et une vision de validation, c'est-à-dire qu'il n'opère jamais sur le projet. Il s'occupe de vérifier la conformité des ouvrages in fine, et ne s'intéresse pas à la manière dont ils sont mis en œuvre. Il doit rendre des comptes à la maîtrise d'œuvre, aux équipes de réalisation et à la maîtrise d'ouvrage, en fournissant toutefois ses rapports à la maîtrise d'ouvrage en premier lieu.

1 1 5 LES ACTEURS DECISIONNAIRES

Ce sont les acteurs qui prennent des décisions lors du projet (mairie, DDE, ...etc.). Ils décident par exemple d'accorder ou non un permis de construire, mais ne le modifient pas eux-mêmes pour qu'il soit accepté. Ils sont très souvent en rapport avec la maîtrise d'œuvre qui leur fournit les documents nécessaires à l'obtention d'un certificat ou d'un permis. Il est important d'avoir à l'esprit que ce sont les seuls acteurs du secteur n'ayant pas un rôle d'opérateur. Il s'agit d'acteurs qui sont liés par contrat, ou non, pour réaliser des missions sur des périodes de temps limitées, sans engager leur responsabilité, et dont l'accord est impératif à la poursuite du projet. Il existe également une famille d'acteurs voisine qui correspond aux acteurs consultatifs dont l'accord décisionnel est moindre (Architecte des Bâtiments de France, jury de concours, ...etc.).

1 2 LA LOI MOP

⁸ Sécurité et Protection de la Santé

⁹ Ordonnance – Pilotage - Coordination

L'activité du bâtiment est d'autant plus particulière qu'elle fait l'objet d'une loi : la loi MOP, qui définit quelles sont les obligations pour chaque élément de mission confié par le maître d'ouvrage au maître d'œuvre. Cette loi MOP, relative à la maîtrise d'ouvrage publique a un rôle central pour les acteurs de la construction en bois car elle constitue un cadre législatif strict que chacun se doit de respecter.

1 2 1 PRESENTATION GENERALE

La loi MOP définit donc les obligations correspondantes à chaque mission. Le tableau suivant dresse une synthèse des prestations qui sont à fournir pour chaque phase.

Phase	Prestations à fournir
<p><u>Phase 1</u> Etudes préliminaires</p>	<p>Le maître de l'ouvrage doit définir son programme, l'enveloppe financière dont il dispose et le délai d'exécution souhaité. Il produit le titre de propriété ou mandat et fournit, quant au terrain, les renseignements suivants : relevés de géomètre, relevés des bâtis et héberges, certificat d'urbanisme, servitudes, résultats et analyse de la campagne des sondages, règlements de copropriété, règlements d'urbanisme et de lotissement, documents photographiques du site etc...</p>
<p><u>Phase 2</u> ESQ. Etude d'esquisse</p>	<p>Analyse du programme - Prise de connaissance des données - Analyse des données fournies par le MO (topographie, environnement, cadastre, administratives, techniques, financières, délais) - Déplacements sur les lieux-visite-croquis-photos</p> <p>Parti architectural - Esquisse (solution préconisée) - plan d'ensemble 1/500 - plan du RDC 1/500 - plan des niveaux significatifs 1/500 - plans partiels éventuels 1/200 - une façade significative 1/200 - Variante éventuelle</p> <p>Notice explicative, descriptive - avec comparaison des partis architecturaux et des solutions techniques - coûts de réalisation (comptabilité et enveloppe financière du MO) - délai enveloppe</p>
<p><u>Phase 3</u> APS : Etude d'Avant-Projet Sommaire</p>	<p>Préciser la composition (plan-volume) - Plan d'ensemble 1/200 - Plan du RDC 1/200 - Plan des sous-sols 1/200 - Plan des étages 1/200 - Coupe principale 1/200 - Façades principales 1/200 - Plans des détails significatifs 1/100</p> <p>Notice explicative, descriptive, estimative - comptabilité avec le programme, site, réglementation - contrôle des relations fonctionnelles des éléments et des surfaces - description des volumes intérieurs et aspect extérieur, traitement des abords - disposition et performances techniques - calendrier d'exécution (tranches fonctionnelles) - estimation provisoire du coût prévisionnel des travaux</p>

<p style="text-align: center;">Phase 4</p> <p>APD : Etudes d'avant-projet définitif</p>	<p>Vérifier le respect des diverses réglementations Etablir les plans cotés de l'ouvrage, son aspect</p> <ul style="list-style-type: none"> - plans d'ensemble 1/100 - plans de tous les niveaux 1/100 - coupes façades 1/100 - détails significatifs 1/50 - prédimensionnement des structures fondations 1/100 <p>Notice explicative, descriptive-surfaces détaillées</p> <ul style="list-style-type: none"> - justification de la solution - définition des matériaux - principes constructifs (fondations, structure) - solutions choisies pour équipements <p>Estimation définitive du coût prévisionnel des travaux, décomposés en lots séparés Arrêt au forfait de rémunération</p> <p>Le maître d'œuvre établit les documents graphiques et pièces écrites nécessaires à la constitution du dossier de la demande du permis de construire suivant la réglementation en vigueur : habituellement, plan masse au 1/500, plans des niveaux, coupes et façades au 1/100 (c'est-à-dire à l'échelle de l'APD), Il assiste le maître de l'ouvrage pour la constitution du dossier administratif, postérieurement au dépôt du permis de construire, le maître d'œuvre assiste son client dans ses rapports avec les administrations</p> <p>Dossier permis de construire (ou autre dossier administratif)</p> <ul style="list-style-type: none"> - consultations diverses nécessaires pour l'obtention des autorisations administratives - dossier « paysage » - constitution des dossiers correspondants - assistance au MO pour suivi administratif
<p style="text-align: center;">Phase 5</p> <p>PRO : Etudes de projet</p>	<p>Le Maître d'œuvre précise par des plans, coupes et élévations, les formes des différents éléments de la construction, la nature et les caractéristiques des matériaux et les principes de leur mise en œuvre ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - il définit l'implantation, l'encombrement de tous les équipements techniques - il trace les schémas des structures et des fluides - il décrit les ouvrages et établit les plans de repérage nécessaires à la compréhension du projet - il établit un coût prévisionnel des travaux par corps d'état <p>il arrête le délai global de réalisation de l'ouvrage</p> <p>Le niveau de définition correspond à des documents graphiques généralement établis au 1/50 avec tous les détails significatifs de conception architecturale aux échelles appropriées.</p> <p>A1-Dossier de conception générale</p> <ul style="list-style-type: none"> - plans de tous les niveaux 1/50 - façades, coupes 1/50 - schémas fonctionnels échelles appropriées - plans de repérage échelles appropriées <p>A2- Dossier détaillé</p> <ul style="list-style-type: none"> - Détails significatifs de conception architecturale 1/20 à 1/50 - Implantation des équipements - Schémas d'encombrements : <ul style="list-style-type: none"> - des éléments de structure 1/50 - des éléments techniques 1/50 - tracé des fluides (alimentations, évacuations) - devis descriptif des ouvrages tous corps d'état - coût prévisionnel des travaux par corps d'état sur la base d'un avant-métré - délai global de réalisation de l'ouvrage <p>B- Selon variante et le permis de construire délivré le cas échéant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - complément d'études pour assurer la cohérence entre PRO et propositions de l'entreprise (dans le cas d'une consultation sur APD) - PRO et variante proposée par l'entreprise et retenue par le maître d'ouvrage - PRO et permis de construire modifiés

<p style="text-align: center;">Phase 6</p> <p>ACT : Assistance pour la passation des contrats de travaux</p>	<p>Le maître d'œuvre rassemble les éléments du projet nécessaires à la consultation permettant aux entrepreneurs consultés d'apprécier la nature, la quantité, la qualité et les limites de leurs prestations et d'établir leurs offres « en toute connaissance de cause ».</p> <p>Le maître d'œuvre assiste le maître de l'ouvrage pour l'établissement des pièces complémentaires administratives accompagnant le projet et constituant le dossier de consultation : Règlement Particulier d'Appel d'Offres, Cahier des Clauses Générales et Particulières, projet de marché ou d'acte d'engagement, liste des documents contractuels avec leur ordre de priorité.</p> <p>Préparation de l'appel d'offres</p> <ul style="list-style-type: none"> - préparation de sélection des candidats - analyse des candidatures - constitution du dossier A0, en général à partir du dossier projet (ou APD) y compris les - pièces administratives, en fonction du mode de dévolution des travaux décidé par le maître d'ouvrage <p>Le maître d'œuvre répond aux demandes des entreprises pendant la période d'appel d'offres.</p> <p>Analyse des offres</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le maître d'œuvre assiste le maître d'ouvrage lors de l'ouverture des plis des entreprises - Il dépouille les offres - Il vérifie leur conformité au projet - Il procède à l'analyse comparative détaillée de celles-ci - Il établit son rapport technique et financier - Il propose, le cas échéant, les mises au point nécessaires dans le respect de l'enveloppe financière et du programme retenus par le maître de l'ouvrage ainsi que la liste des entreprises susceptibles d'être retenues - Il met au point les pièces constitutives du marché en vue de sa signature par le maître d'ouvrage et l'entrepreneur.
<p style="text-align: center;">Phase 7</p> <p>EXE- Etudes d'Exécution et de Synthèse</p>	<p>Pour les lots concernés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dossier technique : plans d'exécution et spécifications à l'usage du chantier, à l'exclusion des plans d'atelier : par exemple, liste non limitative, avec plans, coupes, élévations, détails, notes de calculs et notices techniques nécessaires : <ul style="list-style-type: none"> - Coffrage et de ferrailage - Charpente - Etanchéité, couverture - Menuiserie, métallerie-cloisonnement, isolation, faux-plafonds - Revêtements scellés et collés - Plomberie sanitaire - Chauffage, climatisation, ventilation - Electricité, courants faibles - Ascenseurs, monte-charge - Terrassements, VRD - Equipements techniques (cuisine, laboratoires, scéniques...) - Plans de synthèse (le cas échéant) - Devis quantitatif détaillé - Calendrier prévisionnel d'exécution des travaux par lots ou corps d'état - Animation de cellule de synthèse dans le cas de réalisation de l'ensemble des plans d'exécution et participation dans les autres cas. <p>L'équipe de maîtrise d'œuvre met en cohérence les documents ainsi réalisés avec ceux éventuellement à la charge de l'entrepreneur, dans le respect des dispositions architecturales et techniques.</p>
<p style="text-align: center;">Phase 8</p> <p>VISA : Visa des études d'exécution et de synthèse</p>	<p>Examen de la conformité de l'ensemble des documents constituant les études d'exécution et de synthèse (réalisées par l'entreprise) aux dispositions du projet établi par le maître d'œuvre. Le cas échéant, participation à la cellule de synthèse animée par le titulaire de cette mission. Les plans de synthèse font partie des « études d'exécution », et le maître d'œuvre, lorsqu'il n'effectue pas ces dernières, doit également y apposer son visa: il participe donc à la cellule de synthèse.</p>

<p style="text-align: center;">Phase 9</p> <p style="text-align: center;">DET : Direction de l'exécution des contrats de travaux</p>	<p>Direction de chantier</p> <ul style="list-style-type: none"> - organisation et direction des réunions de chantier - rédaction et diffusion des comptes-rendus de chantier - contrôle de l'exécution des travaux conformément aux pièces contractuelles et aux prescriptions réglementaires - information du maître d'ouvrage sur l'état d'avancement et de prévision des travaux, avec indication des évolutions notables - établissement des ordres de service et procès verbaux à la signature du maître de l'ouvrage <p>Vérification des comptes</p> <ul style="list-style-type: none"> - vérification des situations mensuelles de l'entreprise, établissement des propositions de paiement et transmission au maître d'ouvrage - proposition au maître d'ouvrage des travaux supplémentaires et établissements des avenants - vérification des mémoires définitifs des travaux des entreprises, établissement de la proposition de paiement pour le solde - établissement du décompte général définitif - instruction des mémoires de réclamation des entreprises et assistance au maître d'ouvrage pour règlement des litiges y afférent.
<p style="text-align: center;">Phase 10</p> <p style="text-align: center;">AOR : Assistance aux opérations de réception</p>	<p>Assistance au maître de l'ouvrage pour la réception</p> <ul style="list-style-type: none"> - organisation de l'inspection des travaux en vue de la réception - rédaction des procès-verbaux et liste des réserves éventuelles - suivi du déroulement des reprises et constatation, à la date prévue, de la levée des réserves en présence du maître d'ouvrage - jusqu'à l'achèvement de la période de parfait parachèvement, assistance du maître d'ouvrage en tant que conseil pour les désordres pouvant survenir <p>Dossier des ouvrages exécutés</p> <ul style="list-style-type: none"> - le maître d'œuvre s'assure que l'ensemble de ses plans est conforme à la réalisation, il modifie ceux qui méritent de l'être - il collecte l'ensemble des plans et schémas techniques conformes à la réalisation telle que prévue au marché de travaux - il rassemble les manuels des équipements mis en œuvre et les notices de fonctionnement permettant leur maintenance - il collecte l'ensemble des procès verbaux d'essais - il transmet l'ensemble de ces documents au maître d'ouvrage

Figure 2 : Tableau synthétique de la loi MOP¹⁰

1 2 2 LE PROJET / LES PHASES / LES TÂCHES

La notion de projet dans son sens le plus large est une notion qui peut avoir de nombreuses définitions. Selon le point de vue que l'on adopte, cette notion peut varier grandement, c'est pourquoi nous pouvons affirmer qu'il y a plusieurs acceptions du terme de projet (dessein, intention, plan, résolution, vue, ...etc.). Nous pouvons dire que le projet est un ensemble d'activités de conception situées et contextualisées. Boutinet a identifié 3 degrés d'appréhension du projet : le degré empirique (concerne les situations de la vie quotidienne), le degré théorique (discours scientifiques où le projet à un statut théorique, conceptuel) et le degré opératoire (lié aux nécessités d'une action à conduire). Boutinet place le projet architectural au degré opératoire puisqu'il est guidé par une volonté d'édification et de réalisation concrète. A l'intérieur de ce degré opératoire, nous pouvons encore distinguer deux types de projets : les projets

¹⁰ Tableau établi par Annie Guerriero dans [GUE02]

d'ouvrages (dont le résultat est une réalisation unique) et les projets de produits (dont le résultat est voué à une production en série). Comme le note Damien Hanser [HAN03], la notion de projet est par essence fluctuante, et a un objectif mal défini. Un projet doit donc passer par des étapes permettant de préciser les besoins, de déterminer un plan d'édification de l'ouvrage, puis de préciser les moyens à mettre en œuvre afin de réaliser cet ouvrage, de la réalisation proprement dite, et enfin, de la vie de l'objet de cette activité. Ces phases constituent des activités à part entière car il est possible d'identifier une série d'objectifs changeant au cours de la réalisation du projet.

1 3 LA CONSTRUCTION EN BOIS

Le bois est un matériau important dans le secteur de la construction, et, sans revenir en détail sur ses avantages, nous pouvons souligner que c'est un matériau performant (très léger et résistant), indigène (naturel et biodégradable), présentant de bonnes performances d'isolation thermique, résistant chimiquement, difficilement inflammable, souple (facile à travailler et à assembler) et sain. En France, la part du bois dans le marché de la construction reste toujours marginal (9 %) comparée à celle de l'acier (32 %), des matériaux minéraux (25 %) et du pétrole / caoutchouc (24 %). La production de bois est absorbée à hauteur de 65 % par le secteur de la construction et les 35 % restant se répartissent entre l'emballage et l'ameublement [GAU99]. Notons que le bois représentait 29 % de la construction de maisons individuelles en France fin 2001 [CND01]. Regardons à présent plus en détail les particularités de cette filière qui se démarque des autres modes de construction.

1 3 1 RENOUVEAU D'UNE TECHNIQUE

Le bois est, sans conteste, le matériau de construction le plus ancien. En France, durant ces derniers siècles, la construction en bois a été presque totalement effacée du paysage architectural. Il subsiste cependant de nombreux témoins prouvant que le bois fut, à une époque, le matériau de prédilection utilisé pour l'édification de maisons. L'ère industrielle a révolutionné les modes de construction en apportant de nouveaux matériaux comme le béton, l'acier, la brique, ...etc. Le bois a donc fait place à ces nouveaux matériaux.

Depuis peu de temps, le bois refait peu à peu son apparition dans le secteur de la construction aidé en cela par plusieurs plans promotionnels avec, en tête, la démarche HQE.

La Haute Qualité Environnementale (ou HQE) est la dénomination de l'approche française de l'architecture écologique promue par les membres de l'association HQE, dont l'ARENE est membre fondateur. L'association HQE, regroupant l'ensemble des professionnels de la construction, vise à définir un consensus technique sur la HQE. La qualité environnementale des bâtiments consiste à maîtriser les répercussions sur l'environnement extérieur et à créer un environnement intérieur sain et confortable ¹¹. Les mesures HQE tendent donc à faire la part belle aux matériaux naturels comme le bois qui, par exemple, nécessite trois fois moins d'énergie fossile que le béton pour la construction d'un bâtiment : 1 tonne de bois piège 1,5 tonnes de carbone et libère 1,1 tonne d'oxygène. Le bois s'impose donc, dans le cadre HQE, comme un matériau très intéressant et est donc de plus en plus employé.

En 1996, à travers la mise en place d'un Plan de Relance, le Département des Vosges a mis en avant la spécificité de la filière bois en définissant le concept novateur de « vitrine bois » et en décidant de promouvoir ce matériau, tant au profit de la construction qu'au niveau énergétique.

Début 1999, la concrétisation d'une charte Départementale pour l'Environnement, en partenariat avec les services de l'Etat, a confirmé cette décision politique en rendant opérationnel 25 projets.

L'assemblée Départementale a souhaité franchir une nouvelle étape en lançant fin 2001, une Charte Départementale sur l'Utilisation du Bois dans la Construction qui compte aujourd'hui près de 120 adhésions communales ou intercommunales. L'ouverture du collège de Senones (Les collèges de Senones et Mirecourt sont les fers de lance des projets phare en matière de bois construction) en janvier 2003 marque le début d'une dynamique à long terme pour le Département des Vosges et pour toute la filière bois. En effet, 2003 verra l'intensification et le développement des actions du Conseil Général des Vosges et des partenariats nécessaires à la création d'une filière bois innovante et organisée.

Le 5 novembre 2003, le Nordic Timber Council (Conseil des Bois du Nord) et le CNDB ¹² ont signé un accord de coopération portant sur la période 2004/2006. L'ambition de ce partenariat est de valoriser l'image du bois en tant que matériau technologique et performant, doté d'un impact environnemental très positif dans la lutte contre les changements climatiques. L'objectif est de développer la consommation de bois de 30 %

¹¹ <http://www.cyberarchi.fr/actus&dossiers/dossiers/default.php?article=512&dossier=23>

¹² Comité National pour le Développement du Bois

d'ici à 2010, au travers d'une campagne générique qui portera essentiellement sur 2 axes : construire et vivre avec le bois. Nous le voyons donc bien, le matériau bois refait son apparition sur le marché de la construction en étant de plus en plus appuyé par des plans promotionnels comme ceux-ci.

Les organismes derrière ces plans de promotion peuvent jouer un rôle important de consultant comme de décideur dans un projet de construction en bois.

Depuis son origine, la mission du CTBA (Centre Technique du Bois et de l'Ameublement) est de « promouvoir le progrès technique, de participer à l'amélioration du rendement et à la garantie de la qualité dans l'industrie ». Son champ d'activité couvre l'ensemble des industries du bois et de l'ameublement. Il est amené à travailler dans les différents domaines de la filière (exploitation forestière et scierie, charpente, menuiserie, structure, panneaux dérivés du bois, ameublement, emballages et produits divers).

Le CNDB (Comité National pour le Développement du Bois) est l'organisation nationale de promotion du bois. Engagé dans le développement de l'emploi du bois dans le bâtiment et la valorisation des produits et des savoir-faire, le CNDB multiplie les initiatives de communication avec les acteurs de la filière.

L'IRAbois (Institut de Recherches Appliquées au bois) assure l'interface entre les besoins des professionnels et les compétences des différents instituts techniques et de recherches nationales [CST98].

1 3 2 PARTICULARITE DE LA FILIERE

La construction en bois possède des systèmes constructifs assez complexes qui lui sont propres que nous pouvons classer en 4 catégories.

La construction à panneaux porteurs constitués d'une ossature légère. L'ossature est formée par l'assemblage de panneaux préfabriqués, d'une longueur dépassant rarement 2,40 mètres. Ces « éléments murs » porteurs sont constitués d'un cadre en sections porteuses disposées tous les 60 cm environ, d'une part, et d'un voile solidairement lié aux profils bois assurant le contreventement du panneau, d'autre part. La conception

du bâtiment s'effectue en utilisant le maximum de panneaux similaires, et les fabrications spéciales entraînent des surcoûts de fourniture [BRO85].



Figure 3 : La construction à panneaux porteurs constitués d'une ossature légère.

L'ossature poteaux / poutres est un principe constructif reposant sur une structure constituée d'une ossature comprenant des poteaux et des poutres en pièces de bois de forte section disposées selon une trame de l'ordre de 3 à 5 mètres. Ce mode de construction nécessite la connaissance des détails d'assemblage entre les éléments de structure ainsi que du raccordement des remplissages.



Figure 4 : La construction poteaux / poutres

La construction en madriers en bois massif empilés est un système très ancien. Les murs sont composés de rondins ou de madriers empilés et assemblés à mi-bois selon des techniques de plus en plus raffinées. Il s'agit d'un mode de construction ayant pour modèle le « chalet ».



Figure 5 : La construction en madriers en bois massifs empilés

La construction de charpentes est un système limité essentiellement à la réhabilitation de bâtiments. Il met en œuvre des pièces de bois reliées entre elles par des assemblages d'une grande finesse constructive. Ces pièces de bois sont placées dans la charpente de manière stratégique et n'ont pas toutes les mêmes fonctions ni les mêmes dénominations (poinçon, entrait, arbalétrier, ...etc.).

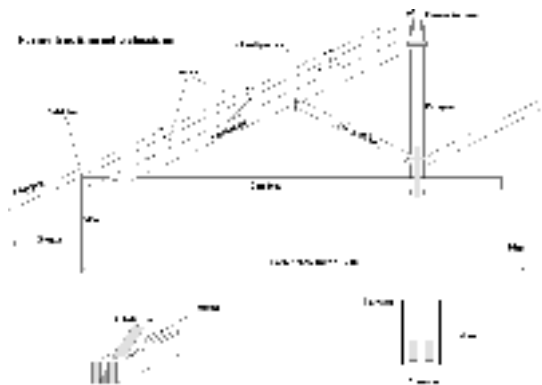


Figure 6 : La construction de charpentes

La filière bois, comme la filière acier, est une filière sèche mettant donc en œuvre énormément d'éléments préfabriqués en atelier (montage de panneaux, coupes, collages, ...etc.). Ce phénomène de préfabrication entraîne de fait une phase de conception plus importante et plus riche. Ainsi, un certain nombre de décisions sont prises lors des phases de conception. Dans d'autres secteurs, comme celui de la construction en béton par exemple, certaines décisions peuvent toujours être prises lors des phases de réalisation. Prenons l'exemple d'un mur dont la hauteur ne se révèle pas satisfaisante sur le chantier. Il sera toujours temps de prendre la décision de couler quelques centimètres de béton supplémentaires lors du chantier. En bois, cela est très compliqué et ce type de situation est évité au maximum en préférant donner plus d'importance aux phases de conception. Ce phénomène de remontée des

décisions vers l'amont est très caractéristique des filières sèches et de la filière bois en particulier.

1 3 3 UN RELATIONNEL FORT

Le phénomène de remontée des décisions vers les phases amont du projet entraîne donc une phase de conception plus importante dans le secteur du bois que de la maçonnerie par exemple. La question de la collaboration dans l'activité de conception-construction est consubstantielle de l'acte de bâtir et des activités de conception qui concourent à cet acte en particulier. En faisant remarquer que les cathédrales sont l'expression d'une fabuleuse collaboration entre des métiers fort différents habitués à travailler ensemble, le CRAI [BIG01] met le doigt sur un élément important de la construction. En effet, le projet rassemble de nombreux acteurs et chacun d'eux possède à la fois ses propres méthodes ainsi que ses propres savoir faire. Pour mener le projet architectural à son terme, les acteurs doivent partager leurs connaissances en échangeant et en apportant chacun « leur pièce à l'édifice ». Quelle que soit sa forme, la coopération et la collaboration est omniprésente dans la construction et s'accompagne d'échanges de documents, de points de vue, de discussions, ...etc. Les acteurs sont donc amenés à beaucoup communiquer entre eux et avec les autres acteurs de la construction.

2 LE MODELE DE POINT DE VUE

Nous le voyons bien, le secteur de la construction en bois est soumis à une coopération soutenue entre tous les acteurs de celle-ci. Chaque acteur a un besoin spécifique en ce qui concerne la représentation des informations, que ce soit de manière générale ou plus précise (du projet numérique jusqu'à l'ouvrage lui-même). Ainsi, j'ai réfléchi à un modèle qui permettrait, dans le contexte du projet numérique, d'adapter les informations (géométriquement représentables ou non) en fonction du point de vue de chaque acteur. Le CRAI travaillant depuis plusieurs années sur le thème de la coopération, je me suis appuyé en premier lieu sur un méta modèle de coopération qui a été développé. Mais avant de le présenter, voyons quelle définition se cache derrière la notion de point de vue.

2 1 DEFINITION DE LA NOTION DE POINT DE VUE

La notion de point de vue a été étudiée dans de nombreux domaines de l'informatique (bases de données, représentation de connaissance, analyse et conception, ...etc.) en partant du constat que pour que la société de l'information s'ouvre au plus grand nombre de citoyen, l'accès aux informations devait être différenciée de façon à respecter les cultures, les différences de vitesse d'apprentissage, les droits du citoyen et la protection des informations personnelles [NAS03].

Cette notion a été également étudiée dans le secteur des entreprises soumises à des mutations avec la généralisation de l'Internet. On voit naître le nouveau concept d'entreprise virtuelle provenant de l'éclatement géographique en diverses unités des entreprises et des administrations, des échanges électroniques massifs, des changements organisationnels fréquents, ...etc. Une conséquence de la multiplicité des sites et des utilisateurs est le besoin accru de coopération et de personnalisation du système. Les intervenants ont besoin d'être renseignés sur l'état d'avancement de la procédure d'investissement et sur leurs rôles respectifs (notion de traçabilité). De plus, chaque intervenant devrait avoir une vue du système adaptée à son profil (personnalisation). La notion de point de vue est introduite pour gérer cette dimension. L'équipe SIR¹³ tire comme conclusion que « dans les systèmes d'informations complexes, il devient indispensable de prendre en compte et de modéliser les

¹³ <http://www.emi.ac.ma/~sir/fichiers/contribution.html>

différences entre utilisateurs (profils). La notion de point de vue exprime les aspects à la fois statiques et dynamiques d'une entité qui répondent aux besoins d'un profil utilisateur. Les utilisateurs partagent un ensemble d'entités et bénéficient chacun des transformations apportées par les autres. Cependant, chacun d'entre eux peut avoir sa propre représentation des connaissances et des droits d'accès spécifiques. Enfin, selon Nassar, ces notions de points de vues et de vues ne sont pas encore stabilisées et cela laisse le champ d'investigation encore ouvert.

Lambert Rousseau [ROU03] montre que la notion de point de vue varie selon le domaine auquel elle est soumise.

Dans le domaine de l'étude de négociations, formuler un problème de négociation revient à définir le problème de décision et un ensemble de stratégies de proposition suivies par les acteurs en fonction de leurs points de vue individuels. Il faut distinguer 2 types de points de vue : un point de vue privé (définit le problème que se pose l'acteur ; il n'est pas publié) et un point de vue public (correspond aux propositions de solutions faites par les acteurs).

Dans le cadre de la résolution de problèmes, raisonner sur des espaces de problèmes, c'est être capable de découper le problème en sous problèmes et les buts en sous buts. Un point de vue est alors une description du problème et le lien entre les points de vue de différents acteurs n'est pas fait dans le domaine.

Cointe [COI98] s'est intéressé aux modèles de point de vue pour la conception concourante. Pour lui, un point de vue est une indexation des éléments de conception suivant une interprétation possible. Un point de vue est donc un modèle du problème, selon un concepteur donné.

Moyse [MOY89] a montré que l'utilisation de points de vue permet de formaliser l'activité de l'apprenant dans le cadre de l'apprentissage collaboratif.

Ce petit panorama montre bien que les points de vue ont des formes différentes, parfois ils représentent l'approche ou la position d'un participant, parfois un aspect donné du problème [BAN92]. La vision théorique de Lambert Rousseau dégage 3 opérations et 3 produits pour le processus d'aide à la formulation de problèmes. Les opérations sont la construction des points de vue individuels, la comparaison des points de

vue et la construction d'un artefact commun. Les produits sont les points de vue individuels constituant la formulation individuelle de problèmes, l'espace d'interaction fournissant les informations utilisées par le groupe, et notamment l'artefact commun représentant les problèmes du groupe (dans notre cas, il s'agit de la maquette numérique), et la situation problématique de chacun des participants représentant le contexte décisionnel, et construite comme une vue sur l'espace d'interaction.

2 2 LE META MODELE DE COOPERATION

Le méta modèle de coopération mis au point par le CRAI s'est affiné avec le temps et avec les recherches des différents stagiaires ou doctorants ayant des axes de recherches similaires. Il a été enrichi dernièrement afin de l'adapter au domaine de la construction en bois. Ce méta modèle repose sur 4 entités que sont les acteurs, les documents, les activités et enfin les ouvrages qui sont spécifiques à la construction. Le CRAI a mis en évidence une série de relations existant entre ces 4 entités permettant ainsi de modéliser la manière dont les acteurs coopèrent lors de la conception d'un projet d'architecture. Ainsi, nous pouvons dire que ce méta modèle quadripartite repose sur 5 concepts fondamentaux : les acteurs, les activités, les documents les ouvrages et les relations entre ces 4 entités.

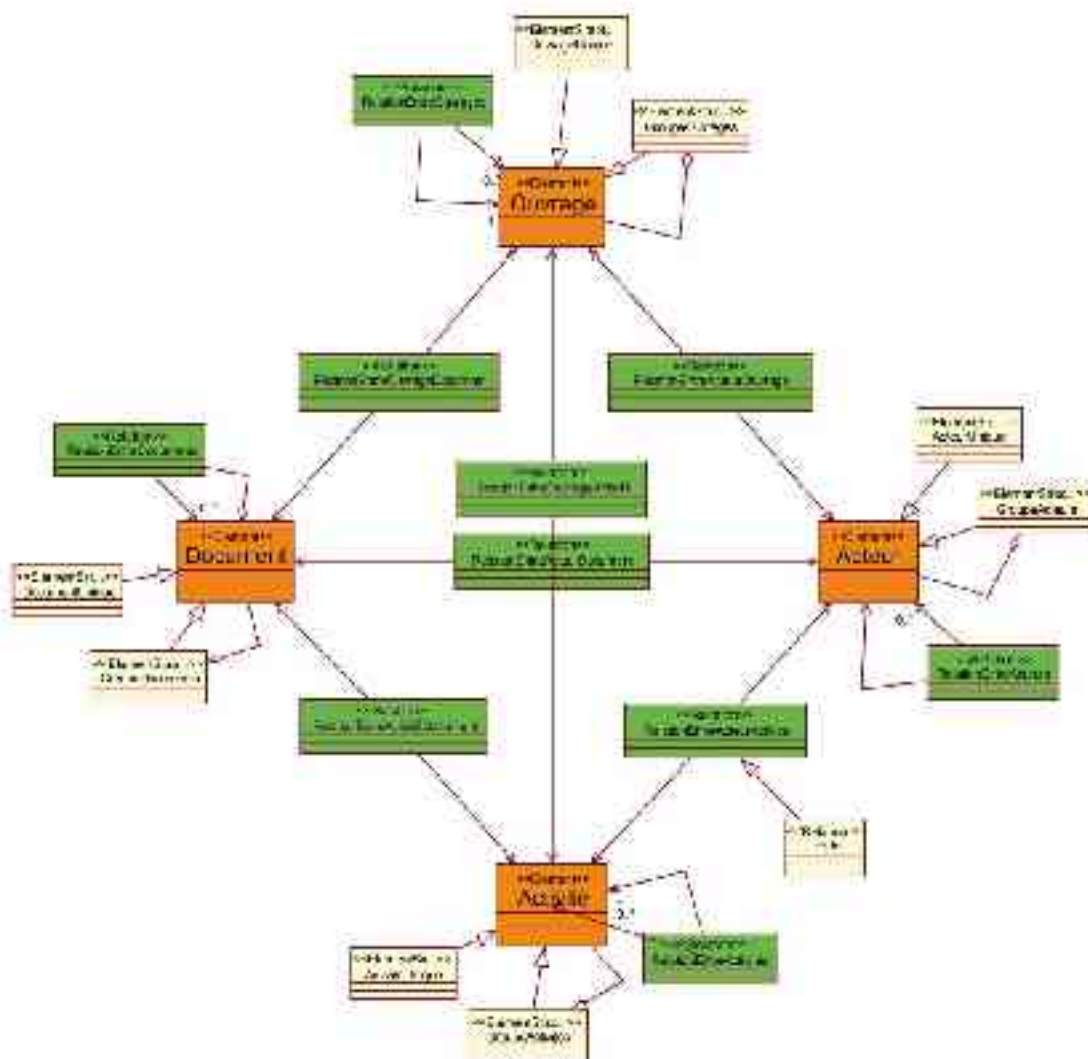


Figure 7 : Extrait du schéma évolué des concepts principaux du méta modèle de coopération

2 2 1 LES ACTEURS

Un acteur se caractérise par sa capacité d'action et possède une autonomie dans sa prise de décision. L'acteur agit, donne son opinion ou produit de l'information à l'intérieur du projet. Un acteur est caractérisé par la place qu'il occupe dans sa structure d'entreprise, mais aussi par ses compétences propres. Il est donc nécessaire de rendre le plus explicite possible l'éventail des compétences possédées par un acteur. Définir un architecte uniquement par son métier est insuffisant puisqu'il peut embrasser également d'autres compétences (spécialiste d'un matériau de construction, bonne maîtrise de l'informatique, ...etc.). Ces données relatives aux compétences d'un acteur permettent de clarifier et d'orienter

l'attribution de son rôle dans le projet et ses possibilités d'action qui en découlent.

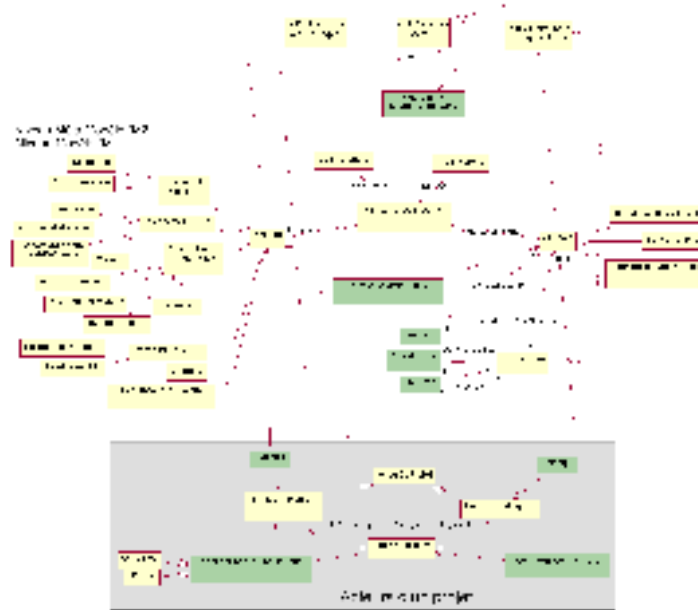


Figure 8 : Le modèle des acteurs ¹⁴

2 2 2 LES DOCUMENTS

Le CRAI fait la distinction entre le document « fichier » stocké sur le système, et le document « papier » qui fait l'objet d'un classement extérieur au projet numérique, mais dont il est cependant intéressant que le système garde la trace. Dans le cadre de la construction en bois, nous pouvons faire plusieurs autres distinctions entre, par exemple, les documents graphiques (plans, coupes, élévations, ...etc.), les pièces écrites (DQE ¹⁵, CCTP ¹⁶, ...etc.) et les fichiers de fabrication (fichiers envoyés aux machines de taille). Ces 3 types restent toutefois trois types de fichiers numériques. Un document métier représente les constituants d'un « livrable », c'est-à-dire l'ensemble des pièces relatives à un point de contrat. Un dossier de consultation des entreprises comprendra par exemple des plans de tabulaires et des textes. Le document métier est donc une agrégation de fichiers au sens informatique. Il peut rassembler plusieurs autres documents et sont réalisés par des acteurs au sein d'activités.

¹⁴ Représentation issue de [HAN03]

¹⁵ Descriptif Quantitatif Estimatif

¹⁶ Cahier des Clauses Techniques Particulières

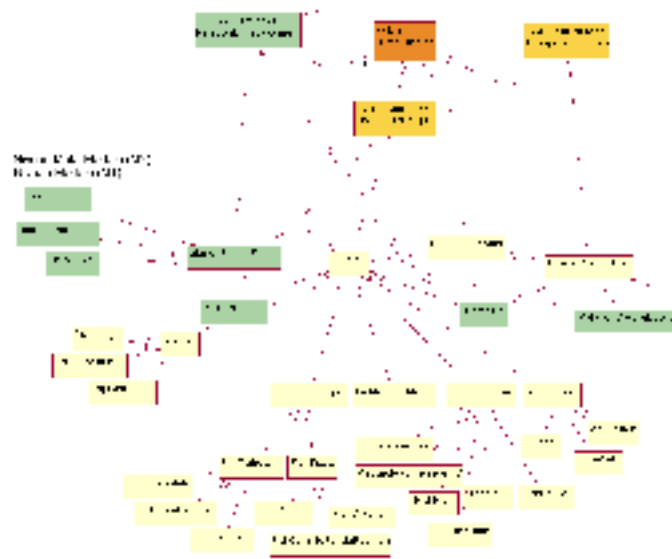


Figure 9 : Le modèle des documents¹⁷

2 2 3 LES ACTIVITES

Les activités constitutives d'un projet présentent plusieurs niveaux de granularité : projet, phase, étape et tâche. La loi MOP définit les phases d'un projet ainsi que les niveaux de détail correspondants. Les étapes séparent 2 réunions de synthèse contenues à l'intérieur d'une phase et les tâches correspondent à l'élément le plus petit d'une activité. Nous pouvons regrouper les activités en 3 catégories.

- **Les activités de coordination** ayant pour objet la gestion des acteurs, l'attribution des tâches, ...etc.
- **Les activités de production** à l'issue desquelles de l'information ou un document sera produit ou modifié.
- **Les activités de synthèse** aboutissant à une validation, à un compte-rendu d'une situation donnée ou à une prise de décision.

La coordination se fait principalement par l'intermédiaire de requêtes entre acteurs. Ces requêtes sont rattachées à des documents et permettent de donner du sens aux échanges. Les requêtes que le CRAI considère dans son modèle sont les suivantes : pour information, pour consultation, pour avis, pour modification et pour validation.

¹⁷ Représentation issue de [HAN03]

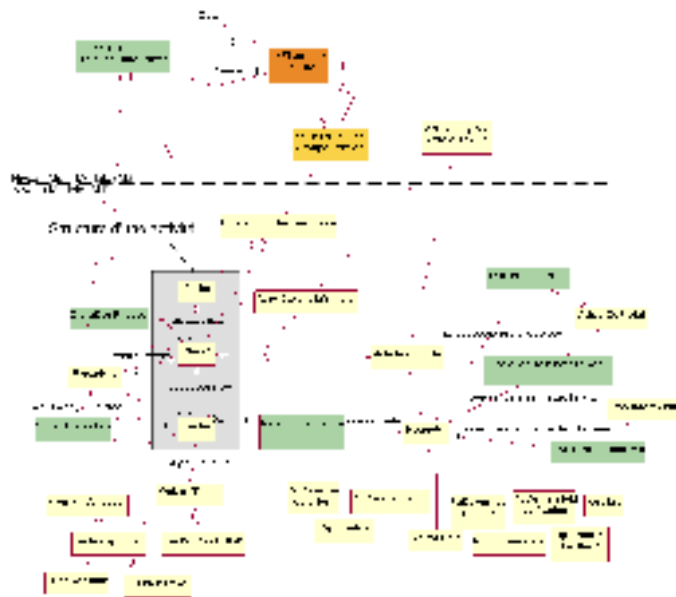


Figure 10 : Le modèle des activités¹⁸

2 2 4 LES OUVRAGES

Les ouvrages correspondent à la dernière entité mise en place dans le méta modèle de coopération, et représentent des objets physiques ou spatiaux. Dans la maquette numérique, les ouvrages portent non seulement les caractéristiques géométriques du projet, mais aussi la sémantique du projet (réglementation, choix des essences, dimensions financières, ...etc.). Un ouvrage possède des propriétés qui lui sont propres, maintient des relations avec d'autres ouvrages (repose sur, soutient, ...etc.) et appartient à une classe le répertoriant. En appliquant cette notion au domaine de la construction en bois, nous pouvons recenser 5 classes d'ouvrages respectant une logique métier : les ouvrages de structure (murs, planchers, poteaux, ...etc.), de partition (cloisons, étages, ...etc.), d'équipement (rampes, escaliers, meubles, ... etc.), d'accompagnement (treillis, clôtures, ...etc.) et de revêtement (parquets, lambris, bardage, ...etc.). Un ouvrage est le résultat d'actions coordonnées effectuées durant tout le cycle de conception, jusqu'à la réalisation du projet.

¹⁸ Représentation issue de [HAN03]

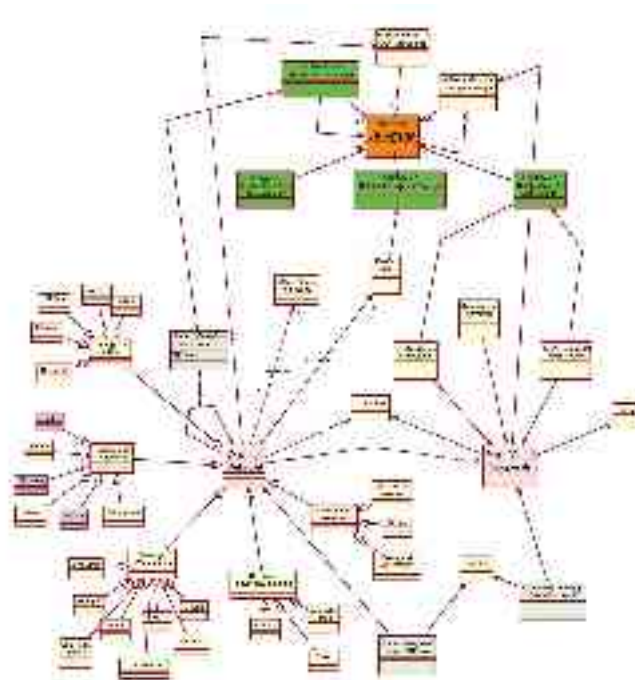


Figure 11 : Le méta modèle des ouvrages

2 3 LA TYPOLOGIE SEMANTIQUE DES OUVRAGES

Cette notion d'ouvrage n'est apparue que tardivement dans le méta modèle de coopération. C'est pourquoi nous avons travaillé de plus près sur cette notion. Nous avons cherché à comprendre ce qui définissait sémantiquement un ouvrage dans la construction. Autrement dit, il était question de comprendre ce qui devait être traduit dans des ouvrages appartenant à une maquette numérique. Cette typologie sémantique des ouvrages repose sur les interactions entre les ouvrages et les 3 autres entités du méta modèle (acteurs, activités, documents). Nous nous sommes également posé la question des interactions avec les outils logiciels actuellement sur le marché dédiés à la construction en bois.

Données générales	
Définition	Par définition, un mur est ...
Identifiant	ID WALL 3785
Dimensions géométriques	
Longueur	20 mètres
Volume	316 m ³
Réglementation	
Implantation dans le site	Recul, limites du site, ...etc.
Coefficient d'occupation des sols	0,45
Fonction	
Description	Structurale, éclairage, transition, ...etc.
Limite un espace	Oui / Non

Propriétés physiques	
Thermiques	Coefficient d'isolation λ
Masse	400 kg/m ³
Caractéristiques structurelles et de stabilité	
Type	Bois massif, panneaux, ...etc.
Contreventement	Croix de Saint-André, tirants, ...etc.
Matériaux	
Type	Bois, acier, béton, pvc, pierre, ...etc.
Provenance	Suède, France, ...etc.
Choix des essences	
Type	Douglas, hêtre, ...etc.
Durabilité	Résistance aux champignons, aux termites, ...etc.
Qualités plastiques	
Texture	Rugueux, lisse, ...etc.
Couleur	Ral 5200
Relations ouvrage / ouvrage	
Repose sur	Longrine ID 4637
Est connecté à	Wall ID 2456, Wall ID 3254, dalle ID 5467
Techniques de mise en oeuvre	
Techniques de fabrication	Sciage, collage, préfabrication, ...etc.
Techniques de montage	Levage sur grue, ...etc.
Traitement et finitions	
Revêtement	Peinture, enduit, ...etc.
Type de traitement	Par trempage, autoclave, ...etc.
Dimension financière	
Délais de fabrication	2 mois
Prix	100 000 €

Figure 12 : Sémantique véhiculée par les ouvrages d'une maquette numérique

2 3 1 ENQUETE AUPRES DES PROFESSIONNELS

Travaillant à la conception d'un outil d'assistance à la coopération en architecture appliqué au domaine du bois, il nous a semblé, à Mohammed Bouattour et moi-même, impératif d'aller au contact des professionnels de ce secteur. Afin de mieux identifier les pratiques de coopération dans ce domaine, nous avons effectué une enquête auprès de différents professionnels (architectes, bureaux d'études, entreprises, ...etc.) sur la base de 4 opérations de construction en bois régionales manifestes : le collège Guy Dolmaire à Mirecourt, les 20 logements à Saint-Dié-des-Vosges, le collège André Malraux à Senones et les 4 pavillons sociaux à Xonrupt-Longemer. Le questionnaire ¹⁹ mis au point était semi-directif puisqu'il comportait des tableaux à cocher (représentations matricielles) et des questions plus ouvertes. Chaque entrevue s'étalait sur une trentaine

¹⁹ Voir le questionnaire en annexe

de minutes durant laquelle nous posions les questions relatives à notre questionnaire avant de clore l'entrevue sur une courte discussion de 5 à 10 minutes ayant pour objet l'explicitation de nos travaux de recherche. Les premières questions portaient sur le rôle qu'avait endossé l'acteur questionné lors du projet sur lequel il avait travaillé, les phases durant lesquelles il était intervenu et sur sa production lors de ces phases. Nous lui proposons ensuite de corriger ou de valider les tableaux relatifs à la typologie sémantique des ouvrages préalablement mis au point par Mohammed Bouattour et moi-même. Enfin, le questionnaire s'achevait sur quelques questions ouvertes portant sur les différences entre les projets en bois et les projets sans bois, sur la manière dont l'acteur avait réussi ou non à gérer l'échange de ses données et des autres acteurs lors du projet, ...etc.

2 3 2 OUVRAGE / ACTEUR

La définition d'un ouvrage s'appuie entre autres sur les différents points de vue des acteurs d'un projet. Une remarque importante que nous pouvons faire concerne l'architecte, qui a le point de vue le plus étendu de tous les acteurs de la construction, c'est-à-dire qu'il est l'acteur qui est intéressé par le plus grand nombre d'informations contenues dans la maquette numérique. En effet, l'architecte est concerné par tous les aspects sémantiques des ouvrages puisqu'il est chargé de faire la synthèse de ceux-ci. Ce tableau met en évidence des relations de dépendances ou d'indépendances entre les acteurs et les ouvrages (ex. tous les acteurs sont concernés par la réglementation).

Typologie des ouvrages suivant les acteurs d'un projet	M. Ouvrage	M. Œuvre	B. E Structure	B. E Fluides	B. E Electricité	B. E VRD	B. E Thermique	B. Contrôle	Les écologistes	Les entreprises	Fournisseurs	Les acteurs décideurs	Les acteurs consultatifs
Réglementation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fonction	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Dimensions géométriques	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Propriétés physiques	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X
Structure & Stabilité	X	X	X	X				X		X	X		X
Types de matériaux	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Choix des essences	X	X	X					X	X	X	X	X	X
Qualités plastiques	X	X								X	X	X	X
Traitement & Finitions	X	X	X	X					X	X	X	X	X
Dimension paysagère et architecturale	X	X				X						X	X
Relations ouvrage / ouvrage	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Techniques de mise en oeuvre	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
Dimension financière	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X
Ouvrages de structure	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ouvrages de partition	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X
Ouvrages d'équipement	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Ouvrages d'accompagnement	X	X				X			X	X	X		X
Ouvrages de revêtement	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X

Figure 13 : Représentation sémantique des ouvrage en fonction des acteurs

2 3 3 OUVRAGE / DOCUMENT

Un ouvrage peut appartenir à un document en particulier, mais il peut également être référencé dans un autre document. Si le concepteur a été particulièrement sensible à un autre projet référencé dans une revue ou

sur un CD-Rom, il peut arriver qu'un ouvrage soit conçu en référence au projet de la revue ou du CD-Rom. Si un document contient toute une série de références normatives, un ouvrage conçu pourrait y faire référence. Il est donc intéressant de pouvoir mettre en évidence la traçabilité de la sémantique des informations relatives aux ouvrages dans les documents d'un projet. Cela permet de comprendre de quelle sémantique les acteurs ont besoin à quel moment et dans quels documents.

Typologie sémantique des ouvrages suivant les documents d'un projet	Programme	Certificat d'urbanisme	Plan topographique	Composition, reconnaissance de sols	Cahier des charges	Etude d'impact	Photos du site	Plan de situation	Plan de cadastrale	Plan de masse	Divers Esquisses	Divers vues en Plan	Élévations, coupes, ... etc.	Divers Détails	Insertions dans le site	Divers Notices	Quantitatifs, Estimatif	CAC, CCA, CCP, CCTP	Documents techniques unifiés	Documents contractuels, Contrats	Documents Installations de chantier	Documents Suivi de chantier	Documents des ouvrages réalisés	Documents accord et conformité	
Réglementation	X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Fonction	X	X			X	X				X	X	X	X	X		X		X	X						
Dimensions géométriques			X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
Propriétés physiques	X										X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X
Structure & Stabilité	X										X	X	X	X		X	X	X	X				X	X	X
Types de matériaux	X										X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X
Choix des essences	X										X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Qualités plastiques	X										X	X	X	X	X	X	X	X	X						
Traitement & Finition	X																	X	X				X	X	X
Dimension paysagère et architecturale	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
Relations ouvrage / ouvrage		X										X	X	X			X	X	X				X	X	
Techniques de mise en oeuvre												X	X	X			X	X	X				X	X	
Dimension financière	X					X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
.....	Doc Préliminaires					Doc Conception										Doc Réalisation									
.....																									

Figure 14 : Récapitulation de la traçabilité des informations sémantiques relatives aux ouvrages dans les documents d'un projet

2 3 4 OUVRAGE / ACTIVITE


Un ouvrage évolue tout au long de son cycle de vie. Ainsi, les acteurs peuvent travailler sur des attributs dans une phase et les négliger dans une phase suivante par exemple, tout comme ils peuvent travailler sur des attributs durant toutes les phases (réglementation, dimensions financières). L'étude de la relation entre ouvrage et activité permet de situer l'état d'un ouvrage à un moment donné.

Typologie sémantique des ouvrages suivant les activités d'un projet	Etudes Préliminaires	Essais	Avant-Projet Sommaire	Avant-Projet Détaillé	Etudes de projet	P. de construction de travaux	E. d'exécution de système	D. exécution de contrôle	O. de Pilotage de Contrôle	Opérations de réception
Réglementation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fonction	X	X	X	X	X		X			
Dimensions géométriques	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Propriétés physiques	X	X	X	X	X		X		X	
Structure & Stabilité	X	X	X	X	X		X		X	
Types de matériaux	X	X	X	X	X					
Choix des essences	X	X	X	X	X					
Qualités plastiques	X	X	X	X	X					
Traitement & Finition	X				X		X		X	X
Dimension paysagère et architecturale	X	X	X	X	X					
Relations ouvrage / ouvrage	X	X	X	X	X		X			
Techniques de mise en oeuvre				X	X		X	X	X	
Dimension financière	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figure 15 : Récapitulation de l'importance des informations sémantiques suivant les phases d'un projet

2 3 5 OUVRAGE / OUTIL

Nous l'avons vu plus haut, la question de l'outil se pose dès que nous parlons de maquette numérique. En effet, celle-ci ne peut être produite qu'avec des outils de CAO ²⁰ DAO ²¹ de nouvelle génération véritablement orientés objets. L'étude de la relation entre ouvrages et outils a permis de mettre en évidence quels outils permettent de traiter quel aspect sémantique des ouvrages. En faisant un état des lieux des outils logiciels existants, nous pouvons faire état des lacunes ou des pertinences des logiciels actuels à modéliser des ouvrages en bois.

Typologie sémantique des ouvrages traitée dans les outils informatiques	A	Archi	All	Cad	Woo	Sem	Ro	Eff	Estimateu	Hunde	Abyla
	D	ca	pl	work	d	a	bot	el	r Général	gger	
	Log CAO -DAO			Log modélisation & dimensionnement			Log de calcul de structure		Log de métrés & estimation	Log de fabrication	Log de gestion du patrimoine
Réglementation							X				 1 x
Fonction			X	X	X	X	X	X			X
Dimensions géométriques	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Propriétés physiques			X		X	X	X	X			X
Structure & Stabilité			X	X		X	X	X		X	
Types de matériaux	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Choix des essences							X	X	X	X	
Qualités plastiques	X	X	X	X	X	X					
Traitement & Finition											X
Dimension paysagère et architecturale	X	X	X	X	X	X					
Relations ouvrage / ouvrage	X	X	X	X	X	X	X	X			
Techniques de mise en oeuvre				X	X	X		X		X	
Dimension financière	X	X	X		X			X	X		X

²⁰ Conception Assistée par Ordinateur

²¹ Dessin Assisté par Ordinateur

Documents (références, édition...)		X				X					
Acteurs (auteur, participants...)											
Activités (Phases, tâches, opérations...)											

Figure 16 : Récapitulation du traitement des informations sémantiques dans les outils logiciels dédiés au bois

2 4 LES OUTILS INFORMATIQUES DEDIES AU BOIS

L'essor de l'informatique lors des années passées a fait naître dans notre secteur d'étude, comme dans d'autres secteurs, plusieurs outils logiciels très intéressants, mais qui furent développés dans une certaine forme d'autarcie. En effet, pratiquement chaque logiciel sur le marché a son propre format de fichiers créé par son éditeur. Cette mosaïque de formats ne permettant pas d'échanger entre outils concurrents est un facteur supplémentaire de fragmentation de l'information lors du projet. Actuellement, chaque acteur travaille donc sur sa propre plate-forme et tente d'échanger avec les autres acteurs via des formats intermédiaires qui ont du mal à conserver et à transmettre l'ensemble des informations (dwg, dxf, ifc, mxp, ...etc.). Lors de notre enquête, nous avons souvent entendu que les professionnels de la construction bois étaient à la recherche, soit d'une plate-forme unique (minoritairement), soit d'un format unique (majoritairement). Actuellement, les formats *.dwg (AutoCAD) et *.dxf semblent les plus utilisés dans le cadre des échanges entre les architectes et les bureaux d'études par exemple. Les données contenues dans les fichiers des professionnels sont donc difficilement inter-opérables du fait que leurs outils de CAO DAO ont le plus souvent mis en avant des solutions propriétaires incompatibles (modélisation avec des objets 3D internes, langages de programmation complexes, difficultés de conversion, ...etc.).

2 4 1 ETAT DES LIEUX

Chaque corps de métiers ayant ses propres besoins et ses propres méthodes, les éditeurs de logiciels ont développé des outils répondant à plusieurs problèmes. Nous avons pu recenser six grandes familles de logiciels capables de jouer un rôle dans le cadre d'une modélisation d'ouvrages en bois. Comme nous l'avons vu plus haut, chacun de ces

logiciels possède ses propres caractéristiques et n'est pas capable de traiter toute la sémantique contenue dans des ouvrages. Il était donc intéressant de se poser la question de la pertinence des logiciels actuels à modéliser des ouvrages en bois.

2 4 1 1 LES LOGICIELS DE CAO / DAO

Cette famille correspond aux outils permettant de concevoir des bâtiments ou des ouvrages dans leur globalité. Ils permettent par exemple de dessiner des ouvrages type mur, poteau, toit, fenêtre, ...etc. Souvent, il s'agit d'outils que l'on nomme « logiciels d'architecture ». Les logiciels les plus répandus actuellement sont par exemple Autodesk Architectural Desktop, Archicad, Allplan, ...etc. Ils sont utilisés principalement par des architectes ou pour dresser des avant-projets, des permis de construire, ... etc. Ces logiciels ne prennent pas ou peu en compte l'aspect technique de la construction en bois et restent assez généralistes.

2 4 1 2 LES LOGICIELS DE MODELISATION ET DE DIMENSIONNEMENT

Ces logiciels se placent dans la continuité de la famille précédente. Ils permettent de traiter plus précisément l'aspect technique du projet sans pour autant tourner le dos au côté architectural. Ces outils proposent souvent une gamme de produits englobant toutes les solutions de la planification, de la conception en 3D et de la fabrication. En fait, les acteurs traitent leur projet dans un seul et unique système permettant d'exécuter toutes les tâches de la réalisation d'un projet bois, de la conception, à la réalisation des plans d'exécution, jusqu'au transfert des données machines. Nous pouvons citer plusieurs outils comme WoodEngine, Cadwork, Sema, ...etc.

2 4 1 3 LES LOGICIELS DE CALCUL DE STRUCTURE

Ces outils ne traitent que l'aspect purement structurel des édifices en se plaçant du point de vue de l'ingénieur de structure. Ils proposent un environnement complet pour le calcul de structures dédié aux métiers de la construction. Les utilisateurs créent des éléments filaires (barre, poutres, ...etc.), des arcs de cercles, des éléments surfaciques (membranes, plaques, coques, ...etc.), placent des trémies, des ouvertures, ...etc. Ils appliquent ensuite des charges quelconques (ponctuelles, linéaires et surfaciques), ou utilisent des assistants

permettant de traiter le poids propre, les charges climatiques, les actions sismiques, ...etc. Enfin, ils ancrent leurs structures sur des appuis ponctuels, linéaires ou surfaciques de plusieurs types. Ces logiciels permettent alors de vérifier et d'optimiser le comportement de l'ouvrage conformément aux règlements de la construction en bois. Nous pouvons citer Effel ou Robobat par exemple comme des outils de référence dans ce domaine.

2 4 1 4 LES LOGICIELS DE METRES ET D'ESTIMATION

Ils aident leurs utilisateurs à réaliser leurs estimations et leurs soumissions de manière rapide. Certains de ces outils fonctionnent en réseau et permettent à plusieurs utilisateurs de travailler sur le même projet en même temps. Cela permet de gagner du temps dans l'estimation générale d'un ouvrage.

2 4 1 5 LES LOGICIELS DE FABRICATION

Les ouvrages dessinés dans une maquette numérique sont destinés, à un moment ou à un autre, à être fabriqués ou mis en œuvre. Dans le domaine du bois, il faut tailler les morceaux de bois et cela n'est possible que manuellement ou aidé par une machine. Ces machines sont le plus souvent commandées numériquement, c'est-à-dire qu'elles sont pilotées par un logiciel qui permet de donner un coup de scie à un endroit voulu ou encore de percer le morceau de bois à un autre endroit sur la pièce. En général, le vendeur de la machine fournit son logiciel qui permet de la piloter. C'est le cas par exemple pour les firmes allemandes Hundegger, Weinmann, Dietrich, ...etc.

2 4 1 6 LES LOGICIELS DE GESTION DU PATRIMOINE

Ces logiciels permettent aux propriétaires de gérer leur patrimoine de façon efficace. Le logiciel Abyla est un exemple en la matière.

2 4 2 LES FORMATS D'ECHANGE

Le problème de la communication entre les applications reçoit différentes réponses qui évoluent au gré des évolutions technologiques dans le domaine de l'informatique. « Le problème de coexistence de plusieurs modèles au sein d'un même secteur a été abordé par l'intermédiaire d'une conversion de données entre modèles ». Les systèmes informatiques

d'aujourd'hui manipulent encore trop souvent des données propriétaires spécialisées internes non compatibles, et ceci constitue un grand handicap pour avoir un référentiel homogène unique. Plusieurs travaux ont eu lieu ces dernières années pour aborder ce problème. Le format *.dxf développé par la société Autodesk s'est imposé comme un standard d'échange puisque la plupart des logiciels de CAO DAO exportent et/ou importent des fichiers de ce format qui ne peuvent décrire que des entités géométriques (solides 3D, lignes 2D, ...etc.). Il y a eu quelques tentatives pour étendre la sémantique véhiculée mais elles ont été limitées avec l'arrivée des IFC.

2 4 3 LES IFC

Créés par l'IAI ²², les IFC (Informations For Construction) représentent un nouveau standard d'échange et de partage d'informations se voulant universel et facilitant les échanges en coordonnant les différents points de vue. Le modèle des IFC est un modèle coopératif orienté métier qui contient, dans sa dernière version (IFC 2x), près de 400 classes.

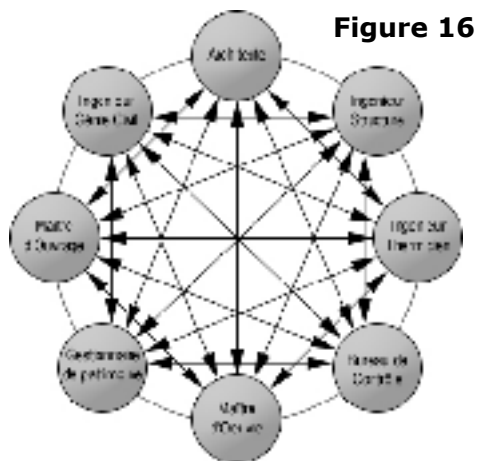


Figure 16

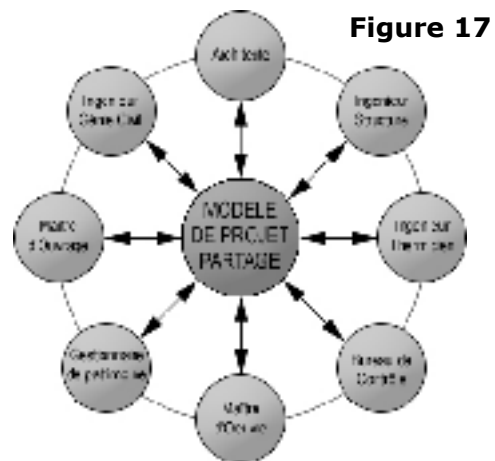


Figure 17

Figure 17 : Complexité des communications avec les moyens d'échanges d'informations actuels

Figure 18 : Uniformisation des échanges entre acteurs avec la maquette numérique des modèles IFC ²³

Le modèle des IFC est un modèle coopératif orienté métier structuré en 4 niveaux hiérarchiques :

- **Le premier niveau** identifie les phases générales (faisabilité, conception, construction et exploitation du bâtiment).

²² International Alliance for Interoperability

²³ Figures issues de [MON97]

- **Le second niveau** décompose chacune de ces phases en phases secondaires qui sont organisées chronologiquement. (la phase de conception est ainsi composée de phases de programmation, de conception schématique, de conception détaillée, de réalisation de documents d'exécution ou de réalisation des appels d'offres.
- **Le troisième niveau** décompose les phases secondaires en une série de processus chaînés correspondants à des actions de conception. La phase de conception schématique, par exemple, décrit les processus d'analyse de site, de diagramme des espaces, des plans des murs, ...etc.
- **Le quatrième niveau** décompose chaque processus en un ensemble d'activités.

L'architecture des modèles IFC 2.X est constituée des couches suivantes [IAI99]:

- La couche **des ressources** (acteurs, prix, matériaux, ...etc.)
- La couche **du noyau** (classes de premier degré comme IfcActor, IfcObject, ...etc.)
- La couche **de l'interopérabilité** (les éléments à échanger)
- La couche **des domaines d'activités** (électricité, VMC, ...etc.)

Le formalisme utilisé est le langage EXPRESS de la norme STEP associant un formalisme graphique qui permet une description statique des données [SAH99]. L'objectif final des IFC est d'obtenir une base de données représentant le bâtiment en cours de conception par une description numérique interopérable.

Ce modèle des IFC ne possède pas de spécifications propres à la construction en bois car tous les efforts de l'IAI sont portés sur la définition et l'adaptation des IFC au domaine de la construction en général. Ainsi, la classe « mur » des IFC contient par exemple des caractéristiques géométriques (par exemple les dimensions) mais ne contient pas de caractéristiques propres à la construction bois (par exemple panneau à ossature bois, mur en madriers empilés, ...etc.).

Actuellement, seuls quelques outils informatiques de CAO DAO offrent la possibilité de lire et/ou d'enregistrer au format IFC. Il s'agit d'Architectural Desktop, d'ArchiCAD, d'Allplan et de Robobat. Claire ou FivX peuvent être utilisés comme de simples visualiseurs.

2 5 CONSTRUCTION DE POINTS DE VUE

Le monde du bâtiment est un monde complexe composé d'acteurs tous très différents. Chacun de ces acteurs a un rôle à jouer lors de la conception du projet et se doit d'expertiser le projet en fonction de ses propres compétences et avec ses propres moyens. Comme le souligne Valérie Noté [NOT99], la notion de point de vue intervient de façon cruciale dans de nombreuses applications. Elle est à considérer dès que l'on se place dans un contexte multi-utilisateurs et se révèle encore plus importante dans les applications requérant une multi-expertise, c'est-à-dire dont les utilisateurs, et souvent les concepteurs, proviennent de domaines de compétences variés, car les différences de perspectives n'en seront que plus flagrantes. En imaginant la construction de points de vue sur la maquette numérique, nous permettons aux acteurs et aux utilisateurs d'y accéder de façon intuitive et efficace, et d'éliminer les informations parasites qui ne les concernent pas, en ne conservant que les informations qui requièrent leur expertise ou leur intervention. Il faut donc clairement identifier de quel type d'information l'acteur a besoin ? Comment en a-t-il besoin ? A quel moment en a-t-il besoin ? Où en a-t-il besoin ? ...etc. Il s'agit d'un problème qui devient récurrent dans tous les domaines dès lors qu'on a affaire à des bases de données assez larges. En fait, dès que l'on a beaucoup d'informations, se pose le problème de savoir comment on peut la filtrer afin de la rendre explicite pour les utilisateurs.

2 5 1 LES POINTS DE VUE

Nous l'avons vu plus avant, la notion de point de vue peut être définie comme étant la formulation individuelle de problèmes contenus dans l'artefact commun à tous les acteurs correspondant, dans notre cas, à la maquette numérique. Il faut donc savoir précisément quels sont les problèmes qui se posent aux différents acteurs de la construction pour mettre en évidence leurs besoins en informations. Nous avons également remarqué que certaines familles d'acteurs ont des besoins similaires en ce qui concerne l'information.

Ainsi, je propose de structurer les points de vue, dans un **premier niveau**, en fonction de ces familles. Nous allons donc retrouver des points de vue correspondants à la maîtrise d'ouvrage, à la maîtrise d'œuvre, aux équipes de réalisation, au contrôle technique et aux acteurs décisionnaires. Ce premier niveau offre des points de vue qui restent

assez généraux puisqu'il peut y avoir, par exemple, plusieurs types d'entreprises ayant des besoins différents en informations. C'est pourquoi la notion du point de vue des équipes de réalisation peut-être trop général.

Je propose donc de structurer un **deuxième niveau** de définition des points de vue correspondant aux corps d'état. Nous retrouvons, à ce second niveau de définition le point de vue du plaquiste, de l'architecte, du bureau d'étude structure, ...etc.

Enfin, le **troisième niveau** que je propose répond à des problèmes plus individuels. En effet, un utilisateur peut, à un moment donné et sur une période donnée, avoir besoin d'une information complémentaire. Par exemple, un charpentier pourra être momentanément intéressé par les informations relatives aux fondations pour savoir comment positionner une file de poteaux. C'est pourquoi il semble nécessaire d'imaginer un système qui permette de gérer ces points de vue adaptatifs individuellement. Un utilisateur pourra ainsi affiner son point de vue de manière individuelle, information par information, puis l'enregistrer sous son propre nom.

Nous avons vu que nous pouvons structurer nos points de vue selon une logique métier. Mais, lors d'un projet, il se peut qu'un acteur ne se retrouve à aucun des trois niveaux que je propose. C'est pour cette raison que j'ai réfléchi à la possibilité de créer des points de vue transversaux. La méthode de création de ses points de vue est un peu la même que le troisième niveau de définition dans le sens où l'utilisateur définira son point de vue en choisissant dans une liste l'information qu'il désire voir, puis enregistrera son point de vue sous son nom. Nous ne sommes pas dans un processus de raffinement du point de vue, mais bien de création. C'est cela qui différencie les points de vue transversaux des points de vue définis au troisième niveau.

2 5 2 LES INFORMATIONS / LES DONNEES

A l'issue d'un questionnaire mené par Mohammed Bouattour, nous avons pu établir un tableau de classification de la typologie sémantique des informations propres relatives aux ouvrages. Dans notre cas, il s'agira de

filtrer ces informations afin de les rendre explicites à l'utilisateur connecté. Voici le tableau permettant de mieux comprendre ce qui peut définir sémantiquement un ouvrage type mur et qui pourra donc être filtré dans les points de vue.

2 5 3 LE SYSTEME DE FILTRES DE DONNEES A CARACTERE SEMANTIQUE

Dans une maquette numérique, l'ensemble de la sémantique relative aux ouvrages est censé y être présent. Le nombre de ces informations étant fortement élevé, je devais imaginer un moyen de ne pas toutes les rendre explicites à l'acteur connecté. Il serait contraire à la notion de maquette numérique de vouloir éliminer de cette dernière les informations ne concernant pas l'acteur. En revanche, nous pouvons imaginer que le fait d'éliminer les informations parasites ne concernant pas un acteur revient à ne pas afficher toute la sémantique de certains ouvrages en fonction du point de vue de l'utilisateur. Pour moi, un objet mur, par exemple, représente l'ensemble des informations de tous les points de vue des acteurs et des utilisateurs du projet sur ce mur, ce qui explique la difficulté de saisir l'objet dans sa globalité. Je pense que cette information sémantique des ouvrages peut être stockée dans un format d'échange et être traduite dans des maquettes numériques. En ce sens, je pense que les classes des objets IFC sont actuellement les plus abouties pour constituer les briques de base de la réalisation d'une maquette numérique dans la construction. Il s'agira ensuite de masquer ou non certaines informations pour qu'un utilisateur puisse agir efficacement sur le projet. En prenant l'exemple d'un bureau d'études « électricité », il faudra afficher trois types d'ouvrages (structure, partition et équipement) et masquer deux types d'ouvrages (accompagnement et revêtement). De même, le BE électricité verra la sémantique le concernant (réglementation, fonction, dimensions géométriques, types de matériaux, relations ouvrage / ouvrage, techniques de mise en œuvre et dimension financière) et ne verra pas la sémantique ne le concernant pas (propriétés physiques, structure et stabilité, choix des essences, qualités plastiques, traitement et finition et dimension paysagère). Ce système de masques permettrait de créer des filtres de données à caractère sémantiques correspondants aux points de vue des acteurs, des corps d'états ou transversaux. Enfin, si le support logiciel le permet, nous pouvons envisager d'adapter les interfaces de travail en fonction de chaque point de vue et notamment des éléments d'interface comme les icônes, les menus, ...etc.

Typologie sémantique des ouvrages suivant les acteurs d'un projet	M. Ouvrage	M. Œuvre	B. E Structure	B. E Fluides	B. E Electricité	B. E VRD	B. E Thermique	B. Contrôle	Les écologistes	Les entrepreneurs	Fournisseurs	Les acteurs décideurs	Les acteurs consultatifs
Réglementation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fonction	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dimensions géométriques	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Propriétés physiques	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X
Structure & Stabilité	X	X	X	X				X		X	X		X
Types de matériaux	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Choix des essences	X	X	X					X	X	X	X	X	X
Qualités plastiques	X	X							X	X	X	X	X
Traitement & Finitions	X	X	X	X					X	X	X	X	X
Dimension paysagère et architecturale	X	X				X						X	X
Relations ouvrage / ouvrage	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Techniques de mise en oeuvre	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
Dimension financière	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X
Ouvrages de structure	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ouvrages de partition	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X
Ouvrages d'équipement	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Ouvrages d'accompagnement	X	X				X			X	X	X		X
Ouvrages de revêtement	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X

Figure 19 : Représentation matricielle du point de vue du BE²⁴ Electricité

²⁴ Bureau d'études

3 VALIDATION

Nous allons, dans cet ultime chapitre, présenter les conditions de validation de mon travail. La mise au point d'un scénario qui m'a permis de créer un prototype. Tous ces éléments me conduiront à émettre des critiques et à souligner les limites qui auront émergé au cours de la validation de mon travail.

3 1 LE SCENARIO

Le scénario mis au point en collaboration avec Mohammed Bouattour repose sur un projet architectural de l'architecte Valéri Lemarquis. Il concerne la construction d'une installation de stockage de chlorure de sodium dans la commune de Gérardmer dans les Vosges. Ce scénario a servi de base pour la validation du travail au niveau du prototype et de l'expérimentation. Le projet utilise le bois comme matériau principal de construction et nous offre ainsi un terrain d'investigation très intéressant.

3 1 1 LE PROGRAMME

Le projet doit être construit sur un terrain de 4831 m² appartenant au Département des Vosges. C'est le Conseil Général qui a décidé, en partenariat avec l'ENSTIB, d'aménager une partie de ce terrain en prévoyant la construction d'un hangar à matériel et d'un abri à sel de qualité, opération pilote située sur la route du bois. La construction d'un abri à sel constitue la première tranche ferme de cette opération et indique que l'abri à sel, d'une surface au sol d'environ 20 x 20 mètres, doit permettre de stocker 1800 tonnes de sel. Le Département des Vosges s'étant engagé dans une démarche de Haute Qualité Environnementale, l'architecte a prévu dans la construction l'utilisation maximale de produits naturels, recyclables et a intégré dans son étude la gestion des déchets de chantier. Il a donc été décidé que cet abri à sel serait réalisé en bois.

3 1 2 LE PROJET

Le bâtiment s'ouvre au sud et se ferme sur ses faces Nord, Est et Ouest et repose sur une dalle en béton armé. La structure réalisée en bois permet de reprendre sur ses parois latérales les poussées du sel, avec une trame serrée de 2.50 mètres d'axe en axe. La toiture s'appuie sur un mur central en béton armé qui détermine les deux compartiments de stockage du sel.

Le bardage extérieur en pin douglas protège les structures du mur de soutènement et la galerie. Le mur de soutènement reprend les poussées du stockage, la partie supérieure à claire-voie évite tout effet de chargement excessif.

3 1 3 LE DESCRIPTIF ²⁵

Des ensembles poteaux (200x300) et jambages (200x300), liés par des traverses (200x200), portent la toiture et stabilisent le mur de soutènement du sel. Le revêtement de ce mur est gradué en trois étapes, suivant la pression décroissante (du bas vers le haut, les pièces sont de plus en plus minces). Les poteaux portent un bardage, fixé sur une ossature secondaire. Le bardage (20x110) est constitué d'une essence naturellement durable : douglas ou mélèze. Des entretoises (120x120) relient les poteaux. Les efforts horizontaux transitent par elles avant d'être repris par des diagonales situées dans le plan des murs de soutènement, donc très discrets. Chaque ensemble portique et ferme est auto stable transversalement. Les pannes (200x300), reliées entre elles par des entretoises, reposent sur le mur central, par l'intermédiaire de potelets et contrefiches dans le plan central (200x200), et de contrefiches (200x200) reprenant les pannes à mi-longueur, soit pour les charges verticales, soit pour les efforts de contreventements. Les pannes portent les chevrons (90x90 et 90x150). En rive haute, ceux-ci sont plus forts, pour reprendre le large porte-à-faux, faisant auvent. Sur les chevrons, un panneau de contreplaqué CTBX (12 mm) sert de support d'étanchéité et de plaque de contreventement, renvoyant les efforts horizontaux sur les poteaux des parois latérales et sur le mur central. Les rives sont traitées de manière à protéger tous les bois de structure.

3 1 4 LES PLANS

Voici les plans du projet de Valéri Lemarquis mis au point conjointement avec le bureau d'études « Structure » Anglade.

²⁵ Le descriptif a été mis au point par le bureau d'études structure Anglade

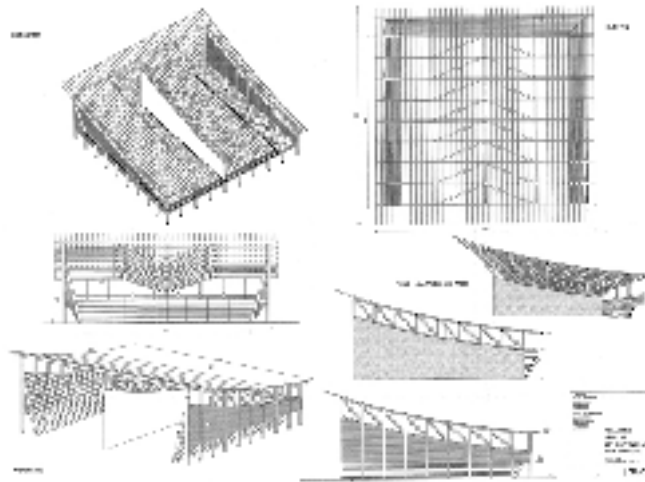


Figure 20 : Plans de l'abri à sel ²⁶

²⁶ Les plans de l'abri à sel ont été mis au point par l'architecte Valéri Lemarquis et le bureau d'études structure Anglade. Voir les plans en annexe.

représentation des informations adaptée à son point de vue. Bien sûr, il ne s'agit pas d'un outil directement utilisable dans le cadre professionnel de la construction de bâtiments en bois, il doit être abordé comme un outil de questionnement et d'expérimentation. J'ai basé mon prototype sur le projet de construction d'un abri à sel à Gérardmer décrit plus haut.

3 2 1 LE CONCEPT

Le concept repose en premier lieu sur la notion de maquette numérique. Nous l'avons vu, la maquette numérique contient un nombre d'informations très important et difficilement saisissable dans sa globalité. Cette base de données contenant la sémantique du projet est lourde et doit être filtrée pour permettre une coopération plus efficace. Un utilisateur se connectant à la maquette numérique via une interface de connexion va transmettre à la base de données son profil, ce profil va renvoyer son point de vue qui va filtrer certaines informations de la base de données qui ne l'intéressent pas. Les informations restantes vont donc être affichées à l'utilisateur qui va pouvoir agir sur la maquette numérique efficacement. Comme nous l'avons vu plus haut, l'utilisateur peut avoir besoin, temporairement, d'afficher ou de masquer certaines informations. J'ai donc introduit cette notion d'affichage ou de masquage, information par information, correspondant au troisième niveau de définition des points de vue. Voici un schéma représentant le concept général du prototype AutoPDV.

3 2 2 LA PROGRAMMATION

Le logiciel AutoCAD fournit une interface de programmation intéressante dénommée VisualLISP. Pour des raisons de commodités, j'ai décidé d'employer le langage de programmation AutoLISP pour mettre au point mon prototype.

Nous l'avons exposé plus haut, dans notre cas, la construction des points de vue repose sur le masquage ou l'affichage des informations de la maquette numérique. Un moyen de gérer la visibilité des informations dans le logiciel AutoCAD est de rendre inactif ou actif des calques contenant les informations de la maquette numérique. Je me suis reposé sur cette notion de calque pour développer le prototype AutoPDV.

Avant de programmer les points de vue, il a fallu programmer l'interface de connexion des utilisateurs à la maquette numérique. Cette interface a

un rôle primordial puisqu'elle renverra au programme le profil de l'utilisateur connecté. Avant toute chose, le programme fournit deux interfaces de connexions correspondantes aux deux phases implémentées dans le prototype (connexion_aps et connexion_apd). Le programme a besoin de deux informations qui sont le nom et la fonction de l'utilisateur ; une troisième option, le mot de passe, étant ajoutée relative à la sécurisation des profils. Voici un extrait du code AutoLISP correspondant à la connexion des utilisateurs.

```
(setq NAME_VALUE (getstring "\n Quel nom ? :"))  
(setq FONCTION_VALUE (getstring "\n Quel fonction ? :"))  
(setq PASSWORD_VALUE (getstring "\n Quel mot de passe ? :"))
```

Les données relatives au profil de l'utilisateur sont stockées dans les variables NAME_VALUE, FONCTION_VALUE et PASSWORD_VALUE. Pour que le programme renvoie le bon point de vue correspondant, il doit analyser la fonction de l'utilisateur. Par exemple, si l'utilisateur a choisi la fonction « BE Electricité » en phase APD, le programme lancera la fonction AutoLISP correspondante nommée BE_ELECTRICITE_APD.

```
(if (= FONCTION_VALUE "BE_Électricité") (BE_ELECTRICITE_APD))
```

Au moment de la connexion, le dessin a tous ses calques inactifs, c'est pourquoi, si l'utilisateur a choisi l'option « BE_Electricité », il ordonnera au programme d'afficher les calques correspondants aux informations qu'il désire voir affichées.

```
(command "-calque" "AC"  
"REG_APD,FON_APD,DIG_APD,TYM_APD,ROO_APD,TMO_APD,DIF_APD,*OST_APD,OPA_  
APD,OEQ_APD" "")
```

Les informations non représentables géométriquement sont contenues, quant à elles, hors de la maquette numérique, dans des fichiers au format HTML. Ainsi lorsque l'utilisateur décide d'afficher la réglementation relative à tout le projet, le programme déclenche une fonction qui ouvre le fichier HTML. Lorsqu'il s'agit d'informations non représentables relatives à un ouvrage, j'ai utilisé la commande de lien hypertexte fournie par AutoCAD permettant, lorsqu'on a sélectionné l'ouvrage en question d'ouvrir un fichier HTML contenant ces informations.

Le prototype repose donc sur un principe de programmation encore très primaire qui permet de se rendre compte de l'intérêt d'introduire la notion de points de vue dans la maquette numérique. Il manque encore

beaucoup de fonctions pour le rendre véritablement opérationnel, mais là n'était pas sa vocation au moment où nous avons commencé la programmation de cet outil.

3 2 3 L'INTERFACE

Pour pouvoir utiliser le prototype AutoPDV efficacement, je me suis penché sur la mise au point d'une interface utilisateur. Le premier élément qui m'a semblé important était de permettre aux utilisateurs de cliquer sur des icônes plutôt que de taper leurs fonctions sur la ligne de commande. Pour ce faire, j'ai créé plusieurs barres d'outils contenant les icônes correspondantes aux fonctions du prototype. Les barres d'icônes, comme les menus déroulants que nous allons détailler plus tard, sont programmées dans un autre fichier dont l'extension est *.mnu. Voyons l'exemple de la barre d'outils correspondant à la phase APD. Cette barre d'outils contient, en premier lieu une icône permettant aux utilisateurs de se connecter à la maquette numérique. Ensuite, toutes les icônes correspondent aux fonctions de masquage ou d'affichage des informations, une par une. Enfin, les dernières icônes regroupent les familles d'ouvrages dont la famille des ouvrages de structure que j'ai développé un peu plus en profondeur. Ainsi, l'utilisateur peut voir ou ne pas voir tous les ouvrages de structure, mais il peut aussi décider de voir ou de ne pas voir uniquement les poteaux par exemple.



Figure 22 : Barre d'icônes du prototype AutoPDV

J'ai ensuite pensé à la mise au point de menus déroulants permettant de regrouper toutes les fonctions de façon exhaustive mais en les organisant suivant la même logique.

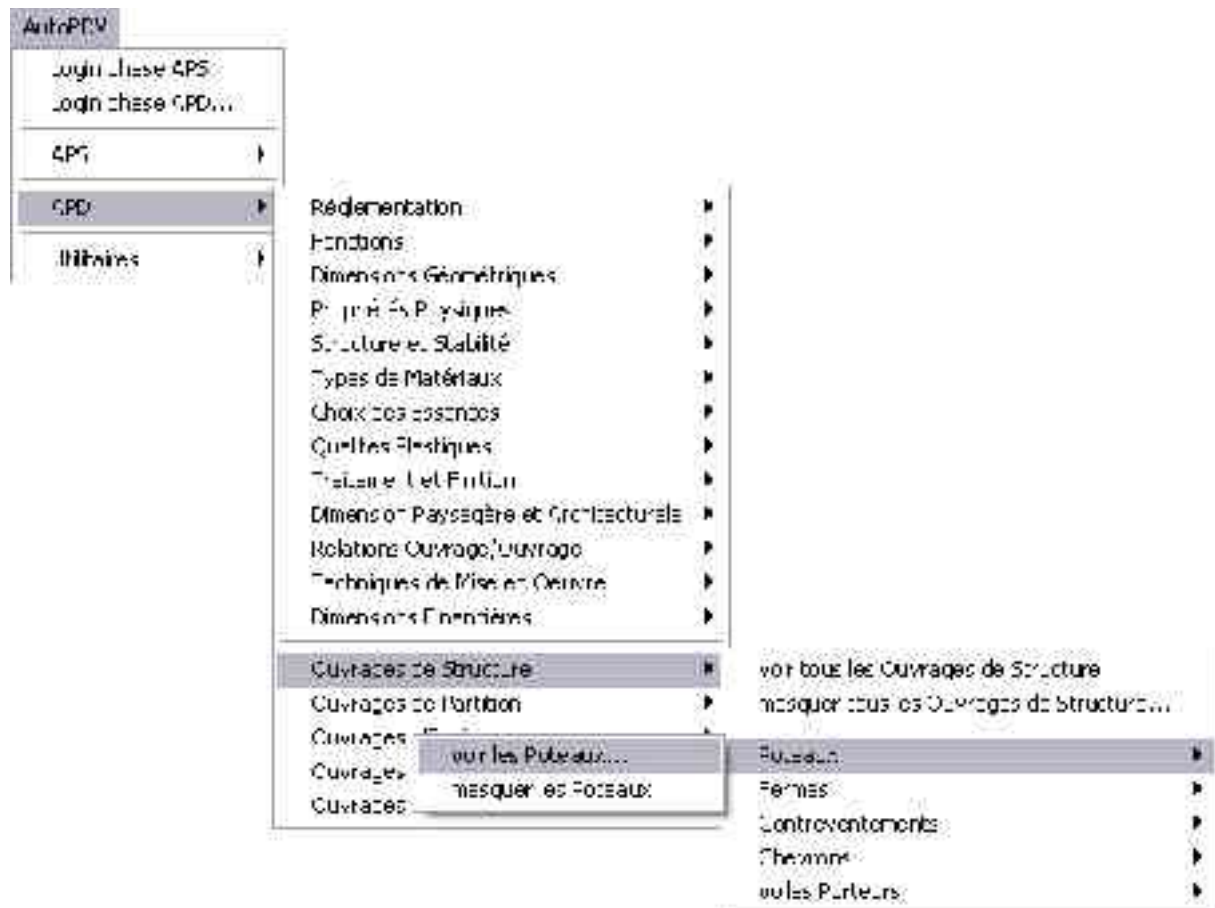


Figure 23 : Les menus du prototype AutoPDV

3 3 CRITIQUES ET LIMITES

Concernant tout d’abord le prototype AutoPDV, la première critique que nous pourrions faire serait relative au langage de programmation et au choix de format de fichier ainsi que du logiciel support. En effet, je pense que l’emploi et la manipulation de fichiers au format IFC permettrait de gérer plus efficacement la manipulation des informations. En effet, ce format de fichier contient des classes qui pourraient être plus efficaces dans la gestion des informations que le découpage par calques qui entraîne, dans le dessin AutoCAD, la présence d’un nombre trop important de calques puisque, dans notre prototype, le dessin contient déjà 46 calques. Pour manipuler efficacement les fichiers IFC, le langage AutoLISP devient inadapté, c’est pourquoi je pense que l’utilisation d’un autre langage de programmation comme Java ou C++ serait plus intéressante.

Enfin, nous pouvons envisager de changer de plate-forme de CAO DAO en explorant les capacités d'autres logiciels comme Allplan ou ArchiCAD.

D'un point de vue utilisateur, nous pouvons également critiquer un certain nombre de choses concernant le prototype AutoPDV. Je regrette de ne pas avoir eu le temps ni les moyens de mettre au point une boîte de dialogue permettant une connexion des utilisateurs plus efficace. Cette boîte de dialogue avait pourtant été mise au point au format DCL, mais je n'ai pas réussi à la faire fonctionner.



Figure 24 : Interface de connexion via une boîte de dialogue non implémentée

La gestion des informations non représentables géométriquement est encore trop « artisanale » et assez peu adaptée dans le cadre de la conception dans un outil de CAO DAO que ce soit relativement à un ouvrage ou à toute la maquette numérique. Nous pouvons également envisager la possibilité d'enregistrer les profils et les points de vue des utilisateurs dans un fichier permettant de ne pas les recréer à chaque connexion. Cette opération permettrait aux utilisateurs de gagner du temps et de pouvoir travailler immédiatement dès la connexion établie.

La maquette numérique est encore une notion qui doit faire son chemin dans le secteur du bâtiment. Le contexte actuel ne permet pas encore le passage à la maquette numérique comme dans le secteur industriel, puisqu'il n'existe pas encore d'outils suffisamment performants par exemple, mais je pense que d'ici quelques années, elle pourrait représenter le moyen le plus efficace de concevoir un bâtiment qu'il soit en bois ou non. La stabilisation d'un format de fichier et son développement, la mise en place d'un ou de plusieurs outils permettant de travailler de façon coopérative, l'introduction de la notion de points de vue dans ces outils sont des événements et des éléments incontournables si le secteur de la construction désire que la pratique expérimentale de la maquette numérique devienne une pratique courante.

D'autre part, pour pouvoir valider mon travail complètement ainsi que les hypothèses que j'ai avancées, il aurait fallu confronter mon travail à des professionnels de la construction en bois.

Nous pouvons imaginer, par exemple, de mettre au point une expérimentation reposant sur le scénario de l'abri à sel et du prototype AutoPDV. Cette expérimentation serait accompagnée d'un questionnaire permettant de recueillir les réactions des utilisateurs. Cette expérimentation permettrait de faire émerger quelques réflexions intéressantes et de valider ou d'infirmer les hypothèses.

Mon travail ne peut donc pas être validé dans l'immédiat mais dans un futur proche, il serait intéressant de se pencher sur cette validation. Des professionnels comme Valéri Lemarquis (architecte de l'abri à sel), le bureau d'études structure Anglade, ...etc. pourraient donner un avis éclairé sur mon travail.

CONCLUSION

Si la maquette numérique est aujourd'hui une réussite incontestable et incontestée dans le secteur industriel et de l'aéronautique, elle reste encore au stade expérimental dans le secteur du BTP. Le contexte du bâtiment est très particulier et ne permet pas, à l'heure actuelle, le passage à la maquette numérique. L'outil informatique est, aujourd'hui, un outil dont les acteurs du BTP se servent abondamment. Le phénomène d'éclatement géographique des entreprises entraîne également de nouvelles méthodes de travail. Le contexte du bâtiment devient donc de plus en plus propice au passage à la maquette numérique.

En faisant l'hypothèse que l'utilisation de maquettes numériques soit le moyen d'échange le mieux adapté au secteur de la construction en bois, je pense que la question de l'accès aux informations et de points de vue sur la maquette numérique sera une question cruciale. En effet, la multiplicité des acteurs intervenant sur le projet numérique entraîne des difficultés à échanger des données. La notion de maquette numérique ne pourra pas être crédible tant que la question de l'accès aux informations contenues dans cette dernière ne sera pas résolue. Je pense que le moyen le plus efficace de répondre à ce problème d'accès aux informations est de construire des points de vue sur la maquette numérique.

Ces points de vue devront être structurés selon une logique métier, de la même manière que le méta modèle du CRAI l'a été. Cela permettrait ainsi de rendre la maquette numérique opérationnelle dans le domaine de la construction en bois, fortement soumis à la question de la coopération entre les acteurs. Je propose de structurer ces points de vue en trois niveaux :

- **1^{er} niveau** : points de vue correspondant aux familles d'acteurs.
- **2nd niveau** : points de vue correspondant aux corps d'état.
- **3^{ème} niveau** : points de vue personnalisés et adaptatifs.

Si l'idée qu'il y ait une maquette numérique unique et commune à tous les acteurs me paraît fortement envisageable, je crois profondément à l'idée que les acteurs interagissent dans le cadre plus large du projet numérique. Mon travail s'est posé la question plus pointue de l'accès aux informations dans une maquette numérique, mais il faudra bien entendu étendre mes réflexions au contexte du projet numérique. En effet, le projet numérique soulève des questions similaires à celles que nous nous sommes posés dans ce travail. En effet, le contexte du projet numérique est un contexte multi utilisateurs contenant beaucoup d'informations qu'il est indispensable de filtrer en fonction des points de vue des utilisateurs. Nous pouvons, par exemple, imaginer de créer des points de vue sur le projet numérique comme nous les avons créés sur la maquette numérique. Il serait intéressant d'implémenter un système de points de vue dans un logiciel comme la plate forme BatMap développée par le CRAI.

BIBLIOGRAPHIE

LIVRES, REVUES, THESES, MEMOIRES, ...etc. Classés par ordre de citation.

[SAH99] SAHNOUNI-BELBLIDIA Y. – Modélisation des données dans le bâtiment pour le développement d'outils d'assistance à la conception technique. Un modèle pour la simulation du cycle de la conception technique. – Thèse de Doctorat. – Nancy. – mars 1999.

[TAR97] TARPIN-BERNARD F. – Travail coopératif synchrone assisté par ordinateur : Approche AMF-C. – Thèse de Doctorat spécialité Ingénierie Informatique. – Ecole Centrale de Lyon. – Juillet 1997.

[MAL01] MALCURAT O. – Modélisation d'un environnement logiciel d'assistance au travail collaboratif dans le secteur de l'architecture et du BTP. – Thèse de Doctorat. – Nancy. – Novembre 2001.

[GUE02] GUERRIERO A. – Etude de la coordination dans la coopération entre acteurs au cours de la conception d'un bâtiment. – Mémoire de DEA. – Nancy. – Octobre 2002.

[HAN03] HANSER D. – Proposition d'un modèle d'auto coordination en situation de conception, application au domaine du bâtiment. – Thèse de Doctorat. – Nancy. – Octobre 2003.

[GAU99] GAUZIN-MÜLLER D. – Construire avec le bois. – Technique de conception. – Le Moniteur. – Paris. – 1999.

[CND01] CNDB. – Enquête sur la construction en bois. – Collection ENSTIB. – Epinal. – 2001.

[CST98] CSTB. – Le bois, matériau de construction. – CSTB Magazine. – n° 117. – Septembre 1998.

[BRO85] BROSSY V. & FONTAN J. – Structure bois : principes de conception. – CSTB. – Cahier n° 2304. – Novembre 1985.

[BIG01] BIGNON JC., MALCURAT O., HALIN G. – Coopération et conception, vers une coopération assistée par les acteurs du bâtiment. – CRAI. – 2001.

[NAS03] NASSAR M., COULETTE B., KRIOUILLE A. – Vers des composants multivues réutilisables. – Workshop OCM-SI-2003. – 2003.

[ROU03] ROUSSEAU L. – Comparaison de points de vue pour la formulation de problèmes. – Thèse de Doctorat. – Université de Paris Dauphine. – Septembre 2003.

[COI98] COINTE C. – Aide à la gestion de conflit en conception concourante dans un système distribué. – Thèse de Doctorat. – Montpellier. – 1998.

[MOY89] MOYSE R. – Knowledge Negotiation Implies Multiple Viewpoints. – 4th International Conference Artificial Intelligence and Education. – Amsterdam.

[BAN92] BANA E COSTA. – Structuration, construction et exploitation d'un modèle multicritère d'aide à la décision. – Thèse de Doctorat. – Lisboa. – 1992.

[IAI99] International Alliance for Interoperability. – IFC Object Model Guide, enabling interoperability to the AEC / FM Industry. – Specifications Volume 2. – 1999.

[MON97] MONCEYRON JL. & POYET P. – Les classes d'objets IFCs : mode d'emploi. – CSTB. – Paris. – 1997.

[NOT99] NOTE V. – Une approche de la notion de point de vue et son application à un référentiel documentaire d'aide à la conception d'IHM. – Compte-rendu des journées de travail du PRC-13. – Ingénierie des Systèmes d'Information et Ingénierie des Connaissances. – Journée jeunes chercheurs. – Décembre 1999.

ANNEXES

1.1. QUESTIONNAIRE

Sujet du questionnaire: Identification de la sémantique des informations échangées lors d'opérations de construction en bois (analyse de l'évolution et la traçabilité des ouvrages).

Elaboré par : Bouattour Mohammed, Thibault Jérôme, CRAI (Centre de Recherche en Architecture et Ingénierie - 2 rue Bastien Lepage, 54001 Nancy Cedex - France).

Questionné :

Raison sociale / Activité :

Nom & prénom :

Fonction :

Adresse :

Contact électronique :

Téléphone :

Fax :

Projet :

- Lors de quelle(s) phase(s) d'étude êtes-vous intervenu ?

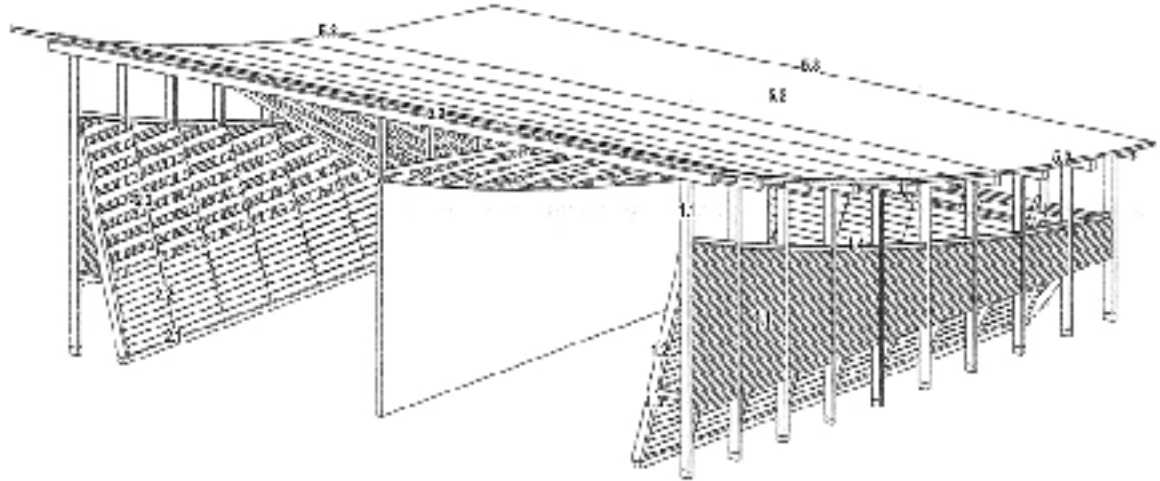
EPR. Etudes préliminaires	
ESQ. Etude d'esquisse	
APS. Etude d'Avant-Projet Sommaire	
APD. Etudes d'avant-projet définitif	
PRO. Etudes de projet	
ACT. Passation des contrats de travaux	
EXE. Etudes d'Exécution et de Synthèse	
DET. Direction et exécution des contrats de travaux	
OPC. Opérations de Pilotage et de Contrôle	
AOR. Opérations de réception	

- Quels étaient vos rôles respectifs pour la conception d'un ouvrage type (structure verticale) au cours de son cycle de conception - construction?

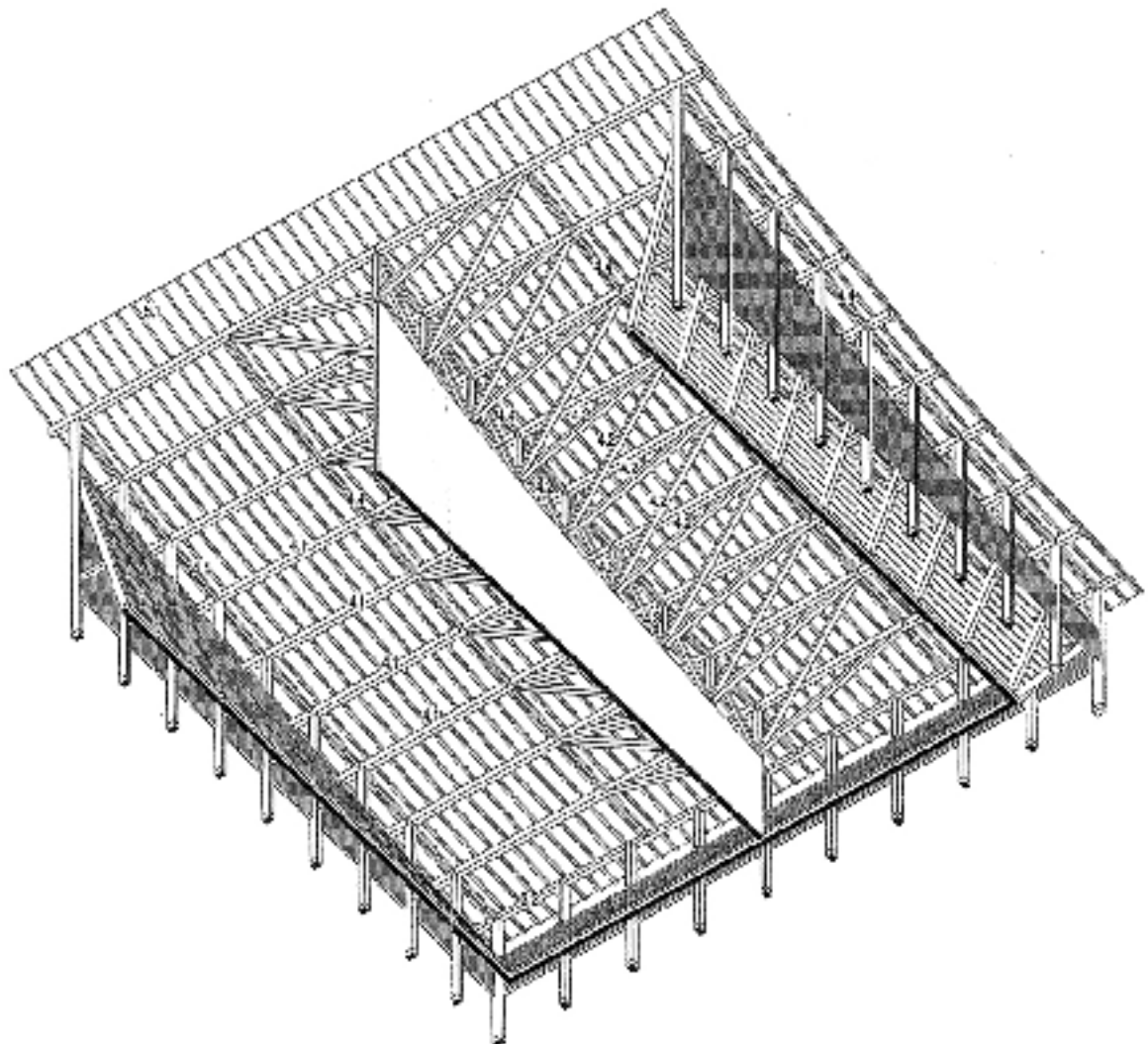
	EPR.	ESQ.	APS.	APD.	PRO.	ACT.	EXE.	DET.	OPC.	AOR.
Rôle opérationnel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Proposer										
Consulter										
Modifier										
Valider										
Donner Avis										
Rôle organisationnel	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Contacter										
Organiser réunions										

- Quelles informations étaient prises en compte pour la conception de cet ouvrage ? Par quel type d'informations étiez-vous concerné ? Dans quels documents avez-vous trouvé ou édité ces informations ? Lors de quelles phases avez-vous utilisé ces informations ? Et enfin, quel type d'information vos outils informatiques ont-ils permis de traiter? (voir tableaux)

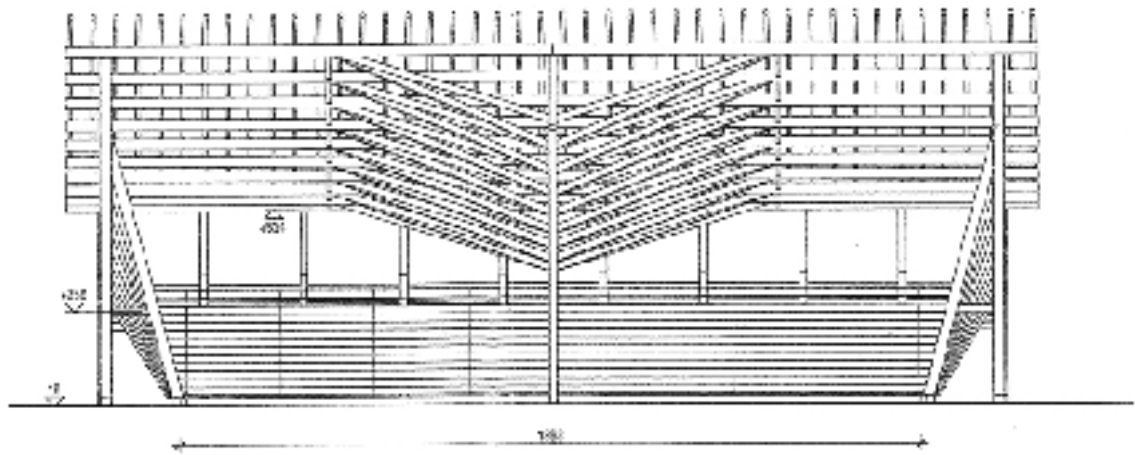
LES PLANS DE L'ABRI A SEL



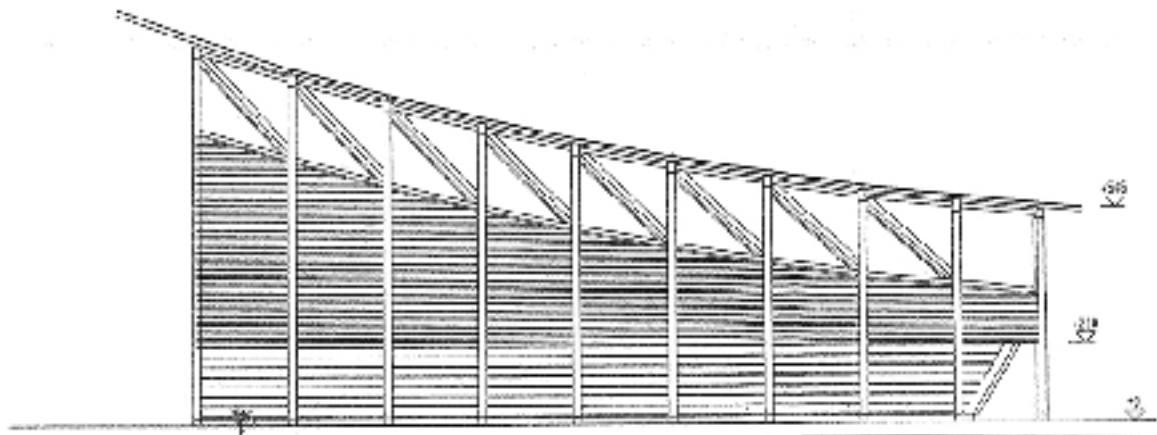
Axonométrie générale



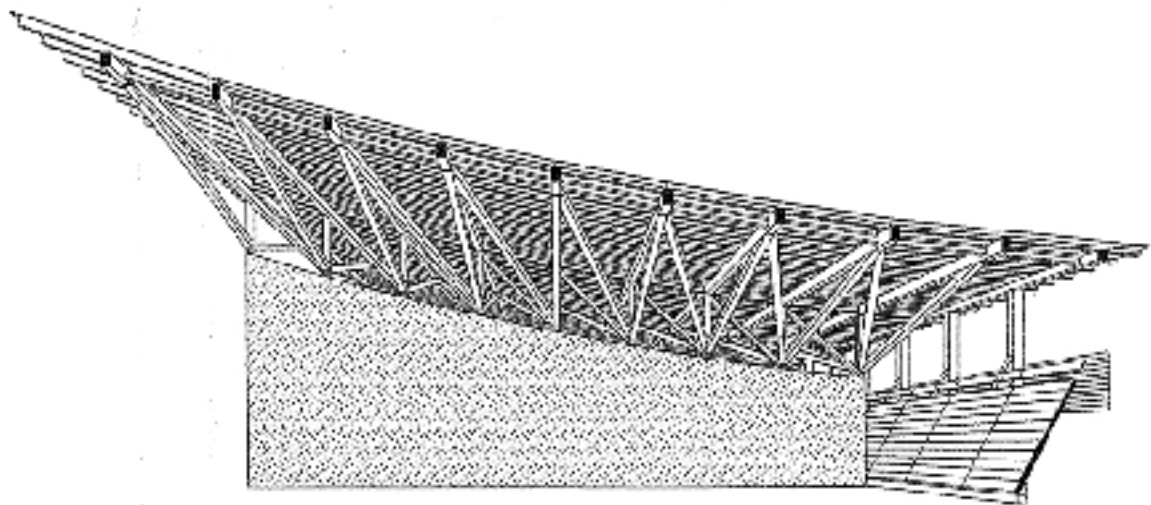
Axonométrie vue du dessous



Coupe transversale



Façade latérale



Coupe perspective

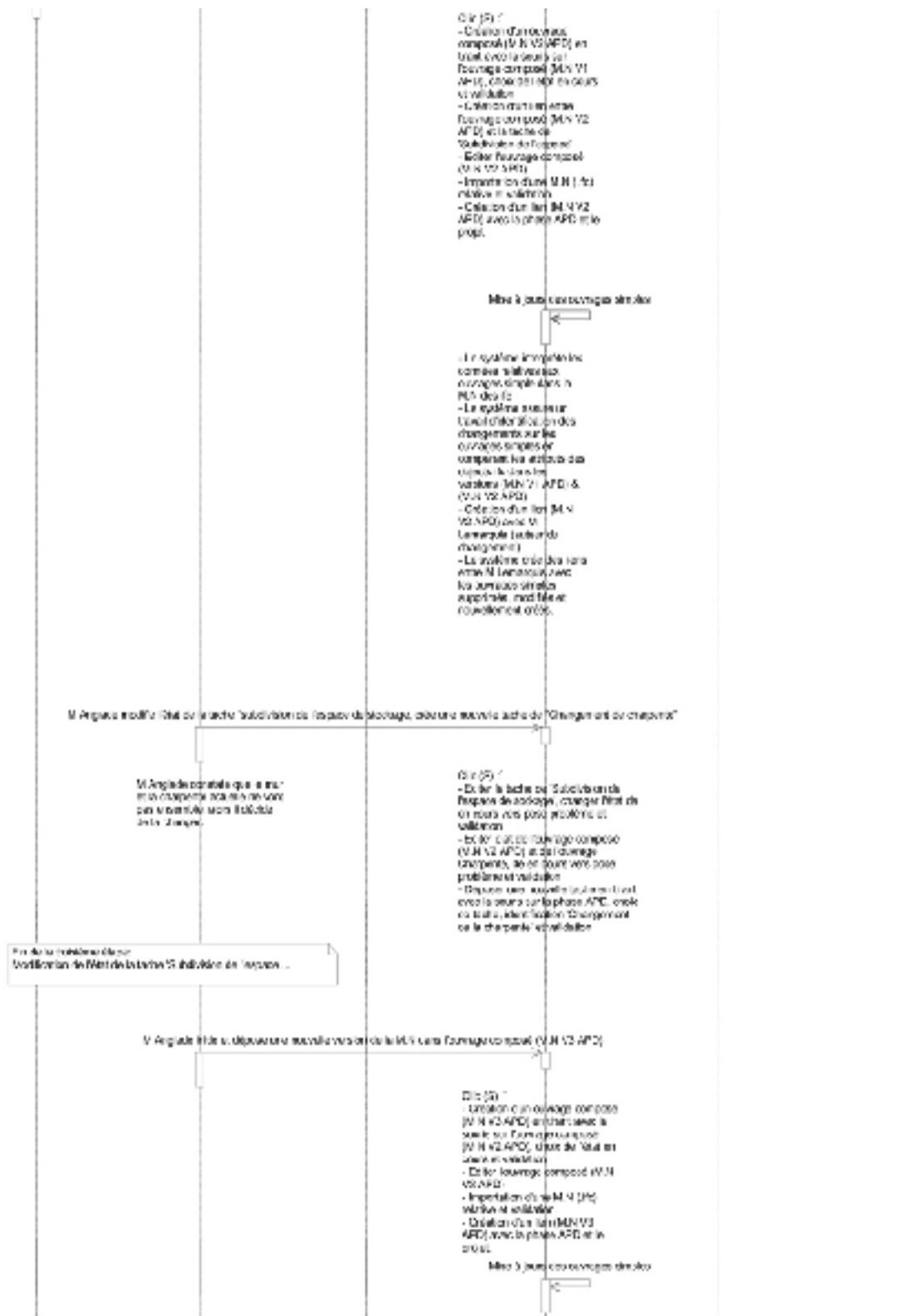




TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURE 1 : DIFFÉRENTS MODES D'ORGANISATION DU TRAVAIL COOPÉRATIF	9
FIGURE 2 : TABLEAU SYNTHÉTIQUE DE LA LOI MOP	19
FIGURE 3 : LA CONSTRUCTION À PANNEAUX PORTEURS CONSTITUÉS D'UNE OSSATURE LÉGÈRE.....	23
FIGURE 4 : LA CONSTRUCTION POTEAUX / POUTRES.....	23
FIGURE 5 : LA CONSTRUCTION EN MADRIERS EN BOIS MASSIFS EMPILÉS.....	24
FIGURE 6 : LA CONSTRUCTION DE CHARPENTES.....	24
FIGURE 7 : EXTRAIT DU SCHÉMA ÉVOLUÉ DES CONCEPTS PRINCIPAUX DU MÉTA MODÈLE DE COOPÉRATION.....	29
FIGURE 8 : LE MODÈLE DES ACTEURS	30
FIGURE 9 : LE MODÈLE DES DOCUMENTS	31
FIGURE 10 : LE MODÈLE DES ACTIVITÉS	32
FIGURE 11 : LE MÉTA MODÈLE DES OUVRAGES.....	33
FIGURE 12 : SÉMANTIQUE VÉHICULÉE PAR LES OUVRAGES D'UNE MAQUETTE NUMÉRIQUE	34
FIGURE 13 : REPRÉSENTATION SÉMANTIQUE DES OUVRAGE EN FONCTION DES ACTEURS... 36	
FIGURE 14 : RÉCAPITULATION DE LA TRAÇABILITÉ DES INFORMATIONS SÉMANTIQUES RELATIVES AUX OUVRAGES DANS LES DOCUMENTS D'UN PROJET.....	37
FIGURE 15 : RÉCAPITULATION DE L'IMPORTANCE DES INFORMATIONS SÉMANTIQUES SUIVANT LES PHASES D'UN PROJET.....	38
FIGURE 16 : RÉCAPITULATION DU TRAITEMENT DES INFORMATIONS SÉMANTIQUES DANS LES OUTILS LOGICIELS DÉDIÉS AU BOIS.....	40
FIGURE 17 : COMPLEXITÉ DES COMMUNICATIONS AVEC LES MOYENS D'ÉCHANGES D'INFORMATIONS ACTUELS.....	43
FIGURE 18 : UNIFORMISATION DES ÉCHANGES ENTRE ACTEURS AVEC LA MAQUETTE NUMÉRIQUE DES MODÈLES IFC	43
FIGURE 19 : REPRÉSENTATION MATRICIELLE DU POINT DE VUE DU BE ELECTRICITÉ.....	48
FIGURE 20 : PLANS DE L'ABRI À SEL	51

FIGURE 21 : EXTRAIT DE LA REPRÉSENTATION UML DU SCÉNARIO	52
FIGURE 22 : BARRE D'ICÔNES DU PROTOTYPE AUTOPDV.....	55
FIGURE 23 : LES MENUS DU PROTOTYPE AUTOPDV.....	56
FIGURE 24 : INTERFACE DE CONNEXION VIA UNE BOÎTE DE DIALOGUE NON IMPLÉMENTÉE.....	57

