

UN « COLLABORATOIRE » COMME NOUVEAU CONTEXTE POUR LA TRANSFORMATION DES PRATIQUES VIA LA TECHNOLOGIE

DANIEL FORGUES, YOANN EUGENIE

École de technologie supérieure, Montréal, Canada

ABSTRACT: Building design is today a major social, economic and environmental challenge. Design is also a source of innovation and an important economic driving force that requires the collaboration of professionals from various fields of expertise. But the traditional linear approach in design has shown its limits, and it often leads to non optimal design solutions and buildings with inadequate performances. This paper aims to validate a computer supported collaborative workspace that facilitates the participation, in an integrated approach, of the various members of a construction project team. The goal of the research is to be part of the evolution of work practices in design.

KEYWORDS: Integrated design, collaborative workspace, task performance

RÉSUMÉ: *La conception des bâtiments représente aujourd'hui un défi social, économique et environnemental majeur. La conception est de plus une source d'innovation et un moteur économique important qui requiert la collaboration de professionnels aux champs d'expertises variés. Mais l'approche traditionnelle séquentielle a montré ses limites et elle aboutit souvent à des solutions de conception sous-optimales et à des bâtiments aux performances inadéquates. La présente recherche vise à valider un espace de travail collaboratif assisté par ordinateur permettant aux multiples intervenants d'un projet de participer à une approche intégrée en conception. L'objectif visé est une évolution des pratiques en conception.*

MOTS-CLÉS: *Conception intégrée, espace de travail collaboratif, performance*

1. INTRODUCTION

Tout au long de leur cycle de vie, les bâtiments ont des répercussions sur la qualité de vie, la santé et la productivité de l'homme, mais aussi sur son environnement (Mendler *et al.* 2000 ; Venables, Construction Industry Research and Information Association 2000). C'est pendant la phase de conception d'un bâtiment que les membres d'une équipe de projet peuvent le mieux exercer une influence favorable, et réduire les impacts négatifs des bâtiments. Car c'est pendant cette étape du cycle de vie du bâtiment que les décisions capitales (forme, orientation, enveloppe, structure, matériaux, systèmes mécaniques et électriques) sont prises (Fenves *et al.* 2000).

Le processus de conception d'un bâtiment est une source d'innovation définie par Gero (1990) et Schön (1991) comme un processus de prise de décision, d'exploration et d'apprentissage dans lequel les professionnels de l'industrie de la construction développent des exigences fonctionnelles, proposent des concepts potentiels, analysent les comportements de ces concepts relativement à leurs fonctions, et décident quelles options satisfont le plus efficacement aux exigences. La prise de décision dans le processus de conception est le fait d'une collaboration et de l'application de connaissances multidisciplinaires d'une équipe de projet qui est elle-même multidisciplinaire (Schreyer *et al.* 2005).

L'approche traditionnelle séquentielle de conception des bâtiments montre cependant ses limites, et conduit généralement à des solutions sous-optimales et à des bâtiments aux performances inadéquates (Rush and American Institute of Architects 1986). La volonté d'optimiser les performances des bâtiments combinée à la prise de conscience que l'ensemble des disciplines (architecture, structure, mécanique, électricité, plomberie) sont interdépendantes (Tory *et al.* 2008) pousse les professionnels de l'industrie de la construction à une modification des pratiques courantes et notamment à l'intégration.

Kibert (2008) définit le processus de conception intégrée comme une approche holistique de la conception qui consiste à faire travailler ensemble les intervenants (propriétaires, occupants, architectes, ingénieurs, consultants) impliqués dans un projet de construction, et ce du début à la fin de la phase de conception d'un bâtiment. Kibert (2008) identifie quelques principes de bases nécessaires pour mener à bien un processus de conception intégrée, notamment :

- La définition d'objectifs clairs et communs à l'équipe dès le début du projet.
- Une implication totale et une participation active de tous les membres de l'équipe de projet.
- L'établissement d'un esprit de confiance et de partage des bénéfices mais aussi des risques liés à la conception.

- L'établissement de consensus autour des décisions à prendre.
- L'utilisation des bons outils au bon moment.

C'est sur ce dernier principe que se focalise la présente recherche. Et plus particulièrement sur la problématique du besoin de nouveaux outils permettant de faciliter la collaboration entre les membres d'une équipe de projet de construction lors de leurs réunions de conception. Le projet de recherche aborde cette problématique en présentant un nouveau type de salle de réunion : le laboratoire de collaboration assistée par ordinateur en conception (LCAOCo), dont la mission est d'offrir aux professionnels de la construction un environnement collaboratif optimisant leurs interactions, et d'encourager une modification des pratiques actuelles de collaboration en conception. La présente recherche se focalise sur la validation de ce nouvel environnement adapté au travail d'équipe en analysant l'apport des nouveaux outils de collaboration mis en place dans le LCAOCo comparativement aux outils traditionnels de collaboration.

2. LES OUTILS DE COLLABORATION EN CONCEPTION

Les technologies de l'information sont principalement utilisées pour générer des informations spécifiques (plans architecturaux, échéanciers, etc.) mais encore peu souvent pour communiquer ces informations. De plus, les interfaces des applications spécifiques à chaque discipline sont souvent complexes, et ne permettent pas un échange aisé des données du projet (les logiciels et leurs interfaces sont conçus pour les professionnels et incompréhensibles pour les autres) (Schreyer *et al.* 2005). Traditionnellement, les équipes de projet se servent encore de documents papier pour communiquer les informations lors de leurs réunions de conception (Liston *et al.* 2001). Les études de Liston *et al.* (2001) montrent que le support papier freine le processus de conception à cause notamment du manque d'interactivité entre les intervenants et les informations de projet.

Les technologies de l'information apparaissent comme une solution potentielle à ces problèmes d'interactivité. Les recherches concernant les outils de collaboration des équipes de projet de construction portent principalement sur l'échange d'informations via les standards de données appelés Industry Foundation Classes (Kam *et al.* 2003), sur les espaces immersifs en 4D tels le Computer-Assisted Virtual Environment (CAVE) (McKinney and Fischer 1998) ou le Virtual Reality-Experimental Virtual Environment (VR – EVE) (Kam *et al.* 2003), et sur les espaces de travail interactifs tels le iLand (Streitz *et al.* 1999) et le iRoom de l'Université de Stanford (Liston *et al.* 2001 ; Schreyer *et al.* 2005). Ces espaces de travail collaboratifs assistés par ordinateur présentent des caractéristiques similaires (écrans géants interactifs, stylets de contrôle, réseau local sans fil, logiciels de collaboration et de stockage de données). Les

recherches concernant les espaces de travail interactifs visent à faciliter les interactions entre les membres d'une équipe de projet et à optimiser leur collaboration.

Le laboratoire de collaboration assistée par ordinateur en conception (LCAOCo) de l'École de technologie supérieure fait partie des espaces de travail interactifs. La motivation principale de la recherche au LCAOCo est de répondre aux besoins de recherche concernant la relation entre les individus et les objets-frontières sur lesquels s'appuie l'équipe pour concevoir le projet. Une autre motivation est de contribuer à l'avancement des connaissances concernant l'impact des outils numériques de collaboration d'aide au design sur les réunions de conception de bâtiments. Enfin, la recherche veut promouvoir et encourager une modification des pratiques de conception actuelles auprès des professionnels confirmés, mais surtout auprès des étudiants de tous les domaines liés à la construction. Car les étudiants d'aujourd'hui sont les professionnels de demain. Le choix de sélectionner des étudiants comme participants à l'étude, ainsi que le choix de la méthodologie d'étude ont ainsi été faits afin de sensibiliser les futurs acteurs à la nécessité de changer les pratiques. Le laboratoire CAOCo, grâce aux outils à la fois innovateurs et prometteurs mis en place, joue alors le rôle de catalyseur dans cette optique de changement.

3. LE LABORATOIRE DE COLLABORATION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR EN CONCEPTION

Le laboratoire CAOCo est un laboratoire de recherche sur la collaboration des équipes de projet de construction. Le but de ce laboratoire est d'offrir aux équipes de projet multidisciplinaires un environnement de travail collaboratif assisté par ordinateur permettant d'optimiser leur travail en équipe.

3.1. Le mobilier du LCAOCo

Le laboratoire possède un plancher surélevé permettant de passer le filage nécessaire aux différentes connexions réseaux et aussi de réduire le câblage au sol, source d'encombrement des salles de réunions traditionnelles. Le mobilier se compose de tables de forme trapézoïdale permettant un agencement ajustable en fonction du nombre de participants et de la configuration souhaitée (hexagone, triangle, octogone, etc.).

3.2. Les technologies de l'information du LCAOCo

Le laboratoire de collaboration assistée par ordinateur en conception comprend :

- deux écrans géants interactifs servant de surface de projection ;
- un écran géant traditionnel avec projecteur ;
- un écran 3D rétro-projeté ;
- le logiciel de collaboration et de partage d'information TeamSpot ;
- le logiciel de dessin et d'annotation Activstudio ;
- les applications classiques avec lesquelles les professionnels travaillent : Microsoft Office, MS Project, SketchUp, Common Point Technologies' 4D Modeler, etc ;
- un réseau local sécurisé permettant la connexion à Internet ;
- des caméras intégrées pour la visioconférence et la collaboration à distance.

3.2.1. Les écrans géants

Au nombre de trois (deux interactifs et un traditionnel), les écrans géants servent de surface de projection. Ils permettent à l'équipe de projet de partager une vision commune de l'information et de travailler sur une surface beaucoup plus large qu'un écran d'ordinateur classique.

Chaque écran est dirigé par un ordinateur dédié. Les deux écrans interactifs sont contrôlables grâce à des stylets qui jouent le rôle de souris. Les stylets permettent à un utilisateur ou un groupe d'utilisateurs de se tenir près des tableaux et d'interagir avec eux.

3.2.2. Le logiciel de collaboration TeamSpot

TeamSpot est le nom du logiciel de collaboration multi-utilisateurs commercialisé par la société Tidebreak. TeamSpot permet aux équipes de projet de travailler en équipe dans un environnement numérique. Le logiciel agit en tant que serveur sur l'ordinateur hôte du laboratoire, et il agit en tant que client sur les ordinateurs personnels des membres de l'équipe de projet. Le but de TeamSpot est d'améliorer l'interaction entre les participants d'une réunion de conception et de permettre une meilleure utilisation des ordinateurs dans une situation de travail de groupe.

Une fois dans le laboratoire CAOCO, les membres d'une équipe de projet peuvent se connecter de façon sécurisée (chaque utilisateur reçoit un mot de passe personnalisé lors de sa connexion) au réseau de travail TeamSpot. Les fonctions suivantes sont alors disponibles :

- **Point Right** qui permet à n'importe quel utilisateur de prendre le contrôle des écrans géants avec son clavier et sa souris, depuis sa place, et ce à n'importe quel moment de la réunion. La fonction Point Right permet aux participants de travailler sur un poste partagé et d'interagir sur des documents en commun.

- **Show To** et **Share To** qui permettent à n'importe quel utilisateur de montrer son écran (pas d'interaction possible des participants) ou de partager son écran (interaction possible des participants). L'intérêt principal est qu'un participant utilisant un logiciel propre à sa discipline peut montrer son écran et partager de l'information avec l'ensemble du groupe, et ce même si les autres participants ne possèdent pas ledit logiciel.
- **CrossWarp** qui permet l'échange instantané d'informations (fichiers, dossiers, images, pages web, etc.) entre un ou plusieurs participants.
- **Archive** qui permet un enregistrement en temps réel des informations échangées par les participants via TeamSpot. À chaque fois que quelqu'un transfère un fichier, un dossier ou un site web, l'heure et le type de transfert sont répertoriés dans le menu archives. Il est aussi possible d'ajouter des annotations aux archives. Les archives sont accessibles à tout moment par tout participant connecté. Il est possible de stocker des documents destinés à une utilisation ultérieure. Les archives sont classables par heure, par type de transaction, par expéditeur, par destinataire ou par contenu. Enfin, les archives peuvent être sauvegardées sur le disque dur local sous forme de fichier compressé que les participants peuvent emporter à la fin de la réunion.

3.2.3. ActivStudio et les logiciels classiques

Le logiciel ActivStudio est un logiciel de dessin et d'annotation qui permet d'utiliser les tableaux interactifs comme des tableaux à feuillets grâce à la fonction « flipchart ». Le logiciel permet les captures d'écran, les annotations de documents pdf, les annotations de plans architecturaux et de tout type de document pertinent pour le projet.

Les logiciels classiques (Microsoft Office, MS Project, Primavera, Common Point Technologies's 4D Modeler, etc.) utilisés par les professionnels de l'industrie de la construction sont installés afin de permettre la réalisation de changements dans le design si nécessaire, sans avoir à attendre la prochaine réunion.

4. MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DU LABORATOIRE DE COLLABORATION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR EN CONCEPTION

La motivation de la recherche est d'étudier l'impact des technologies mises en place dans le laboratoire CAOCO sur le contenu des réunions de conception intégrée, l'efficacité et les capacités d'innovation des équipes de projet de construction pendant la phase de design conceptuel.

4.1. Méthode

La méthode de recherche utilisée est inspirée de la méthode de test charrette employée par Clayton *et al.* (1998) et Liston *et al.* (2000) qui fait réaliser des

tâches similaires à des participants durant un temps alloué en se servant de deux procédés différents (des participants utilisent le procédé dit traditionnel tandis que d'autres participants utilisent le nouveau procédé).

Clayton *et al.* (1998) recommandent la méthode de test charrette comparativement à :

- L'exemple travaillé qui est utilisé pour démontrer que les idées promulguées dans la recherche sont applicables. Dans l'exemple travaillé, le chercheur décrit un scénario possible impliquant l'utilisation du processus innovant étudié. Le scénario est soit un exemple fictif, soit un exemple tiré d'un cas réel. Dans l'exemple travaillé, c'est le chercheur qui teste le nouveau processus.
- La démonstration qui fait travailler des experts extérieurs dans un scénario inventé par le chercheur. Les impressions des experts sont ensuite recueillies pour évaluer le nouveau processus de design.
- L'essai qui fait réaliser des tâches prédéfinies à des individus étrangers à la recherche avec le processus innovant.

L'équipe de recherche a choisi de s'inspirer de la méthode de test charrette car elle permet la comparaison de deux procédés de conception dans un contexte réel de travail. La recherche a été conduite à l'École de technologie supérieure à Montréal pendant la session d'automne 2008. Deux équipes de projets multidisciplinaires ont été réunies afin de participer à des ateliers de collaboration sous forme de charrette de conception d'une durée de 3 heures.

4.1.1. Échantillon

Les participants à l'étude étaient au nombre de dix. Ils étaient tous étudiants volontaires, francophones et étudiaient :

- en génie à l'École de technologie supérieure à Montréal ;
- en maîtrise d'architecture à l'Université de Montréal.

Les participants ont été répartis en deux équipes multidisciplinaires de cinq membres, de compositions similaires :

- deux élèves avaient le rôle d'architectes ;
- un élève avait le rôle d'ingénieur spécialisé en structure du bâtiment ;
- Un élève avait le rôle d'ingénieur spécialisé en systèmes mécaniques et électriques du bâtiment ;
- un élève avait le rôle de client.

4.1.2. Scénario d'étude et déroulement des tests

Le scénario de l'étude a été basé sur un projet existant simplifié de conception de salle de spectacle polyvalente. Les équipes de projet devaient concevoir une salle de spectacle faisant partie d'un complexe artistique, culturel et scientifique

en se référant au programme architectural et aux exigences fonctionnelles fournies par le client. Le but du scénario était que des équipes multidisciplinaires de projet travaillent sur un problème simple de volumétrie, de structure et de mécanique du bâtiment, tout en permettant à l'équipe de recherche de collecter assez de données afin de pouvoir examiner le processus de collaboration (communication, coordination et coopération), et d'analyser l'impact des technologies de l'information du LCAOCo sur les réunions de conception intégrée.

Les tests se sont déroulés en deux ateliers de trois heures chacun, sous forme de charrette de conception intégrée. Une équipe de conception a travaillé avec les technologies de l'information du laboratoire CAOCo, tandis que l'autre équipe a travaillé sur support papier avec les outils traditionnels de collaboration (rétroprojecteur, écran géant, « flip chart », panneaux permettant d'accrocher échéanciers, plans de conception et tout autre document pertinent, etc.).

4.2. Collecte des données

La collecte des données a été réalisée selon deux méthodes. L'une dite d'observation directe, l'autre dite d'observation indirecte (Wilson and Corlett 2005).

La méthode d'observation directe a consisté à enregistrer sur bande vidéo les réunions de conception. Cette méthode, dite objective, a permis de mesurer de manière quantitative la fréquence d'un événement ainsi que le temps passé sur des tâches (Liston *et al.* 2000) :

- **Descriptives** : tâches de description des informations de projet (qui, quoi, quand, où, comment).
- **Explicatives** : tâches d'explication des informations (pourquoi).
- **Évaluatives** : tâches de comparaison entre les informations de projet et les buts fixés par le programme architectural.
- **Prédictives** : tâches de prédiction des impacts de changements dans le projet en cours. Ce sont généralement les tâches liées à l'innovation.

La méthode indirecte (ou subjective) a consisté à utiliser des questionnaires spécialement conçus pour l'étude du laboratoire qui incorporent des questions à l'échelle de l'individu et du groupe. Ce questionnaire a été initialement développé par le Dr Chiochio en collaboration avec le Dr Rivard, afin de recueillir les impressions des professionnels, des étudiants et de tous les utilisateurs du LCAOCo en vue de son optimisation. Le questionnaire a été utilisé afin de recueillir les impressions des participants à l'étude concernant leur expérience de conception intégrée, et leur utilisation du laboratoire CAOCo. Le questionnaire a permis d'évaluer qualitativement des attitudes, des sentiments, des efforts perçus, des difficultés, des avantages et des inconvénients mais aussi des préférences.

5. RÉSULTATS ET ANALYSES

5.1. Réunion de conception intégrée avec support papier

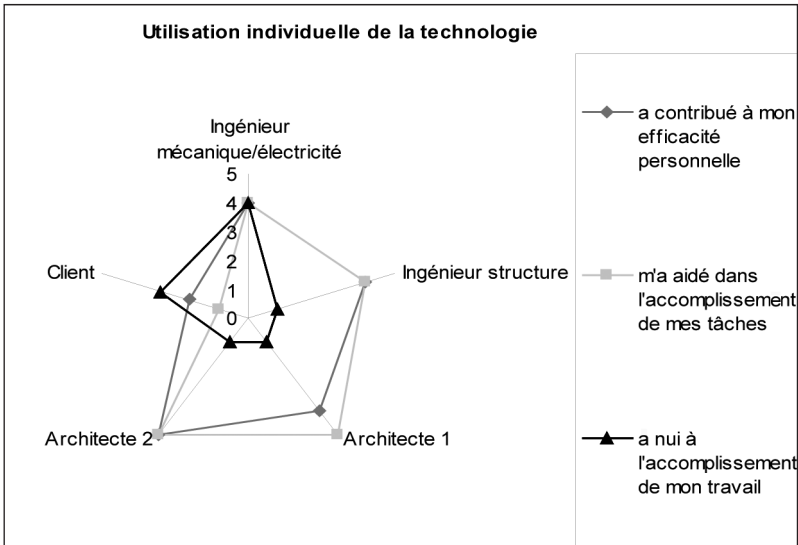
Le support papier est le support traditionnel des réunions de conception actuelles. Les professionnels ont l'habitude de travailler avec ce support. L'avantage noté par les participants est qu'aucun temps d'adaptation n'est nécessaire. De plus, selon les participants le support papier permet « à tout le monde de participer au design en prenant simplement un crayon » (architecte 1), et « à tous de gribouiller dessus et à tous de participer au design », et « le papier est rassembleur car toute l'équipe discutait souvent autour des concepts des architectes » (ingénieur structure).

Pour le deuxième architecte, le papier et le crayon sont les moyens favorisés par les architectes pour exécuter le design : « traditionnellement, on préfère dessiner sur du papier ou un tableau conventionnel ». La préférence des architectes pour le support papier est un frein majeur à l'adoption des technologies de l'information et aux changements des méthodes de conception et de collaboration. Pour les ingénieurs et pour le client, l'avantage principal du papier est de pouvoir apporter sa contribution au design (par exemple suggérer une forme, une orientation, etc.) sans avoir à connaître les logiciels spécifiques utilisés par les architectes tels SketchUp ou ArchiCAD. Cependant, les membres de l'équipe de projet ont noté les inconvénients suivants concernant le support papier comme support de l'information :

- Le papier ne permet pas de visualiser rapidement les éléments importants du projet (empreinte, orientation, volumes, etc.) comme cela est possible grâce aux logiciels de dessins.
- La collaboration autour de feuilles de papier décourage certains intervenants à intervenir. Selon l'ingénieur en structure, les architectes « avaient souvent tendance à élaborer leur concept de leur côté ». Selon le client, le support papier « n'a pas optimisé nos interactions ».
- Le papier est un support peu souple au niveau des modifications. Pour l'ingénieur en mécanique du bâtiment, sur support papier, il est difficile de voir les modifications au design en temps réel.

5.2. Réunion de conception intégrée avec support digital

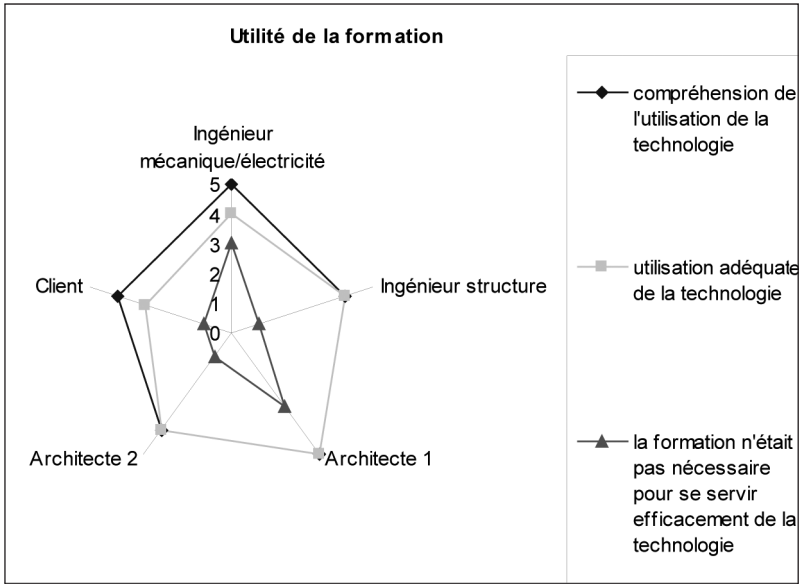
Les participants ont évalué l'apport de la technologie au niveau de leur travail individuel. Comme le montre la Figure 1, les participants rapportent que les technologies de l'information mises en place dans le laboratoire CAOCO ont plutôt bien contribué à l'efficacité individuelle des membres et qu'elles les ont aidés dans l'accomplissement de leurs tâches. Seul le client est plus réservé et pense que la technologie a nui à l'accomplissement de son travail.

FIGURE 1. CONTRIBUTION DE LA TECHNOLOGIE AU TRAVAIL INDIVIDUEL DES PARTICIPANTS

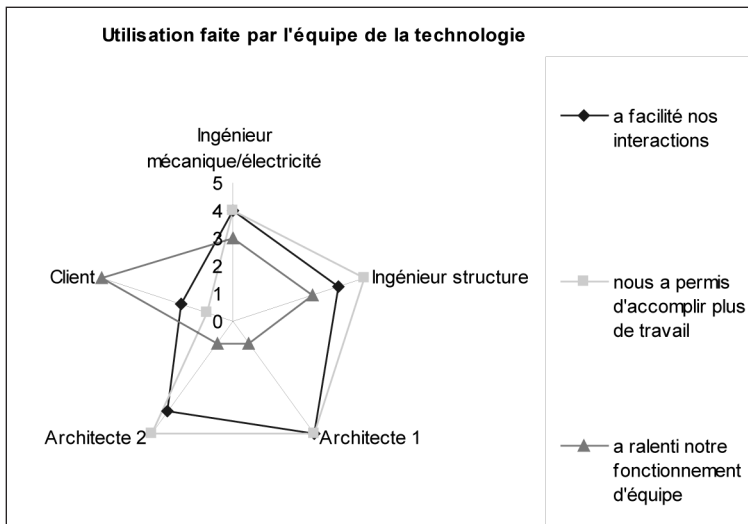
Une séance de formation à l'utilisation des technologies a eu lieu avant la charrette de conception. Selon les participants, la formation a été utile, non seulement pour comprendre les technologies mises en place, mais aussi pour les utiliser adéquatement. Dans l'ensemble, les participants ont jugé qu'il aurait été difficile d'utiliser les technologies sans la formation (Figure 2). Le client et l'ingénieur en structure rajoutent dans leurs commentaires qu'une formation poussée est nécessaire pour :

- S'habituer à travailler dans un environnement digital.
- Utiliser efficacement les technologies de l'information du LCAOCo.

L'utilisation de nouveaux logiciels (Activstudio ou TeamSpot) demande un temps d'adaptation pour en tirer un maximum de bénéfices. Selon les participants, le temps d'apprentissage des fonctionnalités des logiciels est l'élément limitant l'utilisation des technologies du laboratoire. Pour les architectes, les technologies de l'information représentent surtout un défi d'adaptation au travail avec de nouvelles méthodes. En effet, selon eux, le papier est encore leur support préférentiel, l'utilisation des technologies de l'information n'est pas encore un réflexe.

FIGURE 2. UTILITÉ DE LA FORMATION À L'UTILISATION DES TECHNOLOGIES DU LCAOCO

Les participants ont aussi évalué l'apport de la technologie au niveau du travail d'équipe. Comme le montre la Figure 3, les technologies de l'information ont facilité l'interaction entre les membres et elles leur ont permis d'accomplir plus de travail.

FIGURE 3. CONTRIBUTION DE LA TECHNOLOGIE AU TRAVAIL D'ÉQUIPE

Les participants ont particulièrement utilisé les écrans interactifs avec les stylets. La majorité des discussions concernant le design avaient lieu autour des écrans. Selon les participants, les écrans permettaient :

- « De voir nos dessins évoluer », « à tout le monde de les commenter », « de travailler directement avec nos logiciels favoris, sans avoir à retranscrire un dessin papier sur SketchUp » (architecte 1).
- « De dessiner et d'expliquer à tout le monde les choix dans le design » (architecte 2).
- « D'expliquer à tout le monde et de facilement commenter les dessins et la conception en cours » (ingénieur structure).
- « De travailler directement sur les ordinateurs », et « de pouvoir échanger des documents et de l'information rapidement grâce à TeamSpot ».

Selon le client, la taille des écrans interactifs permet une meilleure visualisation de l'information que sur un écran d'ordinateur classique. Il note aussi que la possibilité d'interagir avec les écrans grâce aux stylets rend la collaboration plus souple que la feuille de papier et le crayon, car les dessins de conception sont simplifiés et modifiables à volonté (« pas de ratures, ni d'encombres dus à de nombreuses modifications »).

6. CONCLUSION

Cet article présente une vision de la conception où les technologies de l'information sont mises au service de travail d'équipe, de la collaboration des équipes multidisciplinaires, et de l'innovation. Les travaux de recherche au LCAOCo visent à offrir aux professionnels de l'industrie de la construction un environnement de travail collaboratif assisté par ordinateur qui promeuve l'approche intégrée en conception et l'intégration des technologies de l'information comme outils d'aide à la collaboration. Le concept central du LCAOCo est de combiner, dans un seul espace de travail, des technologies (écrans géants interactifs, stylets de contrôle, écran 3D) et des logiciels de collaboration (TeamSpot, Activstudio, etc.) permettant aux concepteurs de bâtiments de faciliter leurs interactions, de faciliter leurs échanges d'informations et de favoriser l'innovation.

D'ordre théorique mais aussi pratique, la mission de la recherche au LCAOCo est aussi de valider l'utilisation de ces nouveaux outils avec les professionnels et les personnes impliquées dans le processus de conception des bâtiments, et ce, dans un contexte réel de travail. Les premiers résultats de la recherche effectuée montrent un impact globalement positif des technologies mises en place dans le LCAOCo. Elles permettent notamment aux membres d'une équipe de projet multidisciplinaire de partager une vision commune de l'information grâce aux écrans géants, d'assouplir le processus de collaboration et d'optimiser les mécanismes d'échange d'informations grâce aux transferts de documents et de fichiers informatiques instantanés via le logiciel TeamSpot.

Mais la recherche a aussi montré quelques limites à l'intégration des outils de collaboration. Comme tous les nouveaux outils, les technologies de l'information du LCAOCo demandent une certaine adaptation afin d'optimiser leur utilisation. Une autre limite qui est apparue est la difficulté de faire changer les méthodes de conception et de collaboration des professionnels qui sont souvent réticents à utiliser des outils avec lesquels ils n'ont pas l'habitude de travailler.

Les premiers travaux de recherche au LCAOCo donnent des résultats encourageants quant à l'intégration des technologies de l'information en conception. Cependant, des études statistiques comparatives à partir d'échantillons suffisamment importants permettraient de valider plus rigoureusement l'apport des technologies de l'information du LCAOCo en collaboration. Enfin, des recherches en collaboration avec les professionnels de l'industrie de la construction sont encore nécessaires afin d'optimiser le laboratoire et de le faire adopter comme un outil standard de collaboration dans des projets de construction réels.

REMERCIEMENTS

L'équipe de recherche remercie la Chaire de recherche du Canada pour les fonds investis dans le laboratoire de collaboration assistée par ordinateur en conception, l'École de technologie supérieure, les étudiants volontaires ayant participé au projet de recherche ainsi que Daniel Forgues, professeur à l'École de technologie supérieure, pour leur implication dans le projet.

RÉFÉRENCES

- Clayton, M., Kunz, J. et Fischer, M., 1998, CIFE Technical Report #120, < <http://cife.stanford.edu/online.publications/TR120pdf> >.
- Fenves, S.J., Rivard, H. and N. Gomez, 2000, SEED-Config: a tool for conceptual structural design in a collaborative building design environment. *Artificial Intelligence in Engineering*, 14(3): 233-247.
- Gero, J.S., 1990, Design Prototypes: A Knowledge Representation Schema for Design, *AI Magazine*, 11(4), 26-36, < www.gbxml.org/ >.
- Kam, C., Fischer, M., Hänninen, R., Karjalainen, A. and Laitinen, J., 2003, The Product Model and Fourth Dimension Project, *ITcon*, vol. 8, special: *IFC - Product models for the AEC Arena*, p. 137-166, < www.itcon.org/2003/12 >.
- Kibert, C.J., 2008, *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*, Hoboken, NJ, John Wiley & Sons.
- Liston, K., Fischer, M. et Winograd, T., 2001, Focused Sharing of Information for Multidisciplinary Decision Making by Project Teams, *ITcon*, 6:69-82, < www.itcon.org/2001/6 >.
- Liston, K., Fischer, M. et Kunz, J., 2000, Designing and Evaluating Visualization Techniques for Construction Planning, *Eighth International Conference on Computing in Civil and Building Engineering (ICCCBE-VIII)*, R. Fruchter, F. Pena-Mora et K. Roddis (dir.), p. 1293-1300.

- McKinney, K. et Fischer, M., 1998, Generating, evaluating and visualizing construction schedules with 4D-CAD tools, *Automation in Construction*, 7(6), 433-447.
- Mendler, S., Odell, W. and Hellmuth Obata & Kassabaum, 2000, *The HOK guidebook to sustainable design*, New York, Wiley.
- Rush, R.D. et American Institute of Architects: 1986, *The building systems integration handbook*. Stoneham, MA et Washington, DC, Butterworth-Heinemann / American Institute of Architects.
- Schreyer, M., Hartmann, T. et Fischer, M., 2005, Supporting Project Meetings With Concurrent Interoperability in a Construction Information Workspace, *ITcon*, vol. 10, p. 153-167, < www.itcon.org/2005/12 >.
- Schon, D., 1991, *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, Avebury, Ashgate Publishing Ltd.
- Streitz, N.A., Geibler, J., Holmer, T., Konomoi, S.I., Muller-Tomfelde, C., Reischl, W., Rexroth, P., Seitz, P. and Steinmetz, R., 1999, i-Land: An Interactive Landscape for Creativity and Innovation, dans *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Science*, ACM Press, New York, NY, 120-127.
- Tory, M., Staub-French, S., Po, B. and Wu, F., 2008, Physical and Digital Artifact-Mediated Coordination in Building Design, *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* 17(4): 311-351.
- Venables, R., Construction Industry Research and Information Association and Grande-Bretagne Dept. of Environment transport and the Regions=., 2000, *Environmental Handbook for Building and Civil Engineering Projects*, Londres, CIRIA.
- Wilson, J.R. et Corlett, E.N., 2005, *Evaluation of Human Work*, Boca Raton, FL, Taylor & Francis.