
Nouvelles pratiques communicationnelles en co-conception synchrone.

Discussion sur 4 situations d'usage d'espaces de réalité augmentée.

Xavier Calixte* — Pierre Leclercq*

* LUCID - Lab for User Cognition & Innovative Design - Université de Liège
Quartier Polytech 1 - Allée de la Découverte 9 - Bât. B52, B4000 Liège-Belgique
{xavier.calixte, pierre.leclercq} @ulg.ac.be

RÉSUMÉ. A partir d'une réflexion sur les nouvelles pratiques de co-conception, cet article expose différents dispositifs innovants qui favorisent la communication pluridisciplinaire pour la conception d'un projet d'architecture, dès les premières étapes du processus cognitif. Les systèmes immersifs proposés ici par l'unité de recherche du LUCID (Lab for User & Collaboration Innovation Design de l'Université de Liège) questionnent les nouveaux usages que permettent les espaces de réalité augmentée. Dans le cadre de la problématique des échanges communicationnels outillés entre plusieurs concepteurs, cet article se focalise sur l'impact des outils numériques sur des artefacts formels favorisant la collaboration. Plus particulièrement, il analyse les atouts des espaces de réalité augmentée en tant qu'aide à la communication et sur les différents types d'échanges naissants dans ce processus de conception. Son analyse porte sur l'usage de nouveaux dispositifs de revue de projet, tels que l'emploi de tablettes d'annotation partagées en temps réel, la documentarisation participative sur un mur augmenté, ou encore l'annotation projetée sur maquette physique.

ABSTRACT. Based on a reflection on the new co-design practices, this article sets out various innovative devices that promote multidisciplinary communication for the design of an architectural project from the earliest stages of the cognitive process. The immersive systems proposed by the LUCID research unit (Lab for User & Collaboration Innovation Design of the University of Liège) question the new uses of augmented reality spaces. In the framework of the problem of communicative communication between several designers, this article focuses on the impact of digital tools on formal artefacts promoting collaboration. In particular, he analyzes the strengths of augmented reality spaces as a communication aid and the different types of exchanges emerging in this design process. His analysis focuses on the use of new project review devices, such as the use of shared annotation tablets in real time, participative documentarization on an augmented wall, or annotations projected on a physical model.

MOTS-CLÉS : communication synchrone augmentée, configurations d'espaces augmentés, artefacts partagés de co-conception, documentation participative, écriture collaborative.

KEYWORDS: augmented and synchronous communication, sets of augmented workspaces, shared artifacts of co-design, participatory documentation, collaborative writing.

1. Introduction

Dans notre monde hyperconnecté, la réalisation d'un projet de conception s' imagine aisément aidé de nouvelles technologies numériques : de la page web participative, à l'immersion dans la réalité virtuelle en passant par les objets augmentés, la panoplie numérique semble destinée à favoriser la fluidité des pratiques. Pourtant, la conception préalable d'un artefact dépourvu d'existence physique repose, elle aussi, sur des nouvelles pratiques communicationnelles qui impliquent des contraintes spécifiques liées à l'usage de ces outils. La notion d'efficacité de ces moyens numériques nouveaux se doit aujourd'hui être questionnée.

Cet article propose de croiser les conditions du travail collectif pluridisciplinaire, de pointer ses spécificités des pratiques conversationnelles synchrone et de les confronter aux écueils des options technologiques courantes. Il décrit ensuite des dispositifs augmentés innovants dont il discute l'efficacité à travers quatre situations d'usage de conception collaborative.

1.1. Les contraintes de la conception pluridisciplinaire

Dans le domaine de la conception architecturale contemporaine, la complexité des projets s'avère sans cesse grandissante : pour répondre aux contraintes environnementales, structurelles, législatives, économiques, formelles ou fonctionnelles, de multiples concepteurs sont amenés à collaborer entre eux dès les premières phases de conception. Les enjeux économiques les poussent à optimiser leur travail collectif et à réussir leurs missions dans des délais records. Rassembler ces différentes expertises spécifiques autour d'une problématique commune implique de nouvelles contraintes temporelles et spatiales relatives à la synchronisation cognitive des co-concepteurs.

1.2. Les composantes de l'activité collective

L'activité collective s'articule en trois types d'actions, qu'Ellis a catégorisées dans sa théorie du trèfle fonctionnel : production, coordination et communication (Ellis, 1991).

– La production qualifie les actions qui concrétisent de manière tangible l'évolution de l'objet de conception. Elle se traduit dans la production d'artéfacts et de documents, conduite sans échanges par chaque concepteur individuellement.

– La coordination permet, lors d'un instant relativement ponctuel, la synchronisation des actions des différents concepteurs dans le but d'organiser leur travail de manière efficace; Elle dicte l'articulation de leurs actions, mais sans affecter l'objet proprement dit.

– La communication porte les moments d'échange d'informations formelles ou informelles, dans le but de transmettre et de débattre sur l'objet qui évolue par l'action conjointe des co-acteurs.

1.3. Focus sur la synchronicité

Parmi ces trois types d'action, notre étude porte sur les pratiques communicationnelles rencontrées dans une conception collaborative en temps réel. Dans cet article, nous nous focalisons sur les phases de communication qui s'opèrent de « cerveau à cerveau », celles où se crée une vision partagée du projet et un référentiel commun, celles qui qualifient ces instants d'intelligence collective. Nous n'abordons ainsi que les situations où les co-concepteurs travaillent au même moment autour d'une même problématique mais pas nécessairement au même endroit. La réflexion qui nous intéresse dans cette étude porte ainsi sur les nouvelles pratiques communicationnelles soutenues par les outils numériques "temps réel" émergents. Notre question est donc : comment penser le numérique et ses dispositifs aujourd'hui pour favoriser la communication synchrone en co-conception?

1.4. Les pratiques communicationnelles

La réflexion qui nous anime porte sur les moyens de supporter cette action communicative en temps réel. Le procédé de synthétisation choisi pour illustrer la transmission d'informations est celui d'Ochanine qui a développé la notion d' « image opérative » (Ochanine, 1977) pour décrire la mise en place de la synchronisation cognitive. Résumons-la sommairement en l'interprétant dans notre contexte de la co-conception. Chacune des personnes développe une image cognitive propre qui représente le projet/objet de conception comme il l'envisage (notion de connaissance). Le but de la collaboration est que, au stade final de la conception, les différents intervenants possèdent tous une seule même image cognitive collective du projet (connaissance partagée). Ochanine définit l'image opérative comme l'image cognitive complétée de l'action qui va y être portée, soit l'image vue comme instrument de connaissance et régulateur d'action. Dans les phases de communication, l'image opérative est transmise par une par différents dispositifs qui favorisent les épisodes clés de l'intelligence collective (figure 1) à partir du discours oral et de l'annotation d'artefacts partagés (plans, croquis, maquettes).

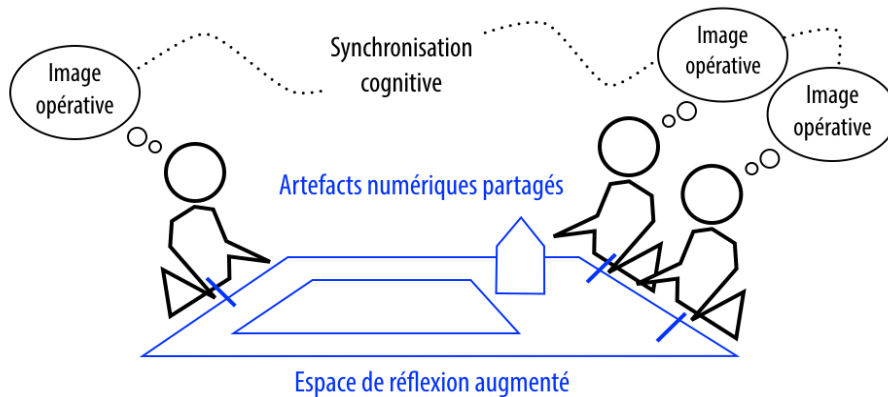


Figure 1. *Concept de synchronisation cognitive.*

2. Les offres numériques pour aider la communication en conception

2.1. Les réponses existantes

De nombreuses solutions technologiques existent pour qui cherche à communiquer de façon synchrone sur le principe de l'annotation de documents. Citons par exemple les applications liées aux Google Docs/Sheets/Slides, qui permettent d'éditer une même feuille à plusieurs rédacteurs distants, ou encore les applications web comme Webex® ou Teamviewer® qui proposent de recréer la situation de réunion en co-présence virtuelle sur base d'une communication en visioconférence. Quelles limites présentent ces moyens existants ?

Premier écueil : ces types d'outil sont systématiquement portés par les interfaces WIMP (window, icon, mouse and pointing- Beaudouin, 2000) qui reposent sur les principes d'interaction par commandes : l'utilisateur désigne l'objet-cible, puis il commande la fonction qu'il veut appliquer à cet objet, et la complète enfin des paramètres de cette transformation désirée (par exemple, dans un logiciel de traitement de texte, sélectionner un mot (l'objet-cible), ouvrir le sous-menu "style" dans le menu "format" (fonctions) et sélectionner "gras" (valeur du paramètre). Leur usage implique donc une charge cognitive qui est forcément empruntée au potentiel de pensée et qui n'est plus disponible pour l'action première : ici rechercher comment mettre un mot en gras peut mobiliser l'attention au point de perturber l'idée que l'auteur cherche à exprimer dans son texte.

Second écueil : leurs dispositifs matériels sont encore constitués des traditionnels moyens d'entrée (clavier et souris/trackpad) et de sortie (écran) ou les tablettes qui unifient ces canaux mais en y proposant toujours les interactions qui s'y rapportent.

Troisième écueil : concernant les plate-formes de réunion virtuelle, comme Webex et Team viewer, le principe de gestion de l'interaction multiple doit se plier aux règles des droits d'accès classiques à l'information. Un maître de réunion invite

ainsi les autres participants au départ et décide ensuite, par délégation, qui pourra agir à quel moment sur quel document et dans quelles conditions, limitant les autres à simplement observer l'espace de conversation.

Ces trois limites sont évidemment de nature à brimer lourdement la spontanéité du partage, l'émergence des idées et l'intelligence collective.

2.2. Les moyens augmentés mis en oeuvre

Pour répondre à ces limitations, nous avons conçu et mis en oeuvre différents moyens pour favoriser la collaboration dans le processus de conception. Ceux-ci sont basés sur la notion d'espace de réalité augmentée, qui correspond à un espace réel sur lequel une information virtuelle est projetée, perçue et manipulée de façon synchrone par différents intervenants (Furth, 2011). Ces environnements de co-conception permettent de visualiser et d'annoter à main levée des documents partagés en temps réel. Concrètement, ils se composent de surfaces de travail réelles (table, mur, tablette) sur laquelle sont projetés les documents de conception (dessin, plans, croquis). Ces affichages sont gérés grâce à un logiciel, nommé SketSha (pour *sketch sharing*, figure 2), qui permet de manipuler et d'annoter librement des documents avec un stylo électronique entre deux surfaces de travail connectées, partagées entre concepteurs localisés en co-présence ou à distance (Safin, 2009 et Safin, 2012). Par ses caractéristiques de conception, ce dispositif augmenté répond aux trois écueils pointés ci-avant en tant qu'outil de travail muni d'une interface post-WIMP et doté de principe de partage sans préséances, ni droit d'accès.



Figure 2. SketSha, logiciel de partage graphique – configuration à 2 pupitres.

2.2. Les situations collectives observées

Nous avons développé et mis en oeuvre plusieurs configurations d'espaces collaboratifs augmentés (ECA). Déjà détaillées précédemment (Ben Rajeb, 2013 et Calixte, 2017), elles concernent (figure 3) :

- [ECA1] la revue collaborative, pour l'analyse collective de projet en grand groupe en co-présence (avec table et mur interactif - figure 3, gauche-haut);

6 Nom de l'ouvrage

- [ECA2] la réunion collaborative distante, pour le travail d'équipes de concepteurs géographiquement distribués (avec table interactive et visioconférence - figure 3, droite-haut);
- [ECA3] la revue de projet collective avec des acteurs en co-présence et d'autres à distance (avec tables interactives, visioconférence et mur interactif - figure 3, gauche-bas);
- [ECA4] et la présentation en co-présence à partir d'une projection interactive sur maquette blanche (avec maquette blanche, figure 3 - droite-bas).

Figure 3. *Situations collectives mise en oeuvre.*



Ces configurations ECA sont mises en place dans la formation avancée du Master en ingénierie architecturale à l'Université de Liège. L'observation de leurs usages ont montré de réelles contributions sur la qualité de la collaboration, notamment par la reconsidération de plusieurs statuts dont celui des acteurs, des interactions et des documents, que nous résumons ci-après (Ben Rajeb, 2013 et Ben Rajeb, 2014).

Nous avons en effet montré que ces ECA favorisent un mode de pensée orienté vers la création de valeurs à partir de la collaboration des acteurs, au-delà des relations hiérarchiques et fonctionnelles qui les lient (Serehane & Talbi, 2015), révélateur du principe organisationnel bien connu du *lean thinking* (Wocmack, 1990).

Par leur capacité de partager l'interaction graphique en temps réel, nos différents ECA, assurent un couplage plus immédiat d'action/perception, où chaque co-acteur peut entretenir le lien entre les paroles énoncées et la saisie de la trace sur l'artefact partagé, lui conférant le statut opérationnel d'objet intermédiaire (*boundary object*) interactif partagé entre les collaborateurs (Star, 1990).

Enfin, l'observation des usages de ces ECA permet d'observer une reconsidération des documents par les différents acteurs. Les épures graphiques nécessitent de longues heures de production dans leur version traditionnelle et deviennent souvent très précieuses. Devenues numériques et infiniment reproductibles, elles perdent leur caractère irremplaçable et s'ouvrent pleinement à l'annotation, au-delà des revues de projets parfois, jusque la soutenance finale. Ainsi désacralisé, le statut des documents évolue de "document de présentation" à "document pour l'action" (Zacklad, 2012).

3. Discussion : comment instrumenter la pensée collective synchrone ?

Quelles pistes peuvent être proposées à la lumière des pratiques variées que nous avons mises en oeuvre dans notre contexte technologique ?

Sur base de l'observation des différentes situations présentées ci-avant, nous proposons de centrer notre discussion sur la notion d'efficacité, de la structurer à partir du triangle de l'activité instrumentée (Rabardel, 1995) et son triptyque "sujet / instrument / objet", en le traduisant ici sur l'axe communicationnel-numérique par « collectif / medium / artefact » .

3.1. Le collectif numérique

3.1.1. Fonder la connaissance commune

Parmi les conditions d'une communication effective entre acteurs collaborant, figure le fond de connaissance commune, décrit par la notion de référentiel opératif commun ou *common ground* (Clarck, 1991). On se comprend mieux si on peut se reposer sur un premier niveau de partage d'information, qui servira de référent pour poser sa proposition ou sa remarque et expliquer en quoi celles-ci modulent le repère partagé. Dans la revue de projet collective (situation ECA1), la projection en temps réel d'images illustrant une oeuvre architecturale au fur et à mesure du discours de l'expert aide les trois catégories d'intervenants à accorder leur base de conversation.

D'une part, les apprenants, dont la connaissance se complète des références évoquées par l'expert : à partir de points spécifiques de leur propre projet, les exemples cités qui s'affichent en direct sur le mur interactif, parallèlement à l'espace de travail collectif, permettent de concrétiser la proposition de l'expert et de l'ancrer dans la réflexion de leur composition.

D'autre part, les autres acteurs-spectateurs de l'interaction bénéficient de la communication grâce à l'affichage du référent en grande taille sur le mur. Celui-ci leur permet de percevoir la richesse de l'échange et d'y entrer à leur tour, en posant une question ou en soulignant un aspect complémentaire présent dans l'image partagée.

Enfin, cette image collective, que l'expert découvre en même temps que l'ensemble des acteurs, puisque ce n'est pas lui qui effectue la recherche web, facilite

8 Nom de l'ouvrage

l'expression de sa suggestion formelle et la transmission de sa représentation interne. Exemple à travers cet extrait de conversation :

- l'expert : "*Dans la chapelle allemande de Zumthor, les hautes parois inclinées figurent la peine de l'élévation de l'homme vers la lumière*".

- l'image se projette sur le mur, montrant la rugosité des parois.

- l'expert : "*Regarde, vois comment la texture dessine l'âpreté de la montée*".

Son message est court car il est enrichi par l'image, l'image furtive et éphémère qui s'effacera après quelques secondes, une fois la référence partagée par tous. Son caractère volatile traduit d'ailleurs l'efficacité du procédé : la technologie d'affichage (vu de tous), couplée à la réactivité du moteur de recherche, sont capables de suivre le flux de la conversation, d'en appuyer la dynamique et la largeur de transfert, réduisant d'autant sa durée. Nous sommes donc bien en présence d'un procédé portant une efficacité de partage (E1).

3.1.2. Partager la conduite

Les séances de revue de projet menées dans les espaces augmentés permettent d'observer l'évolution de la méthode de conduite. Comme dans tout projet de conception, les revues constituent des moments privilégiés où le travail est questionné, évalué et conseillé. Dans un espace numérique, la dimension collective multiplie le nombre potentiel d'interacteurs : le partage des documents graphiques et la possibilité de les travailler en temps réel sont placés dans la conversation d'un large groupe d'acteurs (les auteurs de projet et les experts), entourés d'une dizaine d'observateurs (les autres apprenants, concernés par leur propre réponse à l'appel à projet). Cet espace de travail augmenté par son nombre de participants, permet ainsi de couvrir d'autant plus de sujets, de poser plus de questionnements ou de lever plus de points critiques. L'approche s'avère donc plus complète, certes ouvrant davantage le niveau de complexité, mais nourrissant aussi le déroulé du processus par des éléments de réponse également plus nombreux. Le tout conduit, soulignons-le, à des propositions qui sont jugées plus robustes et plus complètes que les productions habituelles, par les jurys des évaluations finales (E2 : efficacité de maîtrise).

3.2. Le médium

3.2.1. La réactivité numérique

Le médium constitué par les surfaces digitales, présente un haut degré d'interaction : le document numérique projeté est manipulé et annoté en temps réel grâce à des interactions au stylo. Cette réactivité porte très bien le principe d'action / réaction attendu par toute conversation. La conception de l'interface homme-machine est ici conçue pour une mise au service de la communication homme-homme. La métaphore de la rencontre autour d'un plan qu'on annote répond aux usages du monde de la conception, où les moyens de figuration classiques (dessin et maquette) constituent depuis toujours des media capables de suivre l'activité cognitive de l'activité de conception. Transposés dans une forme numérique, documents dessinés et crayon font donc partie du monde numérique mais ils

n'imposent pas d'usages nouveaux, au contraire des interfaces courantes, qui restent accrochés aux principes d'interaction par commandes portés par les interfaces WIMP). La conception des interactions elle-même intervient donc directement sur le niveau potentiel de collaboration, que ce soit dans son degré d'acceptabilité comme dans son efficacité interactionnelle (E3 : efficacité opérationnelle).

3.2.2. *Entre réalité et virtualité*

Nos dispositifs s'inscrivent tous dans le champ de la réalité augmentée (RA), celle qui part du monde réel (les surfaces de travail) et qui les augmente par la projection d'information en temps réel (Ben Rajeb, 2014). Le milieu actuel de la conception du design, de l'architecture ou de l'ingénierie, invite aujourd'hui à avancer vers la réalité virtuelle (RV) en voulant plonger l'acteur dans un monde entièrement numérique, à travers des lunettes ou un casque immersif par exemple. Pourquoi nos travaux ne vont-ils pas dans ce sens ?

Indépendamment des objectifs de base qui sous-tendent la conception de ces dispositifs immersifs et les destinent avant tout à un usage individuel (difficile de s'adresser socialement à un co-acteur quand on est armé d'un casque), il s'agit surtout d'un décalage relatif au concept d'immersion qui distingue nos objectifs. En effet, les systèmes immersifs actuels se réfèrent avant tout à l'immersion dans une situation 3 ou 4D spatialement reconstituée. Appliqué au monde de la conception, il transpose l'acteur dans un monde numérique représentant l'objet travaillé, comme dans l'habitacle d'une voiture ou d'un bâtiment futur, soit dans une représentation virtuelle de l'objet final visé.

Notre point de vue est d'inviter les collaborateurs à s'immerger dans la réunion de conception d'un objet, mais pas dans l'objet lui-même. Les représentations manipulées sont donc certes des artefacts virtuels mais figurant eux-mêmes des représentations externes qui appuient la collaboration professionnelle en respectant ses usages codifiés (usage de plans et croquis) et non ce qui pourrait s'appeler des figurations (scène 3D immersive). Cette réflexion souligne l'importance de se poser la question de l'objectif opérationnel visé avant d'emprunter toute mise en oeuvre technologique et éviter de voir celle-ci souvent trop techno-centrée (E4 : écoogie ou efficacité technologique).

3.3. *Les artefacts d'écriture collaborative*

3.3.1. *L'artefact graphique*

L'artefact privilégié dans la conversation animant deux ou plusieurs concepteurs en architecture ou ingénierie est évidemment l'artefact graphique. L'écriture qui caractérise leur travail de conception sur papier présente une caractéristique spatio-chronologique remarquable. En effet, vis-à-vis de la séquentialité d'un texte, qui s'écrit comme celui-ci et se lit mot après mot, le dessin porte un récit qui est décrit de manière cartographique : chaque trait ou annotation qui y est apporté, peut se placer n'importe où, dans n'importe quel sens et dans n'importe quelle dimension (notion d'échelle) sur l'espace bidimensionnel de la feuille. Toujours en relation avec les éléments déjà présents ou à venir, mais en dehors de la linéarité conditionnée

d'un texte. L'écriture graphique offre donc un espace plus ouvert à l'action partagée. Rappelons qu'en plus, le dessin présente une caractéristique d'universalité à laquelle le langage écrit ne peut prétendre. Un croquis repose toujours sur des normes graphiques largement partagées qui s'affranchissent de la langue : dessiné à NY, il se lit et se comprend aussi facilement à Paris qu'à Pékin. L'artefact graphique dispose ainsi d'un potentiel prometteur quand on envisage son exploitation dans un usage numérique.

Dans la variété d'usages collectifs que nous avons mis en oeuvre dans nos espaces augmentés, la notion d'écriture graphique collaborative prend un sens encore élargi : deux acteurs peuvent y agir en même temps sur un même artefact graphique. Il s'agit d'un artefact à deux mains. Dans le champ du dessin numérique, nos travaux précédents avaient déjà identifié deux nouveaux modes d'écriture synchrones, quand des concepteurs connectés partagent la composition d'un même croquis (Ben Rajeb, 2014) : un premier cas où l'un et l'autre apportent chacun ses informations utiles à un dessin commun (écritures collaboratives assimilées, figure 4); un second cas où un acteur annote, par exemple le plan d'un étage, alors que l'autre en ébauche la coupe en intégrant les données qui apparaissent dans le plan en train de se tracer (écritures collaboratives articulées, figure 5).

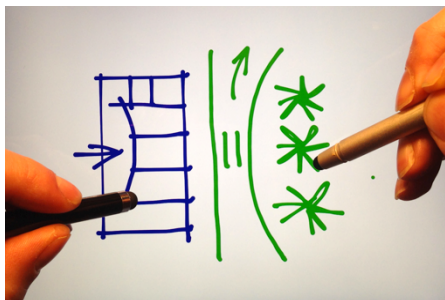


Figure 4.
Écritures collaboratives assimilées.

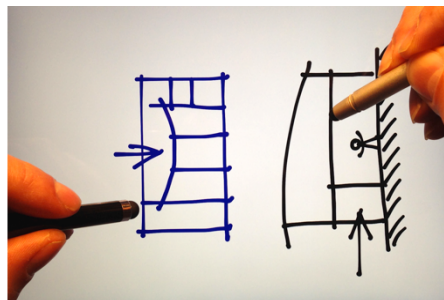


Figure 5
Écritures collaboratives articulées.

Cette mise en œuvre partagée du croquis via le support numérique ouvre donc bien un mode conversationnel synchrone élargi : la mise en simultanéité de l'artefact graphique, à partir de plusieurs postes de dessin connectés (table, mur, tablette) favorise le dialogue entre co-concepteurs en co-présence comme à distance (E5 : efficacité conversationnelle).

3.3.2. L'artefact objet

Nos derniers travaux tentent une approche complémentaire (Calixte, 2017) : dans la situation ECA4, l'écriture graphique s'y exerce sur un objet réel tridimensionnel et non plus sur une feuille de papier bidimensionnelle. La projection graphique interactive que nous y proposons reproduit en fait un moyen d'annotation traditionnellement utilisé dans le monde du design, où l'action envisagée s'exprime par des tracés effectués au marqueur directement sur l'objet. Dans notre situation,

bien que la collaboration graphique interactive n'y ait pas encore pris place (puisque, jusqu'ici, les tracés d'un seul acteur se projettent sur la maquette blanche), on comprend le potentiel nouveau d'écriture collaborative apporté par ce type d'artefact augmenté (E6 : efficacité multi-dimensionnelle).

4. Conclusion et perspectives

Dans le domaine de la conception de projets architecturaux, les enjeux économiques et techniques grandissants poussent à adopter des méthodes de travail. Ces approches pluridisciplinaires impliquent de nouvelles contraintes temporelles au travail collectif. Notre étude se focalise sur l'aspect communicationnel rencontré dans les conceptions collaboratives et, plus particulièrement, sur l'impact des outils numériques émergents comme support à la communication synchrone.

Nous avons montré que les solutions existantes rencontraient habituellement trois écueils, qui briment la spontanéité du partage et l'émergence des idées : (1) le nombre de manipulations nécessaires pour transmettre l'information souhaitée, (2) l'interface Wimp (à commande) des outils et (3) la gestion des autorisations d'accès à l'espace collaboratif.

En réponse, nous avons présenté des environnements d'espace de réalité augmentée, développés au LUCID-ULg, qui sont mis en œuvre en situations de co-conception synchrone. Composés d'une surface de travail physique sur laquelle sont projetées les informations du projet, ils permettent de visualiser et d'annoter à main levée des documents ou objets physiques partagés en temps réel en co-présence ou à distance. Quatre Espaces Collaboratifs Augmentés (ECA) ont été décrits, qui apportent de nouvelles considérations du travail collectif : les relations plus égalitaires entre acteurs, le statut opérationnel de l'artefact (objet intermédiaire pour l'action) et la désacralisation des documents.

La variété de situations conversationnelles permises par la plate-forme décrite ici dans le champ de la conception collaborative synchrone, démontre sa principale contribution : connectant des dispositifs technologiques différents, reliant leurs interactions en temps réel, en co-présence ou à distance, elle offre un jeu étendu de services numériques portant des formes multiples d'écriture collaborative spontanée. Son atout réside dans la fluidité établie entre ses composants de réalité augmentée : les images se projettent instantanément d'une surface à une autre, indifféremment sur tablette, bureau, mur ou objet, et leurs annotations s'y tracent, à plusieurs interacteurs, sur des artefacts graphiques virtuels à 2 ou 3 dimensions.

A travers six types d'efficacité (E1 à E6 : efficacité de partage, de maîtrise, efficacité opérationnelle, technologique, conversationnelle et multi-dimensionnelle), notre discussion a souligné comment la plate-forme soutient la notion d'efficacité cognitive que tout acteur humain recherche à travers la maximisation du rapport bénéfice/coût de chacune de ses actions. Notre discussion a développé plus précisément les apports que ce type de dispositif pouvait apporter dans aux échanges d'information de « cerveau à cerveau ». Les multiples champs d'exploitation menés et la variété des outils présents au sein des ECA renforcent la fluidité des échanges et s'avèrent propices à l'émergence de l'intelligence collective entre les différents

acteurs. Ainsi, la plate-forme numérique s'avère favoriser les échanges conversationnels complexes grâce à la spontanéité des externalisations graphiques et de leur partage dans l'action collaborative.

Nos prochaines recherches comptent développer encore cette offre de dispositifs équipant ces espaces, par exemple, en rendant collective l'annotation sur objets 3D, ou en permettant l'intervention de multiples acteurs synchrones connectés sur tablette et collaborant librement en tout type de lieu, autour d'un même artefact augmenté.

5. Bibliographie

- Beaudouin-Lafon M., « Instrumental Interaction : An Interaction Model for Designing Post-WIMP User Interfaces », *In Proceedings of the ACM CHI 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems CHI Letters*, 2000, p. 446-453.
- Ben Rajeb S., Leclercq P., « Apports des configurations spatiales augmentées aux activités de formation par projet », In C., van de Leemput, C., Chauvin, & C., Hellemans (Eds.), *Activités humaines, technologies et bien être*, France, Paris, Sciences publishing, 2013, p. 171-178.
- Ben Rajeb S., Leclercq P., « Spatial augmented reality in collaborative design training : articulation between I-space, We-space and Space-between », *Lecture Notes in Computer Science LNCS 8526*, vol. 2, 2014, p. 343-353.
- Calixte X., Leclercq P., « The interactive projection mapping as a Spatial Augmented Reality to help collaborative design », *Case Study in architectural design. submitted to the 14th International Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering, CDVE 2017*, Spain, Mallorca, 2017.
- Clarck H., Brennan S., « Grounding in communication », *In L. Resnick, J. Levine & S. Teasley (Eds.), Perspectives on Socially Shared Cognition*. Washington, American Psychological Association, 1991
- Ellis C.A., Gibbs S.J., Rein G., « Groupware: some issues and experiences », *In Communications of the ACM*, 34 (1), 1991, p. 39-58.
- Furth B., *Handbook of Augmented reality*. Springer, New York, 2011.
- Ochanine D., « Concept of operative image in engineering and general psychology », Lomov B.F., Rubakhin V.F., VendaV.F. (Eds) *Engineering psychology*. Moscow, Science publishers, 1977, p. 134-149.
- Rabardel P., *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*, Armand Colin, 1995, p.239.
- Safin S., Juchmes R., Leclercq P., « Use of graphical modality in a collaborative design distant setting », *In J., Dugdale, C., Masclat, M. A., Grasso, J.-F., Boujut, & P., Hassanaly (Eds.), Proceedings of COOP 2012 : 10th International Conference on the Design of Cooperative Systems*, Springer. 2012.

- Safin S., Leclercq P., « User studies of a sketch-based collaborative distant *design solution in industrial context* », In *Cooperative Design, Visualization, and Engineering Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 5738, Springer, 2009, p. 117-124
- Serehane L., Talbi A., « Amélioration de la performance de l'entreprise par le lean thinking et le désapprentissage organisationnel », *Xe Conférence Internationale : Conception et Production Intégrées*, Maroc, Tanger, 2015.
- Star S., « The structure of ill-structured solutions: Heterogenous problem solving, boundary objects and distributed artificial intelligence », *Distributed artificial intelligence*, vol. 2, San FransiscoMorgan, Kaufmann Publishers Inc., 1990, pp. 37-54.
- Womack J. P., Jones D. T., Roos D., *Machine that changed the world*. Simon and Schuster, 1990.
- Zacklad M., « Organisation et architecture des connaissances dans un contexte de transmédia documentaire : les enjeux de la pervasivité », *Études de communication*, vol. 39, 2012, p 41-63.