

Conception collaborative distantement instrumentée

Étude architecturologique pour la caractérisation des opérations cognitives

< Samia Ben Rajeb >

*LUCID, Université de Liège
Chemin des Chevreuils, 1, 4000 Liège, Belgique
samia.benrajeb@ulg.ac.be*

DOI:10.3166/RIN.2.509-529 © AFDI 2013

< RÉSUMÉ >

Quelles sont les opérations cognitives mises en jeu par les nouvelles interfaces numériques disponibles pour collaborer à distance et en temps réel dans les premières phases de la conception ? Pour y répondre, cet article présente d'abord une modélisation théorique de la conception collaborative instrumentée, basée sur l'extension de concepts issus de l'architecturologie ; il en déduit ensuite une grille d'évaluation originale pour la qualification des outils d'aide à la collaboration distante et synchrone en conception.

< ABSTRACT >

What are the cognitive operations involved by new digital interfaces supporting remote and synchronous collaboration in the early stages of the design? To answer this question, this article first presents a theoretical model of instrumented collaborative design, based on extended of new concepts of architecturology. It also proposes an original frame of evaluation for digital interfaces supporting remote and synchronous collaboration in design.

< MOTS-CLÉS >

Conception collaborative distante, architecturologie, TCAO, ergonomie cognitive, interface homme-machine, opérations cognitives.

< KEYWORDS >

Remote collaboration design, architecturology, CSCW, cognitive ergonomics, human-machine interaction, cognitive operations.

1. Introduction

Le processus de conception architecturale évolue à partir des interactions et des consensus établis entre différents acteurs du projet (Hubers, 2009). Dans certains cas, ces acteurs se retrouvent séparés géographiquement, ce qui impose le recours à des plateformes et à des instruments de partage pour les échanges vocaux et graphiques, jouant le rôle d'interfaces numériques, permettant l'activité de conception collective à distance. Ces interfaces de partage visent à faciliter les échanges nécessaires pour la construction de ce qui est désigné en ergonomie cognitive sous les termes de « synchronisation cognitive », « synchronisation temporo-opératoire », « conscience mutuelle » ou en encore « référentiel opératif commun » (Détienne *et al.*, 2004). Aujourd'hui, rares sont les dispositifs qui sont adaptés à des situations de conception collaborative distante et qui permettent le partage synchrone d'annotations graphiques, surtout lors des phases d'esquisse (Jimenez, 2010). Les quelques études cognitives qui se sont intéressées à ces situations particulières se sont focalisées sur l'aspect ergonomique et sur l'activité de collaboration distante entre les acteurs en général sans s'attarder sur la conception et la transformation même du projet visé. Dans le cadre de cet article, nous interrogeons l'implication de ces nouvelles interfaces pour le partage synchrone d'annotations graphiques dans des situations de conception collaborative distante (donc instrumentée) sur le processus de conception du projet. Les situations analysées ici ne concernent pas les phases de coordination et de réalisation du projet, notre objectif étant de construire une trame d'évaluation des interfaces d'aide à la collaboration distante et synchrone mise en jeu dans la conception architecturale, en phase d'esquisse.

2. Problématique

2.1. Cadre de recherche

Cet article se focalise sur les activités de conception supportées par le dessin et rend compte des principaux résultats d'un travail de thèse portant sur les pratiques de la collaboration distante. Il s'insère en

partie dans le cadre d'une recherche nommée CoCréA¹, financée par l'Agence Nationale de la Recherche en France. D'autres données sont aussi issues de nos enquêtes et observations en agences d'architecture, d'ingénierie et de design. Ce cadre de recherche a permis d'investiguer le contexte professionnel et de construire différentes expérimentations – *in situ* et en laboratoire avec des praticiens – sur lesquelles sont fondés les objectifs de ce travail de recherche. Il s'agit d'étudier des situations de collaboration entre différents concepteurs qui travaillent ensemble, à distance et de manière synchrone, pour la conception d'un projet d'architecture. Concrètement, nous nous préoccupons des activités qui se basent sur l'échange graphique et qui permettent aux acteurs de négocier, partager et annoter des documents, en temps réel, en vue de produire une esquisse commune. Pour nous, ces activités collaboratives sont à différencier de celles dites coopératives impliquant des tâches différentes pour un même objectif (Dillenbourg *et al.*, 1995). Les situations collaboratives visées par notre étude se déroulent donc nécessairement de manière synchrone et via des annotations graphiques.

2.2. Hypothèses de recherche

Pour interroger ces situations de conception collaborative synchrone, distante et instrumentée, nous formulons plusieurs hypothèses :

1. Il est possible d'appréhender le processus de conception collaborative par l'identification de différentes séquences de conception qui le composent ainsi que des opérations cognitives qui y sont mises en jeu (Schön, 1995 ; Brassac et Gregori, 2001).

2. Il est possible de proposer un procédé de description de l'activité cognitive en conception architecturale adapté à un contexte

1. Cette recherche CoCréA (Décision n°ANR-08-CREA-030-20, Programme, Création, acteurs, objets, contextes) rassemble trois points de vue scientifiques complémentaires : 1) l'ergonomie cognitive, portée par le laboratoire LimSi-Cnrs de l'université Paris-Sud, 2) l'architecturologie, portée par le laboratoire MAP-MAACC de l'ENSA Paris la Villette et 3) l'ingénierie de conception, portée par le laboratoire LUCID-ULg de l'Université de Liège.

expérimental faisant intervenir plusieurs acteurs : ce procédé s'appuie sur le champ de l'architecturologie appliquée (Lecourtois, 2011) tout en s'inspirant des méthodes de l'ergonomie cognitive (Bonnardel, 2009) par l'étude de traces graphiques et de mots produits lors des expérimentations. Cela suppose que la collaboration en conception de projet passe nécessairement par des traces graphiques et des échanges verbaux. Paroles et dessins seraient donc indices d'opérations cognitives de conception. Les autres modalités d'échange comme les gestes et le regard ne sont pas analysés dans le cadre de cet article mais font l'objet de travaux parallèles (*cf.* section 5).

3. La complémentarité des méthodes de recueil des données (rendue possible par l'observation et les expérimentations en laboratoire et *in situ*, via l'usage d'un même outil d'assistance) permet la compréhension des impacts de ces nouveaux systèmes sur l'activité actuelle de conception (Boujut et Laureillard, 2002). Le système choisi dans ce cadre est le Studio Digital Collaboratif (SDC). Par son interface ergonomique, adaptée au dessin à main levée, le SDC permet à des acteurs distants, de partager et d'annoter en temps réel des documents graphiques (Safin *et al.*, 2010 ; Ben Rajeb et Leclercq, 2012). Les données recueillies à partir de l'utilisation de ce type d'interface permettraient d'amorcer en partie la modélisation théorique de la complexité opératoire d'un processus de conception collaborative distante.

4. Notre modélisation de l'activité de conception architecturale collaborative synchrone à partir de l'identification des opérations cognitives donne la possibilité de proposer des recommandations pour des assistances possibles à cette situation particulière de conception.

3. Corpus et méthodes

3.1. Méthodes de recueil des données

Plusieurs types de données complémentaires ont été recueillis dans le cadre de cette recherche. Elles sont présentées dans le tableau 1.

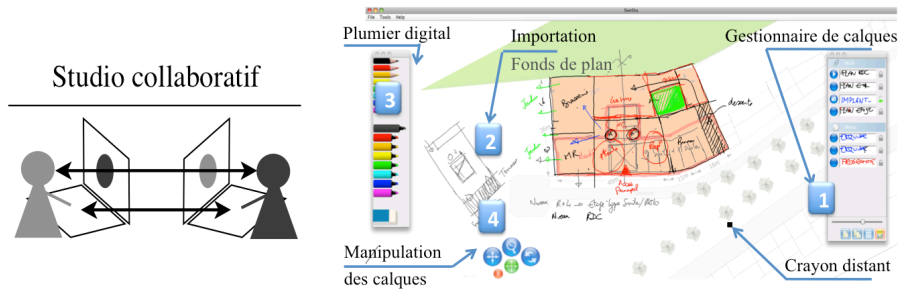
Dans le cadre des expérimentations *in situ* et en laboratoire, notre étude se focalise sur des situations de conception collaborative synchrone et à distance, en phase d'esquisse, rassemblant des collègues

sans relations hiérarchiques et utilisant un même outil, le SDC comme système faisant office de support et d'interface numérique pour notre étude. Ciblant principalement la collaboration distante dans le monde de l'architecture et du design, il intègre plusieurs fonctions dont certaines d'entre elles – suffisamment rares (comme la parfaite synchronie entre les acteurs) – justifient de s'y arrêter. Son originalité tient à son logiciel SketSha (*cf.* figure 1) qui permet le partage synchrone d'annotations graphiques afin qu'il soit adapté à la mise en œuvre de conception partagée et à distance. Le SDC a donc été l'outil privilégié pour réaliser nos expérimentations.

Tableau 1. Synthèse des données recueillies

Méthodes de recueil	Corpus	Données cumulées	Objectifs
Enquêtes	6 agences interrogées - architecture - ingénierie - design > 10 entretiens	Entretiens semi-dirigés portant sur les items : - fonctionnement - formes de collaboration - typologies de représentations - attentes et perspectives	- Etat de l'art des pratiques sur le terrain - Identification des moyens et des modes de collaboration utilisés par les concepteurs
Observation et immersion en agence	2 mois d'immersion dans une agence multi-sites (AIA) > réunions + entretiens	Vidéos et entretiens semi-dirigés concernant : - outils de collaboration - formes de collaboration - processus de conception - typologies des espaces	- Spécifications des pratiques collaboratives - Rôles et typologies des outils mis en place d'aide à la collaboration
Expérimentations <i>in situ</i>	1 agence utilisant le SDC pour collaborer entre Bruxelles et Toulouse (Art&Built) > observations 2 projets, phase concours et APS	Vidéos de 4 réunions utilisant le SDC : > environ 1h par réunion	- Analyse des pratiques architecturales à distance <i>via</i> le SDC - Impacts de la collaboration instrumentée sur leur processus de conception
Expérimentations en laboratoire	12 experts travaillant en binômes sur 2 courts projets de conception	Vidéos de 6 expérimentations à distance utilisant le SDC	- Caractérisation des opérations et des mécanismes cognitifs mis en jeu

Figure 1. Présentation du Studio Digital Collaboratif (SDC) et de son logiciel SketSha



3.2. Méthode d'analyse des données

3.2.1. Méthode d'analyse de la conception architecturale collaborative

Il y a différents points de vue pour l'analyse de la conception architecturale collaborative :

1. le point de vue des aspects physiques du travail : ce point de vue s'intéresse uniquement à l'aspect ergonomique et physique de l'espace dans lequel travaille le concepteur. Nous parlons ici de l'espace physique avec des propriétés acoustiques et thermiques, de gestualité, de déplacements, de postures, etc. (O'Connor et al., 2000, Edwards et al., 2002 ...);

2. le point de vue de l'affect : ce point de vue s'intéresse à l'aspect psychique ou émotionnel des concepteurs. Cet aspect fait état du ressenti subjectif des concepteurs vis-à-vis de leur environnement et de leur collaborateur. Ainsi, il traite des relations hiérarchiques et des sentiments de confiance qui unissent les différents membres d'une équipe (Dejours, 2003 ; Riche et al., 2003 ; Clot, 2010...);

3. le point de vue cognitif : ce point de vue porte sur les aspects cognitifs du processus de la conception qui sont liés à la situation, aux acteurs et au sujet traité. Ici, la conscience de groupe, les objets intermédiaires et le référentiel commun sont autant de paramètres à considérer pour l'étude de ces situations (Gero, 1990 ; Darses, 2004...).

Ce dernier point de vue est celui retenu dans le cadre de notre recherche. Pour l'étude de ces activités cognitives, plusieurs protocoles

ont été mis en place (Gero, 1990 ; Dodier, 1995 ; Tang *et al.*, 2010). Notre étude s'insère plutôt dans le courant du *concurrent protocols* qui consiste à analyser la verbalisation des participants du processus de conception (l'objet est en train de se faire) (Ericsson et Simon, 1993). Il est important de souligner par ailleurs que la plupart des études et méthodes qui ont été mises en place dans le cadre d'analyses d'activités collaboratives en conception ne s'intéressent qu'à la verbalisation des acteurs et rarement à leurs productions graphiques. Ajouté à cela, le schème de codage défini pour l'analyse de ces données est souvent mis en place de manière à se focaliser sur l'activité collaborative en général et non sur le processus même de la conception de l'objet architectural. C'est pourquoi les connaissances apportées par l'architecturologie sur les processus et les opérations spécifiques à la conception architecturale nous paraissent intéressantes à explorer pour étudier, analyser et modéliser la conception architecturale collaborative distante.

3.2.2. *L'architecturologie appliquée comme possible méthode d'analyse*

Pour l'analyse de nos données, nous nous appuyons donc principalement sur le champ de l'architecturologie appliquée, mais aussi sur celui de l'ergonomie cognitive. Faire appel à l'architecturologie pour répondre à nos questions nous paraît pertinent pour étudier, analyser et modéliser les opérations cognitives spécifiques à la conception collaborative distante. L'architecturologie propose en effet un langage scientifique et théorique propre au domaine de l'architecture qui vise à éclairer plus spécifiquement la complexité induite de la conception architecturale en termes d'activité et d'opérations cognitives de conception. Il s'agit de questionner les manières dont le concepteur conçoit son espace/son objet et le transforme. Un langage scientifique a ainsi été proposé en architecturologie fondamentale initiée dans les années 1970 (Boudon, 2009), puis une méthode d'analyse (mise en place par C. Lecourtois depuis 2004 sous le vocable d'architecturologie appliquée) a été développée en utilisant des concepts architecturologiques pour éclairer les mécanismes opératoires de la conception (Lecourtois, 2011). Jusque là, l'architecturologie appliquée était mise en place pour étudier, questionner et analyser des objets architecturaux déjà conçus. La difficulté de ces observations et interprétations réside dans le passage de l'espace architectural (comme résultat) à la reconstitution d'un processus de conception. C'est

pourquoi cette méthode d'analyse architecturologique a été réadaptée en s'inspirant d'autres méthodes mises en place en ergonomie cognitive pour retranscrire, traiter et analyser les données cumulées lors de nos expérimentations. C'est ici que réside notre contribution dans le champ de l'architecturologie : pour observer et analyser la manière dont interfèrent ces nouvelles interfaces, comme celle du SDC, il faut en compléter le cadre théorique pour suivre la transformation même de l'objet architectural.

Quatre phases composent ainsi notre méthode de traitement et d'analyse des données (*cf.* figure 2) : 1. préparation et conceptualisation, 2. séquençage, 3. retranscription et 4. analyse architecturologique. L'objectif est de saisir le processus de conception « en train de se faire » par la restitution, le traitement et l'analyse de ces données *via* notre schème de codage étendant les concepts définis en architecturologie (AA). Celle-ci représente, pour nous, une métaconnaissance fondamentale dont nous exploitons certains concepts pour mettre en place et définir notre schème de codage spécifique aux situations de conception collaborative distante (*cf.* figure 2, phase 4 : Analyse AA). À cet effet, les principaux concepts utilisés ici sont les échelles architecturologiques (*cf.* figure 2, 1^{re} colonne de la phase 4 : Analyse AA) et les opérations élémentaires de la conception (*cf.* figure 2, 2^e colonne de la phase 4 : Analyse AA). Les échelles architecturologiques représentent des classes d'opérations de conception conférant à l'objet au cours de sa conception des mesures qualitatives et quantitatives relatives à différents domaines de référence : la géographie, le voisinage, la géométrie, l'optique, le fonctionnel, l'économie, le socioculturel, l'échelle humaine, etc. (Boudon *et al.*, 2000). Quatre opérations élémentaires de conception sont aussi définies en architecturologie et sont constitutives de ces échelles architecturologiques (Lecourtois et Guéna, 2009) :

- référencement : opération par laquelle le concepteur met en œuvre des espaces de référence dans la conception architecturale ;

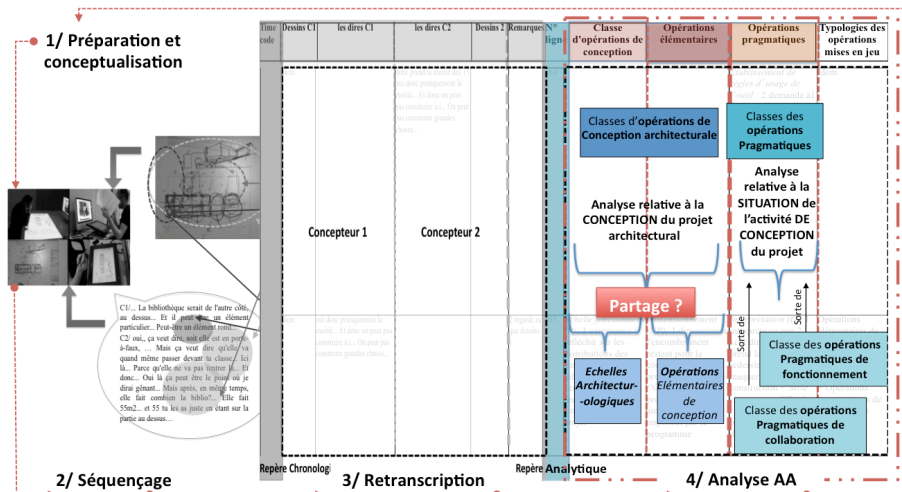
- découpage : opération par laquelle le concepteur découpe le projet en entités à mesurer ;

- dimensionnement : opération par laquelle le concepteur lie le mesurable à ce qui lui donne sa mesure ;

- orientation et positionnement : opération par laquelle le concepteur oriente et positionne le projet dans le site.

Tous ces concepts architecturologiques ont, pour nous, des définitions rigoureuses mais ouvertes à la remise en cause et sujettes à des questionnements d'ordres théorique et épistémologique. Ils composent notre schème de codage de base pour l'analyse de nos données. Nous les complétons par d'autres opérations spécifiques impliquant la collaboration et l'usage de l'outil (cf. figure 2, 3^e et 4^e phase 4 : Analyse AA).

Figure 2. Présentation de la méthode de traitement et d'analyse des données



Cette méthode permet d'abord de compléter certains concepts et d'en poser d'autres afin d'enrichir nos connaissances en matière d'opérations cognitives mises en jeu dans le processus de la conception collaborative distante. Elle nous permet aussi de construire une modélisation théorique de la conception architecturale collaborative impliquant l'utilisation du SDC. C'est la question centrale de cette présente recherche.

4. Résultats et discussions

Nos analyses ont permis de mettre en avant des résultats centrés sur l'activité de la conception collaborative distante, en tant que processus itératif, composé de choix réalisés par consensus entre les différents concepteurs d'un projet. Ainsi nous avons pu caractériser et modéliser les situations de conception collaborative distante (Ben Rajeb, 2012).

4.1. Caractérisation d'une situation de collaboration distante

Nos analyses des expérimentations ont permis d'identifier des complexités opératoires de la conception collaborative distante.

4.1.1. Co-modalité et construction d'un référentiel commun via le SDC

La co-modalité pointe l'importance de l'utilisation et de la combinaison de deux modes d'échanges (parole/dessin), assurant ainsi une multimodalité pour la bonne communication entre les collaborateurs via l'interface. Cette co-modalité comprend par ailleurs la possibilité de changer un mode d'échange par un autre, si cela s'avère nécessaire, et ceci est parfaitement soutenu par l'outil étudié ici. La combinaison de toutes ces modalités participe à la construction de référentiels communs mais aussi à la synchronisation cognitive qui sont primordiales dans l'ajustement des idées, la compréhension réciproque et la conscience mutuelle (*awareness*) de la situation (Darses, 2004). Tous ces éléments sont nécessaires pour toute collaboration, d'autant plus quand celle-ci est à distance et donc médiatisée. La construction de ces référentiels communs se fait à partir d'un processus d'interprétation, de négociation et de consensus entre les concepteurs du projet. Ces référentiels regroupent, selon nous, différents niveaux de compréhension partagés relatifs au projet à concevoir, aux collaborateurs et à la situation même de l'activité. Si nous nous appuyons sur les trois formes d'*awareness* décrites par Carroll *et al.* (2003, 609), il s'avère que l'interface du SDC supporte l'*activity awareness* (concept relatif à l'activité de conception au sein du groupe) mais non le *social awareness* (concept relatif à la conscience d'un contexte social de l'activité) ni l'*action awareness* (concept relatif à la conscience des tâches et contributions de chacun au sein du processus).

Le SDC permet en effet la co-modalité dans les échanges mais ne donne aucune information quant à « qui fait quoi » et ne transmet que ce qui est capté comme traces graphiques via le stylo et comme vidéo de la situation via le champ limité de la visioconférence.

4.1.2. La collaboration comme processus de la négociation, de l'évaluation et de consensus supportée par l'interface du SDC

L'activité collaborative de conception est souvent dictée par une recherche permanente de compromis. Ces compromis sont définis et mis en place au sein du groupe par un processus itératif de négociations et d'évaluations entre les acteurs qui tendent vers des consensus, des points de vue, des représentations multiples et des choix communs qui sont continuellement sujets à interprétation. C'est ainsi que des classes d'opérations de conception sont mises en jeu collaborativement et issues d'une réflexion commune lors du processus collaboratif. Ces classes sont donc partagées (échelles partagées) mais n'impliquent pas pour autant le partage des opérations de la conception en jeu. Par exemple, deux concepteurs, un ingénieur et un architecte, réfléchissent ensemble sur la logique structurelle du bâtiment (échelle technique partagée) : l'un calcule la portée maximum du projet (opération de dimensionnement) pendant que l'autre vérifie la superposition des locaux techniques étage par étage (opération de découpage). Dans ce cadre, la remise en cause par consensus, la confrontation des points de vue et leurs évaluations peuvent aussi participer à questionner d'autres thèmes traités, induisant un retour en arrière dans le processus de conception. Si l'interface du SDC permet la négociation et l'évaluation orale et graphique en temps réel et à distance, le retour en arrière se trouve être plus difficilement géré même si des remises en cause par consensus sont permises graphiquement. C'est aussi par ces remises en cause graphiques qu'évolue le modèle partagé au cours du processus en participant au passage d'un thème à un autre lors des réunions en temps réel et à distance entre deux antennes de l'agence.

4.1.3. Le besoin de partage synchrone et à distance des espaces de travail

L'étude de l'appropriation de cette interface – permettant l'échange en temps réel de documents et de traces graphiques – souligne que trois espaces composent l'environnement commun de travail des concepteurs collaborant à distance : 1) le I-space (représentant l'espace

de travail personnel), 2) le We-space (représentant l'espace de travail partagé) et 3) le Space-between (représentant l'espace de travail construit entre concepteurs s'isolant du groupe). Nous retenons ici qu'il est important d'offrir une flexibilité entre ces trois espaces qui se forment et se transforment selon les besoins des concepteurs. En effet, les notions d'espace et de temps ont un impact déterminant dans le processus de conception collaborative. Dans le cas d'une activité collaborative qui se déroule à distance, telle qu'observée lors de nos analyses, la synchronie des échanges s'avère nécessaire pour assurer une compréhension mutuelle de la situation, de l'objet en cours de conception et des tâches de chacun au cours du processus. Dans nos expérimentations, cet espace de travail commun est virtuel, en raison de la distance et de l'usage de l'outil qui imposent le partage de l'interface numérique et de toutes les productions graphiques. Avec l'interface du SDC, les concepteurs ne peuvent pas décider de ce qui est partagé ou pas. Ils ne peuvent pas produire des représentations isolées ou en garder d'autres personnelles. Néanmoins cet espace de travail commun, permis par l'outil, participe au processus d'interprétation, de négociation et de consensus entre les concepteurs. Il implique des mécanismes de mutualisation des connaissances et de partage de la compréhension, même s'il n'offre pas la possibilité de démultiplication des espaces d'échanges et ne facilite donc pas le passage entre eux (I-space, We-space et Space-between).

4.1.4. L'imbrication des opérations cognitives mises en jeu dans l'activité de collaboration soutenue par l'outil

Notre étude a permis d'identifier différentes opérations cognitives imbriquées : les opérations élémentaires de la conception et les opérations pragmatiques de la situation de collaboration supportée par l'outil (Ben Rajeb *et al.*, 2010) :

– Visant la conception du projet, les *opérations élémentaires* de conception font partie du langage architecturologique. Elles participent à la définition des mesures données au projet architectural. Certaines d'entre elles sont mises en jeu collaborativement et à deux mains (comme les opérations de découpage, de dimensionnement et d'orientation) grâce au partage synchrone, bilatéral et à distance

d'annotations graphiques permis par l'interface mise en œuvre dans le cadre de notre travail.

– Les *opérations pragmatiques* permettent de décrire l'activité cognitive liée directement à la situation dans laquelle est conçu le projet. Celles-ci constituent les contributions théoriques de notre étude, complétant le modèle de base proposé par l'architecture. Ces opérations dépendent du contexte, des acteurs, de leur nombre et/ou du choix des interfaces utilisées. Elles sont impliquées dans et pour la conception mais peuvent ne pas porter (du moins de manière directe) sur les spécificités du projet. Elles désignent, pour nous, des opérations permettant de connecter des personnes (par la construction de référentiels opératifs communs), des situations (par la construction d'une conscience mutuelle et d'une compréhension partagée de la situation commune), des points de vue (par un jeu d'interprétations graphiques et/ou orales, permettant la synchronisation cognitive entre les propositions des uns et des autres), des démarches variées (par des conversations réflexives, des négociations, des évaluations et des consensus autour de différents domaines de référence mis en jeu collaborativement par les concepteurs). Dans ce cadre, nous avons identifié deux types d'opérations pragmatiques de la conception : des *opérations pragmatiques de collaboration* et des *opérations pragmatiques d'usage de l'outil*. Les premières concernent la situation même de collaboration à plusieurs entre différents concepteurs ; les deuxièmes concernent plus spécifiquement l'usage même de l'outil et l'appropriation de l'interface numérique choisie, ses fonctionnalités et ses possibilités de détournement par les concepteurs.

4.2. Énumération et spécificités des opérations cognitives mises en jeu dans le cadre de la collaboration outillée

Chacune des opérations cognitives mises en jeu a fait l'objet d'un traitement architecturologique en vue de les définir et d'identifier les complexités opératoires qu'elles motivent dans la conception collaborative. Nous avons ainsi identifié un ensemble d'opérations dont certaines se retrouvent dans plusieurs catégories mais qui restent mises en œuvre différemment selon qu'elles concernent l'objet conçu, la collaboration entre les acteurs ou l'usage de l'outil (*cf.* tableau 2). La disjonction entre ces opérations n'est pas aussi facilement identifiable

dans la description d'un processus particulier. Néanmoins, ce qui nous importe ici est la complexité opératoire de ces opérations élémentaires de conception et de ces opérations pragmatiques issues de la situation de collaboration distante.

Tableau 2. Identification des opérations cognitives mises en jeu dans une collaboration distante outillée en conception

Opération	Définition	Typologies de l'opération		
		Op. élémentaires	Op. pragmatiques	
			de collaboration	d'usage d'outil
Remise en cause	Remettre en cause des choix relatifs à l'objet à concevoir	x		
Dimensionnement/ Orientation	Dimensionner, redimensionner et/ou orienter l'objet, l'interface	x		x
Découpage	Découper, planifier, hiérarchiser, structurer des choix, des situations, des interfaces	x	x	x
Référenciation	Se référer à une donnée, une situation, un usage de l'interface	x	x	x
Interprétation	Traduire, donner un sens, s'approprier la proposition	x	x	
Mise en commun	Partager, définir, confirmer et/ou préciser des données		x	
Autonomisation	S'isoler et travailler de manière autonome tout en considérant le travail des autres		x	
Prise de décision	Décider et/ou imposer des directions, des objectifs, des choix		x	
Évaluation	Avoir, donner, transmettre son point de vue sur la proposition, la situation, l'interface		x	x
Construction de règles	Énoncer des règles pour gérer et coordonner l'activité, l'interface		x	x
Appropriation	S'approprier et/ou détourner les fonctionnalités offertes par l'interface			x

Nous avons par ailleurs interrogé leurs interactions et nous avons précisé dans ce cadre trois types de relations :

- relation en cascade : opérations reliées par nécessité ;
- relation de relais : opérations reliées par choix ;
- relation de co-évolution : opération évoluant avec d'autres opérations cognitives tout au long du processus de collaboration (exemple : les opérations de mise en commun et d'interprétation évoluent ensemble car l'une nourrit l'autre).

L'identification, puis la caractérisation de ces opérations a abouti à la modélisation théorique de la collaboration sous la forme nouvelle de triade joignant les opérations spécifiques à la conception, à la collaboration et à l'usage de l'outil donc de son interface numérique.

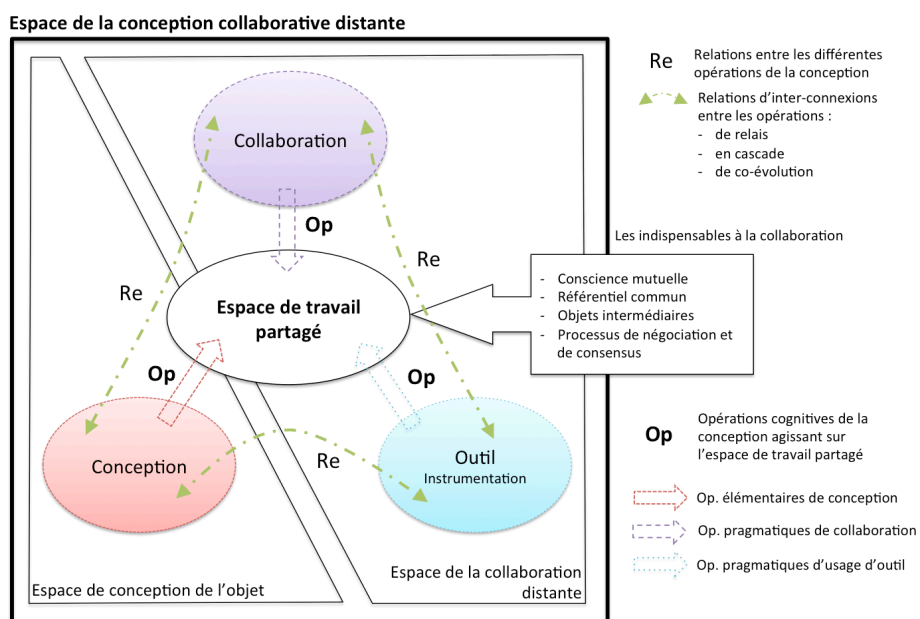
4.3. Modélisation théorique de la conception collaborative outillée

En s'appuyant sur le modèle proposé par Gronier (2006) et sur nos résultats décrits ci-avant, nous proposons une modélisation théorique de cette activité de collaboration qui implique l'utilisation d'une interface numérique (imposée par la situation de collaboration distante) permettant le partage synchrone des échanges, en particulier d'annotations graphiques au cours d'un processus de conception (*cf.* figure 3). Dans cette modélisation, nous pouvons voir que la conception collaborative instrumentée s'effectue dans le cadre d'un espace de travail partagé dynamique et évolutif qui est appuyé par différents éléments que sont : la conscience du groupe (*awareness*), le référentiel commun, les objets intermédiaires partagés et les stratégies de négociation et de consensus construites par les collaborateurs.

Cet espace de travail partagé est lui-même composé de l'espace de conception du projet et de l'espace participant à la définition de la situation dans laquelle est conçu le projet. Il impose la mise en jeu d'un ensemble d'opérations cognitives de la conception, qui sont définies dans nos analyses et qui sont spécifiques à la conception, spécifiques au fait que plusieurs acteurs collaborent ensemble à distance pour concevoir et spécifiques au choix de l'outil et de son interface. Toutes ces opérations cognitives mises en jeu agissent sur l'espace de travail

partagé en nourrissant les différents éléments qui le composent. Ces mêmes opérations interagissent et sont interconnectées selon les besoins du projet et des directions prises par les collaborateurs. Cette modélisation rend ainsi compte de la complexité de cette situation spécifique de la conception collaborative instrumentée.

Figure 3. Modélisation de la conception collaborative instrumentée



5. Pour une évaluation des interfaces d'aide à la collaboration distante, synchrone et instrumentée

Se basant sur ces résultats, nous avons mené une réflexion sur des applications possibles qui peuvent être proposées afin d'assister les situations de conception collaborative synchrone en architecture, en ingénierie et en design. L'évaluation d'outils instrumentant des situations de collaboration distante est une de ces possibilités. En effet, il est difficile d'évaluer des collecticiels sans comprendre parfaitement ce qui se déroule dans les pratiques actuelles de la conception. C'est pourquoi, à partir de notre modélisation, nous proposons de reprendre

L'objectif de notre analyse n'est pas de chercher à comparer directement les performances de ces systèmes, mais il vise à qualifier le niveau de support que chacun peut apporter aux concepteurs. La grille proposée dans ce cadre commence par lister toutes les opérations selon qu'elles concernent : 1) la conception du projet et 2) la situation qui réunit plusieurs acteurs autour d'une même tâche. Ensuite, la grille porte sur les différentes modalités d'échanges mises en œuvre pour concevoir le projet collaborativement et à distance (P : paroles ; DOC : documents ; A : annotations). Enfin la grille tend à identifier les différentes assistances permises par l'outil : 1) sont-elles constatées dans les situations observées (mises ou non mises en jeu) ? 2) sont-elles mises en œuvre par détournement ou bien directement ? 3) sont-elles mises en jeu de manière synchrone ou asynchrone ? 4) sont-elles mises en jeu bilatéralement par les deux concepteurs distants [Bi] ou de manière unilatérale par l'un ou l'autre des collaborateurs [Uni] ?

Soulignons que cette grille d'évaluation d'interfaces numériques ne représente qu'une première proposition pour l'évaluation des outils collaboratifs. Il est nécessaire que celle-ci soit accompagnée par la suite d'études ergonomiques qualitatives et quantitatives permettant de la compléter. Il est aussi intéressant d'y insérer d'autres paramètres comme les regards et les gestes qui sont étudiés dans le cadre de recherches parallèles (menées dans le projet CoCréA par nos collègues du laboratoire LIMSI). À partir de cette grille d'évaluation nous avons, néanmoins, déjà pu proposer des recommandations permettant de modifier ou de compléter certaines fonctions des interfaces numériques existantes. Même si ce n'est pas l'objet de cet article, nous pouvons en citer certaines qui ont permis de faire évoluer le SDC, actuellement mis en œuvre dans certaines agences d'architecture. Nous avons proposé, par exemple, une fonction permettant de personnaliser l'interface assistant ainsi les opérations pragmatiques d'appropriation de l'outil, d'autonomisation, de construction de règles de travail en groupe et de découpage. Une fonction a aussi été proposée pour permettre la flexibilité du passage entre le We-space et l'I-space qui est actuellement en cours de développement au LUCID-ULg. Ces développements informatiques alimentent ainsi la partie appliquée de notre recherche, au profit des pratiques collaboratives distantes dans les agences d'architecture.

6. Conclusion

Apports. Ce travail de recherche a permis d'enrichir les connaissances tant théoriques qu'appliquées aux pratiques et aux processus de la conception dans des situations de collaboration distante et outillée. De nouveaux concepts ont été proposés (opérations pragmatiques de collaboration et opérations pragmatiques d'usage de l'outil) qui, eux-mêmes, participent au développement de méthodes d'analyse architecturologique pour la description d'activités cognitives (*cf.* tableau 2). Une nouvelle grille d'évaluation des impacts d'outils et de leurs apports dans le processus a aussi été proposée pour des assistances potentielles à la collaboration synchrone et distante en conception (*cf.* tableau 3).

Limites. Pour mettre nos résultats en relief, il serait intéressant de compléter ce travail en interrogeant le modèle théorique proposé relativement à d'autres plateformes ou à d'autres collecticiels assistant la conception collaborative et la collaboration distante en général. Il serait aussi important de questionner les spécificités par métiers et d'étudier les implications des espaces et des relations hiérarchiques entre les acteurs sur le travail à plusieurs en conception instrumentée.

Perspectives. Outre l'ambition de développer les potentialités du Studio Digital Collaboratif à partir des préconisations mises en avant dans ce travail, il s'agit pour nous aujourd'hui de nourrir de nouvelles réflexions sur l'apport de ce type de technologies dans d'autres contextes : celui de la formation en architecture par exemple. Dans ce sens, nous étudions actuellement différentes configurations spatiales de SDC et leurs implications dans l'apprentissage et la formation par projet.

Bibliographie

- Ben Rajeb S. (2012). *Modélisation de la collaboration distante dans les pratiques de conception architecturale. Caractérisation des opérations cognitives en conception collaborative instrumentée.* Thèse de doctorat en Architecture, ENSA Paris-la-Villette.
- Ben Rajeb S., Leclercq P. (2012). Pratiques et technologies de collaboration synchrone à distance en activité de conception. *ErgoIHM'2012 : Nouvelles interactions, créativité et usages*, Biarritz.

- Ben Rajeb, S., Lecourtois, C., Guena, F. (2010). Operations of conception in Architectural Collaborative Design. *Conference future cities, eCAADe 2010, Zurich*, p. 687-695.
- Bonnardel N. (2009). Activités de conception et créativité : de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives. *Le travail humain*, Paris, Presses Universitaires de France.
- Boudon P. (2009). Complexité de la conception architecturale : conception et Représentation. *Synergies Monde*, 6, p. 105-110.
- Boudon P., Deshayes P., Pousin F., Schatz F. (2000). *Enseigner la conception architecturale : cours d'architecture*. Paris, Éditions de La Villette.
- Boujut J.-F., Laureillard P. (2002). A co-operation framework for product process integration in engineering design. *Design Studies*, 23 (5), p. 497-513.
- Brassac C., Grégori N. (2001). Éléments pour une clinique de la conception collaborative. *Actes du 10^e atelier Le travail Humain : Modéliser les activités coopératives de conception*, Paris, p. 73-92.
- Carroll J.M., Neale D.C., Isenhour P.L., Rosson M.B., McCrickard D.S. (2003). Notification and awareness: synchronizing task-oriented collaborative activity. *International Journal Of Human-Computer Studies*, 58, p. 605-632.
- Clot Y. (2010). *Le travail à cœur : Pour en finir avec les risques psychosociaux*. Paris, Ed. La découverte.
- Darses F. (2004). Processus psychologiques de résolution collective des problèmes de conception : contribution de la psychologie ergonomique. HDR, *Psychologie Ergonomique*, Université de Paris 5, René Descartes.
- Dejours C. (2003). *L'évaluation du travail à l'épreuve du réel : Critique des fondements de l'évaluation*. Paris, INRA Éditions.
- Détienne F., Boujut J-F, Hohmann B. (2004). Characterization of collaborative design and interaction management activities in a distant engineering design situation. in (Eds) F. Darses, R. Dieng, C. Simone, M. Zacklad, *Scenario-based design of collaborative systems*, Amsterdam, IOS Press, p. 83-98.
- Dillenbourg P., Baker M., Blaye A., O'Malley C. (1995). The evolution of research on collaborative learning, in Spada E., Reiman P. (eds), *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science*, Elsevier, Oxford, p. 189-211.
- Dodier N. (1995). Les Hommes et les Machines : La conscience collective dans les sociétés technicisées. *Collection Leçons de Choses*, 1152 (345), Editions Métailié.

- Edwards B., Waterhouse J., Atkinson G., Reilly T. (2002). Exercise does not necessarily influence the phase of the circadian rhythm in temperature in healthy humans. *Sports Sciences*, 20, p. 725-732.
- Ericsson K.A., Simon H.A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*. MIT Press, Cambridge.
- Gero J.S. (1990). Design Prototypes: A Knowledge Representation, Schema for Design. *AI Magazine*, 11 (4), p. 26-36.
- Gronier G. (2006). *Psychologie ergonomique du travail collectif assisté par ordinateur : l'utilisation du collecticiel dans les projets de conception de produits*. Thèse de doctorat : mention psychologie spécialité psychologie du travail et ergonomie, Université de Franche-Comté.
- Hubers J.C. (2009). Collaborative design in Protospace 3.0o, in Wamelink H., Prins M., Geraedts R., *Changing roles : new roles, new challenges*, TU Delft Faculty of Architecture Real Estate & Housing, Delft, www.changingroles09.nl.
- Jimenez L.M. (2010). *Etude expérimentale de la production collective d'idées en utilisant des technologies de collaboration synchrone à distance*, Département de mathématiques et de génie industriel, Ecole Polytechnique de Montréal.
- Lecourtois C. (2011). From Architecturology to Architecturological research. in *Proceedings of 3rd conference on architecture and research*, Research in Architecture, Lisbonne.
- Lecourtois C., Guéna F. (2009). Eco-conception et esquisse assistée, in J. C. Bignon, G. Halin et S. Kubicki (Eds.), *Conception architecturale numérique et approches environnementales*. Presses Universitaires de Nancy, p. 63-75.
- O'Connor P.J., Raglin J.S., Martinsen E.W. (2000). Physical activity, anxiety and anxiety disorders. *Sport Psychology*, 31, p. 136-155.
- Riche Y., Simpson M., MacDonald L. (2003). *An Observational Analysis of Collaborative Actions in the Design Industry*. Technical report, University of Queensland.
- Safin S., Delfosse V., Leclercq P. (2010). Mixed-reality prototypes to support early creative design. In E. Dubois, P. Gray & L. Nigay (Eds.), *The Engineering of Mixed Reality Systems*. (p. 419-445). London, Springer.
- Schön D.A. (1995). Knowing in action: The new scholarship requires a new epistemology. *Change*, November/December, p. 27-34.
- Tang H.H., Lee Y.Y., Gero J.S. (2010). *Comparing collaborative co-located and distributed design processes in digital and traditional sketching environments: A protocol study using the function-behaviour-structure coding scheme*. Elsevier Ltd.

