# Modélisation des espaces collaboratifs augmentés en conception

Ameni Feki, ULiège - Belgique, Université de Manouba – Tunisie Ameni.Feki@student.uliege.be

Mots clés : conception collaborative, espace augmenté, interactions synchrones, démarche méthodologique, protocole d'observation, ontologie de l'activité.

Résumé : Dans un contexte où la conception collaborative devient essentielle pour l'innovation, la résolution de problèmes complexes et l'optimisation des processus de travail, la gestion des interactions entre concepteurs et l'organisation des espaces de travail augmentés par le numérique représentent des enjeux cruciaux. Cet article explore l'impact de ces environnements hybrides sur l'activité de conception collaborative, en s'intéressant plus particulièrement aux interactions synchrones et à l'usage des outils numériques. À travers une méthodologie d'observation de situations réelles et une analyse multimodale, il propose l'élaboration d'une ontologie de l'activité en espace augmenté, structurée autour de trois dimensions clés : les modalités de travail, l'espace et les échanges. En mobilisant des protocoles d'observation adaptés à la complexité et à l'imprévisibilité des interactions, cette recherche contribue à la modélisation de l'activité collaborative, en identifiant les leviers et contraintes qui la structurent. Elle ouvre ainsi des perspectives pour une meilleure visualisation des dynamiques collectives et pour l'optimisation des espaces et outils de collaboration.

## 1. Contexte : les environnements collaboratifs augmentés

L'évolution des projets de conception, caractérisée par une complexité croissante et une spécialisation accrue des compétences, fait de la collaboration un levier essentiel dans l'activité de conception (Elias, Caffiau, & Bobillier Chaumon, 2018). En rassemblant des experts issus de disciplines variées, la conception collaborative favorise une dynamique collective où l'interaction des savoirs génère des solutions qui dépassent la simple addition des expertises individuelles (Rose, 2004 ;_Maidoumi & Othman Idrissi, 2021). Cette approche est devenue incontournable pour répondre aux défis liés à l'innovation, aux contraintes de temps et aux exigences de durabilité (Le Bail, Prost, & Chizallet, 2023; Boldrini, 2018).

La réussite de cette collaboration repose sur une gestion optimisée, qui garantit à la fois la qualité des livrables et l'efficacité des équipes (Rents & Ben Rajeb, 2023 ; Bohnstedt & Wandahl, 2019 ; Savolainen et al., 2018). Elle constitue également un catalyseur d'échanges de connaissances propices à l'innovation (Zhang et al., 2018). Cependant, la dispersion temporelle et géographique des concepteurs complique la synchronisation des connaissances et des actions (Calixte & Leclercq, 2017), rendant indispensable l'adoption d'outils numériques adaptés pour assurer une communication et une coordination efficaces (Elsen, 2011).

Les environnements collaboratifs augmentés (ECA) jouent un rôle clé dans l'amélioration des interactions entre concepteurs, en transformant les rôles, les échanges et le statut des artefacts produits (Feki, Ben Mlouka, & Leclercq, 2022, Calixte & Leclercq, 2017). En facilitant le partage de ressources et en optimisant la communication, ces espaces numériques permettent de dépasser les structures hiérarchiques traditionnelles et de favoriser une collaboration plus fluide.

Les technologies numériques, telles que les plateformes de gestion de projet, les systèmes de discussion en ligne et les outils d'annotation, sont devenus indispensables pour soutenir les interactions synchrones et asynchrones entre concepteurs répartis géographiquement (Broadbent & Galloti, 2015). Ils assurent une synchronisation cognitive et organisationnelle en facilitant l'alignement des objectifs et en optimisant la gouvernance des projets. Dans le cadre de la conception collaborative à distance, les échanges synchrones et asynchrones se complètent : les premiers facilitent la structuration du processus créatif en établissant des repères temporels, tandis que les seconds garantissent la continuité du travail et la mise à jour régulière des contributions individuelles (Calixte, Ben Rajeb & Leclercq, 2018).

Cet article s'inscrit dans une démarche méthodologique visant à modéliser une ontologie de l'activité de conception collaborative en espace augmenté. Il s'attache ici à présenter un volet spécifique de cette démarche, centré sur l'identification de critères d'analyse observables pertinents pour étudier les interactions entre espace de travail, technologies numériques et pratiques collaboratives. En articulant ces composantes, nous proposons une approche qui permet de mieux comprendre comment elles influencent façonnent les dynamiques de travail collectif et d'en dégager des leviers d'optimisation.

## 2. Problématique : l'espace comme cadre de l'activité collaborative

L'espace de travail constitue un élément central influençant les dynamiques collaboratives (Feki & Leclercq, 2019). Il ne se réduit pas à un simple cadre physique, mais englobe un ensemble de conditions matérielles et organisationnelles qui façonnent les interactions entre les acteurs (Heddad, 2016). Les études ergonomiques ont montré que la conception des dispositifs spatiaux impacte l'efficacité et le confort des opérateurs, en intégrant des considérations liées aux postures, aux déplacements et aux interactions (Pattaroni, 2016). L'espace de travail, en tant que support des communications, doit être conçu pour favoriser la collaboration, la coopération et fluidifier les échanges.

Avec l'émergence des technologies numériques, l'espace de travail s'est transformé en un environnement augmenté (Feki & Leclercq, 2019), combinant infrastructures physiques et outils numériques. Cette hybridation redéfinit les rapports aux tâches et aux acteurs, modifiant les dynamiques de collaboration (Calixte & Leclercq, 2017). Dans ce contexte, Elias et Bobillier Chaumon (2022) soulignent que la conception de nouvelles technologies numériques suppose une compréhension fine des systèmes existants, car l'anticipation des usages futurs repose sur l'analyse des pratiques actuelles. En effet, étudier la manière dont les acteurs interagissent avec leur environnement permet de projeter plus justement les usages des futurs dispositifs collaboratifs.

L'analyse de ces environnements hybrides est donc essentielle pour évaluer l'impact des technologies numérique sur l'organisation du travail et les interactions entre concepteurs. Elle offre des insights pour concevoir des systèmes qui s'intègrent dans les pratiques existantes tout en répondant aux exigences émergentes. Par exemple, les recherches de Rents et Ben Rajeb (2023) illustrent cette démarche en développant un outil d'analyse basé sur des méthodes visuelles. Cet outil permet de mieux comprendre les processus collaboratifs et facilite les entretiens qualitatifs, offrant une vision des interactions entre les acteurs. Ces méthodes visuelles aident à identifier les points de friction, les moments clés de collaboration et les opportunités d'optimisation, renforçant ainsi l'efficacité des équipes et la pertinence des outils de collaboration.

## 3. Objectifs et approche de la recherche

La conception collaborative repose sur des processus complexes d'échange, de gestion des points de vue et de résolution de problèmes. Ces activités se déroulent dans un espace de travail dont l'organisation spatiale et l'intégration des technologies numériques influencent directement les interactions et la dynamique collaborative.

Notre recherche analyse l'activité de conception collaborative au sein d'un espace de travail augmenté, en se concentrant sur les interactions synchrones entre concepteurs issus du design, de l'architecture et de l'ingénierie, qu'ils soient en co-présence ou à distance via des outils numériques.

Nous cherchons à comprendre comment ces interactions façonnent et influencent les dynamiques collaboratives dans des environnements hybrides.

Adoptant une approche systémique de la communication en conception, nous prenons en compte la pluralité des modalités expressives (verbales, graphiques, corporelles) et leur relation avec l'environnement spatial et technologique. L'accent est mis sur l'espace de travail augmenté, qui combine dispositifs physiques et technologies numériques, afin d'examiner comment les concepteurs s'approprient ces ressources et les mobilisent pour structurer leurs échanges et coordonner leurs actions.

L'objectif principal est d'évaluer dans quelle mesure ces environnements instrumentés constituent des ressources ou des contraintes pour l'activité de conception collaborative. Nous nous interrogeons sur l'influence de l'environnement spatial : comment façonne-t-il les interactions entre concepteurs ? Quelles stratégies ces derniers adoptent-ils pour s'adapter à différentes configurations, qu'ils soient instrumentés ou non, en co-présence ou à distance ?

## 4. Démarche méthodologique : corpus et critères d'analyse

Pour répondre à ces questionnements, nous avons adopté une démarche méthodologique fondée sur l'observation et l'analyse des interactions en contexte réel. L'étude s'appuie sur un corpus de 49 heures d'enregistrements vidéo, couvrant 38 situations de collaboration en environnements hybrides, impliquant 28 concepteurs issus de disciplines variées et affiliés à différentes institutions (Feki et al., 2022) (cf. figure1).

Fig. 1 – Illustrations extraites du corpus de l'étude.

Afin de garantir une analyse approfondie des interactions, chaque situation a été filmée sous plusieurs angles de vue, permettant de capturer l'ensemble des détails significatifs : les échanges verbaux, les gestes, les expressions graphiques ainsi que le contenu des documents manipulés. Ce dispositif multi-caméras offre une vision globale des dynamiques collaboratives en restituant simultanément les actions des différents participants et leur environnement de travail (Feki & Ben Rajeb, 2015). Les enregistrements ont ensuite été montés de manière synchronisée, juxtaposant les différents angles de vue pour faciliter l'observation simultanée des interactions et la mise en relation des modes d'expression mobilisés au cours du processus de conception.

Les situations instrumentées se déroulent dans un environnement augmenté (Feki & Leclercq, 2019), conçu pour optimiser la collaboration synchrone à distance. Ce dispositif repose sur trois technologies

numériques principales : un écran de visioconférence assurant la communication visuelle et auditive, une surface interactive (bureau virtuel, pupitre, cintiq et IPad) facilitant l'échange graphique via un stylet numérique, et le logiciel SketSha permettant la création, le partage et l'annotation en temps réel de documents à distance.

La méthodologie adoptée se déploie en deux temps (cf. figure2) : une première phase exploratoire d'observation libre visant à repérer des variables observables. Cette étape mobilise l'analogie pour identifier différentes variables : certaines observables et manipulables, d'autres questionnables, fixes et non maîtrisées. Ces variables permettent d'appréhender les pratiques effectives des concepteurs engagés dans des activités collaboratives (Feki & Ben Rajeb, 2014).
La deuxième phase d'analyse approfondie portant sur un sous-corpus ciblé, une étape qui s'appuie sur une grille d'observation et de codage appliquée à six situations de collaboration, dont une situation dite de référence. Impliquant quatre concepteurs réunis pendant une heure, cette situation de référence constitue un cadre central d'analyse à partir duquel sont définis des critères d'observation pertinents (Feki, Ben Rajeb, & Leclercq, 2016). Ces critères servent ensuite à l'étude des autres contextes collaboratifs, permettant d'identifier les spécificités et régularités des interactions observées.

Les six situations sélectionnées et analysées, représentant un total de six heures d'observation et impliquant 18 concepteurs répartis en six groupes, ont été sélectionnées pour illustrer différents contextes de collaboration :

- Une collaboration en présentiel sans technologies numériques ;
- Deux collaborations entièrement à distance ;
- Trois collaborations en coprésence distante, combinant interactions physiques et technologiques.

Fig. 2 – Démarche méthodologique.

Cette démarche méthodologique, articulée autour d'un corpus riche nous a permis de dégager des critères d'observation précis. La proposition qui suit formalise ces observations en structurant l'ontologie de l'activité de conception collaborative autour de trois dimensions essentielles : modalités de travail, espace et échanges. Cette structuration offre un cadre conceptuel permettant de mieux comprendre et optimiser les pratiques collaboratives dans des environnements augmentés.

## 5. Proposition : une ontologie de l'activité de conception collaborative en espace augmenté

Suite à l'observation des situations du corpus de l'étude et à l'analyse de l'état de l'art, nous avons identifié des critères répartis en trois grandes catégories (cf. figure n°3) :

- **Modalités de travail** : travail, document, outils, pratique. (En jaune)
- **Espace** : occupation, emprise, position, emplacement, posture, activité. (En vert)
- **Échange** : modalité et moyen. (En bleu)

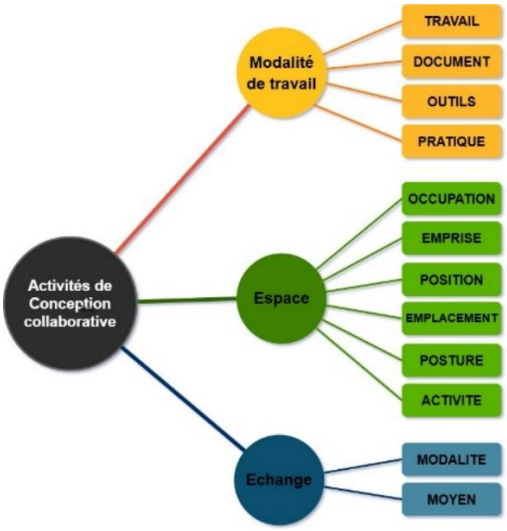


Fig. 3 – Ontologie de l'activité de conception collaborative.

### 5.1. Modalités de travail

Plusieurs critères essentiels caractérisent les modalités de travail en conception collaborative. Ces critères s'articulent autour de l'organisation du travail, de l'usage de l'outil et le support des documents et, ainsi que les pratiques et interactions entre les concepteurs.

***Organisation du travail***

L'organisation du travail varie selon la composition de l'équipe et la répartition des tâches. Elle peut s'effectuer en groupe, en sous-groupe ou individuellement, cette organisation étant influencée par les dynamiques d'équipe (Ostergaard & Summers, 2009). Cette structuration influence le type de collaboration, oscillant entre coopération et collaboration, selon les responsabilités partagées (Calixte, 2021). L'approche adoptée dépend étroitement de la nature des problèmes de conception et des outils mobilisés (Clot & Leplat, 2005).

***Usage et support des documents***

L'usage et le support des documents jouent un rôle central dans l'orchestration du travail collaboratif, en répondant aux besoins de coordination et aux exigences des différentes activités. Selon le contexte, leur utilisation peut être collective ou individuelle, facilitant ainsi l'organisation des échanges et la synchronisation des tâches (Elsen, 2011 ; Bobillier Chaumon, 2022).
Le support des documents, qu'il soit papier ou numérique, influence non seulement la nature des interactions, mais aussi leur pérennité. La flexibilité des artefacts graphiques, notamment grâce aux annotations et à la superposition de calques, permet des interactions plus fluides et adaptatives, offrant aux concepteurs une plus grande marge de manœuvre pour ajuster et faire évoluer leurs idées (Calixte & Leclercq, 2017).
Le contenu des documents, qu'il s'agisse de croquis, plans, coupes, modèles 3D, schémas ou images, constitue un support essentiel au processus de conception. Il favorise l'exploration créative et contribue

à structurer les idées tout au long du projet (Van de Vreken & Safin, 2010). Les outils de conception, en autorisant une manipulation dynamique des documents, renforcent cette capacité d'adaptation et accompagnent l'évolution des réflexions au fil du projet.

***Pratiques et interactions entre les concepteurs***

Les pratiques et interactions entre les concepteurs constituent un autre aspect fondamental du travail collaboratif. L'usage des outils et des documents se décline en différentes actions, les tenir, les manipuler, les déplacer, qui influencent directement les dynamiques d'interaction. Rabardel (1995) distingue à ce titre l'instrumentation, qui renvoie à l'utilisation d'un outil, et l'instrumentalisation, qui traduit l'adaptation de cet outil aux besoins de l'activité. La perception des documents et des collaborateurs joue également un rôle déterminant dans la coordination et la synchronisation du travail, les objets intermédiaires (plans, esquisses, etc) assurant des repères spatiaux et temporels structurants (Al Khatib, 2015). Enfin, les modalités d'utilisation des outils et documents, telles que la recherche, le déplacement ou la manipulation, affectent la fluidité du travail collaboratif. La flexibilité cognitive apportée par l'annotation et la transformation des représentations externes permet une meilleure adaptation aux problèmes de conception (Visser, 2010, Safin, 2011 ; Baudoux et Leclercq, 2021).
Ainsi, l'identification de ces critères relatifs à la modalité de travail, notamment l'espace de travail, les modes de travail, ainsi que les supports documentaires et leur utilisation, est développée et illustrée dans la figure n°4.

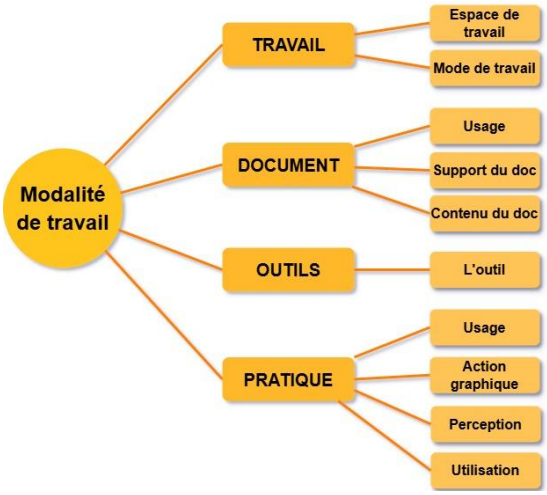


Fig. 4 – Ontologie de la modalité de travail.

## 5.2. Espace

La relation dynamique entre l'individu et son environnement spatial met en évidence que, dans une démarche collaborative, l'espace n'est pas neutre. Il est activement investi par les concepteurs, structurant à la fois leurs actions et leurs échanges. Plusieurs critères permettent d'appréhender cette relation dynamique.

***Occupation et emprise de l'espace***

L'occupation de l'espace, notion centrale définie par Bezzazzi (2019), traduit la manière dont un individu s'inscrit dans son environnement, à la fois physiquement et imaginativement, ainsi que les liens qu'il entretient avec cet espace. Cette notion ne se limite pas à une simple présence physique, mais englobe également une dimension symbolique et relationnelle. En effet, l'individu ne fait pas qu'occuper un lieu de manière fonctionnelle ; il l'investit émotionnellement et mentalement, créant des connexions qui influencent son rapport à l'espace et à ceux qui l'entourent. Ces liens, qu'ils soient matériels (comme l'utilisation d'objets ou la disposition des éléments) ou immatériels (comme les représentations mentales ou les émotions associées au lieu), jouent un rôle important dans la façon dont l'espace est perçu, utilisé et partagé. Ainsi, l'occupation de l'espace devient une interaction dynamique entre l'individu, son environnement et les autres acteurs.

L'aménagement spatial, tel que décrit par Bouzon (2002), impose des limites tout en ouvrant des possibilités d'action, influençant ainsi la proximité et les interactions (Hua et al., 2010). L'emprise spatiale est mouvante, marquée par des tensions entre appropriation personnelle et partage collectif de l'espace de travail. Bezzazzi (2019) souligne que cette emprise est en perpétuelle négociation, alternant entre appropriation et désinvestissement. Fischer (1978) rappelle que l'appropriation ne se limite pas à une occupation physique, mais qu'elle intègre aussi des dimensions comportementales et relationnelles. Cette dynamique peut engendrer des tensions dans la gestion de (Charette, 2020), nécessitant un équilibre entre partage et individualisation (Léon, 2010 ; Toussaint, 2016).

***Position et accessibilité des ressources***

Un autre critère essentiel concerne la position des acteurs, qui influence directement la dynamique de collaboration. L'inclinaison et l'orientation du corps façonnent les interactions (Whittaker & O'Connaill, 1997), tandis que Clark (2003) introduit la notion de sites de placement relatifs, soulignant l'impact de la position d'un individu par rapport aux objets et aux partenaires de travail. La disposition des groupes, analysée par Lécuyer (1976), joue un rôle clé, structurant les échanges en fonction de l'organisation spatiale des surfaces de travail et des documents communs. L'accessibilité et la visibilité des ressources est également déterminante (Chaboki et al., 2013). L'emplacement des surfaces de travail, des documents et des outils conditionne la fluidité des interactions. Peponis et Wineman (2002) montrent que l'accessibilité spatiale facilite la circulation de l'information et renforce la collaboration.

***Posture et activité motrice***

Enfin, la posture et les activités motrices traduisent des ajustements ergonomiques et des stratégies d'interaction. Heddad (2016) met en avant l'adaptation des configurations spatiales aux postures de travail, qu'il s'agisse d'une position assise, debout ou accroupie, en fonction des impératifs fonctionnels et sociaux, incluant les gestes de rapprochement vers un document ou les déplacements dans l'espace, joue un rôle clé dans l'appropriation du cadre de travail (Simard, 2017).
Ainsi, ces critères interagissent pour façonner les dynamiques de collaboration. L'occupation et l'organisation de l'espace, la disposition des ressources, ainsi que la posture et les activités motrices, représentent des dimensions essentielles qui influencent la structuration des échanges et la coordination des tâches. C'est pourquoi nous avons choisi de concentrer notre analyse sur ces critères liés à l'espace, comme le montre la figure n°5.

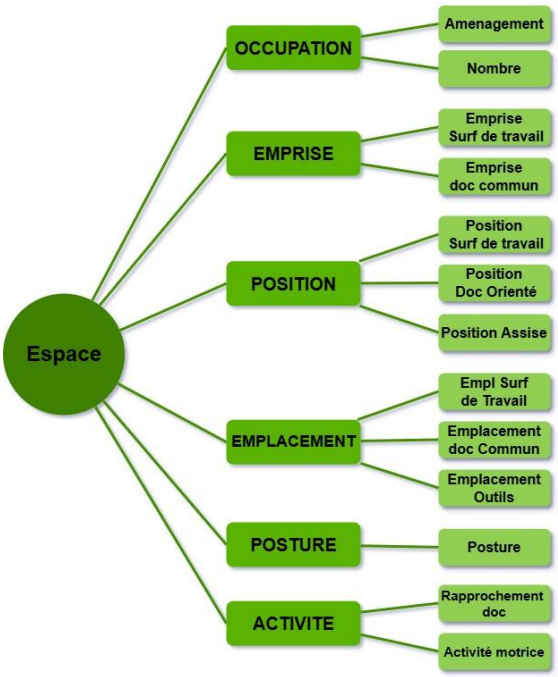


Fig. 5 – Ontologie de l'espace.

## 5.3. Échange

Les critères fondamentaux qui régissent les échanges dans les situations de conception collaborative sont structurés autour des modalités d'échange et des moyens mobilisés.

***Modalités d'échange***

Les interactions s'opèrent à travers différentes modalités, où l'échange verbal joue un rôle central, structurant la dynamique des discussions par la gestion des tours de parole, les autocorrections et les phases d'ouverture et de clôture (Maaroufi, 2020). L'échange graphique, quant à lui, constitue un support essentiel à la communication, intégrant esquisses, annotations et dessins techniques. Ces représentations visuelles, qualifiées d'artefacts de discussion (Zacklad et al., 2003), facilitent la compréhension mutuelle et la prise de décision (Beers et al., 2006). Elles se déclinent sous différentes formes : annotations de pointage, annotations de surlignage, annotations d'information et annotations géométriques, chacune jouant un rôle spécifique dans la structuration du document et la transmission d'informations (Safin, 2011).

La modalité gestuelle complète ces échanges en apportant une dimension corporelle à l'interaction. Les gestes déictiques, tels que le pointage et le placement spatial (Clark, 2003) ; orientent l'attention, tandis que les gestes représentationnels permettent d'esquisser ou de modéliser des idées (Visser, 2010). D'autres gestes, qualifiés d'organisationnels et de régulation, contribuent à la gestion des tours de parole et à la coordination des activités collaboratives (Visser, 2010 ; Whittaker et O'Connaill, 1997). Dans un cadre numérique, ces gestes sont parfois limités, nécessitant une compensation par des annotations graphiques (Defays, 2015).

***Moyens mobilisés***

L'interaction entre acteurs prend différentes formes : proposer une idée, émettre un avis, argumenter ou questionner, autant d'actions qui nourrissent le processus de co-construction d'une solution (Maaroufi, 2020). Le partage des outils structure également la collaboration, se manifestant par des actions de prise, de transmission ou d'attribution d'un instrument de travail, un aspect clé dans l'usage des outils spécifiques à la conception (Visser, 2010). Enfin, l'échange de documents joue un rôle structurant, organisant la circulation des plans, maquettes numériques et annotations partagées. Demander, transmettre ou récupérer un document influence directement la fluidité et l'efficacité des échanges (Safin, 2011).

Ces éléments mettent en lumière les critères structurant la qualité et l'efficacité des échanges collaboratifs, comme on peut le voir dans la figure n°6.

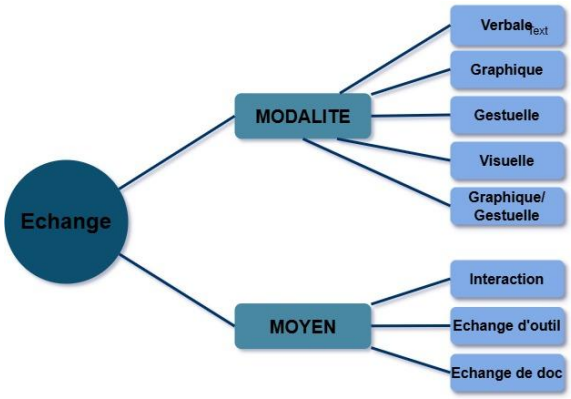


Fig. 6 – Ontologie de l'échange.

## 6. Méthode de traitement par épisodes questionnants

La modélisation des différents critères a permis d'élaborer un tableau d'observation (cf. figure n°7), appliqué aux six situations analysées. Ce tableau met en évidence des moments spécifiques où des interactions et des influences entre ces critères sont identifiées. Deux grandes catégories d'interactions se dégagent : d'une part, les moments inédits, qui signalent l'émergence de nouvelles dynamiques collaboratives ; d'autre part, les moments récurrents, qui reflètent des schémas d'interaction déjà observés. Ces moments, qualifiés d'« épisodes questionnants » (Feki, Ben Mlouka, & Leclercq, 2022) soulèvent des interrogations qui guident l'analyse approfondie des dynamiques de collaboration.

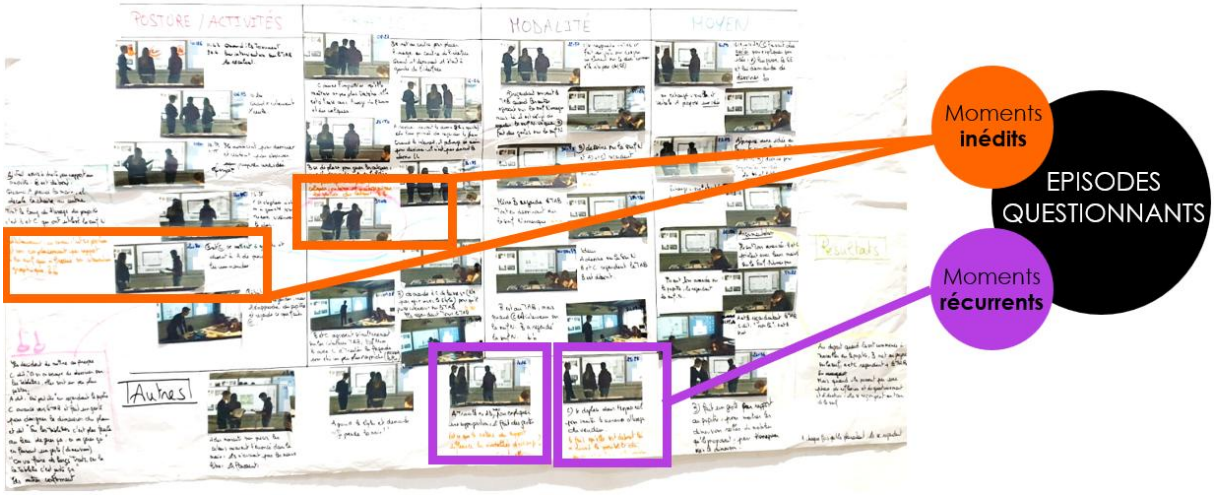


Fig. 7 – Tableau d'observation.

L'analyse des « tableaux d'observation » a nécessité un affinement progressif de l'ontologie initiale, afin de mieux saisir la complexité des interactions en situation de conception collaborative. Cet ajustement s'est traduit par l'introduction de sous-critères spécifiques, structurant une « grille de codage » plus fine et adaptée aux dynamiques observées (cf. figure n°8).
La mise en place de cette grille s'est appuyée sur une démarche rigoureuse, fondée sur un codage systématique des données recueillies. Chaque acteur a été analysé individuellement, et les interactions ont été étudiées minute par minute. Cette méthode a permis d'identifier des corrélations précises entre l'activité de conception collaborative, les composantes de l'espace augmenté et les modalités d'échange mobilisées.

L'application de manière systématique de cette grille aux six situations du sous-corpus a contribué à valider et enrichir les moments repérés dans les tableaux d'observation. En confrontant les résultats du codage aux premières observations, il a été possible d'affiner et de préciser la catégorisation des épisodes significatifs. De plus, cette analyse a permis d'apporter des éléments de réponse aux épisodes questionnants, en révélant des régularités interactionnelles récurrents ainsi que des mécanismes influençant le processus collaboratif.

Ces grilles ont été traitées à l'aide de l'outil COMMON TOOLS[1], qui a automatisé le croisement des données codées et permis de générer un ensemble riche de visualisations exploitables. Ce processus a facilité l'identification de corrélations significatives, la mise en évidence de schémas récurrents, ainsi que la détection de ruptures dans les dynamiques collaboratives.

[1] Développé par le laboratoire LUCID de l'Université de Liège (Ben Rajeb &Leclercq, 2015)

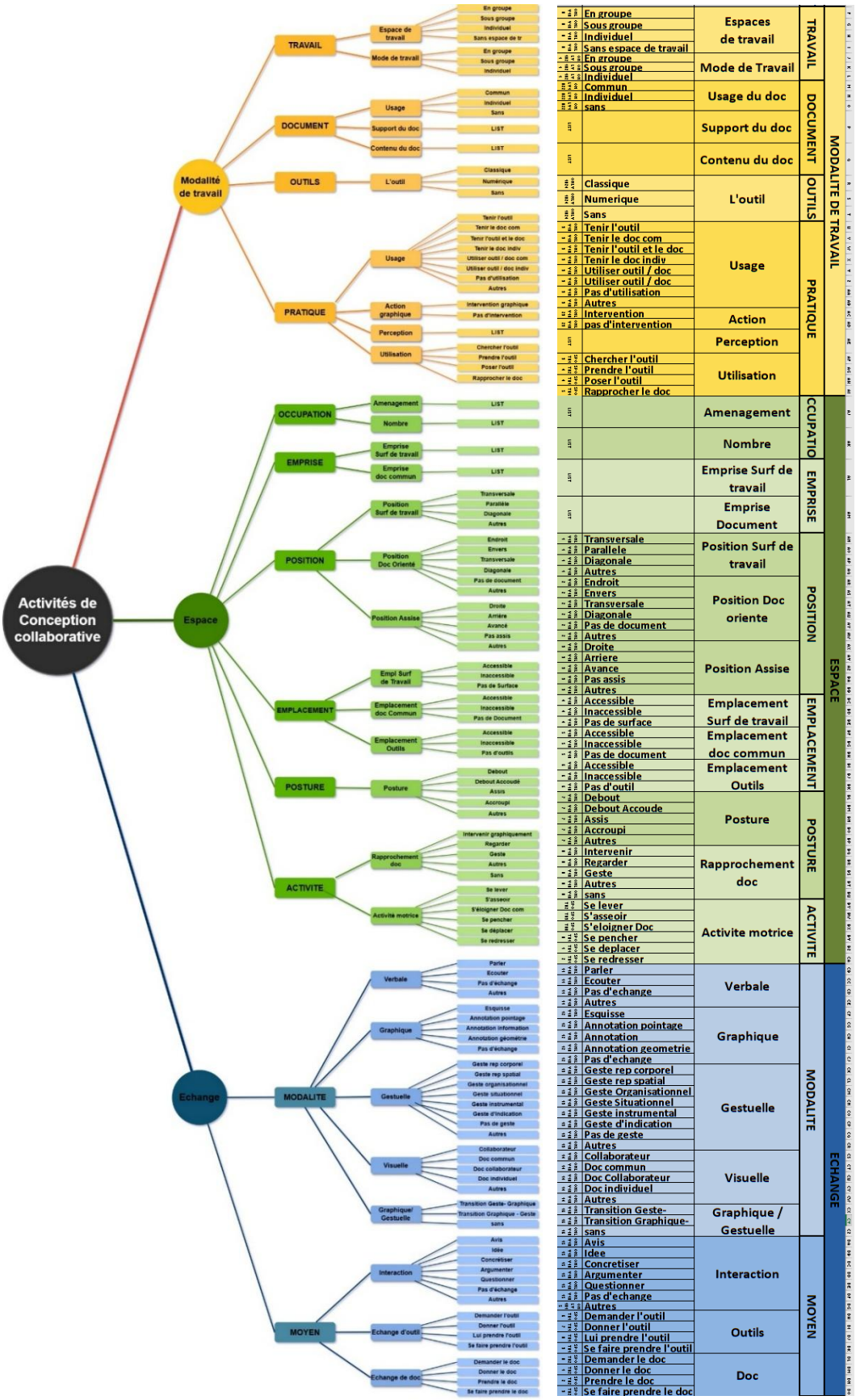


Fig. 8 – Ontologie et grille de codage

L’outil COMMON TOOLS offre une grande variété de représentations graphiques, jusqu’à 86.057 par situation, telles que des timelines, des diagrammes circulaires, des histogrammes et des matrices de croisement de critères (cf. figure n°9), permettant une lecture fine des liens entre les différents critères analysés. Chaque type de visualisation apporte un éclairage spécifique. Par exemple, l’alignement de ces timelines met en évidence les interventions répétées d’un concepteur sur la surface numérique de son collaborateur, même lorsque les deux partagent le même contenu sur leurs supports individuels, à travers des annotations de pointage ou des gestes d’indication. Ces visualisations permettent également d’identifier des moments où cette surface devient un véritable support d’attention. Ce diagramme circulaire illustre la répartition temporelle de l’usage des supports par chaque acteur tout au long de l’activité. Cet histogramme, quant à lui, permet de mesurer la fréquence des interactions (avis, idées, concrétisations, argumentations, questionnements, etc.). Enfin, la visualisation des croisements de critères révèle des corrélations complexes entre différentes variables, comme ici entre les types d’interactions et les modalités d’échange graphique.
Ensemble, ces représentations constituent des outils apprêtés pour analyser et interpréter les dynamiques collaboratives, en mettant en évidence des corrélations ou encore des anomalies difficiles à détecter autrement.

En résumé, cette méthode d’analyse, combinant tableau d’observation, grille de codage affinée et visualisations détaillées, permet d’explorer en profondeur les interactions entre les acteurs, les outils et l’espace de travail. Elle offre ainsi une base pour identifier des leviers d’optimisation, mieux comprendre les pratiques collaboratives, et formuler des recommandations concrètes en vue d’améliorer les environnements de conception augmentés.

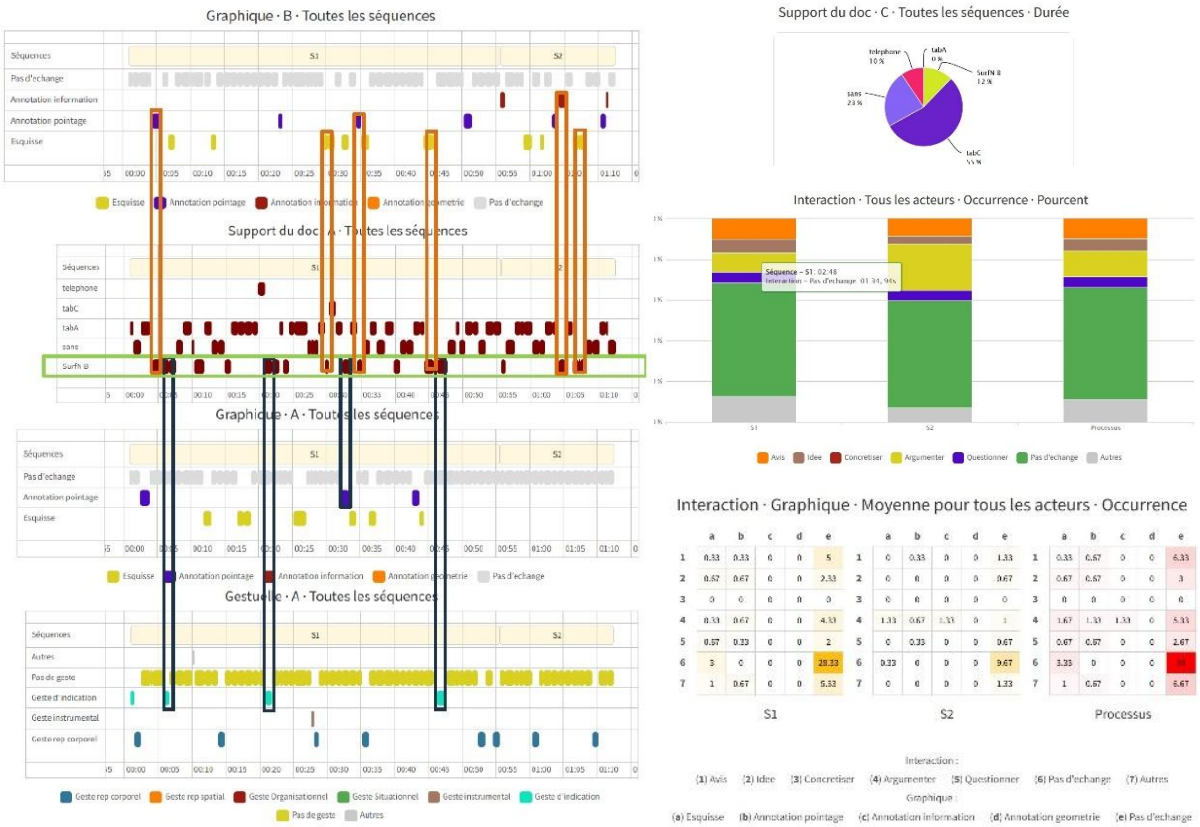


Fig. 9 – Exemples de visualisations

## 7. Conclusion

L'analyse de l'activité de conception collaborative en espace augmenté révèle la complexité des interactions entre les concepteurs, les technologies numériques et l'environnement spatial. Cette étude souligne l'importance d'une approche méthodologique pour comprendre ces dynamiques et identifier les leviers favorisant une collaboration efficace. En combinant observation et analyse fine des interactions, cette recherche met en lumière des critères qui permettent de mieux comprendre la structuration du travail collaboratif et l'impact des environnements hybrides sur les pratiques de conception.

L'un des principaux apports de cette étude réside dans la modélisation ontologique de l'activité de conception collaborative. En structurant les interactions autour de trois dimensions fondamentales, les modalités de travail, l'occupation de l'espace et les dynamiques d'échange, cette ontologie offre un cadre d'analyse adaptable aux évolutions des environnements de travail. Elle permet d'identifier les contraintes et les opportunités propres à ces espaces instrumentés, tout en proposant des pistes d'optimisation pour la conception de dispositifs facilitant la synchronisation des connaissances et des actions. Au-delà de l'analyse des pratiques actuelles, cette approche ouvre des perspectives prometteuses pour le développement d'outils et d'environnements numériques mieux adaptés aux besoins des concepteurs.

**Bibliographie**


Al Khatib, A. (2015). *Conception collaborative du couple produit/usage : approche à travers des objets intermédiaires de conception* (Thèse de doctorat, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard). https://theses.hal.science/tel-01875366

Baudoux, G., & Leclercq, P. (2021). Pratiques d'écriture collaborative en conception architecturale : Caractérisation de l'information-projet en regard de l'usage des médias. *H2PTM'21: Information : enjeux et nouveaux défis*. ISTE Editions.

Beers, P. J., Boshuizen, H., Kirschner, P. A., & Gijselaers, W. H. (2006). Common ground, complex problems, and decision making. *Group Decision and Negotiation, 15*(6), 529-556. https://doi.org/10.1007/s10726-006-9036-6

Ben Rajeb, S., Leclercq, P. (2015). Instrumented analysis method for collaboration activities. *Proceedings of the Fifth International Conference on Advanced Collaborative Networks, Systems and Applications*, COLLA 2015, San Julian, Malta.

Bezzazi, A. (2019). Espace : aspects psychologiques et anthropologiques. *Espace, Représentation, Langues, Cultures, Communication -L2C-, 3*(2), juillet-décembre 2019. ISSN : 2550-6471.

Bohnstedt, K. D., & Wandahl, S. (2019). Selecting the right collaborative components in a construction project. *International Journal of Project Organisation and Management, 11*(1), 65-92.

Boldrini, J. (2018). La co-création de valeur dans un projet d'innovation collaboratif : Un cas de transition vers l'économie circulaire. *Innovations, 55*(1), 143-171. https://doi.org/10.3917/inno.pr1.0028

Bouzon, A. (2002). Espace, communication et ingénierie concourante. *Communication et organisation, 21*. https://doi.org/10.4000/communicationorganisation.2623

Broadbent, S., & Gallotti, M. (2015). *Collective intelligence: How does it emerge?* Nesta. http://goo.gl/kLuBHX

Calixte, X. (2021). *Les outils dans l'activité collective médiatisée en conception : traçabilité des usages au sein du processus de conception architecturale* (Thèse de doctorat, Université de Liège). ORBi-University of Liège. https://orbi.uliege.be/handle/2268/260874

Calixte, X., & Leclercq, P. (2017). Nouvelles pratiques communicationnelles en co-conception synchrone : Discussion sur 4 situations d'usage d'espaces de réalité augmentée. Dans *Le numérique à l'ère des designs, de l'hypertexte à l'hyper-expérience*.

Calixte, X., Ben Rajeb, S., & Leclercq, P. (2018). Impact des outils numériques de communication et d'échange d'information dans les processus de conception collaborative. Dans *01DESIGN'11*.

Chaboki, H. M., Wahab, A. F. A., & Ansari, M. (2013). The impacts of visibility and privacy in the workplace on organizational productivity as conducted through informal interactions. *IOSR Journal of Business and Management, 7*(5), 82–88.

Charette, M. (2020). *Contrôle personnalisé dans l'espace de cotravail : les impacts de l'environnement de travail sur les comportements psychosociaux des travailleurs* (Mémoire de maîtrise ès Sciences Appliquées, Université de Montréal).

Clark, H. H. (2003). Pointing and placing. Dans S. Kita (Éd.), *Pointing: Where language, culture, and cognition meet* (pp. 243-268). Erlbaum.

Clot, Y., & Leplat, J. (2005). La méthode clinique en ergonomie et en psychologie du travail. *Le travail humain, 68*(4), 289-316. https://doi.org/10.3917/th.684.0289

Defays, A. (2015). *Influence des communications multimodales sur le processus de grounding : Proposition d'une méthodologie d'analyse, appliquée dans le domaine de la conception architecturale* (Thèse de doctorat, Université de Liège). ORBi-University of Liège.

Elias, E., & Bobillier Chaumon, M.-E. (2022). Les objets intermédiaires de conception comme instruments de l'activité : Quels apports dans une démarche de conception inclusive et participative de technologies ambiantes à destination des personnes fragilisées ? *Activités, 19*(1). https://doi.org/10.4000/activites.7295

Elias, E., Caffiau, S., & Bobillier Chaumon, M.-E. (2018). Vers une meilleure collaboration pluridisciplinaire dans le processus de conception d'un système interactif : cas de la définition des besoins. *ERGO'IA 2018*. https://hal.science/hal-01882569

Elsen, C. (2011). *La médiation par les objets en design industriel, perspectives pour l'ingénierie de conception* (Thèse de doctorat, Université de Liège).

Feki, A., & Ben Rajeb, S. (2014). *Adaptabilité d'une situation de conception collaborative dans un espace augmenté*. Dans *Actes du colloque 01'Design.9 : Conception et réutilisation*. Europia. https://hdl.handle.net/2268/257297

Feki, A., & Ben Rajeb, S. (2015). Adaptability of collaborative design within an augmented space. *International Journal of Design Sciences and Technology, 20*(2), 125–140. https://hdl.handle.net/2268/257299

Feki, A., & Leclercq, P. (2019). *Influence de l'environnement spatial augmenté sur des scénarios de conception collaborative*. *Revue des RAID : The How in Design? Introspective/Prospective Design*, (1), 56–65. Les Éditions de l'ESSTED. https://hdl.handle.net/2268/257234

Feki, A., Ben Mlouka, Y., & Leclercq, P. (2022). *Liens émergents entre l'espace collaboratif réel/virtuel, les moyens d'échange et la modalité de travail en collaboration*. *Revue des RAID : Émergences en Design – de l'axiome au rhizome*, (1), 121-130. Manouba, Tunisie : Les Éditions de l'ESSTED. https://hdl.handle.net/2268/292240

Feki, A., Ben Rajeb, S., & Leclercq, P. (2016). *Espaces de conception collaborative réels et augmentés : Proposition pour une mesure ergonomique de l'interaction*. Dans *Actes du colloque SCAN'16 – Mètre et paramètre, mesure et démesure du projet* (Toulouse). PUN – Éditions Universitaires de Lorraine. https://hdl.handle.net/2268/257298

Fischer, G. N. (1978). L'espace comme nouvelle lecture du travail. *Sociologie du travail, 20*(4), 397-422.

Heddad, N. (2016). *L'espace de l'activité, de l'analyse à la conception* (Thèse de doctorat, Conservatoire national des arts et métiers).

Hua, Y., Loftness, V., Kraut, R., & Powell, K. M. (2010). Workplace collaborative space layout typology and occupant perception of collaboration environment. *Environment and Planning B: Planning and Design, 37*(3), 429-448. https://doi.org/10.1068/b35011

Le Bail, C., Prost, M., & Chizallet, M. (2023). Soutenir la conception collaborative de nouveaux objets de travail qui participent au développement durable : Le cas d'un collectif d'enseignants-chercheurs en Sciences du Sport. *Activités, 20*(2). https://doi.org/10.4000/activites.8895

Lécuyer, R. (1976). Adaptation de l'homme à l'espace, adaptation de l'espace à l'homme. *Le Travail Humain, 39*(2), 195-206.

Léon, E. (2010). Territorialité et bureaux virtuels : Un oxymore ? *Annales des Mines – Gérer et comprendre, 1*(99), 32-41. https://www.cairn.info/revue-gerer-et-comprendre1-2010-1-page-32.htm

Luca Pattaroni. (2016). La trame sociologique de l'espace. *SociologieS*. http://journals.openedition.org/sociologies/5435

Maaroufi, R. (2020). Les approches pragmatiques et l'interaction verbale. *SEMEION MED, 0*(3). https://revues.imist.ma/index.php/SEMEION_MED/article/view/21916

Maidoumi, Ch., & Othman Idrissi, F. (2021). De l'intelligence collective à l'innovation collaborative : Une revue de littérature. *Revue Internationale des Sciences de Gestion, 4*(3), 1-25.

Ostergaard, K., & Summers, J. (2009). Development of a systematic classification and taxonomy of collaborative design activities. *Journal of Engineering Design, 20*(1), 1-16. https://doi.org/10.1080/09544820701499654

Peponis, J., & Wineman, J. (2002). Spatial structure of environment and behavior. Dans R. Bechtel & A. Churchman (Éds.), *Handbook of Environmental Psychology* (pp. 271–291). John Wiley.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : Approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.

Rents, J., & Ben Rajeb, S. (2023). Construction d'un protocole de collecte de données visuelle pour l'analyse de la collaboration au sein de projets d'architecture. *ModACT 2023*. https://popups.uliege.be/modact2023/index.php?id=84

Rose, B. (2004). *Proposition d'un référentiel support à la conception collaborative : CO2MED (Collaborative Conflict Management in Engineering Design)* (Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré - Nancy I).

Savolainen, J. M., Saari, A., Männistö, A., & Kähkonen, K. (2018). Indicators of collaborative design management in construction projects. *Journal of Engineering, Design and Technology, 16*(4), 674-691. https://doi.org/10.1108/JEDT-09-2017-0091

Schuler, R., Ritzman, L., & Davis, V. (1981). Merging prescriptive and behavioral approaches for office layout. *Journal of Operations Management, 1*(3), 131–142.

Simard, C. (2017). *Perception de l'usager sur les réalités des environnements de travail à aire ouverte en lien avec l'affordance et la proxémie* (Mémoire de maîtrise, Université de Montréal).

Toussaint, S. (2016). *Vers une compréhension de l'habiter dans la consommation : L'expérience des lieux de service polyfonctionnels* (Thèse de doctorat, Université Lille 2).

Van de Vreken, A., & Safin, S. (2010). Influence du type de représentation visuelle sur l'évaluation de l'ambiance d'un espace architectural. Dans *Proceedings of IHM 2010 : Conférence francophone sur l'interaction homme-machine*. https://hdl.handle.net/2268/68259

Visser, W. (2010). L'utilisation du geste dans des réunions de conception architecturale. Dans *Design & Complexity* (DRS 2010). https://inria-00530169v1

Whittaker, S., & O'Conaill, B. (1997). The role of vision in face-to-face and mediated communication. Dans K. Finn, A. Sellen & S. Wilbur (Éds.), *Video mediated communication*. Lawrence Erlbaum Associates.

Zacklad, M., Lewkowicz, M., Boujut, J.-F., & Darses, F. (2003). Formes et gestion des annotations numériques collectives en ingénierie collaborative. *Revue d'Intelligence Artificielle, 17*(3), 417-433.

Zhang, L., Cao, T., & Wang, Y. (2018). The mediation role of leadership styles in integrated project collaboration : An emotional intelligence perspective. *International Journal of Project Management, 36*(2), 317-330. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.08.014