

---

## ÉPIQUE 2023

# *Interactions de conception avec des technologies intelligentes : le potentiel de stimuler le raisonnement analogique en architecture*

Baudoux Gaëlle<sup>1,2</sup>, Leclercq Pierre<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ndrscr et <sup>2</sup>LUCID-ULiege – Université de Liège, Belgique – gbaudoux@uliege.be

<sup>2</sup>LUCID-ULiege – Université de Liège, Belgique – pierre.leclercq@uliege.be

**Catégorie de soumission** : communication longue

---

### RÉSUMÉ

Parmi les multiples assistances à la conception développées, l'analogie présente un grand potentiel. À l'aube de fortes transitions numériques, nous pensons qu'il s'agit d'une voie prometteuse pour la conception architecturale. De nouvelles technologies proposeront à l'avenir au concepteur des images d'inspiration en temps réel et en lien direct avec son activité : les images envoyées s'adapteront pour suivre l'évolution de l'artefact conçu.

Nous interrogeons les conséquences de cette pénétration d'instrumentation technologique intelligente dans les pratiques. Pour répondre à ce questionnement, nous réalisons une expérimentation contrôlée sur deux corpus d'activités de conception collaborative. Le premier présente une conception collaborative traditionnelle et sert de groupe contrôle. Le second présente la même tâche de conception collaborative mais instrumentée par une nouvelle interface technologique basée sur l'IA. Ce papier présente nos premières observations et réflexions autour de cette question des nouvelles transitions technologiques et de l'impact de leur pénétration.

### MOTS-CLÉS

Conception architecturale, activités collaboratives, raisonnement analogique, interaction homme-machine, intelligence artificielle.

---

## 1 INTRODUCTION

Dans le contexte actuel de la seconde révolution numérique en conception et à l'aube des futurs tournants dans les pratiques, nous nous penchons sur la thématique de l'assistance à la conception architecturale. Cette activité complexe de création et de spécification d'un artefact en réponse à des contraintes multiples pourrait profiter des potentialités de nouvelles technologies numériques.

Plusieurs axes sont employés pour assister la conception : en aidant à mieux identifier les contraintes auxquelles devra répondre l'artefact, en aidant à générer des solutions grâce à des sources d'inspiration, en fournissant des méthodes d'évaluation des solutions proposées, en créant un environnement adapté à la conception collaborative ou encore en conservant les raisons des différents choix posés (Darses, Détienne & Visser, 2001 ; Safin, 2011).

Pour Safin (2011), aider au raisonnement analogique, notion largement documentée par les travaux de Bonnardel (2009), en fournissant des sources d'inspiration est une aide pertinente en ce sens qu'elle est stimulante et apporte une approche originale aux activités de conception, en élargissant les capacités de génération. Déjà en 2002, après la première révolution numérique, Leclercq et Heylighen, dans leur étude sur le raisonnement analogique, soulignaient qu'« en architecture, comme dans d'autres domaines de conception, les problèmes de conception sont généralement mal définis ou difficiles à résoudre. Cette difficulté même fait du raisonnement par

analogie une stratégie de conception potentiellement puissante, puisqu'elle peut apporter des connaissances précieuses d'une situation connue à la situation de conception mal définie qui nous occupe. » (Leclercq & Heylighen, 2002, p. 2). L'analogie visuelle, notamment, permet d'améliorer la qualité de la conception ainsi que la qualité des solutions proposées (Casakin & Goldschmidt, 1999). Plus récemment, Didier et Bonnardel (2020) appuient que « la réalisation d'analogies, et de façon plus générale d'associations d'idées, concourt à l'émergence d'idées créatives » (Didier & Bonnardel, 2020, p. 57). Ces auteurs ajoutent que considérer ce potentiel des analogies peut contribuer à réformer les pratiques dans la réalisation des tâches complexes et dans la mobilisation de la pensée créative.

## **2 PROBLEMATIQUE**

Nous nous penchons donc sur les potentialités d'instrumenter le processus de conception architecturale au moyen d'une technologie basée sur l'IA. Cette instrumentation, présentée par ailleurs (Baudoux & Leclercq, en soumission) se propose d'envoyer en temps réel au(x) concepteur(s) des images d'inspiration adaptées à l'évolution en cours de l'artefact conçu. C'est, dans cet article, le stimulus constitué par l'envoi d'images d'inspiration qui est au cœur de notre questionnement. Nous cherchons à déterminer dans quelle mesure ce type de nouvelle technologie pénétrant les processus de conception impacte les activités de réflexion et de génération des architectes.

En cela, nous complétons Bonnardel et Zenasni (2010), ayant analysé l'impact de nouveaux systèmes d'aide à la conception sur les processus cognitifs des acteurs, et Bonnardel et Marmèche (2005) qui étudiaient l'utilité des sources d'images d'inspiration aux yeux des concepteurs.

## **3 METHODES**

Pour évaluer l'impact du caractère stimulant et intégré de ces sources d'inspiration analogique, nous réalisons deux expériences, au protocole identique à l'exception qu'une partie des concepteurs intégreront la technologie de génération d'images d'inspiration adaptées tandis que l'autre verra mise à disposition une base de données papier d'images, sans stimulus amenant à les consulter.

### **3.1 Cadre expérimental**

Le contexte dans lequel prend place notre expérience est celui du séminaire de recherche de l'Université de Liège intitulé « Analyse des Processus de Conception Collaborative ». Ce cadre nous permet d'intégrer l'observation d'une capsule de conception collaborative comprenant les premières phases idéatives et de spécification de l'artefact.

Le protocole scientifique de recherche menée dans ce séminaire ainsi que les détails du contexte de la capsule de conception ont déjà été largement détaillés par ailleurs (Ben Rajeb & Leclercq, 2015, 2016). L'activité de conception observée consiste en la réalisation collective, en 120 minutes, de l'aménagement d'un magasin d'optique, avec un espace de vente et un espace atelier, par une équipe de 3 sujets concepteurs (A, B et C).

Une de ces équipes disposent de tous les outils traditionnels non numériques (crayons, feutres, fonds de plan papier, calques ...) ainsi que d'une base de données imprimée reprenant plusieurs images de magasins d'optique. L'autre dispose également de tous les outils traditionnels non numériques de dessin mais est en revanche outillée de la technologie de génération d'images d'inspiration.

### **3.2 Protocole d'instrumentation**

Nous instrumentons l'équipe avec stimulus analogique sur le principe du Magicien d'Oz. Cette technique est régulièrement utilisée en informatique et en robotique pour évaluer les impacts d'une technologie sur les usages et les utilisateurs ainsi que pour étudier les interactions de ces derniers avec la machine (Rietz *et al.*, 2012 ; Browne, 2019). Elle a l'avantage de ne pas nécessiter le

développement préalable de la technologie puisqu'elle consiste à simuler, en temps réel et par des humains dissimulés, les fonctionnalités du logiciel innovant.

Nous mettons en place notre expérience dans trois salles adjacentes : une première salle pour l'équipe aux outils de conception traditionnels, une deuxième salle pour l'équipe outillée par le Magicien d'Oz, et une troisième d'où travaillera le magicien pour fournir les images d'inspiration. Grâce à une caméra installée au plafond et cadrant le bureau de travail, celui-ci peut suivre la conception en temps réel. A chaque nouveau focus des concepteurs ou à chaque nouvelle idée, il recherche des images d'inspiration adéquates sur des bases de données telles que Google Image, Pinterest ou ArchDaily et les envoie aux concepteurs. La figure suivante reprend des extraits d'images d'inspiration renvoyées.



Fig. 1 – Extraits d'images d'inspiration fournies aux concepteurs (à gauche, inspirations papier – à droite, images générées par le Magicien d'Oz).

Pour une meilleure compréhension, l'ensemble des éléments du protocole, reprenant la disposition spatiale et les divers outils de conception, est schématisé ci-dessous.

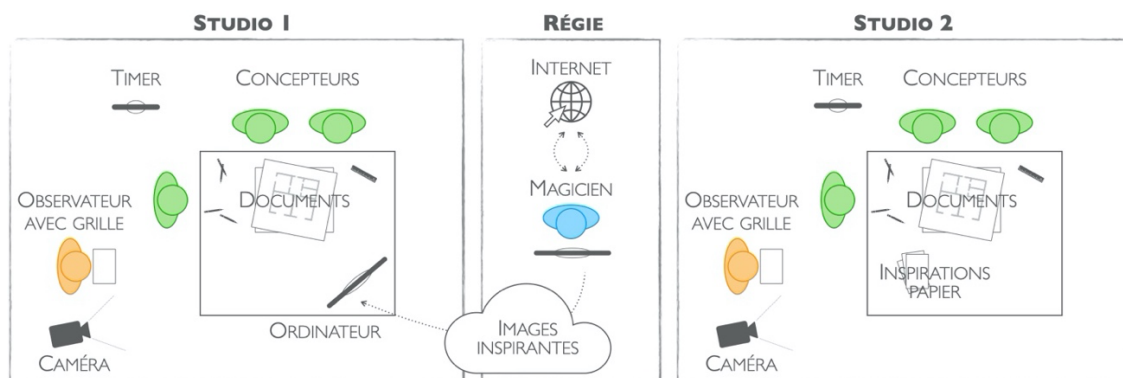


Fig. 2 - Schéma de l'espace expérimental.

### 3.3 Recueil des données

Nous procédons à des observations non-participantes et recueillons nos données à l'aide d'une grille d'observation. Cette grille, codée en double aveugle, caractérise chaque analogie réalisée par l'un des concepteurs au moyen de 8 critères (Ben Rajeb & Leclercq, 2016) :

- Son appariement : si elle constitue un transfert d'idée sans modification, si elle constitue une inspiration grâce à une caractéristique commune entre l'image reçue et l'artefact produit, ou encore si elle constitue une inspiration car une articulation d'objets est reprise.
- Sa source : l'analogie est-elle issue d'un contenu de document, d'une expérience/connaissance professionnelle ou d'un vécu personnel ?
- Son domaine : est-elle issue du même domaine que celui de conception, c'est-à-dire l'architecture, ou d'un domaine différent ?
- L'outil utilisé pour accéder à la référence, dans le cas d'une analogie issue d'un document.
- Son type : si elle est spontanée ou demandée.
- Son mode : l'évocation de la référence peut être implicite ou explicite.
- Son rôle : elle peut constituer une source d'inspiration ou plutôt une source d'évaluation.
- Son usage : c'est un succès si elle contribue au projet ; un échec si elle ne répond pas aux attentes ; elle peut aussi être non utilisée si elle n'est pas mise en œuvre dans le projet malgré sa pertinence ; ou elle peut être chaînée si elle conduit à une solution du problème suivant.

DESCRIPTION		ANALOGIES																					
Temps [mm:ss]	Description de l'interaction	Acteur concerné	Appariement			Rôle		Domaine		Type		Mode		Source		Usage			Acteur			Outil	
			Objet	Attribut	Relation	Inspiration	Evaluation	Identique	Different	Spontanée	Contrôlée	Consciente	Inconsciente	Externe	Interne professionnelle	Interne personnelle	Succès	Echec	Non utilisée	Chaînée	A	B	C
01:00																							
02:00																							
03:00																							
04:00	A décrit à quoi ressemble une vitrine	A	X			X	X		X		X				X	X					X		/
05:00																							
06:00	A donne les dimensions d'une toilette PMR (répond à la question de C)	A	X			X	X			X	X			X	X						X		/
07:00																							
08:00																							
09:00																							
10:00	C regarde les références papier	C		X		X		X		X		X			X							X	papier
11:00	A explique ce qu'est un accueil (répond à la question de C)	A	X			X	X			X	X			X	X						X		/
11:20	B explique ce qu'est un accueil (répond à la question de C)	B	X			X	X			X	X			X	X						X		/

Fig. 3 - Grille d'observation des analogies émergent lors des activités de conception.

Notons que lors de la récolte de données, nous avons veillé à nous placer suffisamment en retrait de l'espace de conception pour ne pas perturber les concepteurs ni influencer leurs activités.

Par ailleurs, deux caméras et micros sont placés dans l'espace et filment (son et image) les activités de conception. La première est identique à celle servant le magicien. La seconde, quant à elle, est placée dans l'angle de la pièce. Elle enregistre l'ensemble de la scène pour assurer une capture exhaustive des données et permettre de compléter la prise de note si besoin. Elle capture ainsi l'ensemble des interactions verbales, gestuelles et graphiques des concepteurs ainsi que, pour l'équipe concernée, les visuels apparaissant régulièrement sur l'écran de retour.

## 4 RESULTATS

Les résultats développés sont une analyse qualitative de la variabilité d'intégration des contenus des images d'inspiration envoyées en stimuli dans le projet. Dans ce cadre, nous procédons à la comparaison des types d'appariements et de leurs rôles et usages dans les activités de conception, d'une part dans l'équipe contrôle, aux sources papier, et d'autre part dans l'équipe aux stimuli analogiques.

### 4.1 Description de l'analogie non stimulée

Le déroulement du processus de conception de cette équipe s'organise en trois grandes séquences : phase de lecture, phase d'esquisse et phase de concrétisation.

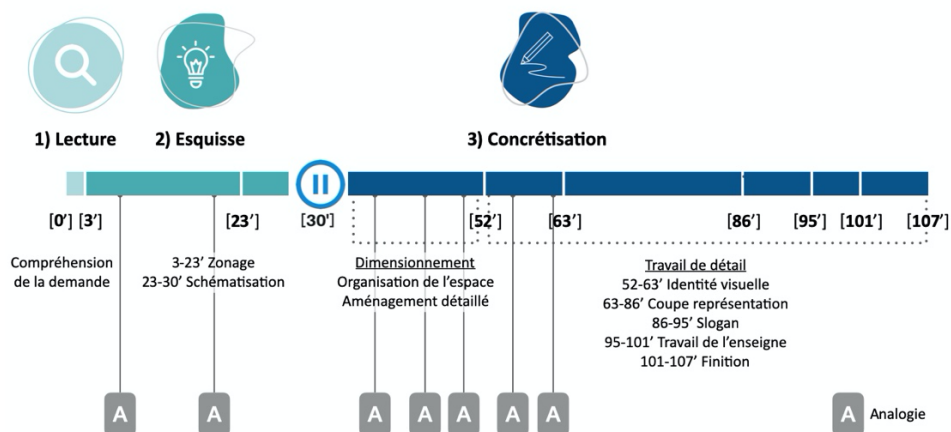


Fig. 4 – Processus de conception général en situation non stimulée.

Dans la première phase, celle de lecture, les concepteurs travaillent individuellement à structurer le problème de conception. Par la suite, dans la seconde phase, les concepteurs émettent plusieurs idées d'organisation des locaux et en discutent ensemble puis les matérialisent en représentations externes de l'artefact. La majorité du temps de conception est alloué à l'élaboration de l'aménagement concret et précis des espaces. Deux concepteurs construisent cet aménagement sous forme d'artefact tandis que le troisième concepteur évalue les solutions proposées par ses compères, notamment au moyen de références. Cette configuration organisationnelle évolue, dans les dernières minutes, vers une production des documents finaux mis au net répartie individuellement.

Dans cette équipe, 7 analogies sont réalisées durant la conception, majoritairement durant les activités d'organisation et d'aménagement de l'espace. Tout d'abord en observant les activités de conception, nous avons distingué deux types d'analogies différentes. Certaines étaient implicites, lorsque l'acteur évaluait la pertinence d'une solution proposée par analogie comparative avec d'autres possibilités issues de sa mémoire ou de ses connaissances architecturales mais sans énoncer l'analogie. D'autres analogies étaient explicites, lorsque l'acteur évoquait oralement un souvenir d'élément similaire ou réalisait explicitement une comparaison. Nous ne considérons dans cette étude que les analogies explicites. En effet, les analogies implicites sont parfois détectables lors des observations mais nous ne pourrions en faire la liste exhaustive ni les caractériser selon les modalités du protocole employé. En outre, après des entretiens d'auto-confrontation avec les sujets concepteurs, ils étaient eux-mêmes dans l'incapacité d'affirmer si l'activité de génération ou d'évaluation de solution pointée résultait d'une analogie ou non.

Dans le processus de conception de cette équipe, l'analogie est identifiée comme un moteur de décision. En rentrant dans le détail des activités entourant l'apparition d'analogie, les analogies sont suivies d'actions de concrétisation consistant à agir sur l'artefact ou à poser des validations de choix de conception.

#### 4.2 Description de l'analogie stimulée

Le déroulement du processus de conception de cette équipe s'organise en quatre séquences : l'appropriation du sujet d'énoncé, la conceptualisation des idées, la production des documents et la vérification.

Lors de la première étape, les acteurs prennent connaissance des contraintes du projet pour établir une ligne directrice. La deuxième étape consiste en l'élaboration des principes structurant la répartition des locaux. Elle voit apparaître de nombreux débats au sein de l'équipe pour se mettre d'accord sur les idées proposées et quelques apartés entre 2 des 3 concepteurs pour détailler certains aménagements. La production des documents se fait ensuite de manière individuelle et se clôture par une vérification en groupe dans les cinq dernières minutes.

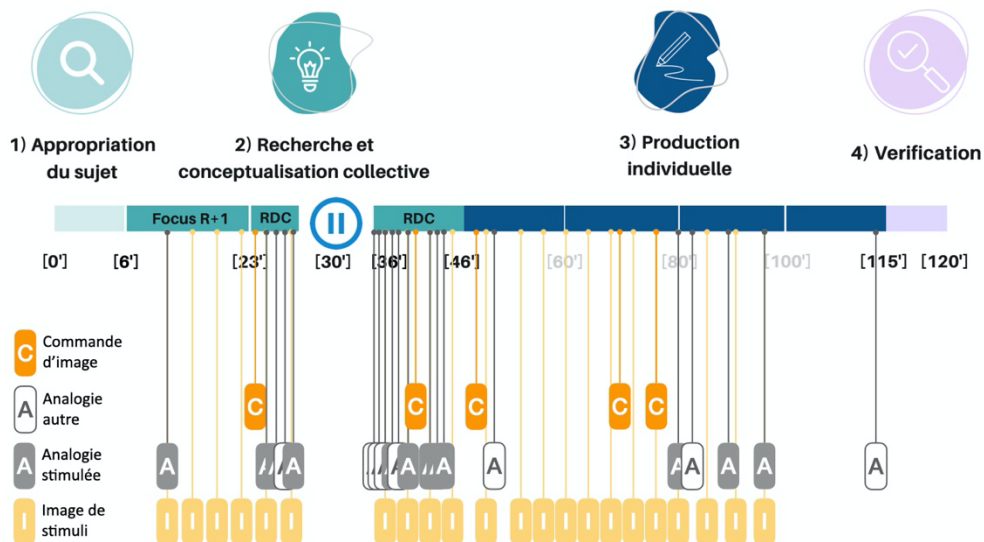


Fig. 5 – Processus de conception général en situation stimulée.

Dans ce processus, nous indiquons à la figure ci-dessus les différents moments d’envoi des images de stimuli (jaune), les analogies faites sur base de ces images (gris), les autres analogies faites par mémoire (blanc) et les commandes d’images particulières passées (orange). Ce dernier point n’était pas prévu dans le protocole, mais quand les concepteurs ont compris que les images envoyées s’ajustaient à leur conception, ils ont tenté de passer des commandes orales pour demander des images spécifiques, traduisant ainsi une envie d’inspiration.

Dans cette équipe, 20 analogies sont réalisées durant la conception. Sur ces 20 analogies, 60% sont inspirées de l’image de stimuli tandis que 40% sont réalisées en dehors des images envoyées, sur base de la mémoire. Si nous regardons du côté de l’usage fait des images de stimuli, 52% d’entre elles sont mobilisées dans des analogies tandis que 20% sont regardée sans être employées et 28% ne sont pas consultées du tout.

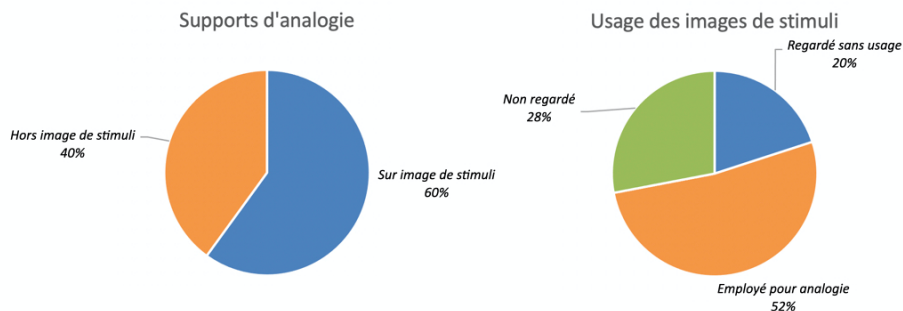


Fig. 6 – Statistiques sur les analogies réalisées en situation stimulée.

Ici, en rentrant dans le détail des activités entourant l’apparition d’analogie, nous pouvons observer qu’elle est presque exclusivement mobilisée lors des discussions de conception.

### 4.3 Discussion comparative des activités de conception

Tout d’abord, nous remarquons que les analogies sont plus nombreuses et plus fréquentes dans l’équipe avec stimuli. Sur un corpus de deux équipes, nous ne pouvons pas émettre de conclusion. Néanmoins, en comparaison avec les autres éditions du séminaire de recherche, qui suivent le protocole de l’équipe non stimulée, un processus présentant 20 analogies est plutôt rare, tandis que 7 est une moyenne basse.

Ensuite, dans aucune des équipes, les analogies réalisées n’ont semblé structurer le processus. Dans les deux équipes, les supports d’analogie (qu’ils soient papier ou stimuli) ont été convoqués au



service de l'activité de conception, et plus précisément, principalement au moment de l'aménagement des espaces. Cette temporalité d'usage semble confirmer la théorie de Chupin (1998) selon laquelle il existe une temporalité opportune dans le processus de création pour convoquer les analogies. En revanche, le rôle de ces analogies varie : dans l'équipe stimulée, elles sont employées lors des discussions à des fins d'exemple, d'inspiration et parfois de validation, tandis que dans l'équipe contrôle, elles sont employées pour concrétiser l'objet et comme moteur de décision.

Si nous comparons maintenant les analogies effectuées selon les 7 critères d'observation, nous obtenons le graphique ci-dessous.

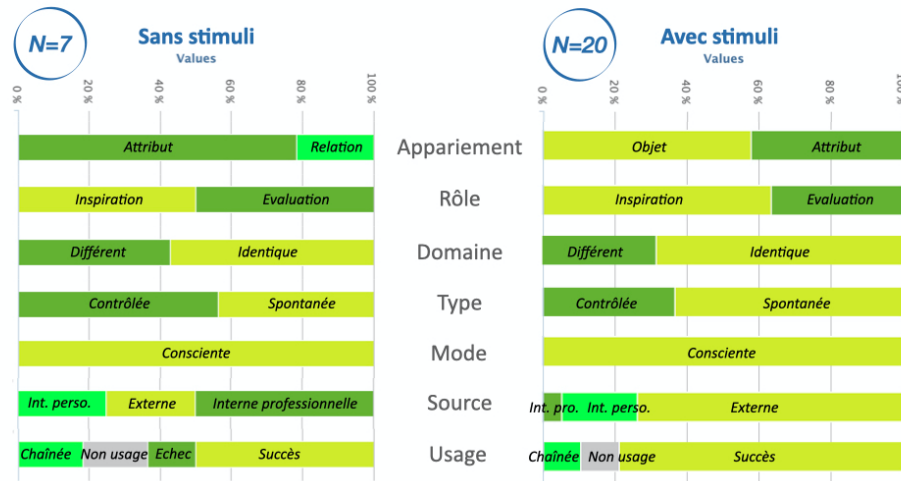


Fig. 7 – Processus de conception général en situation stimulée.

Nous constatons que l'appariement varie beaucoup selon les conditions de conception. Dans l'équipe de contrôle, là où les images d'inspiration sont génériques bien que ciblant le même type de programme architectural, ce sont principalement les attributs qui font l'objet d'analogies, c'est-à-dire que l'analogie porte sur une caractéristique inspirante. Dans l'équipe stimulée, là où les images envoyées sont adaptées à l'objet en cours de conception, c'est majoritairement l'objet entier qui est source de l'analogie, et parfois des attributs de cet objet. Une autre différence marquante réside dans les sources d'analogie. Dans l'équipe contrôle, les sources d'analogie sont plus souvent la mémoire des concepteurs (interne personnelle ou interne professionnelle) que les images papier fournies (externe), tandis que dans l'équipe stimulée, c'est l'inverse qui se produit. Finalement, les analogies faites en situation de conception stimulée sont plus souvent soldées par un succès, c'est à dire par une contribution au projet, que celles faites en situation non-stimulée.

## 5 CONCLUSION

Dans cet article, nous avons interrogé les conséquences de la pénétration du stimuli des analogies via une instrumentation technologique intelligente dans les pratiques de conception architecturale. Pour étudier cela, nous avons réalisé une expérimentation contrôlée sur deux corpus d'activités de conception collaborative. Le premier présentant une conception collaborative traditionnelle sert de groupe contrôle. Le second présente la même tâche de conception collaborative mais instrumentée par un magicien d'oz pour stimuler les analogies.

Nous avons constaté que dans aucune des équipes les analogies réalisées n'ont structuré le processus. Dans les deux équipes, les supports d'analogie (papier comme stimuli) ont été convoqués au service de la conception, et principalement au moment de l'aménagement des espaces. En termes de processus cognitif, l'équipe contrôle a mobilisé les analogies, pour partie de leurs caractéristiques, comme moteur de décision tandis que l'équipe stimulée a mobilisé les analogies, pour l'objet entier, comme inspiration ou illustration lors des discussions de conception. En outre, les images d'inspiration génériques papier ont moins été employées pour analogie que des souvenirs de

mémoire, tandis que les images envoyées par stimuli ont plus été employées par les concepteurs que leur mémoire. Finalement, les analogies faites en situation de conception stimulée sont plus souvent soldées par un succès, c'est à dire par une contribution au projet, que celles faites en situation non-stimulée.

En conclusion, ces résultats montrent que stimuler le raisonnement analogique en proposant au(x) concepteur(s) des images d'inspiration adaptées à l'objet en cours de conception constitue une plus-value, sans risquer de contraindre ni déterminer le processus de conception.

## 6 REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les étudiants du cours d'APC de l'ULiège pour leur participation active à cette capsule de conception et au séminaire de recherche ainsi que la chercheuse et architecte ayant tenu le rôle du Magicien d'Oz. Merci également au F.R.S.-F.N.R.S. pour le financement de cette recherche.

## 7 BIBLIOGRAPHIE

Baudoux, G., & Leclercq, P. (en soumission). Experimenting with a New Proposal for Digital Design Instrumentation: A Wizard of Oz method to study its impact on activity. Paper for the eCAADe'23 International Conference, Gratz, Autriche.

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

Ben Rajeb, S. & Leclercq, P. (2016). Analysis of Collaborative Design through Action Research: Methodology and Tools. In IARIA Journals, International Journal on Advances in Intelligent Systems, vol 9 no 1 & 2, [http://www.ariajournals.org/intelligent\\_systems/](http://www.ariajournals.org/intelligent_systems/), pp.199-212. Browne, J. T. (2019). Wizard of oz prototyping for machine learning experiences. In Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1-6.

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*, 72(1), 5-22.

Bonnardel, N., & Marmèche, E. (2005). Towards supporting evocation processes in creative design: A cognitive approach. *International Journal of Human-Computer Studies*, 63, 422-435.

Bonnardel, N. & Zenasni, F. (2010). The impact of technology on creativity in design: An enhancement? *Creativity and Innovation Management*, 19(2), 180-191.

Casakin, H., & Goldschmidt, G. (1999). Expertise and the use of visual analogy: implications for design education, *Design Studies*, 20, 153-175.

Chupin, J.-P. (1998). Le projet analogue, les phases analogiques du projet d'architecture en situation pédagogique. National Library of Canada.

Darses, F., Détienne, F., & Visser, W. (2001). Assister la conception : perspectives pour la psychologie cognitive ergonomique. Paper presented at the ÉPIQUE 2001, Actes des journées d'étude en psychologie ergonomique.

Didier, J., & Bonnardel, N. (2020). Activités de conception créatives : nouvelles perspectives dans la formation des enseignants. UTBM.

Leclercq, P., & Heylighen, A. (2002). 5,8 Analogies per hour. A designer's view on analogical reasoning. Paper presented at the AID'02 Artificial intelligence in design.

Riek, L. D. (2012). Wizard of oz studies in hri: a systematic review and new reporting guidelines. *Journal of Human-Robot Interaction*, 1(1), 119-136.

Safin, S. (2011). Processus d'externalisation graphique dans les activités cognitives complexes : le cas de l'esquisse numérique en conception architecturale individuelle et collective. PhD Thesis, University of Liège, Belgium.