



**HAL**  
open science

# Interactive Visualization in hybrid environment and data positioning

Mohamed Reda Benkhelifa

► **To cite this version:**

Mohamed Reda Benkhelifa. Interactive Visualization in hybrid environment and data positioning. IHM 2024 - 35ème Conférence Internationale Francophone sur l'Interaction Humain-Machine, Association Francophone d'Interaction Humain-Machine (AFIHM); Sorbonne Université, Mar 2024, Paris, France. 1–5 (à paraître). hal-04490658

**HAL Id: hal-04490658**

**<https://hal.science/hal-04490658v1>**

Submitted on 5 Mar 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **Interactive Visualization in hybrid environment and data positioning**

## **Visualisation interactive dans un environnement hybride et placement spatial des données**

Mohamed Reda Benkhelifa

IRIT – Université Toulouse, mohamed.benkhelifa@irit.fr

My thesis focuses on user interaction with data visualization in a hybrid environment. The recent development of mixed reality technologies is bringing new interaction and visualization challenges to these environments that mix digital and physical. The optimal position of a large number of virtual windows relative to physical referents is an important issue that has been barely explored. My initial research work therefore focuses on the placement of a large number of virtual windows related to their physical referents.

CCS CONCEPTS • Human-centered computing~Human computer interaction (HCI)~Interaction paradigms~AR

**Reference :** IHM'24 : Actes étendus de la 35ème conférence Francophone sur l'Interaction Humain-Machine

**Additional Keywords and Phrases:** HCI, mixed reality, situated visualization

Mon travail de thèse est centré sur l'interaction dans le contexte de la visualisation de données dans un environnement hybride. Le développement récent des technologies de réalité mixte apporte de nouveaux challenges relatifs à la visualisation interactive dans ces environnements qui mélangent numérique et physique. Et pourtant la position optimale d'un grand nombre de fenêtres virtuelles par rapport à des référents physiques est une problématique importante qui a été peu explorée. Mes premiers travaux de recherche s'intéressent donc au placement d'un nombre important de fenêtres virtuelles par rapport à leur référent physique.

**Mots-clés additionnels :** IHM, réalité mixte, visualisation située, visualisation interactive

### **1 MOTIVATION**

Les villes intelligentes sont de plus en plus pourvues de capteurs générant une quantité croissante de données multiples et hétérogènes. L'exploration des données dans leur contexte géographique renforce les liens entre l'environnement spatial et les données numériques [5], permettant ainsi à l'utilisateur de mieux prendre en compte les éléments du contexte environnemental des données, facilitant interprétation, mémorisation et proprioception [7]. Ce type d'exploration de données peut être réalisé sur des maquettes urbaines physiques, qui ont été prouvées comme étant des outils précieux [1][3]. Ces maquettes consistent le plus souvent en des bâtiments imprimés en 3D, généralement à l'échelle d'un quartier, combinés à des visualisations projetées ou présentées dans des dispositifs de réalité augmenté (RA). Les bâtiments servent alors de référents physiques pour accéder aux données qui s'y rapportent : une telle approche peut se décliner dans divers contextes, tels que la planification urbaine, le suivi de la consommation d'énergie ou la gestion de crise.

Des travaux antérieurs ont exploré diverses méthodes exploitant des modèles urbains physique pour de la visualisation de données. L'utilisation d'un vidéo projecteur permet d'afficher la donnée directement sur la

maquette [2], mais cela soulève différents challenges en raison de la surface de projection à forme libre et de l'occultation potentielle par la main de l'utilisateur lors d'interaction. Une alternative consiste à placer la maquette à la surface d'une table interactive et d'afficher les données dans les espaces libre [8]. Cependant, cela devient rapidement complexe lorsque la maquette comprend plusieurs bâtiments, puisque ces derniers occultent l'écran et limitent l'espace de visualisation. Dans UpLift [3], les bâtiments se comportent comme des tokens et peuvent être saisi afin d'accéder à leurs données en RA. Cependant, saisir un bâtiment afin d'accéder à sa donnée devient vite épuisant pour des maquettes avec de nombreux bâtiments et peu pratique si l'on souhaite comparer plusieurs données entre elles.

L'utilisation de casques de réalité augmentée afin de visualiser des données liées à des bâtiments d'une maquette physique semble être une approche prometteuse, mais présente plusieurs défis. Le premier concerne le placement optimal des données virtuelles dans l'espace physique incluant la maquette tout en préservant le lien entre la donnée virtuelle et son référent physique [4]. Le second défi réside dans la manipulation de ces fenêtres dans un contexte impliquant l'utilisation d'une maquette.

Face à ce défi, mes travaux de thèse s'organisent en deux volets complémentaires : 1) permettre un accès optimal aux données en étudiant leur placement et le lien avec leur référent, et 2) faciliter la manipulation de ces fenêtres et leur contenu dans le contexte de la visualisation située autour d'une maquette.

## **2 ETAT D'AVANCEMENT**

Mes premiers travaux se concentrent sur le placement des fenêtres virtuelles 2D au niveau d'une maquette urbaine et comment les lier à leur référent physique au sein de la maquette.

### **2.1 Espace de conception**

J'ai commencé par établir un espace de conception (Figure 1) qui se concentre sur deux aspects clés : la disposition des données (data layout) et le lien entre une donnée virtuelle et son référent physique (Data-referent link).

La disposition se décompose en deux dimensions : la localisation des fenêtres (window location) par rapport à la maquette (distant, intermédiaire et proche) et leur type d'alignement (window alignment) en Grid ou en Map (c'est à dire un agencement des fenêtres qui reflète précisément la position des bâtiments telle qu'ils sont représentés sur la maquette).

Le lien se décompose lui aussi en deux dimensions : la forme du lien (form of link) qui peut être direct, indirect ou uniquement un identifiant, et la disponibilité du lien (link availability) qui peut être permanente ou sur demande.

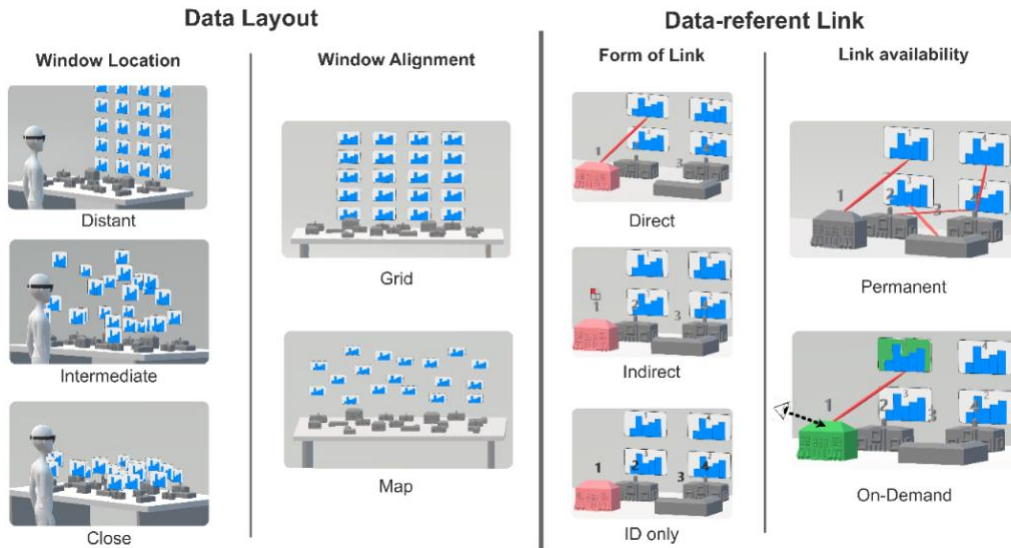


Figure 1 : Design space

## 2.2 Premiers travaux de recherche

L'élaboration de cet espace de conception a mené à une première série d'expérimentations durant lesquels l'objectif était de retrouver la fenêtre d'un bâtiment donné (ou vice versa) avec efficacité, efficacité et satisfaction. Les prototypes ont été développés sur Unity en C# et les expériences ont été menées avec un casque Hololens 2.

L'objectif de la première étude consistait à comparer pour des layouts distant de type Grid et Map, différentes techniques de liens entre un bâtiment et une fenêtre virtuelle (Figure 2). Les résultats de cette étude démontrent que, quelle que soit la technique de lien employée, celle-ci se révèle plus performante lorsqu'elle est appliquée à un layout de type Distant Map plutôt qu'à un layout Distant Grid. Cette étude met également en évidence que l'utilisation d'un lien n'est pas nécessaire dans le cas d'un layout Map, et que l'affichage exclusif de l'identifiant s'avère suffisant. Cependant, même si de meilleure performance sont obtenues avec l'affichage exclusif des identifiants, il est intéressant de noter que les utilisateurs préfèrent l'utilisation d'un lien direct sur demande.

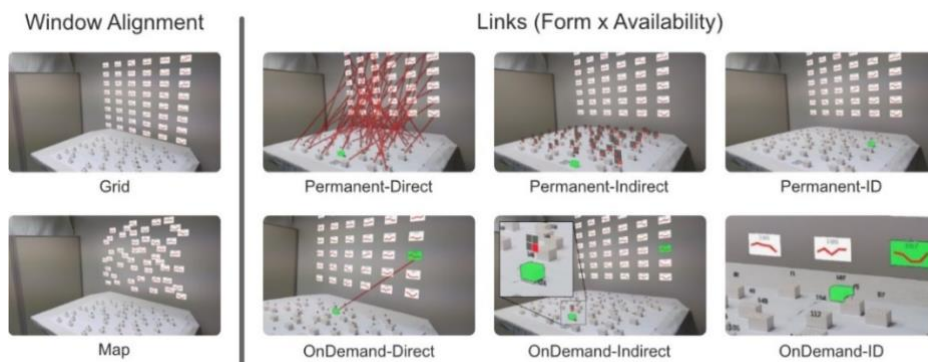


Figure 2 : Conditions de l'étude 1

La seconde étude reprend les meilleurs résultats de liens obtenus lors de la première étude et compare cette fois ci différents layouts (Figure 3) entre eux en en faisant varier les différentes valeurs de localisation de l'espace de conception. Il ressort alors que Descending-Map est le meilleur layout en termes de performance et de préférence.



Figure 3 : Conditions de l'étude 2

Ces travaux ont conduit à la rédaction d'un article actuellement en cours de soumission auprès d'un journal international.

### 3 PERSPECTIVES

Cette première série d'expérimentations m'a permis de construire les bases de mon travail en explorant un ensemble fondamental mais limité de conditions dans l'espace de conception. Cette première étape m'a aussi amené à identifier différents axes pour un approfondissement de mes contributions et un élargissement de la portée de mes travaux. J'ai notamment retenu quatre axes de complexité supplémentaire à explorer.

Le premier axe concerne l'étude des layouts Map dans le cas où la maquette serait plus complexe, avec une densité plus grande, un nombre de référents plus grand, une taille ou forme variable des référents, etc.

Le second axe porte sur une approche basée sur les actions de l'utilisateur. Il s'agit d'explorer comment les utilisateurs peuvent compléter leur sélection de donnée par le biais de tâches supplémentaires, telles que la sélection de paramètres, l'édition de données, la réorganisation, ou encore l'annotations de fenêtres. L'enchaînement de ces différentes tâches soulèvent des questions d'utilisabilité importantes.

La complexité peut aussi se poser en termes d'environnement de déploiement. Par exemple dans un cadre de gestion de crise, l'espace d'affichage peut être plus contraint et comporter plusieurs utilisateurs avec des points de vue différents. Intégrer dans la conception de l'accès aux informations les contraintes de l'environnement de déploiement représente un challenge particulièrement complexe et déjà un peu exploré dans la littérature [6].

Enfin, en termes de contenu, un référent physique peut être lié à plusieurs données / fenêtres. Emerge alors une complexité supplémentaire : comment afficher plusieurs séries de données dans plusieurs fenêtres en préservant le lien spatial et comment naviguer de manière fluide entre celles-ci.

L'étape suivante de ma thèse sera dédiée à l'exploration du dernier axe. En effet, alors que les trois premiers axes se penchent sur des aspects de situations spécifiques, le quatrième axe représente un aspect fondamental qui justifie pleinement son étude prioritaire. En effet, il soulève des défis essentiels qui transcendent des cas d'usage particuliers, ajoutant ainsi une dimension cruciale à la compréhension globale du sujet.

#### 4 BIBLIOGRAPHIE

- [1] Luis Alonso, Yan Ryan Zhang, Arnaud Grignard, Ariel Noyman, Yasushi Sakai, Markus ElKatsha, Ronan Doorley, Kent Larson (2018). CityScope: A Data-Driven Interactive Simulation Tool for Urban Design. Use Case Volpe. In: Morales, A., Gershenson, C., Braha, D., Minai, A., Bar-Yam, Y. (eds) Unifying Themes in Complex Systems IX. ICCS 2018. Springer Proceedings in Complexity. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96661-8\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96661-8_27)
- [2] Cityscope: <https://www.media.mit.edu/projects/cityscope/overview/> (Last visited 14/09/2023)
- [3] Barrett Ens, Sarah Goodwin, Arnaud Prouzeau, Fraser Anderson, Florence Y. Wang, Samuel Gratz, Zac Lucarell, Brendan Moyle, Jim Smiley, Tim Dwyer. Uplift: A Tangible and Immersive Tabletop System for Casual Collaborative Visual Analytics. IEEE Trans Vis Comput Graph. 2021 Feb;27(2):1193-1203. doi: 10.1109/TVCG.2020.3030334.
- [4] Barrett Ens, Benjamin Bach, Maxime Cordeil, Ulrich Engelke, Marcos Serrano, Wesley Willett, Arnaud Prouzeau, Christoph Anthes, Wolfgang Büschel, Cody Dunne, Tim Dwyer, Jens Grubert, Jason H. Haga, Nurit Kirshenbaum, Dylan Kobayashi, Tica Lin, Monsurat Olaosebikan, Fabian Pointecker, David Saffo, Nazmus Saquib, Dieter Schmalstieg, Danielle Albers Szafir, Matt Whitlock, and Yalong Yang. 2021. Grand Challenges in Immersive Analytics. Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 459, 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1145/3411764.3446866>
- [5] V. Maquil. "Towards Understanding the Design Space of Tangible User Interfaces for Collaborative Urban Planning." in *Interacting with Computers*, vol. 28, no. 3, pp. 332-351, May 2016. doi: 10.1093/iwc/iwv005.
- [6] [Aziz Niyazov, Barrett Ens, Kadek Ananta Satriadi, Nicolas Mellado, Loic Barthe, Tim Dwyer, and Marcos Serrano. 2023. User-Driven Constraints for Layout Optimisation in Augmented Reality. In Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems \(CHI '23\). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 35, 1–16. https://doi.org/10.1145/3544548.3580873](https://doi.org/10.1145/3544548.3580873)
- [7] Faisal Taher, John Hardy, Abhijit Karnik, Christian Weichel, Yvonne Jansen, Kasper Hornbæk, and Jason Alexander. 2015. Exploring Interactions with Physically Dynamic Bar Charts. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 3237–3246. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702604>
- [8] Will Walker, Hyungie Sung, Chris Kevin Ong, and Federico Casalegno. 2017. Exploring spatial meaning with a tangible map. In Proceedings of the 6th ACM International Symposium on Pervasive Displays (PerDis '17). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 6, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3078810.3078826>