



HAL
open science

Interaction avec une Maquette Phygitale : Techniques de Sélection Multi Cible

Clément Truillet

► **To cite this version:**

Clément Truillet. Interaction avec une Maquette Phygitale : Techniques de Sélection Multi Cible. IHM 2024 - 35ème Conférence Internationale Francophone sur l'Interaction Humain-Machine, Association Francophone d'Interaction Humain-Machine (AFIHM); Sorbonne Université, Mar 2024, Paris, France. 1–6 (à paraître). hal-04490613

HAL Id: hal-04490613

<https://hal.science/hal-04490613v1>

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.

Interaction avec une Maquette Phygital : Techniques de Sélection Multi Cible

Interaction with A Phygital Model: Multi-Target Selection Techniques

Clément Truillet, Doctorant à l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT)

Directeurs : Emmanuel Dubois et Marcos Serrano

Immersive data visualization is known to bring many benefits in the context of crisis management and monitoring. It is particularly relevant in scenarios involving interactive simulation of territory for its mobility planning, as well as in other contexts involving the analysis of large amounts of data. Indeed, when using an Augmented Reality headset, users can spatially explore data, have multiple viewpoints and exploit large display spaces. This context of interaction raises new challenges. In particular, these new display spaces bring a need for interactive techniques with these immersive data: to select, manipulate, trigger commands, filter, and analyze data. In this thesis, we explore the use of a phygital model (model combining physical aspect and digital properties) as an interaction support in the context of geo-spatialized data. In short, the goal of this PhD is to design, develop and evaluate interaction techniques to effectively and efficiently explore data related to a phygital model. As a first step, we focused on the study of target pointing in and around the FoV of Optical See-Through Augmented Reality HMD.

CCS CONCEPTS •Human-centered computing~Human computer interaction (HCI)~Interaction techniques~Pointing•

Reference: IHM '24 : Rencontres Doctorales de la 35^e conférence Francophone sur l'Interaction Humain-Machine, March 25–29, 2024, Paris, France

Additional Keywords and Phrases: Physical target, raycasting, finger pointing.

La visualisation immersive des données est connue pour apporter de nombreux avantages dans le contexte de la gestion et de la surveillance des crises. Elle est particulièrement pertinente dans des contextes de simulation interactive de territoire pour son aménagement en matière de mobilité, ainsi que dans d'autres contextes impliquant l'analyse de grandes quantités de données. En effet, lorsqu'ils utilisent un casque de réalité augmentée, les utilisateurs peuvent explorer les données dans l'espace, avoir plusieurs points de vue et exploiter de grands espaces d'affichage. Ce contexte d'interaction soulève de nouveaux défis. En particulier, ces nouveaux espaces d'affichage entraînent un besoin de techniques interactives avec ces données immersives : il faut pouvoir les sélectionner, manipuler, déclencher des commandes, filtrer, analyser. Compte tenu des apports du domaine de la visualisation située, exploitant un référent physique, pour l'analyse et l'exploration de données géo-spatialisées dans cette thèse, nous explorons l'utilisation de la maquette phygital (maquette combinant aspect physique et ses propriétés numériques) comme support d'interaction dans le contexte des données géo-spatialisées. En résumé, l'objectif de cette thèse est de concevoir, développer et évaluer des techniques d'interaction permettant d'explorer de manière efficace et efficiente des données liées à un modèle phygital. En ce sens, les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse ont porté sur l'étude du pointage de cible dans et autour du champ d'affichage de casque de Réalité Augmentée semi-transparentes .

Mots-clés additionnels : Cible physique, raycasting, pointage du doigt

1 INTRODUCTION

Avec la disponibilité croissante des données basées sur des capteurs, l'analyse de données est au cœur de divers scénarios tels que la monitoring énergétique, la logistique d'entrepôt ou l'interaction avec des objets connectés dans un environnement domestique intelligent. Une tendance récente dans la visualisation de données est appelée la "visualisation située" et implique la présentation de données numériques à proximité d'un objet physique qui génère ou est lié à ces données : cet objet est le référent physique [15], c'est-à-dire une pièce, un capteur, etc. Dans les scénarios précédemment mentionnés, les utilisateurs souhaitent accéder aux données près de leurs référents : la consommation d'électricité d'un bâtiment près du compteur électrique, l'historique des stocks d'un produit stocké dans des étagères de stockage, ou encore la liste de courses près du réfrigérateur. Dans de tels contextes, la tâche de l'utilisateur est d'explorer ou de comparer des données provenant de différents référents physiques et d'annoter un référent physique ou ses données. En conséquence, les utilisateurs interagissent avec des objets physiques et numériques répartis autour d'eux.

La contribution des casques semi transparents de Réalité Augmentée (RA) à l'interaction et à la visualisation des données est cruciale dans le contexte de l'analyse de grandes quantités de données autour des référents physiques. En effet, ces casques permettent l'exploration spatiale des données [7], fournissent plusieurs perspectives [8] et facilitent l'exploitation de grands espaces d'affichage [4,11]. De telles approches sont particulièrement pertinentes dans le contexte émergent de la visualisation située, car l'utilisation de casque de RA permet d'afficher des données numériques à proximité forte de leur référent physique dans le monde réel.

La littérature offre un large panel de techniques de pointage dans les environnements de RA. Généralement, deux catégories émergent : celles dérivées du lancer de rayon (raycasting) [3,5] et celles dérivées de la technique de la "main virtuelle" [9,12], les utilisateurs préférant généralement le raycasting, perçu comme plus rapide et plus facile à utiliser [2,14]. D'autres techniques d'interaction sont plus spécifiques au pointage de cibles physiques et exploitent différentes modalités telles que le toucher [3,16], le pointage à distance [5] et le pointage indirect [6].

Ma thèse se situe donc à l'intersection de ces problématiques : utilisation d'un référent physique, mise en œuvre de la réalité augmentée et exploitation d'une grande quantité de données. Elle entre en écho avec de multiples domaines d'application, dont l'aménagement urbain, au cœur du projet Vilagil-AmUrb dans lequel s'inscrivent mes travaux. Dans de tels contextes, la tâche de l'utilisateur est multiple : monitorer des données, les comparer, faire varier des paramètres, annoter l'espace de données ou les référents, etc. Pour réaliser ces tâches une tâche préalable quasi systématique est celle de sélectionner un ou plusieurs objets sur lesquels faire porter les actions ultérieures. Les objectifs scientifiques de ma thèse concernent la nécessité de réaliser des sélections multiples simultanées afin de consulter des informations relatives à plusieurs bâtiments ainsi que le besoin de sélectionner une zone ou un ensemble contigu de ressources plutôt qu'une ressource unique. De plus, il existe des contraintes spatiales physiques liées aux ressources visées, telles que la possible occultation de certains bâtiments par d'autres, par des données numériques, ou encore leur emplacement dans une zone particulièrement dense.

Toutefois la technologie actuelle soulève un verrou particulièrement bloquant vis-à-vis de ces objectifs. En effet bien que les casques de RA permettent l'augmentation d'un environnement potentiellement infini, ils sont aussi contraints par un champ d'affichage limité [8,10]. Par conséquent, pointer vers des référents physiques situés en dehors de ce champ d'affichage nécessite de déplacer la tête pour placer ces cibles physiques à l'intérieur du champ d'affichage afin de voir le feedback du pointage. Cependant, les mouvements de tête se révèlent rapidement inconfortables et entravent l'interaction [1]. Malgré de nombreuses études se concentrant sur le pointage de cibles,

qu'elles soient physiques ou numériques, à l'intérieur du champ d'affichage du casque, la question du pointage de cibles physiques en dehors du champ d'affichage du casque, représente un défi peu exploré.

Ainsi, les premiers travaux de recherche de cette thèse se penchent sur le pointage de référents physiques autour du champ d'affichage du casque. En premier lieu, ces travaux ont pour objectif d'analyser et comprendre l'impact de certains facteurs sur le pointage de cible dans et autour du champ d'affichage du casque et d'apporter une première mesure de leurs impacts sur l'efficacité et la satisfaction de l'utilisateur. L'issue des conclusions de la première partie de ces travaux a amené à la conception et l'évaluation d'un ensemble de technique de pointage en RA autour du champ d'affichage du casque de référents physique. Comme suite à cette première étape, la seconde question que j'aborde dans mes travaux vise à élargir la portée de ces premiers résultats et concerne le pointage multicible de référents physiques situés dans et autour du champ d'affichage du casque de RA. Je décris ci-après les premiers résultats ainsi que les perspectives envisagées pour la suite de la thèse.

2 PREMIERS TRAVAUX DE RECHERCHE

L'objectif de mes premier travaux est d'analyser et comprendre l'impact de facteurs sur le pointage, par lancer de rayon, de cibles dans et autour du champ d'affichage du casque. Ces facteurs, au nombre de deux, sont e la nature de la cible ainsi que la nature du rayon.

Concernant la nature de la cible, dans un contexte de RA, les utilisateurs effectuent le pointage sur deux types de cibles : les cibles physiques présentes dans l'environnement (par exemple un référent physique), et les cibles numériques ajoutées par le système (par exemple les données relatives à ce référent). Cette considération de cibles numériques et physiques a pour objectif de vérifier si la superposition d'un feedback numérique sur un objet physique est susceptible d'impacter l'interaction en perturbant la perception humaine. En effet dans le passé, des travaux ont montré une différence entre un pointage sur des cibles physiques ou numériques [17] dans le cadre de l'utilisation d'un retour haptique.

En ce qui concerne la nature du rayon, l'ajout d'un feedback illustrant la position et orientation du rayon est inévitable : il fera nécessairement l'objet d'un rendu numérique. Superposer des données numériques avec des données physiques peut entraîner un problème de parallaxe. Aussi, un second facteur de nos études consiste à mesurer l'impact de la nature du rayon et nous en distinguons deux formes (cf. Figure 1) : le feedback dénommé rayon « Continu », matérialisé sous la forme d'une ligne continue dans l'espace depuis son origine tel qu'une baguette par exemple, ainsi qu'un rayon « Ponctuel », restreint à un rendu dans le plan de la cible uniquement tel qu'un pointeur laser sur un écran.



Figure 1 : Illustration du rayon « Continu » (à gauche) et « Ponctuel » (à droite)

Dans une première étude [13], j'ai étudié l'influence de ces deux facteurs (nature des cibles et nature du rayon) sur les performances des utilisateurs dans des tâches de pointage de cible physiques et numériques placées dans le champ d'affichage du casque. Cette étude indique que les utilisateurs parviennent à pointer une cible physique ou numérique avec succès dans la quasi-totalité des cas, et ce quelle que soit la nature du rayon considérée.

Puis j'ai étendu cette étude au contexte du pointage de cibles physiques situées dans le champ de vision humain mais en dehors du champ d'affichage du casque de RA, c'est-à-dire autour du champ d'affichage du casque. Les résultats obtenus indiquent alors des performances de pointage particulièrement mauvaises, que la nature du rayon soit « Continu » ou « Ponctuel », résultats s'approchant davantage de ceux du pointage de cible sans feedback positionnées dans le champ d'affichage du casque.

Il apparait que l'incapacité à pointer de manière satisfaisante des cibles autour du champ d'affichage du casque soit liée à l'incapacité de l'utilisateur de visualiser le point d'impact du rayon. Cette même difficulté à pointer des cibles physiques sans feedback se retrouve dans les travaux de Cabric et al. [3]. Inversement, cet effet n'apparait pas dans le contexte des travaux de Freeman et al. [5], contexte où les utilisateurs disposent d'un feedback (tremblement de la cible) lors du pointage.

Suite à ce constat de l'incapacité des utilisateurs de pointer précisément des cibles physiques disposées en dehors du champ d'affichage du casque, mes travaux se sont orientés sur la conception et l'évaluation de techniques de pointage de cibles disposées en dehors du champ d'affichage du casque (c'est-à-dire directement visible par l'utilisateur mais ne pouvant pas être augmentées). Partant de l'hypothèse que les mauvaises performances de pointage de cibles autour du champ d'affichage du casque sont liées à l'incapacité de l'utilisateur de visualiser le point d'impact du rayon, ces techniques consistent en un affichage du point d'impact du rayon et de son environnement proche dans le champ d'affichage du casque. En prenant en compte différents facteurs (origine et orientation du rayon, position et taille de la zone de visualisation et position de la caméra virtuelle), j'ai développé deux nouvelles techniques de pointage de cibles autour du champ d'affichage du casque, nommées « Arm » et « Eyes-To-Finger ». Seule l'origine et l'orientation des rayons diffère entre les deux techniques, la zone de visualisation étant placée en bas à droite du champ d'affichage du casque et la caméra virtuelle fixée sur la tête de l'utilisateur. La technique « Arm » permet ainsi aux utilisateur d'utiliser un rayon basé sur le bras de l'utilisateur et la technique « Eyes-To-Finger » un rayon basé sur les yeux et le doigt de l'utilisateur.

Ces deux techniques ont été étudiées, en comparaison avec le pointage direct (c'est-à-dire un pointage consistant à mettre la cible dans le champ d'affichage du casque) dans un contexte de pointage de cibles physiques de différentes tailles et positionnées à différentes distances de l'utilisateur réparties sur des surfaces horizontales et verticales.

Les résultats établissent que la technique « Eyes-To-Finger » est plus efficace et préférée par les utilisateurs que la technique « Arm » et la technique de pointage direct pour pointer des cibles physiques réparties autour du champ d'affichage du casque sur une surface horizontale. Cependant, ces nouvelles techniques sont moins efficaces sur une surface verticale car elles nécessitent un mouvement trop ample avec le bras et la main pour permettre le pointage.

3 TRAVAUX FUTURS

La technique « Eyes-To-Finger », au même titre que la technique « Arm », combine un point de vue direct (l'utilisateur voit directement la cible dans son champ de vision) et un point de vue indirect (une vue de la cible est disponible dans le champ d'affichage du casque par l'intermédiaire de la zone de visualisation). Cette combinaison ouvre des perspectives futures concernant le niveau acceptable de combinaison de ces deux points de vue.

En particulier une telle combinaison pourrait être utile pour visualiser des éléments cachés dans une maquette physique : objet caché par un autre, face arrière d'un objet, ou partie intérieure d'un objet physique.

Plus largement, il conviendra d'étudier comment combiner ou enchaîner des pointages de cibles physiques placées dans et autour du champ d'affichage du casque, en étudiant les transitions et mécanismes d'activation requis entre

le pointage dans le champ d'affichage du casque (avec un lancer de rayon classique), autour (avec « Eyes-To-Finger ») et sur des objets physiques à portée de main (toucher).

REFERENCES

- [1] Tilley Alvin R. and Henry Dreyfuss Associates. 2001. *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design, Revised Edition*. Wiley. Retrieved from <https://www.wiley.com/en-us/The+Measure+of+Man+and+Woman%3A+Human+Factors+in+Design%2C+Revised+Edition-p-9780471099550>
- [2] Doug Bowman, Donald Johnson, and Larry Hodges. 2001. Testbed Evaluation of Virtual Environment Interaction Techniques. *Presence Teleoperators Virtual Environ.* 10, (August 2001). <https://doi.org/10.1162/105474601750182333>
- [3] Florent Cabric, Emmanuel Dubois, Pourang Irani, and Marcos Serrano. 2019. TouchGlass: Raycasting from a Glass Surface to Point at Physical Objects in Public Exhibits. In *Human-Computer Interaction – INTERACT 2019 (Lecture Notes in Computer Science)*, 2019, Cham. Springer International Publishing, Cham, 249–269. . https://doi.org/10.1007/978-3-030-29387-1_15
- [4] Yifei Cheng, Yukang Yan, Xin Yi, Yuanchun Shi, and David Lindlbauer. 2021. SemanticAdapt: Optimization-based Adaptation of Mixed Reality Layouts Leveraging Virtual-Physical Semantic Connections. In *The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '21)*, October 12, 2021, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 282–297. . <https://doi.org/10.1145/3472749.3474750>
- [5] Euan Freeman, Julie Williamson, Sriram Subramanian, and Stephen Brewster. 2018. Point-and-Shake: Selecting from Levitating Object Displays. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18)*, April 19, 2018, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–10. . <https://doi.org/10.1145/3173574.3173592>
- [6] Renaud Gervais, Jérémy Frey, and Martin Hachet. 2015. Pointing in Spatial Augmented Reality from 2D Pointing Devices. In *Human-Computer Interaction – INTERACT 2015 (Lecture Notes in Computer Science)*, 2015, Cham. Springer International Publishing, Cham, 381–389. . https://doi.org/10.1007/978-3-319-22723-8_30
- [7] Jiazhou Liu, Barrett Ens, Arnaud Prouzeau, Jim Smiley, Isobel Kara Nixon, Sarah Goodwin, and Tim Dwyer. 2023. DataDancing: An Exploration of the Design Space For Visualisation View Management for 3D Surfaces and Spaces. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '23)*, April 19, 2023, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–17. . <https://doi.org/10.1145/3544548.3580827>
- [8] Gary Perelman, Emmanuel Dubois, Alice Probst, and Marcos Serrano. 2022. Visual Transitions around Tabletops in Mixed Reality: Study on a Visual Acquisition Task between Vertical Virtual Displays and Horizontal Tabletops. *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.* 6, ISS (November 2022), 585:660-585:679. <https://doi.org/10.1145/3567738>
- [9] Ivan Poupyrev, Mark Billinghurst, Suzanne Weghorst, and Tadao Ichikawa. 1996. The go-go interaction technique: non-linear mapping for direct manipulation in VR. In *Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '96)*, November 01, 1996, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 79–80. . <https://doi.org/10.1145/237091.237102>

- [10] Housseem Saidi, Emmanuel Dubois, and Marcos Serrano. 2021. HoloBar: Rapid Command Execution for Head-Worn AR Exploiting Around the Field-of-View Interaction. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, May 06, 2021, Yokohama Japan. ACM, Yokohama Japan, 1–17. . <https://doi.org/10.1145/3411764.3445255>
- [11] Kadek Ananta Satriadi, Barrett Ens, Maxime Cordeil, Tobias Czauderna, and Bernhard Jenny. 2020. Maps Around Me: 3D Multiview Layouts in Immersive Spaces. *Proc. ACM Hum.-Comput. Interact.* 4, ISS (November 2020), 201:1-201:20. <https://doi.org/10.1145/3427329>
- [12] Jonas Schjerlund, Kasper Hornbæk, and Joanna Bergström. 2021. Ninja Hands: Using Many Hands to Improve Target Selection in VR. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '21)*, May 07, 2021, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–14. . <https://doi.org/10.1145/3411764.3445759>
- [13] Clément Truillet, Marcos Serrano, and Emmanuel Dubois. 2024. Interaction avec des Référents Physiques Dans et Autour du Champ D’Affichage des Casques Semi-Transparents de Réalité Augmentée. Retrieved February 15, 2024 from <https://hal.science/hal-04450136>
- [14] Matt Whitlock, Ethan Harnner, Jed R. Brubaker, Shaun Kane, and Danielle Albers Szafir. 2018. Interacting with Distant Objects in Augmented Reality. In *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, March 2018, Reutlingen. IEEE, Reutlingen, 41–48. . <https://doi.org/10.1109/VR.2018.8446381>
- [15] Wesley Willett, Yvonne Jansen, and Pierre Dragicevic. 2017. Embedded Data Representations. *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.* 23, 1 (January 2017), 461–470. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2016.2598608>
- [16] Takatoshi Yoshida, Junichi Ogawa, Kyung Yun Choi, Sanad Bushnaq, Ken Nakagaki, and Hiroshi Ishii. 2021. inDepth: Force-based Interaction with Objects beyond A Physical Barrier. In *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '21)*, February 14, 2021, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–6. . <https://doi.org/10.1145/3430524.3442447>
- [17] Caijun Zhao, Kai Way Li, and Lu Peng. 2023. Movement Time for Pointing Tasks in Real and Augmented Reality Environments. *Appl. Sci.* 13, 2 (January 2023), 788. <https://doi.org/10.3390/app13020788>