



# Conception et évaluation de retours visuels sur une maquette phygitale

Florent Cabric, Emmanuel Dubois, Marcos Serrano

## ► To cite this version:

Florent Cabric, Emmanuel Dubois, Marcos Serrano. Conception et évaluation de retours visuels sur une maquette phygitale. 29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM 2017), AFIHM: Association Francophone de l'Interaction Homme-Machine, Aug 2017, Poitiers, France. pp.1–10, <10.1145/3132129.3132162>. <hal-01578334>

**HAL Id: hal-01578334**

**<https://hal.science/hal-01578334v1>**

Submitted on 29 Aug 2017

**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.



HAL Authorization

---

# Conception et évaluation de retours visuels sur une maquette phygitale

**F. Cabric**

Université de Toulouse, IRIT - Elipse  
Toulouse, France  
florent.cabric@irit.fr

**E. Dubois**

Université de Toulouse, IRIT - Elipse  
Toulouse, France  
emmanuel.dubois@irit.fr

**M. Serrano**

Université de Toulouse, IRIT - Elipse  
Toulouse, France  
marcos.serrano@irit.fr

**RÉSUMÉ**

Dans le contexte de la visualisation d'informations sur des maquettes physiques (que nous appelons alors maquettes phygitales), la conception de retours visuels adaptés est complexe en raison des spécificités du support visuel (granularité, surface d'affichage, vidéoprojection). Nous proposons un espace de conception de retours visuels liés à : la navigation dans une maquette et la localisation d'un point d'intérêt. Nous évaluons différents facteurs de conception (mouvement, position et forme) afin d'identifier les caractéristiques du rendu le plus adapté au contexte des maquettes physiques.

---

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author.

IHM'17, August 29-September 1, 2017, Poitiers, France

© 2017 Copyright is held by the owner/author(s).

ACM ISBN 978-1-4503-5109-6/17/08. <https://doi.org/10.1145/3132129.3132162>

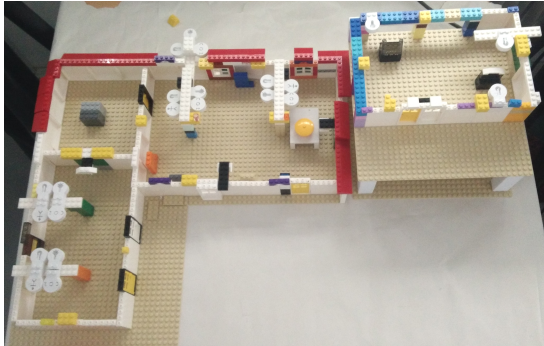


Figure 1 - Maquette neOCampus, représentant des salles de cours équipées de capteurs.

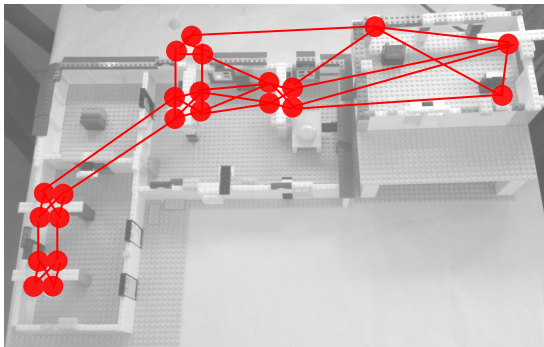


Figure 2 – Mise en évidence du réseau de capteur sur la maquette neOCampus

## MOTS CLÉS

Évaluation, Feedback, Comparaison par paires, Maquette physique 3D

## ABSTRACT

In the context of information visualization on physical building models (called phytal models) and given the visual support's characteristics (granularity, display surface, video projection), the design of proper visual feedbacks is complex. We propose a design space of visual feedbacks linked to two tasks: navigate through a graph of points of interest on the model and find a point of interest. We evaluate some design factors (movement, position and shape) in order to identify the proper feedbacks characteristics on physical models.

## CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Visualization** → **Visualization application domains** → *Information visualization*

## KEYWORDS

Evaluation; Feedback; Pairwise Comparison; 3D physical model

## ACM Reference format:

F. Cabric, E. Dubois, and M. Serrano. 2017. Conception et évaluation de retours visuels sur une maquette phytale. In *Proceedings of 29eme Conference Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, Poitiers-Futuroscope, FR, Août 2017 (IHM 2017), 8 pages.  
DOI: 10.1145/3132129.3132162

## 1 INTRODUCTION

De nombreux et différents contextes d'utilisation cherchent aujourd'hui à tirer profit de l'utilisation de maquettes physiques. Dans un contexte d'architecture, les maquettes servent à illustrer le bâtiment en cours de construction ; leur pendant numérique, intégrés au Building Information Modeling, permet alors une interaction fine avec les différents corps de métiers, la facturation, etc. Dans les musées, les maquettes permettent d'exposer sans risque des objets précieux ou des sites volumineux, permettant de mieux se projeter dans les collections. Dans les aéroports et les centres commerciaux, des maquettes des bâtiments sont souvent utilisées pour aider les visiteurs à visualiser leur trajet, comprendre la structuration du bâtiment, etc. Réalisables à bas coût, représentatives d'un environnement physique complexe, supports à l'interaction à plusieurs, leur principale limitation est l'absence de capacité d'affichage intrinsèque.

Dans cet article nous explorons différents mécanismes permettant de rendre interactive une maquette physique (par une projection sur la maquette). Nous parlons alors de maquette

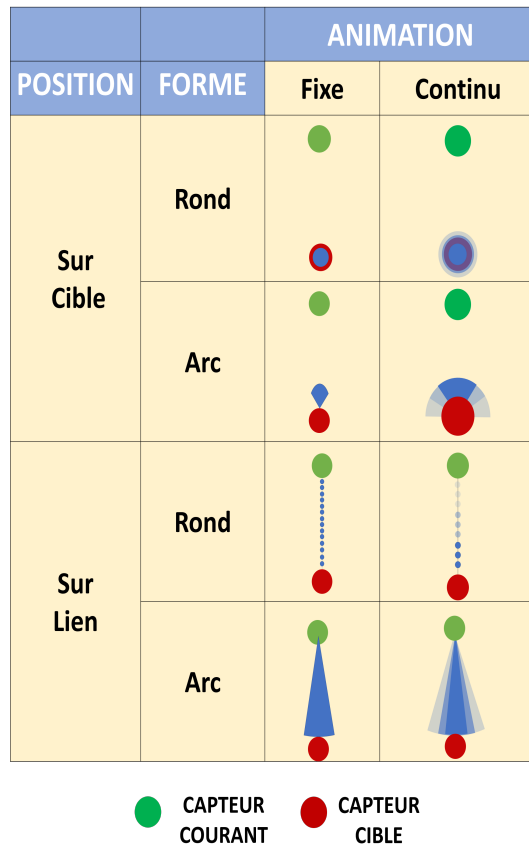


Figure 3 - Différentes versions du feedback graphique pour la tâche de navigation, selon l'animation, la position et la forme du feedback

phytale, i.e. une maquette **physique** associée à un feedback numérique (**digital world**). Nous proposons tout d'abord une première caractérisation de l'espace de conception des feedback sur maquette, en explorant trois aspects : l'animation, la position et la forme du feedback. Nous explorons ensuite cet espace de conception dans une expérimentation afin de déduire les caractéristiques du feedback qui favorisent la visualisation.

## 2 ÉTAT DE L'ART

Pour pouvoir interagir avec le monde physique, plusieurs approches ont été explorées. En particulier, le domaine de la réalité virtuelle offre de multiples approches pour interagir avec des artefacts représentatifs du monde réel [1,2]. Mais ces solutions nécessitent un matériel coûteux, impliquent souvent une immersion de l'utilisateur le détachant de son monde physique, et contraignent fortement l'environnement d'utilisation.

À l'inverse, le domaine de la réalité augmentée offre de multiples alternatives permettant de maintenir l'utilisateur au contact du monde physique, ses artefacts, ses caractéristiques [3,4]. Toutefois, ces solutions s'appuient souvent sur des dispositifs portables de petite taille induisant alors une limitation en termes de quantité d'information. Pour une utilisation en mobilité, la précision devient également un facteur limitant. Enfin, certaines solutions tentent de résoudre ces deux problèmes mais se traduisent alors par des couplages / découplages successifs avec la réalité[5].

Plus récemment L'utilisation de la réalité augmentée spatiale (Spatially Augmented Reality ou SAR) [6,7] permet d'augmenter un objet physique à l'aide d'un vidéo projecteur. Cette technologie permet donc de garder le contact entre l'utilisateur et le monde physique sans passer au travers d'une lentille. De plus, l'information est directement projetée sur l'objet, permettant à de nombreux utilisateurs de pouvoir obtenir l'information. Cependant, peu d'études s'intéressent au feedback en SAR sur une maquette physique 3D complexe, i.e. colorée et de forme et volume irréguliers.

## 3 SCÉNARIO ILLUSTRATIF : TÂCHES ET DÉFIS

Le projet neOCampus fédère 11 laboratoires de recherche de l'Université Paul Sabatier à Toulouse et vise, dans une approche pluridisciplinaire, à concevoir le campus de demain, smart, innovant et durable. Dans ce contexte, nous nous intéressons plus particulièrement à la visualisation interactive de données de consommation énergétiques, tâche incontournable pour mieux gérer ces consommations. A ces fins, nous avons créé une maquette en lego (cf. Figure 1) représentative de quatre salles de cours, et des capteurs installés dans ces salles (cf. Figure 2). Ces capteurs permettent, en temps réel, d'obtenir des informations diverses comme la température, l'humidité ou bien encore la quantité de CO2. Outre la modularité de la maquette, l'accès aux données est alors spatialisé : la visualisation des données de consommation énergétique est donc, plus directement, mise en relation avec son environnement physique immédiat.



	ANIMATION		
POSITION	FIXE	Continu	Discret
Intérieur			
Extérieur			
A Cheval			

● CAPTEUR  
● COURANT

Figure 4 – Différentes versions du feedback graphique pour la tâche de sélection, selon l'animation et la position du feedback

Cette tâche de monitoring requiert inévitablement une succession de 2 tâches utilisateurs afin de consulter les données des différents capteurs : navigation entre capteurs et sélection d'un capteur.

La **navigation** consiste à passer d'un capteur à un autre. Le réseau de capteurs étant complexe, l'implémentation de la tâche de navigation s'appuie sur deux étapes, une phase d'exploration des capteurs voisins avec un feedback proactif montrant un déplacement possible du capteur source vers un capteur cible et une phase de confirmation pour se déplacer vers le capteur voisin. Pour la tâche de navigation, le défi en termes de feedback visuel consiste à rendre évident le capteur voisin cible parmi les autres capteurs voisins.

La **sélection** d'un capteur permet d'afficher les diverses données, historiques ou courantes, d'un capteur. Le principal défi, en termes de feedback visuel, consiste à faire ressortir visuellement le capteur sélectionné parmi les autres capteurs de la maquette.

Afin de répondre aux défis visuels de ces deux tâches nous avons étudié différentes formes de feedback visuel à projeter sur cette maquette physique.

L'objectif de nos travaux est d'identifier les caractéristiques visuelles les plus appropriées pour fournir un feedback projeté sur une maquette physique complexe afin d'améliorer les tâches de sélection et navigation.

#### 4 CONCEPTION D'UN FEEDBACK SUR UNE MAQUETTE PHYSIQUE

En considérant les deux tâches précédemment expliquées, nous avons retenu trois caractéristiques visuelles pour le design du feedback : animation, position et forme. Nous justifions leur importance et les illustrons sur notre cas d'application.

##### 4.1 L'animation

Dans [8], Tversky et al. indiquent que l'animation doit prendre en compte l'information que l'on veut transmettre. Par ailleurs, Bertrancourt [9] discute la compréhension d'une animation selon son découpage en étape (discrète) ou non (continue).

Dans notre cas d'application, nous considérons deux formes d'animation pour le feedback indiquant la navigation entre un capteur cible et un capteur source (tâche 1). L'utilisation d'une animation discrète pouvant signifier que la navigation nécessiterait plusieurs étapes. Nous ne retenons que deux valeurs extrêmes : fixe et continue.

Cependant pour le feedback indiquant le capteur sélectionné (tâche 2) nous considérons trois formes d'animation : fixe (ou non animée), discrète, ou continue. L'animation discrète est basée sur la répétition de l'enchaînement d'un nombre fini de rendus. L'animation continue offre quant à elle un rendu fluide.

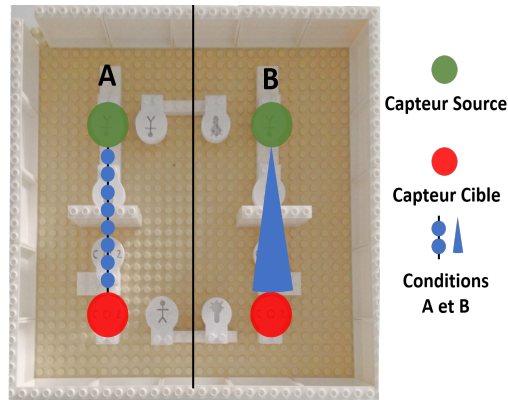


Figure 5 - Maquette utilisée pour l'expérimentation lors d'un trial. Ici un exemple : A) Design NON ANIME / ROND / SUR LE LIEN et B) Design NON ANIME / ARC / LIEN

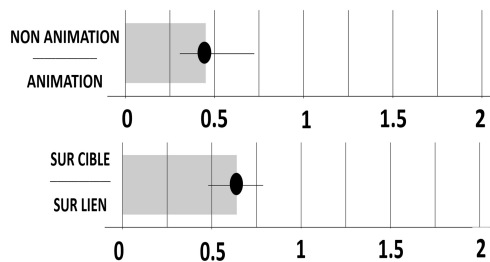


Figure 6 -Vitesse de perception : Ratios entre NON ANIMATION et ANIMATION (en haut) et, SUR CIBLE et SUR LIEN (en bas)

#### 4.2 La position

La position du feedback sur la maquette est la seconde caractéristique visuelle pour le design d'un feedback sur maquette physique. Le feedback peut notamment être positionné exactement sur l'objet en question, ou à proximité de sorte à attirer l'attention sur la cible.

Pour indiquer le mouvement d'un capteur source vers un capteur cible (tâche 2) nous définissons deux positions : sur le lien ou sur la cible du lien.

Concernant le feedback représentant la position du capteur sélectionné (tâche 1), les valeurs que nous retenons sont : à l'intérieur du capteur, à l'extérieur du capteur, ou à cheval entre extérieur et intérieur.

#### 4.3 La forme

Si le feedback doit être apporté au plus près du lieu où il est requis, dans le cas d'une projection sur maquette physique il doit aussi s'adapter à la forme et au volume de la maquette pour faciliter l'identification du point de la maquette visé par ce feedback.

Pour indiquer quel capteur est sélectionné (tâche 1), tous les capteurs étant de forme arrondis, nous n'avons donc pas fait varier cette caractéristique pour indiquer un capteur courant.

Concernant le feedback matérialisant le mouvement d'un capteur source vers un capteur cible (tâche 2), la forme peut être conforme aux extrémités du lien ou à l'arête traduisant ce lien. Dans le premier cas, la forme du feedback sera un cercle et dans le second il s'agira d'une forme conique représentant un entonnoir traduisant ainsi le lien et le sens du lien.

La Figure 3 résume les formes de feedback envisagées pour tâche de navigation et la Figure 4 pour la tâche de sélection d'un capteur.

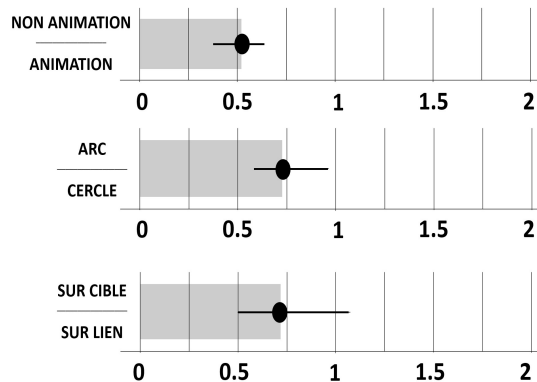
### 5 ÉTUDE DES FORMES DE FEEDBACK

#### 5.1 Étude des formes de feedbacks

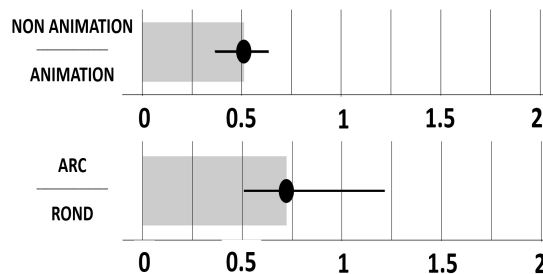
Pour comparer ces différentes configurations, nous avons conduit une expérimentation visant à identifier les combinaisons de caractéristiques menant au feedback les plus adaptés pour les deux tâches considérées. Dans cette étude nous utilisons la méthode de Comparaison par paires [10], consistant à présenter deux conditions en même temps à l'utilisateur, particulièrement adaptée pour collecter les préférences des utilisateurs.

#### 5.2 Matériel utilisé

Une maquette spécifique a été créée pour ce test. Nous avons modélisé une salle avec 12 capteurs et deux obstacles permettant de visualiser simultanément deux configurations. Afin d'avoir des visualisations présentées simultanément dans les mêmes conditions, la maquette est symétrique sur son axe vertical passant par le centre. Le capteur situé en haut à gauche (resp. à droite) est le capteur source de la visualisation A (resp. B) (cf. Figure 5). Pour le retour lié à la



**Figure 7 – Adéquation à la fonction :** Ratios NON ANIMATION / ANIMATION (en haut), ARC / ROND (au milieu) et, SUR CIBLE / SUR LIEN



**Figure 8 Complexité visuelle :** Ratios entre SUR LIEN / SUR CIBLE (en haut) et, ARC / ROND (en bas)

navigation, le capteur situé en bas à gauche (resp. à droite) est le capteur cible de la visualisation A (resp. B) ( cf. Figure 5).

### 5.3 Protocole

L'expérimentation se déroule en 2 phases correspondant aux deux tâches. Dans la première les rendus relatifs à la navigation entre deux capteurs sont présentés deux par deux de manière à ce que chaque rendu soit confronté à tous les autres (28 comparaisons). Dans la deuxième, le même principe est utilisé pour présenter les rendus relatifs à la sélection d'un capteur (36 comparaisons).

A l'issue de chaque comparaison, le participant doit comparer les 2 rendus selon 4 critères :

- Vitesse de perception : Un retour visuel efficace est considéré par Mackinlay [11] comme un retour perçu visuellement rapidement.
- Adéquation à la fonction : Un retour visuel efficace est considéré par Mackinlay [11] comme un retour indiquant correctement sa fonction.
- Complexité visuelle : Sur la maquette, la surface étant irrégulière, la complexité visuelle du retour est un indicateur de la surcharge cognitive éventuelle qu'un utilisateur peut subir [12].
- Préférence utilisateur : il s'agit d'une mesure subjective, fréquemment prise en compte lors de l'évaluation de l'expérience utilisateur.

Pour chacun de ces critères le participant doit indiquer, parmi les deux visualisations présentées, laquelle est perçue le plus rapidement, semble la plus adéquate, la plus complexe, et lui est préférée.

### 5.4 Participants et données collectées

Au total, 7 participants (5 femmes et 2 hommes), âgés en moyenne de 30.85 ans, étudiants et chercheurs de l'université locale, ont participé à cette expérimentation. Nous avons donc collecté 64 paires \* 4 questions = 256 réponses par participant \* 7, soit 1792 réponses au total.

Les réponses ont été enregistrées à l'aide d'un formulaire Google Form. Leur traitement s'effectue de la façon suivante : le rendu sélectionné à chaque question reçoit 1 point, l'autre 0. Ils reçoivent chacun 0.5 point si la réponse de l'utilisateur est « aucun des deux ». Pour analyser ces résultats nous avons alors considéré la moyenne de la comparaison effectuée entre une condition A et une condition B. Si chaque utilisateur a préféré A à B la moyenne sera de 1.

## 6 RÉSULTATS

Les comparaisons paire à paire amènent les participants à comparer A et B, puis B et C mais aussi A et C. La cohérence individuelle de leur réponse est estimée par le biais de la moyenne Transitivity Satisfaction Rate (TSR) [13] à 90% pour tous les participants, avec un minimum de 75%, ce qui indique que les participants ont été cohérents dans leurs réponses.

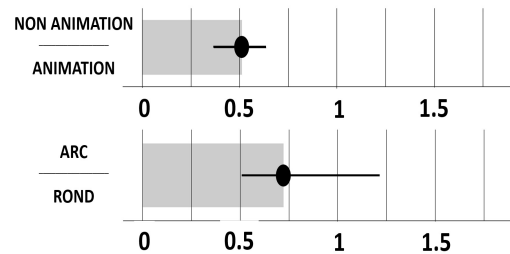


Figure 9 – Préférence : Ratios entre NON ANIMATION et ANIMATION (en haut) et, ARC et ROND (en bas)

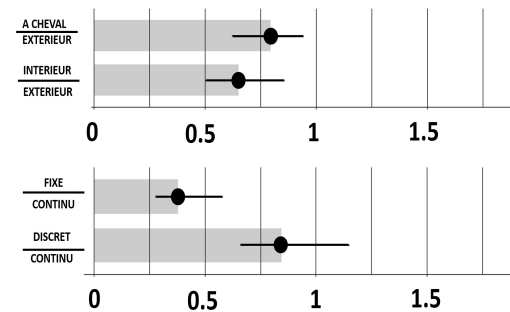


Figure 10 - Vitesse de Perception : (en haut) Ratio position par rapport à EXTERIEUR (en bas) Ratio d'animation par rapport à CONTINU

Nos résultats discutés dans la partie suivante portent sur le ratio des scores obtenus par la comparaison paire à paire décrites dans Etude des formes de feedback.

Pour analyser nos résultats, nous nous appuyons donc sur des techniques d'estimations basées sur des amplitudes d'effet et des intervalles de confiance à 95%, en accord avec les récentes recommandations de l'APA [14,15].

## 6.1 Navigation

### Vitesse de perception

Les participants ont le sentiment de percevoir plus rapidement les designs avec une animation que les designs non animés. Ils ont aussi eu le sentiment de percevoir plus rapidement les designs se situant sur le lien plutôt que sur la cible (cf. Figure 6).

### Adéquation à la fonction

Les designs animés semblent aussi, bien plus adéquats à la fonction que les designs non animés. Les designs de forme arrondis sont plus adéquats que les designs en forme d'arc. On peut aussi constater que les retours visuels situés sur le lien sont probablement perçus davantage en adéquation à la fonction que ceux situés sur la cible (cf. Figure 7).

### Complexité visuelle

Les designs qui ont été perçus comme les moins complexes sont ceux portant sur les liens par rapport à ceux sur la cible (cf. Figure 8). La forme des designs semble aussi avoir un impact, les designs en forme de cercle étant perçus comme moins complexe que les designs en forme d'arc.

### Préférence utilisateur

Les participants ont préféré les designs animés que les designs non animés. Il est aussi probable, que les designs en forme de cercle soient préférés par les utilisateurs que les designs en forme d'arc (cf. Figure 9).

## 6.2 Sélection

**6.2.1 Vitesse de perception.** Les participants ont eu le sentiment d'avoir perçu plus rapidement les designs continus que les designs fixes (cf. Figure 10). Il est probable que les designs continus aient été perçus plus rapidement que les designs discrets. (cf. Figure 10)

### Adéquation à la fonction

Les designs « à cheval » ont été perçus par les participants, plus adéquats à la fonction de sélection que les designs extérieurs (cf. Figure 11) Pour les designs extérieurs, il est probable que les designs « à cheval » soient plus adéquats à la fonction (cf. Figure 11). Les designs animés semblent probablement eux-aussi perçus plus rapidement (cf. Figure 11).

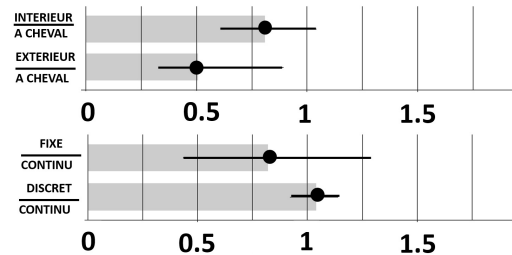


Figure 11- Adéquat à la fonction (en haut) Ratio de position par rapport à A CHEVAL (en bas) Ratio d'animation par rapport à CONTINU.

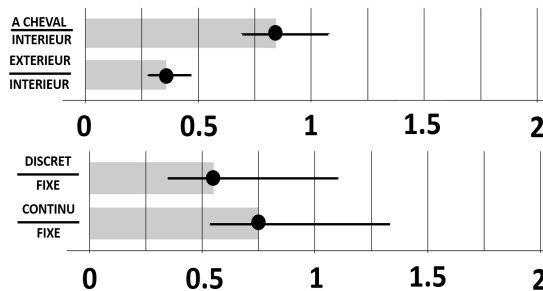


Figure 12 - Complexe (en haut) position par rapport à INTERIEUR (en bas) Ratio d'animation par rapport à FIXE

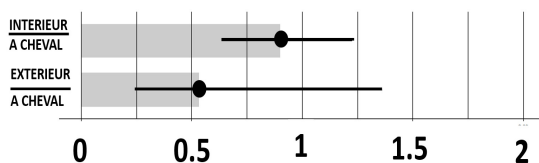


Figure 13 - Préférence : Ratio selon la position A CHEVAL

6.2.2 *Complexité visuelle.* Les designs fixes ont probablement été perçus comme moins complexe visuellement que ce soit par rapport aux designs continus ou par rapport aux designs discrets. Les designs intérieurs ont eux aussi été probablement perçus moins complexe (cf. Figure 12).

6.2.3 *Préférence utilisateur.* Les participants ont probablement préféré les designs « à cheval » que les designs intérieurs mais ils ont aussi été probablement préférés que les designs extérieurs (cf. Figure 13).

### 6.3 Discussion

Les résultats précédents permettent de faire ressortir des conseils de conception pour la projection d'information sur une maquette physique.

6.3.1 *Vitesse de perception.* Préférez un retour visuel animé pour les deux tâches. Pour la tâche de navigation entre deux capteurs, préférez un retour sur le lien.

6.3.2 *Adéquation à la fonction.* Préférez un retour visuel en forme de rond et/ou animé pour indiquer le mouvement entre deux capteurs et préférez un retour « à cheval » pour indiquer le capteur sélectionné.

6.3.3 *Complexité visuelle.* Privilégiez un retour visuel sur la cible et/ou de forme ronde pour la navigation et un retour non animé pour la sélection.

Cependant, la question de la complexité visuelle serait intéressante à étudier dans autre contexte que la maquette de test. Celle-ci possédant un nombre d'objets/ d'informations/ d'artefacts physiques limités

## 7 CONCLUSION

Dans ce papier, nous nous intéressons à un support original, les maquettes physiques. La question du feedback a été approfondie à l'aide d'une expérimentation permettant de comparer différents types de rendus selon des critères de d'animation, de position et de forme.

Nous devons, à l'avenir, confronter nos travaux à la vraie maquette du projet neOCampus. Plus élaborée, elle offrirait plus de contraste de couleurs, de reliefs, d'irrégularités. Tous ces paramètres étant intéressants à étudier et susceptibles de nous aider à affiner ses résultats. Nous devons aussi les confronter à une utilisation à l'aide de différentes techniques d'interaction de pointage [16].

Cette étude est basée sur une méthode de comparaison par paire permettant de faire ressortir les préférences subjectives des participants. Il serait intéressant, dans une étude complémentaire, de comparer ces designs avec des critères objectifs (temps pour trouver un capteur sélectionné, nombre d'erreurs, ...).

De plus, nos résultats étant différents selon les tâches, il serait intéressant d'en étudier d'autres (annotation, comparaison, ...) ; celles-ci entraîneront peut-être d'autres prérequis.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions le projet néOCampus de l'Université de Toulouse (Toulouse, France) pour le contexte d'usage ainsi que le projet ANR AP2 (AP2 ANR-15-CE23-0001).

## RÉFÉRENCES

- [1] Robert J Teather, Wolfgang Stuerzlinger, and Andriy Pavlovych. 2015. Fishtank Fitts: A Desktop VR Testbed for Evaluating 3D Pointing Techniques. *CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*: 519–522
- [2] Zhigeng Pan, Weiwei Xu, Jin Huang, Mingmin Zhang, and Jiaoying Shi. 2003. EasyBowling: A virtual bowling system based on virtual simulation. *Computers & Graphics* 27: 231–238.
- [3] R. Stark, J. H. Israel, and T. Wöhler. 2010. Towards hybrid modelling environments - Merging desktop-CAD and virtual reality-technologies. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 59, 1: 179–182
- [4] Ana Javornik, Yvonne Rogers, Delia Gander, and Ana Moutinho. 2017. MagicFace. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '17*: 4838–4849.
- [5] Mengu Sukan, Steven Feiner, Barbara Tversky, and Semih Energin. 2012. Quick viewpoint switching for manipulating virtual objects in hand-held augmented reality using stored snapshots. *ISMAR 2012 - 11th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2012, Science and Technology Papers*: 217–226.
- [6] Oliver Bimber and Ramesh Raskar. 2005. *Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds*.
- [7] Ramesh Raskar, Greg Welch, and Henry Fuchs. 1998. Spatially Augmented Reality. *Methods* 919: 1–7
- [8] Barbara Tversky, Julie Bauer Morrison, and Mireille Betrancourt. 2002. Animation: can it facilitate? The enthusiasm for graphics of all kinds rests on the belief that they benefit comprehension and learning, and foster insight (their proponents include Levie. *Int. J. Human-Computer Studies Schnotz & Kulhavy* 57: 247–262.
- [9] Mireille Betrancourt, Julie Bauer-Morrison, and Barbara Tversky. 2000. Les animations sont-elles vraiment plus efficaces? *Revue d'Intelligence Artificielle* 14, 1–2: 149–166.
- [10] Marcos Serrano, Anne Roudaut, and Pourang Irani. 2017. Visual Composition of Graphical Elements on Non-Rectangular Displays. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* 18089: 195–213.
- [11] Jock Mackinlay. 1986. Automating the design of graphical presentations of relational information. *ACM Transactions on Graphics* 5, 2: 110–141
- [12] Carla M. Dal Sasso Freitas, Paulo R. G. Luzzardi, Ricardo A. Cava, Marco A. A. Winckler, Marcelo S. Pimenta, and Luciana P. Nedel. 2002. Evaluating Usability of Information Visualization Techniques. *Proceedings of 5th Symposium on Human Factors in Computer Systems (IHC 2002)*: 40–51.
- [13] Kuan Ta Chen, Chi Jui Chang, Chen Chi Wu, Yu Chun Chang, and Chin Laung Lei. 2010. Quadrant of euphoria: A crowdsourcing platform for QoE assessment. *IEEE Network* 24, 2: 28–35
- [14] Pierre Dragicevic, Fanny Chevalier, and Stephane Huot. 2014. Running an HCI experiment in multiple parallel universes. *Proceedings of the extended abstracts of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems - CHI EA '14*: 607–618.
- [15] Pierre Dragicevic, Fair Statistical, H C I Modern, and Statistical Methods. 2016. *Fair Statistical Communication in HCI Pierre Dragicevic To cite this version: Fair Statistical Communication in HCI*.
- [16] Renaud Gervais, Jérémy Frey, and Martin Hachet. 2015. Pointing in Spatial Augmented Reality from 2D Pointing Devices. 381–389.

