HAL
open science

Paradigmes d'interactions tangibles pour la Navigation Temporelle en Environnement Virtuel : application à l'histoire des sciences et techniques

Pierre Mahieux, Sébastien Kubicki, Sylvain Laubé, Ronan Querrec

To cite this version:

Pierre Mahieux, Sébastien Kubicki, Sylvain Laubé, Ronan Querrec. Paradigmes d'interactions tangibles pour la Navigation Temporelle en Environnement Virtuel : application à l'histoire des sciences et techniques. Annexes des actes de la 31e conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM 2019), Dec 2019, Grenoble, France. pp.14:1-7, 10.1145/3366551.3370353 . hal-02388859

HAL Id: hal-02388859

https://hal.science/hal-02388859v1

Submitted on 2 Dec 2019

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.

Paradigmes d'interactions tangibles pour la Navigation Temporelle en Environnement Virtuel : application à l'histoire des sciences et techniques

Tangible interactions for Temporal Navigation in a Virtual Environment : application to history of science and technology

Pierre Mahieux
ENIB / Lab-STICC UMR 6285
Brest, France
pierre.mahieux@enib.fr

Sébastien Kubicki
ENIB / Lab-STICC UMR 6285
Brest, France
sebastien.kubicki@enib.fr

Sylvain Laubé
UBO / Centre François Viète EA 1161
Brest, France
sylvain.laube@univ-brest.fr

Ronan Querrec
ENIB / Lab-STICC UMR 6285
Brest, France
ronan.querrec@enib.fr

ABSTRACT

In this article we introduce our work in progress aiming at providing tools of temporal navigation within a Virtual Environments by applying them to the field of history of science and technology. The objective of our work is to allow a user to navigate through time according to two scales (procedure and period) in order to observe changes in human activities over time.

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(s).

IHM '19 Adjunct, December 10–13, 2019, Grenoble, France

© 2019 Copyright held by the owner/author(s).

ACM ISBN 978-1-4503-7027-1/19/12.
https://doi.org/10.1145/3366551.3370353

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing → HCI theory, concepts and models**; **Interaction paradigms**; **Virtual reality**.

KEYWORDS

Modelization; Interaction paradigm; Tangible User Interface; Virtual Reality; History of Science and Technology; Digital Heritage.

RÉSUMÉ

Cet article présente nos travaux en cours visant à proposer des outils de navigation temporelle (modèle et paradigmes d'interactions) au sein d'Environnements Virtuels en les appliquant au domaine de l'histoire des sciences et techniques. L'objectif de nos travaux est de permettre à un utilisateur de naviguer temporellement selon deux échelles (procédure et période) afin d'observer les évolutions des activités humaines dans le temps.

MOTS CLÉS

Modélisation ; Paradigme d'interactions ; Interactions tangible ; Réalité Virtuelle ; Histoire des sciences et techniques ; Héritage numérique.

INTRODUCTION

En Histoire des Sciences et Techniques (HST), la Réalité Virtuelle (RV) a particulièrement été utilisée pour modéliser en 3D des dispositifs techniques et industriels au sein desquels nous retrouvons des activités humaines [1]. Considérons par exemple la montée et la descente d'un pont levant au sein d'un port, la fabrication de pièces de navire dans un arsenal ou encore l'acheminement de ressources essentielles au fonctionnement d'une mine isolée. Dans le domaine des HST, ces représentations 3D sont principalement utilisées pour la médiation culturelle et la sauvegarde de ces dispositifs. Toutefois peu de recherches utilisant ces outils s'intéressent à la représentation des activités humaines autour de ces dispositifs techniques. Pour représenter les artefacts[1] mais également les activités, les historiens utilisent des ontologies telles que *CIDOC-CRM* [2] et *Dolce* [7]. Ces ontologies permettent de représenter le déroulé des activités dans le temps sous forme de procédures[3] (*e.g.*, ouverture d'un pont) et de périodes[4] (*e.g.*, le 16ème siècle).

La RV, en immergeant un utilisateur dans un Environnement Virtuel (EV), lui offre la possibilité de visualiser et de participer à l'exécution d'une procédure. D'un autre côté, afin de permettre la navigation entre différentes périodes, des travaux de recherche ont visé à définir de nouvelles métaphores d'interaction (*e.g.*, utilisation de portes temporelles [4]).

[1] Artefact : production humaine qui possède une fonction précise et une capacité à réaliser cette fonction

[2] http ://www.cidoc-crm.org/

[3] Procédure : agencement cohérent d'actions permettant la réalisation d'une tâche

[4] Période : ensemble cohérent de phénomènes ou manifestations culturelles dans le temps. Source : CIDOC-CRM

Figure 1: Navigation par incrément de *TimeMachineOulu* [13] : la partie centrale de l'interface représente la ville de Oulu à la date choisie, en dessous les boutons et le menu déroulant permettent de choisir l'année par incrément.

Figure 2: Sélection de l'année de l'exposition dans l'environnement *Biennale4D* [10] : la liste des années visitables est projetée sur les face d'un cube virtuel.

Dans le cadre de nos travaux, en nous appuyant sur les avantages théoriques des interfaces tangibles [3, 6], nous émettons l'hypothèse qu'utiliser une interface tangible améliorerait la navigation temporelle et la compréhension des évolutions temporelles des activités représentées dans un EV. C'est pourquoi nous proposons d'une part d'utiliser une Table Interactive avec objets Tangibles (TIT) permettant à la fois de supporter les interactions tangibles mais aussi d'avoir une vue sémantique complémentaire de l'Environnement Virtuel (EV) (*e.g.*, plans, schémas, frises).

Nos travaux visent donc à répondre à ces deux questions de recherche : 1) Quelles métaphores d'interactions tangibles proposer afin de naviguer temporellement dans un Environnement Virtuel ? 2) Quels interacteurs (objets physiques) utiliser pour supporter ces interactions ?

Notre article se décompose de la façon suivante : dans un premier temps nous présentons des travaux visant à permettre la navigation temporelle. Ensuite, nous proposons un modèle de représentation du temps dans les activités et un premier prototype implémentant ce modèle. Enfin, nous terminons cet article par une conclusion et un ensemble de perspectives.

PARADIGMES DE NAVIGATION TEMPORELLE

La navigation temporelle intrigue depuis de nombreuses années tant les auteurs de fiction que le monde de la recherche. Dans leurs œuvres de fiction, les auteurs ont imaginé plusieurs visions de ce que pourrait être le voyage temporel (*e.g.*, La Machine à Explorer le Temps, Retour vers le Futur, Harry Potter que ce soit par l'intermédiaire d'une *machine temporelle*, d'un *convecteur spatio-temporel* ou d'un *retourneur de temps*).

Sur le plan scientifique, dans leurs travaux datant de 2003, Peltonnen *et al.* [13] proposent *TimeMachine Oulu*. Ce système permet aux utilisateurs de naviguer spatialement et temporellement dans une reconstitution de la ville de Oulu en Finlande en utilisant un PDA[5]. L'interface WIMP[6] proposée permet de naviguer temporellement par incrément d'année (*cf.* figure 1). En 2014, Kleffmann *et al.* [9] proposent une salle de réunion augmentée permettant de sauvegarder les notes et commentaires issus de la réunion ainsi que leurs modifications au cours du temps. L'interface permet de naviguer dans le temps pour observer les évolutions des fichiers sauvegardés. Les auteurs proposent d'utiliser une *timeline* sur un écran tactile comme métaphore d'interaction.

Plus récemment, avec les avancées des technologies de RV certains chercheurs ont proposé des paradigmes d'interaction visant à permettre la navigation temporelle au sein d'EV. En 2017, Koebel *et al.* proposent un environnement virtuel, *Biennale 4D*, dans lequel les utilisateurs visitent le pavillon Suisse de l'exposition *Biennale di Venezia* [10]. Les utilisateurs choisissent l'édition de l'exposition qu'ils souhaitent visiter parmi une liste de dates possibles (*cf.* figure 2). En 2018, Gaugne *et al.* proposent un EV permettant d'explorer l'histoire de la musique occidentale [4]. Ici la navigation temporelle est intégré dans l'environnement, l'utilisateur navigue entre les différentes périodes en passant à travers des portes. La métaphore d'interaction utilisée ici est celle du portail temporel.

[5]PDA : Personnal Digital Assistant

[6]WIMP : Windows, Icon, Menu, Pointer

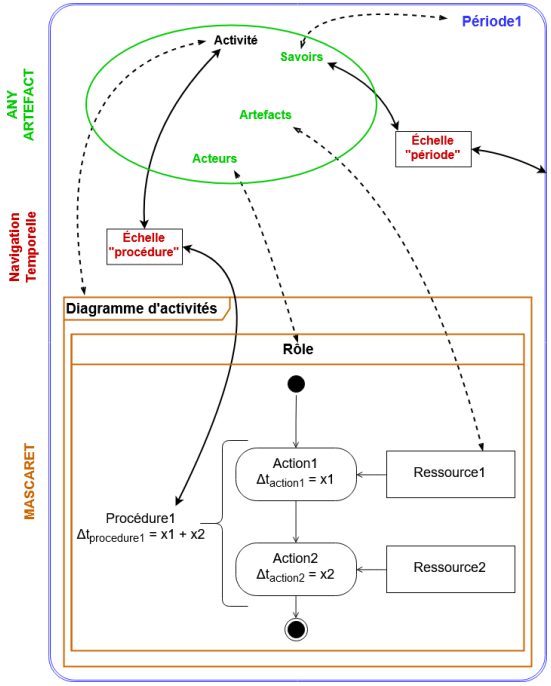

Figure 3: Modélisation de la représentation du temps (notions de Période, de Procédure et de Durée) dans une activité par alignement entre *ANY-Artefact* [11] et *MASCARET* [2].

[7]Activité : agrégation des concepts de savoirs, d'acteur et d'artefact afin de modéliser les pratiques culturelles et industrielles

[8]Acteur : la personne physique qui représente l'acteur ou le personnage qui représente une fonction ou un poste.

[9]Savoir : ensemble des connaissances techniques à un instant donné

Nos résultats de recherche bibliographique ont permis de mettre en évidence le peu de travaux visant à proposer des paradigmes d'interactions de navigation temporelle dans une interface (qu'elle soit tactile, tangible ou en EV). À notre connaissance, aucun ne repose sur des interfaces tangibles (TUI) pourtant considérés comme améliorant l'expérience utilisateur comparativement à une interface graphique (GUI) [15]. C'est pourquoi nous visons à proposer des paradigmes d'interactions tangibles permettant de naviguer temporellement dans un EV.

TRAVAUX RÉALISÉS

Pour formaliser des activités humaines associées à des dispositifs socio-techniques Laubé *et al.* ont proposé *ANY-Artefact* [11] qui se base lui-même sur *CIDOC-CRM* [2] et *Dolce* [7]. Ce modèle est centré sur la représentation des activités[7], des acteurs[8] et des savoirs[9]. Cependant *ANY-Artefact* ne permet ni la représentation ni l'exécution de ces activités dans un EV. Pour cela Chevaillier *et al.* ont proposé *MASCARET* [2], un méta-modèle de représentation des activités en EV. Toutefois aucune notion de temporalité n'est présente dans ce modèle. C'est pourquoi nous proposons de nous appuyer sur ces deux modèles afin de représenter l'aspect temporel d'une activité au sein d'un EV.

Représentation du temps dans l'activité

Afin d'obtenir une représentation du temps dans une activité, nous proposons dans un premier temps d'effectuer un alignement entre les deux modèles (*MASCARET* et *ANY-Artefact*) puis dans un second temps d'ajouter les notions de `Période`, de `Procédure` et de `Durée` d'action. Nous modélisons cette proposition avec la figure 3.

Dans celle-ci, nous représentons une `Période` (cadre bleu sur la figure 3) qui contient les activités définies selon les deux modèles *ANY-Artefact* (ovale vert sur la figure 3) et *MASCARET* (diagramme d'activités *UML* orange sur la figure 3). Dans *ANY-Artefact*, une activité est constituée de savoirs directement associés à la `Période` mais aussi d'artefacts et d'acteurs respectivement associés aux ressources et aux rôles dans *MASCARET*. L'ensemble de ces associations sont représentées dans la figure 3 par des flèches en pointillés. Au sein même de la représentation d'une activité dans *MASCARET*, nous rajoutons la notion de `Durée` aux actions notée Δt_{action} ainsi que la notion de `Procédure` définie comme une succession d'actions dont la `Durée` $\Delta t_{procedure}$ correspond à la somme des `Durées` de chacune des actions. Pour terminer, en vue de permettre de naviguer temporellement dans un EV, nous proposons d'ajouter deux échelles de temps à notre modèle : l'`échelle procédure` directement liée à la temporalité des `Procédures` et l'`échelle période` liée aux évolutions des savoirs (éléments en rouge sur la figure 3).

Ce modèle représente la première étape de nos travaux visant à proposer un ensemble de paradigmes d'interactions permettant la Navigation Temporelle dans un Environnement Virtuel.

[10]CAVE : environnement immersif de Réalité Virtuelle dans lequel des vidéo-projecteurs sont utilisés pour diffuser une image sur les murs d'un cube à l'intérieur duquel se place l'utilisateur

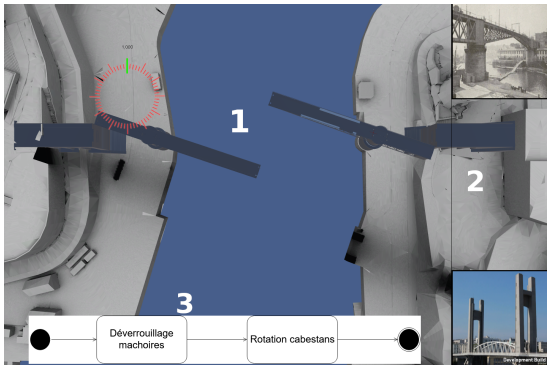

Figure 4: Interface associé à la Table Interactive avec objets Tangibles de notre démonstrateur et ses 3 zones d'interaction.

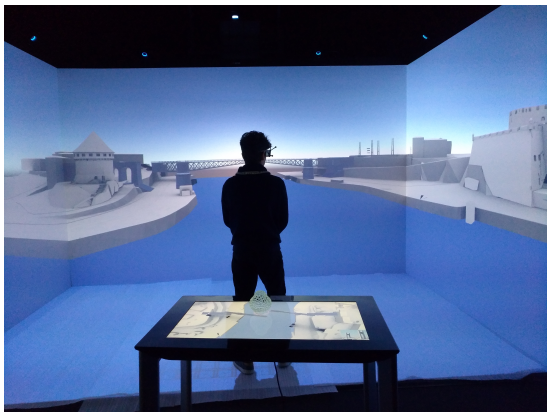

Figure 5: Illustration de notre démonstrateur dans lequel un utilisateur est immergé dans l'Environnement Virtuel : le Pont National de Brest correspondant à la période 1861-1944.

Implémentation & Paradigmes d'Interactions

Afin de mettre en œuvre cette proposition, nous avons implémenté un démonstrateur utilisant une Table Interactive avec objets Tangibles (TIT) dans un Environnement Virtuel (EV) de type *CAVE*[10] visible en figure 5. Notre démonstrateur permet à l'utilisateur d'adopter deux points de vues, il peut s'immerger à la 1ère personne dans l'EV ou adopter un point de vue global à l'aide de la TIT. Nous avons placé la TIT à l'extérieur du *CAVE* pour ne pas gêner la stéréoscopie au sein du *CAVE*. Cependant la TIT est placée à l'entrée du *CAVE* ce qui demande peu de déplacement de la part de l'utilisateur. Dans notre EV nous avons modélisé le pont enjambant la Penfeld à Brest. Au cours du temps, plusieurs ponts utilisant des techniques différentes se sont succédés. Notre démonstrateur instancie pour le moment deux ponts correspondant à deux `Périodes` : celle du Pont National (pont-tournant, de 1861 à 1944) et celle du Pont de Recouvrance (pont-levant, à partir de 1954). Le démonstrateur permet donc à l'utilisateur d'être immergé dans l'EV intégrant les deux ponts, de sélectionner la `Période` qu'il souhaite observer, de déclencher les `Procédures` d'ouverture et d'en contrôler le déroulement.

Nous avons intégré dans un premier temps les modèles 3D des deux ponts dans l'EV et dans un second temps développé leurs `Procédures` respectives d'ouverture. Nous avons également développé l'interface associée à la TIT (*cf.* figure 4). Cette interface est constituée de trois zones d'interaction : 1) une vue aérienne des systèmes étudiés (dans notre cas l'embouchure de la Penfeld), 2) la liste des `Périodes` générée automatiquement à partir de notre modèle et 3) le diagramme d'activités correspondant à la `Procédure` en cours de réalisation dans l'EV (*cf.*, zones 1, 2 et 3 de la figure 4).

Afin de permettre aux utilisateurs de naviguer temporellement sur nos deux échelles (`échelle période` et `échelle procédure`) nous avons implémenté des paradigmes d'interaction s'appuyant sur deux métaphores : le portail temporel et le compteur de vitesse.

La sélection de la `Période` observée (*e.g.*, de 1861 à 1944) - qui s'appuie sur la métaphore du portail temporel - permet de contrôler les artefacts visibles (*e.g.*, le Pont National) et les `Procédures` réalisables (*e.g.*, ouverture du pont). Pour cela l'utilisateur sélectionne la `Période` en positionnant un objet tangible (interacteur) sur un des éléments de la liste des `Périodes` visible en zone n°2 de l'interface.

La `Procédure` (*e.g.*, ouverture du pont) peut être contrôlée selon deux modes de navigation : *continu* et *discret*. Tout d'abord, le mode *continu* - qui s'appuie sur la métaphore du compteur de vitesse - permet de contrôler la vitesse d'écoulement du temps (*e.g.*, accélération de l'ouverture du pont) selon l'angle de rotation de l'interacteur positionné au préalable sur la zone principale (n°1) de l'interface. Ce mode de navigation correspond par analogie à l'avance/retour rapide du contrôle du temps d'un film. Ensuite, le mode *discret* - qui s'appuie également sur la métaphore du portail temporel - permet de contrôler la `Procédure` en positionnant l'interacteur sur une action (*e.g.*, Rotation cabestans) du

diagramme d'activités représenté dans la zone n°3. Ce dernier mode correspond, par analogie, à une navigation par chapitre dans un film.

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Dans cet article, nous avons présenté nos premières avancées visant à proposer des outils de navigation temporelle (modèle et paradigmes d'interactions) au sein d'Environnements Virtuels en les appliquant au domaine de l'Histoire des Sciences et Techniques.

Après avoir étudié et présenté un ensemble de travaux proposant des paradigmes de navigation temporelle, nous avons proposé un modèle visant à représenter deux échelles de temps associées à une activité (`Période` et `Procédure`) en nous appuyant sur le modèle par ontologie *ANY-Artefact* et le méta-modèle d'activités *MASCARET*.

Afin de mettre en œuvre notre proposition, nous avons implémenté un premier démonstrateur impliquant une Table Interactive et un objet tangible générique. Dans celui-ci, nous avons représenté deux ponts brestois, qui se sont succédés dans le temps, ainsi que leurs procédures respectives d'ouverture. Afin de permettre à l'utilisateur de naviguer temporellement sur les deux échelles de temps citées précédemment, nous avons intégré dans ce démonstrateur des paradigmes d'interactions tangibles. Ces derniers permettent à l'utilisateur de sélectionner la période observée mais aussi de contrôler le déroulé de la procédure en cours d'éxécution dans l'Environnement Virtuel.

Cette proposition constituent la base sur laquelle nous appuierons nos travaux futurs. En effet, nous envisageons dans un premier temps d'étendre notre représentation du temps afin de la rendre totalement générique. Dans un deuxième temps, nous prévoyons de concevoir un interacteur tangible spécifique en nous appuyant et nous inspirant de [5, 8, 12, 14]. A terme, nous envisageons d'utiliser notre interacteur pour contrôler l'Environnement Virtuel et ainsi étoffer la liste des paradigmes d'interactions tangibles pour la navigation temporelle en Environnement Virtuel.

Deux types d'évaluations, la première en laboratoire et la seconde dans un lieux public (*e.g.*, musée), sont envisagées.

RÉFÉRENCES

[1] Jean-Baptiste Barreau, Florian Nouviale, Ronan Gaugne, Yann Bernard, Sylviane Llinares, and Valérie Gouranton. 2015. An Immersive Virtual Sailing on the 18th-Century Ship Le Boullongne. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments* 24, 3 (2015), 201–219. https://doi.org/10.1162/PRES_a_00231

[2] Pierre Chevaillier, Thanh-Hai Trinh, Mukesh Barange, Pierre De Loor, Frédéric Devillers, Julien Soler, and Ronan Querrec. 2012. Semantic modeling of Virtual Environments using MASCARET. In *2012 5th Workshop on Software Engineering and Architectures for Realtime Interactive Systems (SEARIS)*. 1–8. https://doi.org/10.1109/SEARIS.2012.6231174

[3] George W Fitzmaurice. 1996. *Graspable User Interfaces*. Ph.D. Dissertation. University of Toronto.

[4] Ronan Gaugne, Florian Nouviale, Octavia Rioual, Arnaud Chirat, Kevin Gohon, Vincent Goupil, Martin Toutirais, Bruno Bossis, and Valérie Gouranton. 2018. Evoluson : Walking through an interactive history of music. *Presence : Teleoperators*

and Virtual Environments 26, 03 (2018), 281–296.

[5] Miriam Greis, Hyunyoung Kim, Andreas Korge, Albrecht Schmidt, and Céline Coutrix. 2019. SplitSlider : A Tangible Interface to Input Uncertainty. In *Human-Computer Interaction – INTERACT 2019*, David Lamas, Fernando Loizides, Lennart Nacke, Helen Petrie, Marco Winckler, and Panayiotis Zaphiris (Eds.). Springer International Publishing, Cham, 493–510.

[6] Eva Hornecker. 2012. Beyond Affordance : Tangibles' Hybrid Nature. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 175–182. https://doi.org/10.1145/2148131.2148168

[7] Gilles Kassel. 2010. A formal ontology of artefacts. *Applied Ontology* 5, 3-4 (2010), 223–246.

[8] Hyunyoung Kim, Céline Coutrix, and Anne Roudaut. 2018. KnobSlider : Design of a Shape-Changing UI for Parameter Control. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18)*. ACM, New York, NY, USA, 339 :1—-339 :13. https://doi.org/10.1145/3173574.3173913

[9] Markus Kleffmann, Matthias Book, Erik Hebisch, and Volker Gruhn. 2014. Automated versioning and temporal navigation for model sketches on large interactive displays. In *Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing - SAC '14*. ACM, Gyeongju, Republic of Korea, 161–168.

[10] Kathrin Koebel, Doris Agotai, Stefan Arisona, and Matthias Oberli. 2017. Biennale 4D — A Journey in time : Virtual reality experience to explore the archives of the Swiss pavilion at the "Biennale di Venezia" art exhibition. In *2017 23rd International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM)*. IEEE, Dublin, Ireland, 1–8.

[11] Sylvain Laube, Serge Garlatti, and Ronan Querrec. 2017. Histoire des paysages culturels industriels et humanités numériques : le modèle d'activité humaine ANY-ARTEFACT. In *"Capitalismo en el desierto : Materialidades, población y territorios en Atacama (ss. XIX-XXI)", III Jornada de Antropología e Historia*. Instituto de Arqueología y Antropología, Universidad Católica del Norte Centre de recherche et documentation sur les Amériques CREDA UMR7227 Laboratorio de Etnografía (Le), Departamento de Antropología, Universidad de Chile Escuela de Historia, Universidad Academia de Humanismo Cristiano, San Pedro d'Atacama, Chile. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01950651

[12] G Michelitsch, J Williams, M Osen, B Jimenez, and S Rapp. 2004. Haptic Chameleon : A New Concept of Shape-changing User Interface Controls with Force Feedback. In *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '04)*. ACM, New York, NY, USA, 1305–1308. https://doi.org/10.1145/985921.986050

[13] Jaakko Peltonen, Mark Ollila, and Timo Ojala. 2003. TimeMachine Oulu – Dynamic Creation of Cultural-Spatio-Temporal Models as a Mobile Service. In *Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, Luca Chittaro (Ed.). Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 342–346.

[14] Gary Perelman, Marcos Serrano, Mathieu Raynal, Celia Picard, Mustapha Derras, and Emmanuel Dubois. 2015. The Roly-Poly Mouse : Designing a Rolling Input Device Unifying 2D and 3D Interaction. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 327–336. https://doi.org/10.1145/2702123.2702244

[15] Oren Zuckerman and Ayelet Gal-Oz. 2013. To TUI or not to TUI : Evaluating performance and preference in tangible vs. graphical user interfaces. *International Journal of Human-Computer Studies* 71, 7 (2013), 803–820. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.04.003