

Interaction Techniques Exploiting Memory to Faciliate Command Activation

Bruno Fruchard

► To cite this version:

Bruno Fruchard. Interaction Techniques Exploiting Memory to Faciliate Command Activation. 29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, AFIHM, Aug 2017, Poitiers, France. hal-01577856

HAL Id: hal-01577856

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01577856>

Submitted on 28 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.

Techniques d'Interaction Exploitant la Mémoire pour Faciliter l'Accès aux Commandes

Interaction Techniques Exploiting Memory to Faciliate Command Activation

Bruno Fruchard

LTCI, Télécom ParisTech, Université Paris-Saclay, 75013 Paris, France
LRI, Univ. Paris-Sud, CNRS, Inria, Université Paris-Saclay, 91405 Orsay, France
fruchard@enst.fr

ABSTRACT

The goal of this Ph.D. is to propose a new category of interactive techniques based on methods that augment the human memory to allow, through gestural interaction, easy and fast access to a large set of commands or data items. This project has two contributions : 1) to improve the understanding of phenomenons involved in learning gestures and memorizing commands; 2) to propose new gestural interaction techniques helping memorization by taking advantage of previous results and knowledge of mnemonic methods.

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → **Human computer interaction (HCI); Interaction techniques; Gestural input;**

KEYWORDS

human-computer interaction, spatial memory, semantic memory, learning and memorization, gestural interaction, data manipulation

RÉSUMÉ

L'objectif de cette thèse est de proposer une nouvelle catégorie de techniques interactives reposant sur des méthodes d'augmentation de la mémoire humaine afin de permettre, via des interactions gestuelles, d'accéder facilement et instantanément à un large ensemble de commandes ou de données. Ce projet comporte deux contributions : 1) améliorer la compréhension de certains phénomènes entrant en jeu dans l'apprentissage de gestes et la mémorisation de commandes ; 2) proposer de nouvelles techniques d'interaction gestuelle facilitant la mémorisation en s'appuyant sur les résultats précédents et certaines connaissances issues des méthodes mnémotechniques.

MOTS-CLEFS

interaction homme-machine, mémoire spatiale, mémoire sémantique, apprentissage et mémorisation, interaction gestuelle, manipulation de données

1 INTRODUCTION

Les techniques informatiques permettent d'accéder à des quantités sans cesse croissantes de données à l'aide de logiciels toujours plus puissants et plus complexes. Une grande partie de ces aides est actuellement basée sur des procédures de *reconnaissance*¹. Il en va ainsi des menus, qui permettent de retrouver la commande souhaitée parmi un large éventail de possibilités. De même, les explorateurs de fichiers et les navigateurs Web permettent de retrouver la donnée qui nous intéresse dans une liste, soit en naviguant dans une hiérarchie, soit en fournissant des mots clés. Malgré leur efficacité, ces techniques ont un coût interactionnel non négligeable. Elles nécessitent de pointer et cliquer dans divers éléments graphiques, d'entrer du texte, de naviguer dans des listes, etc.

Dans le cas d'une utilisation intensive de certaines commandes, certaines données, certaines vues sur ces données, le choix d'une interaction appropriée peut s'avérer être un avantage. Un utilisateur peut par exemple déclencher des commandes dans un menu en pointant les items souhaités avec la souris mais aussi utiliser les raccourcis clavier associés à ces items pour y accéder plus rapidement. Dans cette optique, divers travaux ont porté sur l'utilisation de gestes directionnels [13], définissant des formes particulières [1] ou encore utilisant différentes positions de la main [15] pour accéder aux commandes. Ceux-ci se sont intéressés à la précision requise pour faire ces gestes et à la façon dont ils peuvent être définis pour permettre à un utilisateur de les mémoriser plus facilement.

Malgré le nombre important de travaux sur la mémorisation en psychologie cognitive (voir par exemple l'ouvrage récapitulatif de Baddeley [3]), ce champ de recherche n'a pas fait l'objet d'autant d'attention dans le domaine de l'IHM. Certains travaux précurseurs se sont intéressés aux bénéfices de l'utilisation de la mémoire spatiale [2, 7] dans les années 90. Vers la même époque, les chercheurs du Xerox PARC ont proposé des métaphores 3D censées faciliter la gestion de grands espaces d'information [8]. L'idée d'utiliser les métaphores 3D exploitant la mémoire spatiale a été reprise un peu plus tard pour faciliter l'organisation et la recherche de favoris dans les navigateurs Web [18].

1. L'utilisateur parcourt une liste de commandes et cherche à reconnaître un nom ou une icône au lieu de se remémorer un raccourcis clavier ou un geste

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.

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

IHM'17, August 28–September 1, 2017, Poitiers, France

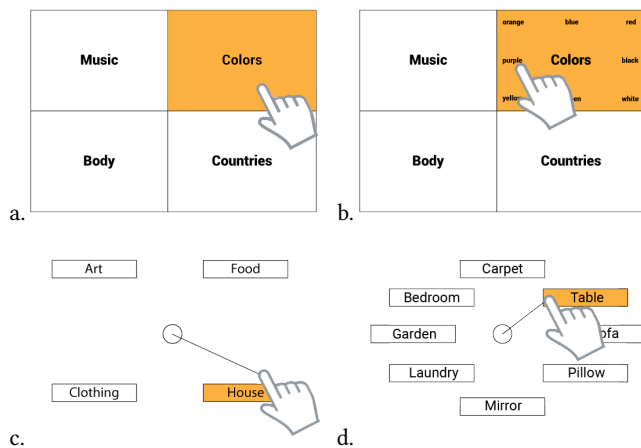


FIGURE 1: Les deux techniques d'interaction évaluées lors de la première étude : pointage et gestes directionnels. (a,c) sélection d'une catégorie d'items, (b,d) sélection d'un item.

D'autres chercheurs se sont intéressés à la question de l'apprentissage implicite du mode expert des systèmes de commandes. Ceci a donné lieu à la proposition des Marking menus [13], ainsi qu'à un nombre substantiel de techniques dérivées (par exemple [4, 5]). Toutefois, ces travaux ne s'intéressent pas spécifiquement aux capacités de la mémoire humaine et aux moyens de la rendre plus effective, ils visent plutôt à fournir des moyens de découvrir et d'apprendre les gestes.

Cette thèse s'inscrit dans la continuité de travaux plus récents tels que ceux du HCI Lab de l'université de Canterbury en Nouvelle Zélande (par exemple [20]), ou bien des équipes de l'Université Paris-Sud [9, 11] et de Télécom ParisTech [4, 6, 19, 23] et elle s'inspire en partie de travaux présentés par Perrault et al. à CHI'15 [17]. Ce travail a mis en évidence qu'il était possible de mémoriser rapidement un nombre de commandes important à condition de faire appel à des ressources cognitives humaines qui sont relativement peu exploitées en IHM.

2 PREMIÈRE ÉTUDE

Des résultats récents ont montré l'efficacité de la mémoire dans un contexte particulier [17] tout en soulevant un certain nombre de questions à ce jour non encore élucidés. La technique proposée dans [17] se base sur la méthode des Loci, qui a été redécouverte et popularisée par [26]. Connue depuis l'antiquité, la méthode des Loci permet la création de mnémoniques entre des concepts à mémoriser et des positions spatiales dans un espace mental. Or, les résultats avec cette technique d'interaction n'ont pas pu être totalement expliqués, entre autres à cause du trop grand nombre de dimensions en jeu (position dans l'espace, objets, couleurs, positions relatives entre les objets, etc...).

Notre première approche du problème a été de comparer les performances de mémorisation pour la sélection de commandes en employant deux modalités d'interaction : le pointage et les gestes directionnels [13]. Ce choix reposait sur le fait que l'humain est doté d'une capacité à mémoriser spatialement l'information et s'aide pour ce faire de repères. Ainsi, dans le cadre d'une interaction avec

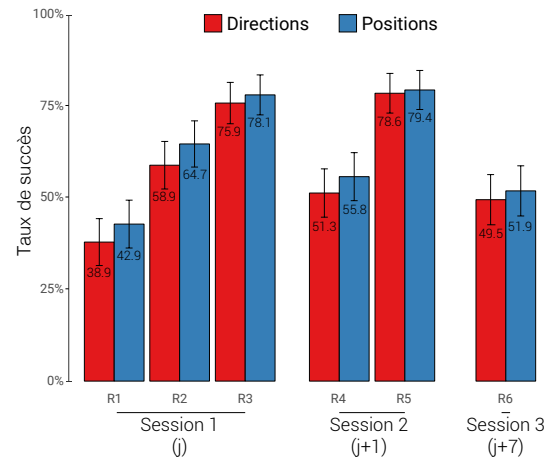


FIGURE 2: Taux de succès obtenus pour chaque bloc de rappel au cours des trois sessions.

une interface, si les éléments d'un menu sont disposés dans une liste uniforme, le premier et dernier élément devraient être mieux mémorisés que les autres. De même, si les éléments sont organisés en forme de grille, l'information apportée par une seconde dimension devrait faciliter la mémorisation [14, 20]. La mémoire spatiale est donc susceptible de faciliter la mémorisation des interactions reposant sur du pointage. Par ailleurs, l'efficacité de techniques comme les Marking menus peuvent conduire à penser que les gestes directionnels sont particulièrement faciles à mémoriser. De plus, ces techniques constituent de facto une référence en IHM en ce qui concerne la mémorisation des commandes. La question était alors de savoir si ces deux types d'interactions conduiraient ou non à des performances équivalentes.

Ces questionnements nous ont poussés à mener une expérience en laboratoire avec 16 utilisateurs. Elle a consisté à comparer des gestes 8-directionnels [13] avec du pointage sur une surface tactile (voir la Figure 1). L'expérience s'est déroulée sur 3 sessions : la première faisant découvrir les deux techniques d'interaction, la deuxième un jour plus tard pour évaluer la *mémorisation à moyen terme* et enfin une troisième une semaine plus tard pour tester finalement la *mémorisation à long terme*. Chaque session était composée de blocs d'*apprentissage*, au cours desquels les éléments (seulement textuels dans le cadre de cette expérience) étaient visibles (voir Figure 1), et de blocs de *rappel*, pour lesquels les éléments étaient alors invisibles, les participants devant alors se souvenir du moyen utilisé pour les sélectionner correctement (i.e. soit par un geste, soit en appuyant aux bonnes positions). La troisième session consistait en un seul bloc de *rappel*.

Les résultats obtenus n'ont pas permis de différencier les deux types d'interaction, comme on peut le voir sur la Figure 2. Ces résultats montrent une relative efficacité des deux approches, les participants n'ayant généralement pas été capables de mémoriser tous les items. Ces résultats sont bien en deça de ceux obtenus dans [17] ce qui montre que la mémoire spatiale ne permet pas à elle seule d'expliquer les performances obtenues dans cette étude. Nous avons d'ailleurs observé, via les commentaires des participants, que

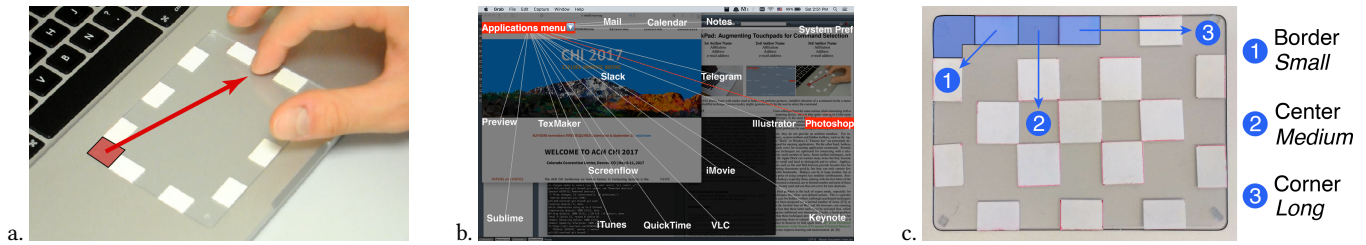


FIGURE 3: Aperçu du projet MarkPad : (a) geste directionnel couplé à une position de départ et une distance particulière, (b) retour affiché sur l'écran du geste en mode novice, (c) types de gestes utilisés pour évaluer l'efficacité de la technique MarkPad. Le touchpad est augmenté par des marques passives pour aider l'utilisateur dans sa tâche.

la *sémantique* jouait un rôle prépondérant dans la mémorisation des commandes (ce qui est d'ailleurs un point clé de la méthode des Loci [26]).

L'analyse des commentaires des participants semble aussi indiquer que la position *absolue* d'une commande dans un menu semble moins importante que sa position *relative* (e.g. deux commandes côte-à-côte pourront être groupées pour pouvoir les mémoriser plus facilement, comme "chien" et "chat"). Ceci pourrait également expliquer pourquoi ces deux types de techniques ont obtenu des performances similaires (les Marking menus reposant implicitement sur des positions relatives).

Compte tenu des résultats précédents, il nous a semblé intéressant de combiner ces deux types d'interaction dans l'optique d'augmenter le nombre de commandes disponibles, un problème bien connu des Marking menus (qui ne permettent d'activer que huit commandes à un niveau donné). Tout en gardant en tête l'aide qu'apporte une interface constante spatialement dans le temps [21], nous nous sommes donc tournés vers un projet mélangeant gestes directionnels et pointage. Pour ce faire nous avons combiné deux idées : 1) faire débiter les gestes à des positions particulières, comme par exemple dans [12, 27] ; 2) introduire une dimension supplémentaire, *la distance*, afin d'augmenter le nombre de commandes disponibles. Cette dimension n'est habituellement pas prise en compte car elle conduit à des taux de performance insuffisants en mode expert [16]. Nous proposons dans la suite une solution qui permet de résoudre très simplement ce problème.

3 DEUXIÈME ÉTUDE

3.1 Motivation

Un problème majeur des techniques comme les Marking menus [13] est le nombre limité de gestes. Il peut être augmenté en recourant à des menus hiérarchique, mais complique l'interaction. De plus ces techniques requièrent l'utilisation d'un *modificateur* explicite (e.g. appuyer sur une touche du clavier) pour éviter les conflits avec le pointage sur des dispositifs d'interaction direct (e.g. dispositif mobile) ou indirect (e.g. touchpad). Une solution alternative consiste à faire débiter les gestes des bords du dispositif [12], mais le nombre de commandes reste limité.

Le projet MarkPad (qui a fait l'objet d'une publication à CHI'17 [10]) est basé sur deux principes : 1) le couplage d'une *position*, d'une *direction* et d'une *distance* pour définir un geste directionnel ; 2) l'utilisation des *bords* du touchpad pour *débiter* celui-ci. Un geste

est seulement défini par une zone de départ et une zone d'arrivée (ou, de manière duale, une zone de départ, une direction et une distance). Comme on peut le voir sur la Figure 3, l'utilisateur peut ainsi faire glisser son doigt de l'une à l'autre pour déclencher une action particulière. Un mode novice permet à l'utilisateur d'afficher les gestes disponibles ainsi que la position de son doigt sur le touchpad en plein écran pour le guider. Un mode expert lui permet de reproduire ces gestes rapidement sans que ceux-ci ne soient affichés.

Plusieurs zones d'arrivée peuvent être définies pour une seule zone de départ ce qui permet l'utilisation de menus gestuels (voir Figure 3). L'utilisateur peut lui-même spécifier les commandes qu'il veut utiliser avec quels gestes en personnalisant les positions et tailles des zones. Il peut ensuite associer une action parmi une liste proposée ou qu'il aura programmé lui-même. Ainsi l'utilisateur est libre de créer les associations qu'il désire, ce qui devrait permettre une mémorisation plus efficace des gestes [17]. Enfin, les menus gestuels peuvent être peuplés d'actions groupées sémantiquement indépendamment de leur type. Ainsi, un utilisateur pourra par exemple regrouper des actions permettant d'ouvrir des applications, d'effectuer des commandes, d'ouvrir des pages Web, etc. dans un même menu s'il considère que ces commandes sont liées sémantiquement.

3.2 Efficacité et guidage

Pour évaluer cette technique, nous avons voulu répondre à deux questions principales : 1) comment assurer une précision suffisante en utilisant des distances et 2) quelle est la taille optimale des zones sur les bords pour ne pas perturber le pointage sur le touchpad.

Pour répondre à la première problématique, nous sommes placés dans le cas extrême d'une grille de 5 lignes pour 7 colonnes qui permettait un maximum de 680 commandes (voir Figure 3). Afin de guider l'utilisateur au cours de l'interaction pour sélectionner une commande, nous avons décidé d'augmenter le touchpad en ajoutant des repères *visuels* et/ou *visuo-tactiles*. Nous pensions que les marques étaient nécessaires pour obtenir un taux de succès suffisant dans ce cas extrême. Plusieurs types d'interface sur le touchpad ont été comparées au cours d'une expérience : *complète* (i.e. une zone sur deux est représentée à l'aide d'une marque, voir Figure 3), *incomplète* (i.e. aucune marque au centre du touchpad, voir Figure 3) et *aucune représentation* (i.e. touchpad sans augmentation). De même, plusieurs types de gestes ont pu être testés comme on peut le voir sur la Figure 3.

Les résultats obtenus lors de ces études nous ont permis d'arriver aux conclusions suivantes :

- (1) malgré un nombre important de commandes, un taux de réussite de 95% peut-être atteint à l'aide d'une interface *complète* augmentant le touchpad;
- (2) le temps n'est pas différent pour l'utilisation de marques *visuo-tactiles* ou *visuelles* malgré un nombre de regards vers le touchpad plus important (calculé à l'aide d'un dispositif de capture du regard);
- (3) le manque de marques au milieu du dispositif ne diminue le taux de réussite que de 5% (i.e. 90%), ce qui peut être amélioré en utilisant des zones plus grosses au centre du touchpad.
- (4) les temps d'exécution de gestes courts (≈ 800 ms) et de gestes longs (≈ 1200 ms) obtenus sont comparables aux temps évoqués dans des travaux précédents [13, 27].

3.3 Conflits avec le pointage et prototype

Pour répondre à notre deuxième interrogation, nous avons enregistré les interactions de 12 utilisateurs avec leur touchpad pendant une semaine. Nous avons ensuite analysé les données ainsi regroupées à l'aide du reconnaissseur de gestes utilisé par le prototype de MarkPad présenté ci-dessous. Notre but principal était d'évaluer le nombre de faux-positifs qui seraient calculés suivant différentes configurations (taille des bords, taille des gestes, etc...). Notre analyse a permis de montrer qu'avec une taille de zones maximum de 10mm sur les bords, le nombre de faux-positifs détectés ne dépassent pas 2,2% des gestes évalués (> 1.5 million). De plus, la taille des gestes doit être contrainte à une distance minimale d'environ 5mm pour éviter l'accumulation de déclenchements intempestifs.

Nous avons développé un prototype fonctionnel² qui a été utilisé par deux de ses contributeurs pendant plusieurs mois. Celui-ci nous a permis de tester cette technique sur nos ordinateurs personnels quotidiennement pour tenter de l'améliorer en découvrant les différents problèmes auxquels nous n'avions pas pensés. Entre autres, la façon dont les interfaces étaient agencées et les différentes utilisations du touchpad ont montré une différence nette entre les deux utilisateurs. De ce fait, nous aimerions mieux comprendre la façon dont des utilisateurs extérieurs au projet réagiraient dans le futur. Enfin, pouvoir définir des zones de façon *absolue* (i.e. pas relative à une application ou une résolution d'écran qui peuvent changer) devrait en théorie aider la mémorisation de commandes car l'utilisateur peut définir ses propres relations et l'interface sera constante spatialement dans le temps. Ainsi, la mémoire spatiale devrait être sollicitée et permettre de faciliter le processus de mémorisation.

4 TROISIÈME ÉTUDE

Pour cette troisième étude nous avons souhaité nous intéresser à l'interaction sur le corps d'un utilisateur, ceci pour plusieurs raisons. Au niveau de l'interaction, plusieurs zones peuvent être définies sur celui-ci comme cela a déjà été abordé dans plusieurs travaux [24, 25]. Cependant, aucun de ces travaux n'a étudié si l'utilisation d'une telle technique améliorerait le processus de mémorisation. En se basant sur la méthode des Loci, nous espérons que l'utilisateur puisse utiliser son corps comme espace lui permettant de placer

des items à retenir. De plus, le concept de MarkPad serait utilisable sur une telle "surface" ce qui nous permettrait de l'évaluer dans un contexte différent.

Comme pour MarkPad, des zones sont définies sur le corps d'un utilisateur et pratiquer un geste d'une zone à l'autre permet le déclenchement d'une commande. La capacité de proprioception permet d'utiliser des gestes sans avoir besoin d'interface graphique (l'utilisateur est moins distrait de sa tâche principale), et implique l'utilisation de plusieurs muscles du corps pour faire un geste, ce qui devrait, sur le long terme, faciliter la mémorisation grâce à la mémoire musculaire qui entraîne les réflexes et permet d'automatiser certains gestes [22]. Nous faisons donc l'hypothèse que notre technique permettrait d'aider les utilisateurs à mieux mémoriser les commandes d'une application.

Pour évaluer ce concept appelé BodyLoci, nous avons implémenté un prototype combinant une technologie de reconnaissance 3D (Microsoft Kinect) et de réalité virtuelle (HTC Vive). Cette combinaison permet d'immerger un utilisateur dans un monde virtuel et de détecter son corps à l'aide des capteurs de distance de la Kinect, lui permettant ainsi d'interagir en touchant certaines parties de son corps. Ce système permet une interaction en temps réel, avec relativement peu d'erreurs de reconnaissance.

Nos hypothèses actuelles sont que : 1) l'utilisation du corps pour interagir aide à mémoriser et 2) aider les utilisateurs à créer des histoires en relation avec les commandes d'une application améliore leur processus de mémorisation. Pour vérifier la première hypothèse, nous réalisons actuellement une expérience en laboratoire comparant BodyLoci à des Marking menus [13]. Pour vérifier la seconde, nous affichons une image d'arrière-plan pendant les phases d'apprentissage derrière les commandes à mémoriser afin d'aider les utilisateurs à imaginer des histoires (comme c'est le cas avec la méthode des Loci).

5 CONCLUSION

Au cours de cette thèse nous avons mené trois études complémentaires sur la sélection d'un nombre important de commandes et leur mémorisation. La première étude n'a pas montré de différence d'efficacité entre pointage et gestes directionnels pour la mémorisation, ce qui rend légitime d'utiliser ces deux types d'interaction ou une combinaison des deux. Elle a de plus suggéré l'importance de la sémantique dans le processus de mémorisation. Une deuxième étude combinant pointage et gestes directionnels a conduit au développement d'une technique d'interaction permettant de sélectionner gestuellement un grand nombre de commandes. Elle offre de plus une grande flexibilité, ce qui permet d'organiser les commandes d'une manière qui fait sens, un critère important pour la mémorisation. Enfin une troisième étude étudiant l'impact du corps sur la mémorisation nous permettra de répondre à des questions à notre connaissance non encore élucidées.

Après cette troisième étude nous souhaiterions approfondir nos travaux sur MarkPad, en particulier en ce qui concerne la mémorisation d'un grand nombre de commandes. Si le temps le permet, nous aimerions également nous intéresser aux facteurs impliqués dans la personnalisation d'une interface par les utilisateurs et à l'impact des associations commandes/gestes sur la mémorisation.

2. L'application peut-être téléchargée à <http://brunofruchard.com/markpad>

RÉFÉRENCES

- [1] Caroline Appert and Shumin Zhai. 2009. Using Strokes As Command Shortcuts : Cognitive Benefits and Toolkit Support. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '09)*. ACM, New York, NY, USA, 2289–2298. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/1518701.1519052>
- [2] Wendy Ark, D. Christopher Dryer, Ted Selker, and Shumin Zhai. 1998. *Representation Matters : The Effect of 3D Objects and a Spatial Metaphor in a Graphical User Interface*. Springer London, London, 209–219. DOI : http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-3605-7_13
- [3] A. Baddeley. 2013. *Essentials of Human Memory (Classic Edition)*. Taylor & Francis. <https://books.google.fr/books?id=SYU3AAAAQBAJ>
- [4] Gilles Bailly, Eric Lecolinet, and Laurence Nigay. 2008. Flower Menus : A New Type of Marking Menu with Large Menu Breadth, Within Groups and Efficient Expert Mode Memorization. In *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI '08)*. ACM, New York, NY, USA, 15–22. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/1385569.1385575>
- [5] Olivier Bau and Wendy E. Mackay. 2008. OctoPocus : A Dynamic Guide for Learning Gesture-based Command Sets. In *Proceedings of the 21st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '08)*. ACM, New York, NY, USA, 37–46. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/1449715.1449724>
- [6] Mathieu Berthelémy, Elodie Cayez, Marwan Ajem, Gilles Bailly, Sylvain Malacria, and Eric Lecolinet. 2015. SpotPad, LociPad, ChordPad and InOutPad : Investigating Gesture-based Input on Touchpad. In *Proceedings of the 27th Conference on L'Interaction Homme-Machine (IHM '15)*. ACM, New York, NY, USA, Article 4, 8 pages. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2820619.2820623>
- [7] Richard A. Bolt. 1980. &Ldquo;Put-that-there&Rdquo; : Voice and Gesture at the Graphics Interface. In *Proceedings of the 7th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH '80)*. ACM, New York, NY, USA, 262–270. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/800250.807503>
- [8] Stuart K. Card, Jock D. Mackinlay, and Ben Shneiderman (Eds.). 1999. *Readings in Information Visualization : Using Vision to Think*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA.
- [9] Olivier Chapuis and Nicolas Roussel. 2010. UIMarks : Quick Graphical Interaction with Specific Targets. In *Proceedings of the 23rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '10)*. ACM, New York, NY, USA, 173–182. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/1866029.1866057>
- [10] Bruno Fruchard, Eric Lecolinet, and Olivier Chapuis. 2017. MarkPad : Augmenting Touchpads for Command Selection. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17)*. ACM, New York, NY, USA, 5630–5642. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/3025453.3025486>
- [11] Emilien Ghomi, Guillaume Faure, Stéphane Huot, Olivier Chapuis, and Michel Beaudouin-Lafon. 2012. Using Rhythmic Patterns As an Input Method. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 1253–1262. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2207676.2208579>
- [12] Mohit Jain and Ravin Balakrishnan. 2012. User Learning and Performance with Bezel Menus. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 2221–2230. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2207676.2208376>
- [13] Gordon Kurtenbach and William Buxton. 1993. The Limits of Expert Performance Using Hierarchic Marking Menus. In *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '93)*. ACM, New York, NY, USA, 482–487. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/169059.169426>
- [14] George A Miller. 1956. The magical number seven, plus or minus two : some limits on our capacity for processing information. *Psychological review* 63, 2 (1956), 81.
- [15] Miguel A. Nacenta, Yemliha Kamber, Yizhou Qiang, and Per Ola Kristensson. 2013. Memorability of Pre-designed and User-defined Gesture Sets. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '13)*. ACM, New York, NY, USA, 1099–1108. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2470654.2466142>
- [16] Mathieu Nancel and Michel Beaudouin-Lafon. 2008. *Extending Marking Menus with Integral Dimensions : Application to the Dartboard Menu*. Technical Report 1503. LRI.
- [17] Simon T. Perrault, Eric Lecolinet, Yoann Pascal Bourse, Shengdong Zhao, and Yves Guiard. 2015. Physical Loci : Leveraging Spatial, Object and Semantic Memory for Command Selection. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15)*. ACM, New York, NY, USA, 299–308. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2702123.2702126>
- [18] George Robertson, Mary Czerwinski, Kevin Larson, Daniel C. Robbins, David Thiel, and Maarten van Dantzich. 1998. Data Mountain : Using Spatial Memory for Document Management. In *Proceedings of the 11th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '98)*. ACM, New York, NY, USA, 153–162. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/288392.288596>
- [19] Quentin Roy, Sylvain Malacria, Yves Guiard, Eric Lecolinet, and James Eagan. 2013. Augmented Letters : Mnemonic Gesture-based Shortcuts. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '13)*. ACM, New York, NY, USA, 2325–2328. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2470654.2481321>
- [20] Joey Scarr. 2013. Exploiting Spatial Memory to Design Efficient Command Interfaces. In *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '13)*. ACM, New York, NY, USA, 1961–1964. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2468356.2468711>
- [21] Joey Scarr, Andy Cockburn, Carl Gutwin, and Sylvain Malacria. 2013. Testing the Robustness and Performance of Spatially Consistent Interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '13)*. ACM, New York, NY, USA, 3139–3148. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2470654.2466430>
- [22] Richard A Schmidt. 1988. *Motor Control and Learning 5th Edition*. Human kinetics.
- [23] Marcos Serrano, Eric Lecolinet, and Yves Guiard. 2013. Bezel-Tap Gestures : Quick Activation of Commands from Sleep Mode on Tablets. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '13)*. ACM, New York, NY, USA, 3027–3036. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2470654.2481421>
- [24] Garth Shoemaker, Takayuki Tsukitani, Yoshifumi Kitamura, and Kellogg S. Booth. 2010. Body-centric Interaction Techniques for Very Large Wall Displays. In *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction : Extending Boundaries (NordiCHI '10)*. ACM, New York, NY, USA, 463–472. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/1868914.1868967>
- [25] Julie Wagner, Mathieu Nancel, Sean G. Gustafson, Stéphane Huot, and Wendy E. Mackay. 2013. Body-centric Design Space for Multi-surface Interaction. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '13)*. ACM, New York, NY, USA, 1299–1308. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/2470654.2466170>
- [26] Frances Amelia Yates. 1966. *The art of memory*. Routledge and Kegan Paul London.
- [27] Shengdong Zhao, Maneesh Agrawala, and Ken Hinckley. 2006. Zone and Polygon Menus : Using Relative Position to Increase the Breadth of Multi-stroke Marking Menus. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '06)*. ACM, New York, NY, USA, 1077–1086. DOI : <http://dx.doi.org/10.1145/1124772.1124933>