

TACTIBALL, TACTIPEN, TACTITAB

Ou comment « toucher du doigt » les données de son ordinateur

Eric Lecolinet – Gérard Mouret

École Nationale Supérieure des Télécommunications (GET) – CNRS LTCI UMR 5141
46 rue Barrault
75013, Paris, France
elc@enst.fr / mouret@enst.fr

RESUME

Dans cet article nous nous intéressons à l'augmentation de dispositifs de pointages courants par l'ajout d'une fonction de retour tactile symbolique. Ce travail a donné lieu à plusieurs implémentations matérielles et applications logicielles, afin d'évaluer dans quelle mesure de tels dispositifs peuvent apporter à des personnes voyantes plus d'informations sans surcharger leur vision.

MOTS CLES: Techniques d'interaction, retour tactile.

ABSTRACT

This paper is dedicated to the augmentation of standard pointing devices to provide a simple symbolical form of tactile feedback. Several prototypes and applications have been developed to show the feasibility of the approach. The final goal of the study is to evaluate how simple tactile devices can be used by non blind people in conjunction with vision.

CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS:

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces. I.3.6 [Methodology and Techniques]: Interaction techniques.

GENERAL TERMS: Design, Human factors.

KEYWORDS: Interaction techniques, tactile feedback.

INTRODUCTION

La majorité des interfaces homme-machine actuelles exploite les possibilités de retour offertes par le canal visuel, ou quelquefois sonore. Les interfaces haptiques ou à retour tactile restent généralement cantonnées à des types d'utilisations très spécifiques que l'on peut sommaire-

Permission to make digital or hard copies of all or part 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. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. IHM 2005, September 27-30, 2005, Toulouse, France. Copyright 2005 ACMX-XXXXX-XXX-X/XX/XXXX \$5.00

ment classifier en deux grandes catégories. La première comprend les dispositifs et applications fournissant à l'utilisateur un signal de nature symbolique. Ils sont destinés aux non-voyants et emploient généralement des cellules Braille. La seconde catégorie regroupe les dispositifs et applications propres aux interfaces haptiques (à retour d'effort). Ces systèmes sont généralement destinés à des personnes voyantes, pour des environnements de CAO ou de réalité virtuelle ou pour augmenter le réalisme de logiciels de jeu. Dans ce cas, les dispositifs employés émettent des informations non symboliques, comme par exemple des effets de résistance mécanique visant à accroître l'effet métaphorique d'une représentation virtuelle[6].



Figure 1 : le Tactiball, un trackball à retour tactile.

Les travaux présentés dans cet article s'inscrivent dans une perspective différente, celle de l'émission de signaux tactiles symboliques destinés à des personnes voyantes. L'objectif final de cette étude est d'évaluer dans quelle mesure des dispositifs à retour tactile simples - potentiellement destinés à un large public - peuvent transmettre des informations complémentaires à la vision [4], ainsi que la capacité des utilisateurs voyants non experts à reconnaître et mémoriser ce type de signaux tactiles [10][12]. Du fait de la quasi absence de dispositifs adéquats, nous avons d'abord réalisé trois prototypes matériels, qui ont été obtenus par « augmentation » de dispositifs de pointage du commerce. Ces réalisations, qui constituent la première partie de l'étude, font l'objet du présent article. Elles comprennent trois dispositifs : un trackball à retour tactile appelé *TactiBall* et deux types

de stylets tactiles : le *TactiTab* et le *TactiPen*. Le premier est destiné à interagir avec une tablette graphique *Wacom*TM tandis que le second a été conçu pour un PDA à écran tactile.

La suite de l'article décrit d'abord les types d'usages envisagés pour ces dispositifs, puis leur réalisation matérielle. Nous présentons ensuite quelques applications réalisées pour tester ces dispositifs et évaluer les capacités des utilisateurs à s'en servir. Nous terminons par des remarques sur ces expérimentations préliminaires et les perspectives de cette étude.

TYPES D'USAGES ENVISAGES

Comme expliqué précédemment, dans le cadre de notre étude la modalité tactile n'est pas censée se substituer complètement à la modalité principale que constitue la vision, ni à simuler des effets physiques. Plusieurs cas de figures sont envisageables dans ce cadre: a) l'émission de signaux destinés à donner des indications sur des représentations non visibles à l'écran (typiquement sur des dispositifs mobiles où l'espace écran est très limité[9]) ; b) les situations de mobilité et d'interaction alternée où l'utilisateur ne regarde pas tout le temps son écran ; c) l'émission d'alertes ou d'identifiants, en particulier dans les cas d'attention partagées où un retour tactile peut se révéler plus efficace qu'un retour visuel pour attirer l'attention de l'utilisateur. Ce dernier cas peut aussi constituer une bonne alternative au retour sonore lorsque celui-ci est indésirable (gêne pour les autres utilisateurs) ou peu effectif (niveau sonore élevé).

Enfin le type de retour tactile proposé dans notre étude peut également servir à renforcer la perception d'effets visuels (par exemple une animation ou en « touchant » une image représentant des données tridimensionnelles) ou encore à faciliter la détection précise de points caractéristiques (les sommets de l'image ou des interacteurs difficiles à « attraper » du fait d'une trop petite taille sur l'écran [13]). Ces derniers types d'usages s'apparentent un peu à ceux offerts par les interfaces haptiques dans la mesure où il n'y a pas nécessairement émission d'information symbolique. Il s'agit cependant d'une forme très simplifiée, dépourvue de retour d'effort proportionnel, et ne nécessitant pas d'équipement complexe ou coûteux.

Il n'existe à notre connaissance que très peu de dispositifs capables de fournir les fonctionnalités souhaitées, la plupart des matériels existants étant, comme expliqué précédemment, surtout destinés aux non-voyants ou bien aux interfaces haptiques complexes. Les dispositifs vibrants[7][14], comme par exemple la souris vibrante de *Logitech*TM [16] ou les vibreurs de téléphones constituant sans doute les matériels les plus proches. Ceux-ci émettent des informations que l'on peut considérer comme symboliques (alertes, identification de l'appelant...), mais qui sont réduites à un vocabulaire très limité de par les effecteurs qu'ils utilisent. On peut certes envisager de faire varier la fréquence de leur vibrations, mais l'absence d'information positionnelle limite fatalement leur capacité d'expression.

REALISATION

Afin de pouvoir fournir des informations positionnelles tactiles élémentaires sans avoir à utiliser des matériels rares, complexes ou coûteux, nous nous sommes orientés vers l'utilisation de cellules Braille. Plus précisément, nous avons choisi des cellules de marque *Metec*TM [15] car ces cellules offrent un bon compromis entre encombrement, efficacité et réactivité. Ces cellules sont cependant affectées des défauts inhérents aux cellules Braille piézo-électriques. Le premier concerne l'encombrement: le mouvement engendré par le dispositif piézo-électrique étant très faible, le bras de levier nécessaire pour obtenir un déplacement aisément perceptible est important, augmentant d'autant l'encombrement de la cellule. D'autre part, le dispositif piézo-électrique a par nature besoin pour fonctionner d'une tension importante (d'au moins 200 Volts) qu'il est difficile d'élaborer à partir des tensions généralement disponibles pour les périphériques d'ordinateur. Nous verrons plus loin comment nous avons adapté nos périphériques pour répondre à ces caractéristiques particulières.

Comme mentionné dans l'introduction, notre approche a été de combiner le retour tactile avec un dispositif de pointage classique. La place disponible dans une souris étant trop exiguë pour accueillir une cellule Braille, nous avons choisi d'utiliser un trackball. C'est le *TactiBall*, décrit au chapitre suivant.

L'espace écran étant très limité sur les dispositifs mobiles de type PDA, il serait avantageux de pouvoir obtenir des informations sur des données non visibles à l'écran. Ces données peuvent typiquement figurer sur des zones situées en dehors de la fenêtre affichée ou appartenir à une couche graphique non visualisée (comme par exemple dans le cas des interfaces zoomables où l'apparition des données dépend du niveau de zoom. Nous avons donc adapté notre idée à un PDA équipé d'un écran tactile et d'un dispositif de pointage de type stylet [8][11] que nous avons dénommé *TactiPen*. Enfin, nous avons réalisé le *TactiTab*, une version modifiée du *TactiPen*, ne nécessitant pas de batterie d'alimentation, capable de fonctionner avec une tablette graphique *Wacom*.

TACTIBALL

Nous avons tout d'abord recherché le matériel offrant la plus grande place disponible pour loger la cellule Braille, l'électronique de commande et l'alimentation haute tension. La cellule Braille *Metec b10* a pour dimensions 74,6 mm x 16,7 mm x 6,4 mm. Les picots mobiles à l'origine de la sensation tactile sont actionnés par les leviers piézo-électriques de la cellule Braille. La faible pression exercée par le doigt en contact avec le dispositif, éventuellement secondée par la gravité, remplace les éléments tactiles en position basse quand ils ne sont pas sollicités.

Notre périphérique a été conçu en modifiant un trackball *Marble Wheel* de *Logitech*TM (Figure 1). La construction a débuté par la suppression de la roulette de défilement du trackball, ceci permettant de récupérer la fenêtre ainsi

dégagée et d'utiliser l'espace libéré pour disposer la cellule. Pour libérer encore plus de place, nous avons dissocié, puis recollé séparément les leviers de commande des boutons, réunis à l'origine en une seule pièce de plastique. Plusieurs composants électroniques qui se trouvaient sur le passage ont ensuite été déplacés d'une face du circuit imprimé à l'autre. La cellule Braille a été finalement fixée sur la coque supérieure du trackball (Figure 2), en position verticale dans sa plus grande longueur, les éléments tactiles « tombant » naturellement sous le doigt entre les deux boutons de sélection.



Figure 2 : la cellule Braille à l'intérieur du TactiBall

L'électronique de commande [2][3] comprend essentiellement le microcontrôleur pour la gestion des éléments tactiles et le convertisseur DC-DC 5V/200V pour l'alimentation des barrettes piézo-électriques de la cellule. L'interface de communication entre l'ordinateur hôte et la cellule est du type série RS232. Nous envisageons dans le futur proche d'utiliser un microcontrôleur muni d'une interface USB (esclave), ce qui permettra de n'avoir qu'un seul câble de liaison entre le TactiBall et l'ordinateur.

Le microcontrôleur consomme peu de courant et son alimentation peut être reprise sur celle du trackball originel. Par contre, à cause du rapport d'élévation du convertisseur (>40), de son rendement, et surtout du courant consommé par les barrettes piézo-électriques lors des changements d'état des éléments tactiles, le courant nécessaire à l'alimentation est important (>150 ma). Par souci de commodité, nous ne voulions pas utiliser d'accumulateurs, d'autant que l'alimentation issue du bus USB est déjà présente sur la carte du trackball. Nous avons donc intégré à l'électronique embarquée dans le trackball un convertisseur DC-DC, capable de délivrer la tension et le courant suffisants pour alimenter la cellule Braille.

TACTIPEN

Le TactiPen a été réalisé à partir du corps d'un surligneur, que l'on a choisi suffisamment vaste pour contenir une cellule Braille. Nous avons tout d'abord vidé le surligneur de son contenu, puis nous avons inséré le stylet du PDA, préalablement raccourci, en lieu et place de la mèche. Ceci fait, la partie supérieure du surligneur a été évidée afin de dégager une fenêtre pour l'accès aux éléments tactiles. Enfin, nous avons placé la cellule Braille dans le corps du surligneur, l'arrière du dispositif ayant été percé pour laisser passer le câble reliant la cellule à son électronique de commande.



Figure 3 : le stylet du TactiPen

Dans le cas de TactiPen, le problème de l'alimentation est différent du TactiBall. D'une part, il était impossible d'insérer l'électronique de commande dans le stylet, sous peine d'aboutir à un dispositif impossible à manipuler. Le PDA, d'autre part, même s'il possède une interface USB, se comporte en esclave et ne fournit donc pas d'alimentation pour un périphérique externe. La batterie du PDA pourrait certes alimenter le microcontrôleur, mais elle ne peut fournir en aucun cas le courant demandé par le convertisseur de tension. Nous avons donc choisi d'alimenter l'ensemble à partir d'accumulateurs. L'électronique de commande et les accumulateurs sont placés dans un petit boîtier, inséré sur le câble qui relie le TactiPen et le PDA. A terme, l'ensemble sera placé au dos du PDA, équipé d'une batterie supplémentaire, rendant ainsi l'interface encore plus intégrée.



Figure 4 : l'ensemble TactiPen

TACTITAB

Le TactiTab, une version de notre dispositif remaniée pour fonctionner avec une tablette graphique grand public, est en fait un hybride de TactiPen et TactiBall. Il reprend l'architecture du premier et le dispositif d'alimentation du second, qui utilise l'interface USB. Le TactiTab a été expérimenté avec une tablette Wacom Intuos. L'électronique qui gère l'élément tactile est enfermée dans un petit cylindre plastique inséré directement sur le câble de commande du stylet. Ce boîtier est équipé d'une prise USB sur laquelle est reliée la tablette graphique. Sortent aussi du boîtier un câble série RS232 et un câble USB connectant TactiTab à l'ordinateur hôte.



Figure 5 : le TactiTab pour tablette graphique

APPLICATIONS ET PREMIERES REMARQUES

Nous avons réalisé quatre applications « jouet » pour tester les dispositifs développés et effectuer quelques expérimentations préliminaires. La première application reproduit les pixels situés autour du pointeur souris sur la cellule tactile. Chacun des huit picots de la cellule est activé si la valeur du pixel correspondant est supérieur à un certain seuil. Les positions des picots sont mises à jour en temps réel lorsque l'on déplace la souris. Ce logiciel est destiné à évaluer la capacité des utilisateurs à reconnaître des formes présentes à l'écran. Un second logiciel, qui se présente sous forme d'un jeu, vise à évaluer leur capacité à détecter des informations directionnelles. Un point mobile que l'utilisateur ne voit pas se déplace aléatoirement à l'écran. Un second point, fixe, sert de point de référence. La position du point mobile par rapport au point de référence est représentée en temps réel sur la cellule tactile aux moyen de motifs prédéfinis correspondant aux huit points cardinaux. Une troisième application simule un logiciel de navigation automobile envoyant des signaux tactiles au conducteur pour lui indiquer lorsqu'il doit tourner à gauche ou à droite. Enfin, la dernière application permet d'éditer et de déclencher des alarmes tactiles en émettant un motif caractéristique à une certaine heure ou après une certaine durée.

La première application est surtout destinée à des utilisateurs experts ou à la détection de cibles élémentaires, la tâche étant rendue d'autant plus difficile que le nombre de picots est limité (seulement huit sur notre dispositif). La seconde application, plus simple, a montré deux résultats préliminaires intéressants : d'une part un apprentissage rapide des utilisateurs non experts (leurs performances s'améliorant rapidement dès leur première expérimentation) et d'autre part une amélioration notable des performances si le motif est émis de manière fréquente (en alternant l'état de repos et l'état activé plusieurs fois par seconde même si le motif ne change pas). Ce résultat est peut-être à rapprocher de certains résultats expérimentaux obtenus en vision qui montrent la prédominance perceptive des signaux vibratoires sur les signaux stationnaires [17]. La troisième application a également montré la capacité d'utilisateurs non experts à reconnaître des signaux tactiles simples. Ces premiers résultats qualitatifs restent évidemment à confirmer par une étude quantitative rigoureuse mais montrent néanmoins l'intérêt de l'approche proposée.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'objectif de notre étude est d'évaluer la capacité des utilisateurs voyants non experts à reconnaître et mémoriser des signaux tactiles simples, le plus souvent dans une situation de complémentarité avec la modalité principale que constitue la vision. Dans cet article, nous avons décrit la première étape de ce travail, principalement consacrée à la réalisation des dispositifs matériels adéquats. Nous avons également procédé à quelques expérimenta-

tions informelles destinées à valider la pertinence de cette approche. La suite de l'étude portera sur l'évaluation et sur la réalisation d'applications plus réalistes, en particulier dans le cas de retours mixtes où la modalité tactile est utilisée en complément de la perception visuelle.

REMERCIEMENTS

Nos plus vifs remerciements vont à P.Busch, pour son habileté dans la réalisation mécanique des dispositifs, à M.Ziat et O.Gapenne, pour leur compétence dans le domaine, ainsi qu'à P-E.Larrourou, J-B. Delorme, O.Palivan et D.Purnomo.

BIBLIOGRAPHIE

1. Dan Jacobson, R. *Navigating maps with little or no sight : An audio-tactile approach*, Content Visualization and Intermedia Representation, 1998
2. Lindemann, R W, Cutler J R. *Controller design for a Wearable, Near-Field Haptic Display*, HAPTICS , 2003.
3. Tang, H Beebe, D J. *A microfabricated Electrostatic Haptic Display for Persons with Visual Impairments*, IEEE Trans. on Rehabilitation Engineering, 1998.
4. GIST-Multimodal Interaction Group. *Hands of Haptics : Exploring Non-Visual Visualisation Using the Sense of Touch*, CHI-Workshop., 2005.
5. Magnuson, C, Rasmus-Gröhn,K, *Non-visual Zoom and Scrolling Operations in Haptic Environment*
6. Auvray,M, *Immersion et perception spatiale*, Thèse de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 2004.
7. Van Erp,J B F, *Guidelines for the Use of Vibro-Tactile Displays in HCI*. Eurohaptics ,2002.
8. Poupyrev, I, Okabe,M, Maruyama,S, *Haptic Feedback fo Pen Computing : Directions and Strategies* CHI, 2004.
9. Poupyrev,I, Maruyama,S, Rekimoto,J. *Ambient Touch : Designing Tactile Interfaces for Handled Devices* , UIST 2002.
10. Lenay,C, Gapenne,O, Hanneton,S, Marque,C, Genouëlle,C. *Sensory Substitution : Limits and Perspectives* In Touch for Knowing, John Benjamins Publishers, Amsterdam, 2003.
11. Lee,J C, Dietz P H, Leigh D, Yerazunis W S, Hudson S E. *Haptic Pen : Tactile Feedback Stylus for Touch Screens*, UIST 2004.
12. Ziat,M, Gapenne,O, Lenay,C, Stewart,J. *Acuité perceptive via une interface pseudo-haptique* , IHM 2004.
13. Tähkäpää,E, Raisamo,R. *Evaluating Tactile Feedback in Graphical User Interfaces*, EuroHaptics 2002
14. Marque,C, Gapenne,O, Hanneton,S, Lenay,C, Vanhoutte,C. *The Visual Glove*, 6th International Conference on Tactile Aids, 2000.
15. METEC™ : www.metec-ag.de
16. Logitech Inc™., iFeel Mouse product pages, www.logitech.com/cf/products
17. Ware, C. *Information Visualization: Perception for Design*. (2nd Edition) Morgan Kaufman. 2004.