

Support mobile à la tâche: médiation utilisateur – monde réel par l'intermédiaire d'un ordinateur porté

Nicolas Plouznikoff¹, Alexandre Plouznikoff², Michel Desmarais², Jean-Marc Robert¹

Laboratoire sur les Interactions Humain-Machine (LIHM)
Département de Génie Industriel (1) & Département de Génie Informatique (2)
École Polytechnique de Montréal

C.P. 6079, Succ. Centre-Ville, Montréal, Québec, Canada, H3C 3A7

{ nicolas.plouznikoff, alexandre.plouznikoff, michel.desmarais, jean-marc.robert }@polymtl.ca

RÉSUMÉ

Après avoir rappelé les caractéristiques et le rôle fondamental de l'informatique portée et des ordinateurs portés pour le support mobile à la tâche, cet article présente l'état de nos recherches sur trois niveaux de médiation entre l'utilisateur et le monde réel: l'altération virtuelle, la virtualisation et la diffusion. Pour améliorer les performances de l'utilisateur, le premier niveau de médiation s'attarde sur la modification virtuelle d'interfaces humain-machine existantes tandis que le second prescrit leur abstraction pour les recréer dans une forme de réalité augmentée. Le dernier niveau, quant à lui, met à profit les entités associées à la tâche et diffuse les fonctionnalités des interfaces directement dans l'environnement. Nous présentons pour chacun de ces niveaux de médiation une analyse de leurs caractéristiques, une évaluation de leurs avantages pour le support à la tâche ainsi qu'un aperçu de nos expériences les plus récentes. Enfin, nous soulignons les similarités et différences entre ces niveaux de médiation pour guider les concepteurs dans leur sélection.

MOTS CLÉS : Ordinateur porté, support à la tâche, altération virtuelle d'interface, virtualisation d'interface, diffusion d'interface.

ABSTRACT

After reminding the characteristics and the fundamental role of wearable computing and wearable computers for mobile task support, this paper presents the state of our research on three human-real world mediation levels: virtual alteration, virtualization and diffusion. To enhance a user's performances, the first mediation level investigates the virtual modification of existing interfaces while the second undertakes their abstraction in order to recreate them in a form of augmented reality. The last mediation level draws upon the task's artifacts and disseminates the interfaces' functionalities directly

into the environment. We present for each of these mediation levels an analysis of their characteristics, an evaluation of their advantages for task support and our most recent experiments. Finally, we highlight the similarities and differences between these mediation levels to guide designers in their selection.

CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS: C.5.3 [Computer System Implementation]: Microcomputers - Portable Devices; H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces.

GENERAL TERMS: Human Factors, Design.

KEYWORDS: Wearable computer, task support, virtual interface alteration, interface virtualisation, interface diffusion.

INTRODUCTION

La dissémination marquée de l'informatique dans notre environnement annonce l'avènement de l'informatique omniprésente (*ubiquitous computing*) imaginée par Weiser [17]. En dotant de nombreux objets de capacités informatiques nous remettons en question nos habitudes, nos façons de réaliser des tâches et nos modes opératoires. Ceci pose de nouveaux défis mais offre aussi de nouvelles possibilités pour les interactions entre l'humain et ces nouveaux systèmes informatisés [1]. Dans ce contexte, afin de mieux exploiter les entités de l'environnement (objets, appareils, systèmes informatisés, etc.), et idéalement d'augmenter les performances de l'utilisateur lors de la réalisation de tâches dans le monde réel, nous nous tournons vers un support porté.

L'informatique portée...

Pour soutenir une tâche dans le monde réel, nous proposons d'utiliser un ordinateur porté. Le rôle principal d'un ordinateur porté [14] est d'assister l'utilisateur à accomplir des tâches dans un environnement où les interactions humain-ordinateur porté sont secondaires. Quatre caractéristiques distinguent un ordinateur porté des supports informatiques traditionnels [14, 15] :

- un ordinateur porté est fonctionnel et utile tout en étant *porté* par l'utilisateur;

La reproduction en tout ou en partie du présent ouvrage sur un support papier ou sur un support électronique est autorisée sans frais à des fins personnelles ou académiques pourvu qu'elle ne procure pas un profit ou un avantage commercial. La première page des copies doit comporter cet avis au lecteur et la référence complète. La propriété du travail appartenant à des tiers doit être respectée. La référence doit apparaître lorsque le contenu est résumé.

Toute autre reproduction, présentation sur un serveur ou redistribution au moyen d'une liste nécessite une permission expresse ou comporte des frais.

IHM 2006, 18 au 21 avril 2006, Montréal, Québec.

© 2006 ACM 1-59593-350-6 5,00 \$US

- un ordinateur porté est *constant*, c'est-à-dire toujours disponible, toujours allumé et toujours prêt à interagir avec l'utilisateur;
- un ordinateur porté est *(pro)actif*, ce qui signifie qu'il est sensible au contexte;
- un ordinateur porté vise la transparence dans ses interactions avec l'utilisateur, interactions qui, idéalement, s'intègrent sans discontinuités dans le flot des activités de l'utilisateur dans le monde réel.

... comme support mobile à la tâche

De par leurs caractéristiques fondamentales, leur proximité avec l'utilisateur et leur contexte d'opération, les ordinateurs portés semblent particulièrement bien adaptés pour le support mobile à la tâche dans de nombreux domaines d'application [4]: inspection, maintenance, navigation, guidage, aide à la prise de décisions, planification d'une tâche, support à la mémoire etc. De tels ordinateurs sont en effet bien positionnés pour influencer et supporter la perception et la cognition humaine, les actions de l'utilisateur et ses processus décisionnels. Ils peuvent fournir de l'information « juste-à-temps » à un utilisateur en déplacement, aider au recueil mobile de données et, beaucoup plus important dans le cadre de nos recherches, contribuer à façonner les interactions entre l'utilisateur et le monde réel. Dans ce dernier cas, l'ordinateur porté devient un médiateur s'interposant de façon transparente entre l'utilisateur et son environnement. Cela permet, par exemple, de modifier certaines des propriétés perçues des entités du monde, ou encore d'augmenter les fonctionnalités de ces entités en les dotant d'une dimension virtuelle complémentaire.

Niveaux de médiation utilisateur-monde réel

L'ajout d'un ordinateur porté dans l'espace de la tâche (pour augmenter l'utilisateur [9] et ses performances) permet de modifier directement la boucle d'interaction humain-monde réel et donne ainsi naissance à différents hybrides réel-virtuel pour les entités associées à la tâche. Ceci permet d'envisager du point de vue de l'ordinateur porté plusieurs niveaux de médiation entre l'utilisateur et le monde réel. Nous présentons dans cet article trois niveaux notables que nous avons investigués pour le support à la tâche :

- le premier, l'altération virtuelle, permet de modifier de façon virtuelle l'interface matérielle d'une entité utilisée lors de la tâche (objets, outils, appareils, systèmes informatisés, etc.);
- le second, la virtualisation, abstrait l'interface matérielle existante d'une entité nécessaire à la tâche pour la recréer dans une forme de réalité augmentée;
- le dernier, la diffusion, élimine l'interface matérielle existante en disséminant les fonctionnalités nécessaires à la tâche dans les objets de l'environnement.

Ces niveaux permettent de structurer le rôle d'un ordinateur porté utilisé en tant que support mobile à la tâche et aide à différencier les systèmes portés combinant le réel

et le virtuel. La figure 1 illustre la relation existant entre ces niveaux selon qu'ils permettent d'augmenter l'évaluation (la perception de l'utilisateur est enrichie) et/ou l'exécution (l'action de l'utilisateur est enrichie) [6]. Bien entendu, au fur et à mesure que la mixité réel-virtuel augmente [2] (i.e lorsqu'on se rapproche du point central de la figure 1) l'implémentation de la médiation se complexifie.

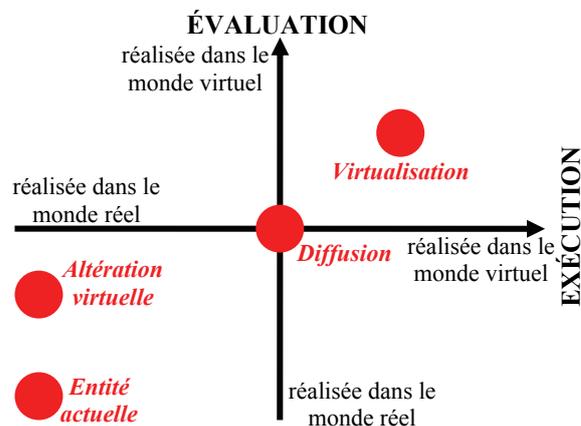


Figure 1 : Médiations utilisateur - monde réel investiguées pour le support mobile à la tâche.

Les sections qui suivent s'attardent sur chacun de ces niveaux de médiation en mettant l'accent sur le soutien de tâches utilisant des appareils ou des systèmes informatisés (i.e. sur l'augmentation d'une interface matérielle à un appareil), ce qui, contrairement à l'augmentation d'entités plus génériques [2], avait été négligé.

ALTÉRATION VIRTUELLE D'INTERFACES MATÉRIELLES POUR LE SUPPORT À LA TÂCHE

L'altération virtuelle vise à modifier les propriétés perçues d'une entité afin de mieux l'adapter aux besoins de l'utilisateur, à ses modèles mentaux ou à la tâche courante. Elle peut ainsi être particulièrement utile pour la modification d'interfaces matérielles d'appareils ou de systèmes informatisés déjà déployés et devant être utilisés au cours d'une tâche donnée. Cette médiation, durant laquelle l'ordinateur porté complète les interactions entre l'utilisateur et l'appareil en altérant subtilement certaines composantes de l'interface perçue, a alors non seulement le potentiel d'accroître la consistance d'une interface matérielle à l'autre mais aussi de guider l'utilisateur lors de la tâche.

Caractéristiques

En ajoutant, par le biais de l'ordinateur porté, une strate virtuelle au-dessus de l'interface matérielle originelle, il devient possible de faire ressortir différentes composantes de l'interface ou d'insérer de l'information sur cette dernière et ce, de façon statique, afin de modifier une interface mal adaptée à un utilisateur ou à une tâche, ou de façon dynamique, pour guider l'utilisateur au cours de

l'exécution d'une tâche (figure 2). Cet "habillage" virtuel (*skinning*) d'une interface réelle peut être apparenté à une synesthésie artificielle [13] n'affectant que les composantes de l'interface utilisée. Dans cette forme de réalité augmentée, l'utilisateur continue à interagir normalement avec les contrôles de la machine mais chacune de ses interactions (regarder une partie de l'interface, appuyer sur un bouton, etc.) devient une entrée implicite pour l'ordinateur portable et est prise en compte pour modifier la vision du monde présentée à l'utilisateur. L'interface hybride résultante est cependant fortement tributaire de l'interface originelle. En effet, afin que l'utilisateur puisse continuer à interagir directement avec les contrôles matériels de la machine, le placement des composantes de l'interface et leurs fonctions ne peuvent être altérés mais leur apparence (leur couleur, leur libellé et sous quelques réserves leur forme) le peut.

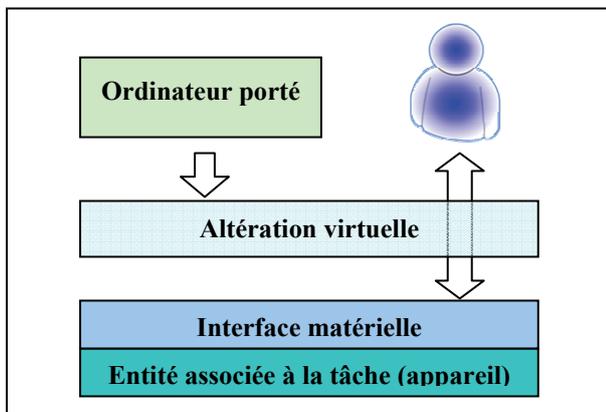


Figure 2 : Médiation reposant sur une interface altérée.

Avantages

L'altération virtuelle peut modifier subtilement et de manière non intrusive une interface mal adaptée à la réalisation d'une tâche (surcharge d'information, différences significatives par rapport aux interfaces d'appareils similaires, chemins d'exécution complexes, etc.). L'altération virtuelle peut ainsi être employée pour :

- simplifier une interface matérielle en faisant ressortir des composantes importantes pour la tâche ou en dissimulant celles qui sont inutilisées;
- forcer en partie l'unification d'interfaces matérielles déjà déployées, en modifiant par exemple la couleur de certaines composantes cruciales communes;
- présenter à l'utilisateur le chemin à suivre pour compléter rapidement une tâche complexe en mettant en relief les composantes à utiliser au fur et à mesure que la tâche progresse.

Cette médiation utilisateur-monde réel permet d'améliorer le temps d'exécution d'une tâche, de favoriser l'émergence de modèles mentaux plus consistants entre plusieurs interfaces initialement différentes et de diminuer la charge cognitive de l'utilisateur. L'altération ne nécessite de plus aucune adaptation de la part de

l'utilisateur car elle préserve les relations et les modes opératoires habituels entre ce dernier et l'appareil. Finalement, elle est relativement facile à implémenter car elle n'implique aucune modification de l'appareil.

Implémentation

Afin de modifier l'interface matérielle d'un appareil utilisé lors de la tâche, l'ordinateur portable doit en premier lieu identifier l'interface à laquelle l'utilisateur fait face ainsi que la position, l'état et les fonctions rattachées à chacune de ses composantes. Pour écarter toute modification majeure à apporter à l'appareil (pour minimiser les coûts d'implémentation et ne pas limiter indûment la portée de ce type de médiation), cette identification doit être réalisée à l'aide d'un senseur externe (par exemple une caméra placée sur le dispositif d'affichage tête haute de l'ordinateur portable). Une fois l'identification de l'interface complétée, cette dernière peut être altérée en temps réel, l'ordinateur portable modifiant les images capturées et les présentant à l'utilisateur via le dispositif d'affichage. À travers l'ordinateur portable, l'utilisateur perçoit une interface hybride : l'interface matérielle de l'appareil complétée par des altérations virtuelles supportant la tâche. Plusieurs problèmes majeurs reliés à la nature mixte de la réalité augmentée doivent de plus être gardés à l'esprit [2].

Illustrations expérimentales

Une étude portant sur l'utilisation d'un four a été réalisée pour comparer les interfaces conventionnelles aux interfaces altérées [11]. Cette étude montre que le temps d'exécution d'une tâche (programmation d'un temps de cuisson) diminue de façon significative (environ 30%) en utilisant une interface altérée plutôt que l'interface originelle. Par l'intermédiaire de l'ordinateur portable, l'interface altérée présentait un bouton « Temps de cuisson » doté d'une couleur orangée, couleur associée à la chaleur (figure 3). Cette étude montre que l'altération virtuelle de l'interface d'un appareil conventionnel est réalisable et, aussi simple soit-elle, qu'elle permet de diminuer le temps d'exécution d'une tâche donnée (figure 4) en mitigeant les faiblesses d'une interface déjà déployée (ici, la grande ressemblance entre tous les boutons de l'interface).



Figure 3 : Interface altérée d'un four (vue générée par l'ordinateur portable - légende texte et flèche ajoutées par la suite pour l'illustration).

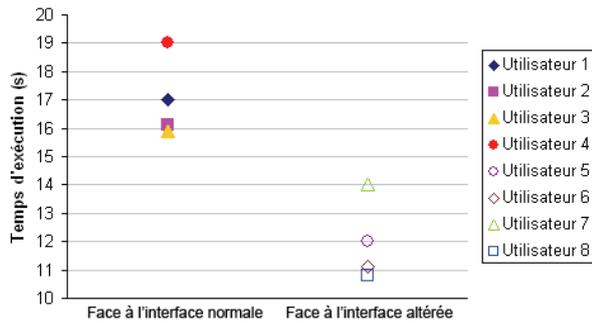


Figure 4 : Temps de programmation d'une cuisson.

VIRTUALISATION D'INTERFACES MATÉRIELLES POUR LE SUPPORT À LA TÂCHE

La virtualisation d'interfaces matérielles propose un support à la tâche plus flexible que l'altération virtuelle car elle étend les possibilités d'adaptation des interfaces matérielles. En dissociant l'interface de la machine et en l'exprimant sous une forme plus logicielle, il devient possible de la recréer virtuellement, de l'altérer mais aussi de la modifier radicalement pour répondre aux besoins spécifiques d'un utilisateur.

Caractéristiques

La virtualisation d'interfaces matérielles introduit un nouveau paradigme d'interaction où l'utilisateur contourne les contrôles physiques propres à certains appareils pour dialoguer avec eux au travers d'une interface virtuelle et spécifique dans une forme de réalité augmentée (figure 5). En dissociant l'interface de la machine, en lui donnant une dimension plus logicielle et en la faisant passer dans le camp de l'utilisateur, ce dernier peut l'adapter pour répondre à ses besoins (apparence, fonctionnalités des composantes, raccourcis respectant la logique interne de la machine, automatisation de commandes, etc.), et pourrait même l'imposer pour dialoguer avec d'autres machines d'une même classe.

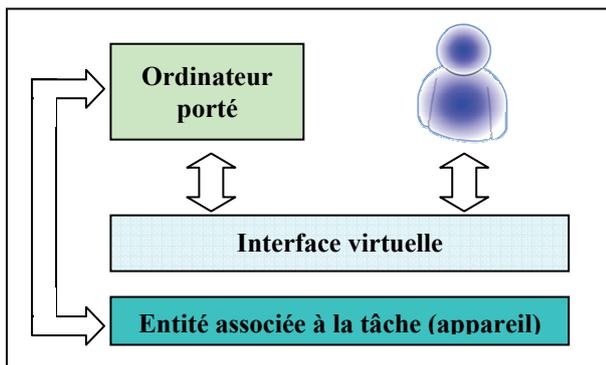


Figure 5 : Médiation reposant sur une interface virtuelle.

La virtualisation d'interfaces matérielles donne un rôle prépondérant à l'ordinateur porté. Contrairement à l'altération, l'ordinateur porté n'est plus limité à compléter le dialogue entre l'utilisateur et l'appareil mais s'interpose dans cette interaction et en façonne les

échanges. Il doit gérer et contrôler une interface virtuelle complète, en tenant compte des manipulations de l'utilisateur, de la transmission des commandes de l'utilisateur à l'appareil et des réponses de ce dernier et idéalement de la registration de l'interface dans le monde réel. Bien entendu, l'utilisateur doit toujours se trouver près de l'appareil lorsque celui-ci fournit une rétroaction physique suite aux interactions.

Avantages

Plusieurs avantages émergent lors de la virtualisation d'une interface matérielle, avantages absents ou peu présents durant l'altération. La virtualisation permet notamment de :

- mieux supporter la tâche en accommodant la diversité des utilisateurs. En leur proposant des interfaces connues, personnelles et répondant mieux à leurs besoins, interfaces auxquelles peuvent se greffer des techniques d'adaptation automatique (cacher les boutons peu souvent utilisés, créer des raccourcis automatiques vers des fonctionnalités de l'appareil, etc.), la virtualisation peut diminuer le temps d'exécution d'une tâche;
- faciliter la standardisation des interfaces, en permettant à chaque utilisateur de dialoguer avec une interface constante, indépendamment du modèle et du fabricant de l'appareil;
- dissocier le développement et la mise à jour de l'appareil et de l'interface, diminuant ainsi les compromis trop souvent faits au dépend de celle-ci.

Comme lors de l'altération d'interfaces, les modes opératoires originaux peuvent être conservés lors de la transition vers une interface virtuelle, afin de minimiser l'adaptation de l'utilisateur à ce nouveau médium. Il est toutefois aussi possible de recourir à des modes opératoires différents, que ce soit pour pallier à des handicaps ou pour tenir compte des conditions environnementales.

Implémentation

L'implémentation d'une interface virtuelle est plus complexe que l'altération d'une interface. D'une part, l'interface matérielle à virtualiser doit être dissociée de l'appareil, abstraite puis transposée à un environnement virtuel. D'autre part, contrairement à l'altération qui peut être appliquée à n'importe quelle interface de n'importe quel appareil, la virtualisation nécessite un lien de communication entre l'ordinateur porté et l'appareil. En effet, il incombe maintenant à l'ordinateur porté d'identifier les interactions de l'utilisateur avec l'interface virtuelle et de relayer par la suite les commandes équivalentes à la machine. Pour ce faire, un module de communication doit être implanté au sein de la machine visée et un protocole doit être défini afin de communiquer les actions de l'utilisateur vers l'appareil, les fonctionnalités supportées par cette dernière ainsi que ses réponses (informations ou rétroaction physique) aux commandes de l'utilisateur. Ceci restreint quelque peu

l'applicabilité de ce niveau de médiation utilisateur-monde réel.

Illustrations expérimentales

Une étude portant sur l'utilisation d'un guichet bancaire compare une interface virtuelle inspirée d'un guichet connu à l'interface matérielle de plusieurs autres guichets traditionnels [10] (figure 6). Bien que le temps d'exécution d'une tâche (retrait d'argent au guichet) est en général plus élevé avec l'interface virtuelle qu'avec l'interface matérielle originelle, l'utilisation d'une interface virtuelle permet dans un cas spécifique d'atteindre un temps d'exécution moyen plus faible que celui enregistré pour un autre guichet matériel inconnu (figure 7). L'utilisation d'une interface virtuelle pourrait donc favoriser la consistance des interfaces entre plusieurs appareils et ainsi réduire le temps d'exécution d'une tâche.



Figure 6 : Composite de l'interface virtuelle perçue d'un guichet bancaire (gauche) et interface originelle (droite).

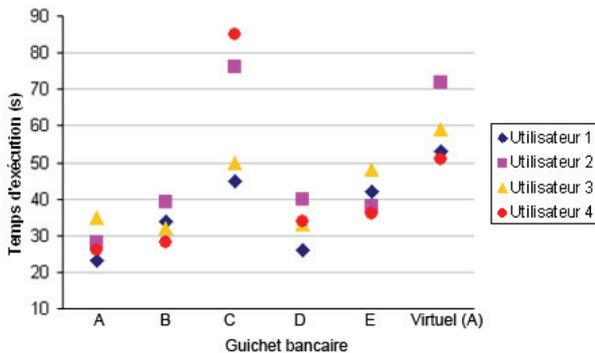


Figure 7 : Temps pris pour le retrait d'argent à des guichets.

DIFFUSION D'INTERFACES MATÉRIELLES À MÊME L'ENVIRONNEMENT

La diffusion de l'interface matérielle d'un appareil à même l'environnement s'inscrit dans la continuité de l'altération et de la virtualisation. Au lieu d'augmenter l'interface matérielle d'un appareil en l'altérant ou en la virtualisant, nous cherchons à l'augmenter en la distribuant à travers les autres entités associées à la tâche. En transposant en premier lieu les fonctionnalités de l'appareil vers l'ordinateur porté (émulation ou accès à distance), ces fonctionnalités peuvent ensuite être disséminées au sein de l'environnement pour rendre leur accès plus facile et, idéalement, moins coûteux en terme de temps d'exécution, de charge perceptuelle et cognitive, etc. Plus une tâche fait appel à des entités physiques (objets, appareils, personnes, etc.), plus l'interface des appareils associés à la tâche devrait être intégrée au monde

réel. Ainsi, au lieu de forcer l'utilisateur à interagir avec ces appareils à travers des intermédiaires (périphériques d'entrée/sortie traditionnels) ou des espaces artificiels (interfaces graphiques conventionnelles par exemple), les fonctionnalités de ces appareils devraient être directement accessibles à partir de l'environnement de l'utilisateur. Cependant, contrairement aux interfaces tangibles [8, 16] (qui visent à éliminer les distinctions entre les représentations de l'information à manipuler et les contrôles facilitant cette manipulation), il ne s'agit pas ici de donner une présence physique à des informations virtuelles mais plutôt d'associer à des entités de la tâche des fonctionnalités qui pourront être activées par des manipulations de l'utilisateur. Par rapport au modèle instrumental de Beaudoin-Lafon [3], les entités réelles associées à la tâche deviennent à la fois les objets du domaine et les instruments d'interaction. Une telle médiation entre l'utilisateur et le monde réel permettrait d'aboutir, à terme, à un support à la tâche intégrant les fonctionnalités des appareils de la tâche et qui, du point de vue de l'utilisateur, émanerait de l'environnement, des entités associées à la tâche (figure 8).



Figure 8 : Diffusion de l'interface d'un appareil à même les objets associés à la tâche.

Caractéristiques

Trois aspects clés caractérisent la diffusion d'une interface matérielle dans l'environnement:

- elle fait appel à une correspondance entre des entités physiques, des actions spécifiques et des fonctionnalités offertes par l'ordinateur porté (fonctionnalités provenant initialement de l'appareil);
- elle permet de distribuer le support à la tâche (et donc l'interface matérielle originelle) à travers plusieurs objets de l'environnement requis lors de la tâche;
- elle donne naissance à des objets augmentés qui possèdent des propriétés et fonctionnalités à la fois réelles et virtuelles.

En fonction de l'ensemble de ses propriétés réelles, de son rôle dans la tâche et du contexte, chaque entité à laquelle s'intéresse l'utilisateur rend accessible des fonctionnalités diffusées de l'appareil, supportant ainsi la tâche dans le monde réel (figure 9). Les objets de la tâche se transforment essentiellement en périphériques: ils

deviennent l'interface à l'ordinateur porté et donc aux fonctionnalités de l'appareil.

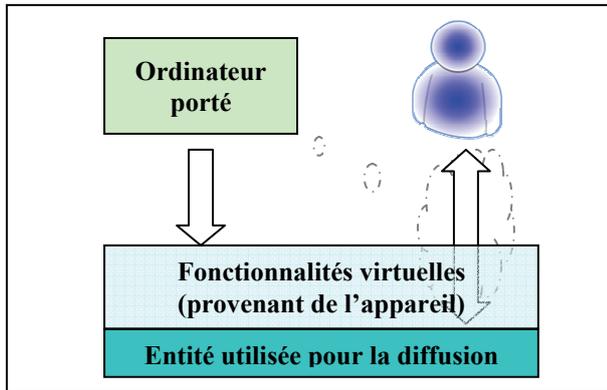


Figure 9 : Médiation via une diffusion.

Avantages

Les avantages de la diffusion sont multiples. Elle permet, en premier lieu, de faire disparaître l'interface de l'appareil qui n'a plus sa raison d'être puisque l'environnement dans lequel évolue l'utilisateur la remplace. Pour ce faire la diffusion met à profit la capacité des utilisateurs à explorer et à manipuler les objets de la tâche et leur connaissance instinctive du monde réel. En second lieu, toute interaction avec une entité associée à la tâche peut éventuellement servir de requête pour accéder aux fonctionnalités diffusées de l'appareil et ce de façon explicite (à travers une manipulation dédiée, artificiellement conçue pour être reconnue par l'ordinateur porté) ou implicite (à travers des manipulations se produisant naturellement au cours de la tâche). Finalement, la diffusion améliore la cohérence globale de la tâche et encourage fortement le support à évoluer de concert avec la tâche et non plus en vase clos.

Implémentation

L'implémentation de la diffusion est basée sur trois aspects fondamentaux :

- les entités nécessaires à l'accomplissement de la tâche, généralement des objets de l'environnement;
- les fonctionnalités ou informations fournies par l'ordinateur qui serviront à augmenter ces entités;
- la superposition des espaces réels et virtuels, c'est-à-dire, idéalement, une absence de discontinuité entre le réel et le virtuel pour la perception et l'action [5].

La difficulté majeure de l'implémentation d'une telle médiation réside dans le troisième aspect, sans lequel l'ordinateur porté ne peut s'effacer pour laisser place aux objets et à la tâche. En effet, la superposition des espaces réel et virtuel nécessite à la fois une sensibilité au contexte [14] afin de détecter les actions de l'utilisateur et les quantifier, une logique interne reposant sur une analyse de la tâche pour accéder aux fonctionnalités associées (logique reflétant l'interruptibilité des tâches et les utilisations novatrices des entités associées à la tâche)

et des mécanismes permettant de présenter de l'information à différents niveaux de l'attention humaine. Pour ce dernier élément, il est bien entendu possible de réutiliser des techniques présentées pour l'altération (modification des propriétés des objets de l'environnement pour véhiculer de l'information à l'utilisateur, par exemple via une forme de synesthésie artificielle [13]).

De plus, l'implémentation de la diffusion passe par une étude de l'emploi des entités associées à la tâche et de leur signification pour l'utilisateur. Ainsi, une relation complémentaire devrait exister entre la partie réelle d'un objet (ses aspects multi-sensoriels et tangibles) et la partie virtuelle associée (ses aspects dynamiques permettant de soutenir la tâche). Transformer les objets de la tâche en conteneurs d'information virtuelle ou en points d'entrée à des fonctionnalités offertes au travers de l'ordinateur porté n'est donc pas un défi purement technique.

Illustrations expérimentales

Plusieurs prototypes de diffusion ont déjà été implémentés. Par exemple, une application destinée à supporter la lecture cartographique a été développée (figure 10). Un utilisateur explorant des lieux géographiques d'intérêt sur une carte peut ainsi accéder implicitement à des informations virtuelles complémentaires. En dotant ces lieux d'une dimension virtuelle accessible par le toucher (geste implicite marquant l'intérêt), l'objet principal utilisé pour accomplir la tâche est augmenté. Cette application illustre la diffusion de l'interface d'un système ressemblant à celui proposé par Fitzmaurice [7] (pour montrer l'implémentation d'espaces informationnels situés). En diffusant l'interface matérielle dans l'environnement grâce à l'ordinateur porté, le support à la tâche est maintenant accessible à travers des gestes ou des modalités naturellement associés à la manipulation d'une carte, contrairement au système de Fitzmaurice qui se fie à la position même du système dans un espace artificiel.

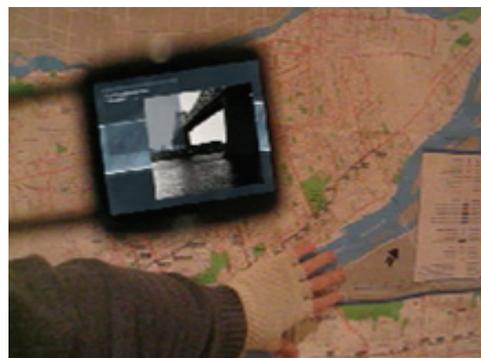


Figure 10 : Utilisation d'une carte géographique augmentée.

Une autre application développée [12] pour illustrer la diffusion reprend l'exemple du guichet bancaire. Au lieu de virtualiser l'interface du guichet, cette dernière est diffusée à travers l'entité principale associée à la tâche.

Cette application met ainsi à profit le lien fort existant pour l'utilisateur entre ses données financières et sa carte bancaire qui est directement utilisée pour représenter et accéder au solde (figure 11). En plaçant la carte dans son champ visuel (signifiant implicitement son intérêt pour l'objet et donc pour les informations qu'il représente), l'utilisateur est en mesure d'obtenir quasi-instantanément le solde du compte lié à la carte, solde qui est superposé à la carte dans la vue présentée par l'ordinateur porté. Cet objet augmenté permet d'obtenir le solde du compte plus rapidement qu'il ne serait possible de le faire avec des moyens traditionnels. Comparé à ces derniers, la diffusion permet à l'utilisateur d'accéder aux fonctionnalités du guichet (rendues accessibles via l'ordinateur porté) par le biais d'actions naturelles liées à l'unique entité associée à la tâche. Bien entendu, la diffusion a aussi ses limites. Ainsi, il est évident que toute opération nécessitant une rétroaction physique (i.e. délivrer des billets de banque pour le guichet), n'est envisageable que lorsque l'utilisateur se trouve à proximité de l'appareil original.



Figure 11 : Diffusion pour le support à une tâche bancaire.

Même si ces applications sont relativement simples, elles montrent que la diffusion est applicable à des tâches usuelles (sensibilité au contexte, manipulations implicites et explicites, présentation d'information à travers l'environnement) et illustrent les possibilités qu'une telle médiation offre pour accéder à une nouvelle dimension de la réalité, dimension dédiée au support à la tâche.

COMPARAISON DES NIVEAUX DE MÉDIATION

Découlant de ce qui précède, le tableau 1 présente les principaux facteurs pouvant être utilisés pour sélectionner, lors de la conception d'un support à la tâche porté, l'un ou l'autre des types de médiation présentés. La sélection d'un niveau particulier sera bien entendu aussi influencée par la nature de la tâche et des entités qui lui sont associées (objets génériques, appareils ou systèmes informatisés). L'idée récurrente n'est pas d'effectuer une réingénierie de la tâche pour la rebâtir autour de l'ordinateur porté mais plutôt d'introduire l'ordinateur porté (et les techniques d'interactions associées) au sein de la tâche à supporter.

TRAVAUX FUTURS

À la lumière de nos expériences, nous pouvons supposer qu'une médiation humain-monde réel réalisée par le biais de l'ordinateur porté peut s'avérer bénéfique dans de nombreux domaines. Que ce soit à l'aide de l'altération, de la virtualisation ou de la diffusion, un ordinateur porté peut contribuer de façon significative au support à la tâche. Afin de valider cette hypothèse, nous pousserons à court terme plus avant le développement indépendant de ces trois niveaux de médiation, tant sur le plan pratique (en améliorant la robustesse de nos différentes plateformes) que théorique (en menant des études plus poussées et à plus grande échelle de nos prototypes). À moyen terme, il pourrait être intéressant de réaliser une étude comparative de ces trois niveaux de médiation et ce, pour une même tâche. Nous pourrions par exemple comparer le processus d'obtention du solde d'un compte bancaire par le biais :

- d'une solution en ligne (sur Internet);
- d'un guichet bancaire traditionnel;
- d'un guichet dont l'interface est altérée;
- d'un guichet bancaire dont l'interface est virtualisée;
- et d'une carte bancaire augmentée via une diffusion de l'interface du guichet.

À long terme, les types de médiation présentés ont le potentiel de changer notre façon d'accomplir des tâches. L'introduction d'objets augmentés, virtuels, ou subtilement altérés nous conduira à réévaluer notre rapport et nos interactions avec l'environnement.

Facteur \ Type de médiation	Altération virtuelle	Virtualisation	Diffusion
Rôle de l'ordinateur porté	Faible	Important	Très important
Rôle des entités originelles associées à la tâche	Important	Moyen	Très important
Degré de modification du monde perçu	Faible	Moyen	Important
Modifications du processus et des modes opératoires utilisés pour accomplir la tâche	Faibles	Moyennes	Importantes
Modifications requises au niveau du monde réel	Faibles	Importantes	Moyennes
Difficulté d'adoption du support à la tâche	Faible	Moyen	Moyen
Complexité d'implémentation	Faible	Moyenne	Importante

Tableau 1 : Facteurs de sélection d'un niveau de médiation.

CONCLUSION

Cet article a présenté l'état de nos recherches sur l'utilisation d'ordinateurs portés pour le support mobile à la tâche. Sa contribution principale est d'exposer les caractéristiques et les avantages de trois niveaux de médiation utilisateur-monde réel et plus particulièrement de trois niveaux de médiation utilisateur-appareil. Nos prototypes actuels ainsi que nos expériences les plus récentes montrent que la médiation utilisateur-appareil permet de supporter des tâches simples. Cette avenue de recherche semble donc prometteuse et pourrait à terme cristalliser le rôle de l'ordinateur porté comme agent personnel mobile et encourager l'apparition de nouveaux types d'objets, hybrides entre le réel et le virtuel.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les relecteurs anonymes pour leurs commentaires constructifs et les discussions qu'ils ont générés. Nos travaux sont supportés par deux subventions CRSNG du Canada et une subvention du FQRNT.

BIBLIOGRAPHIE

1. Abowd G.D. & Mynatt E.D., Charting past, present and future research in ubiquitous computing, in Carroll J.M. ed. *Human-Computer Interaction in the new millennium*, Addison-Wesley, 2002, pp.511-536.
2. Azuma R.T., A Survey of Augmented Reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol.6 No.4, 1997, pp.355-385.
3. Beaudoin-Lafon M., Instrumental Interaction : An Interaction Model for Designing Post-WIMP User Interfaces, in *Proceedings CHI 2000*, The Hague, Netherlands, ACM Press, 2000, pp.446-453.
4. Billinghamurst M. & Starner T., Wearable Devices: New Ways to Manage Information, *IEEE Computer*, Vol.32 No.1, 1999, pp.57-64.
5. Dubois E. & Nigay L., Augmented Reality: Which Augmentation for which Reality?, in *Proceedings of DARE 2000 on Designing Augmented Reality Environments*, ACM, 2000, pp.165-166.
6. Dubois E., Nigay L., Troccaz J., Chavanon O. & Carrat L., Classification Space for Augmented Surgery: an Augmented Reality Case Study, in *Proceedings of Interact'99*, Edinburgh, United Kingdom, IOS Press, 1999, pp.353-359.
7. Fitzmaurice G.W., Situated information spaces and spatially aware palmtop computers, *Communications of the ACM*, Vol.36 No.7, 1993, pp.39-49.
8. Ishii H. & Ullmer B., Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, in *Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97)*, Atlanta, U.S.A., ACM, 1997, pp.234-241.
9. Mackay W., Augmented reality: linking real and virtual worlds: a new paradigm for interacting with computers, in *Proceedings of the working conference on Advanced Visual Interfaces*, L'Aquila, Italy, ACM Press, 1998, pp.13-21.
10. Plouznikoff A., Plouznikoff N. & Robert J.-M., Virtualisation d'interfaces matérielles par l'intermédiaire d'un ordinateur porté, in *Compte rendu de la 17ième Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM'05)*, Toulouse, France, ACM Press, International Conference Proceedings Series, Septembre 2005, pp.287-290.
11. Plouznikoff A., Plouznikoff N., Robert J.-M. & Desmarais M., Enhancing Human-Machine Interactions: Virtual Interface Alteration through Wearable Computers, in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI'06)*, Montréal, Canada, ACM Press, to appear in April 2006.
12. Plouznikoff N., Plouznikoff A. & Robert J.-M., Object Augmentation through Ecological Human - Wearable Computer Interactions, in *Proceedings of the 2005 International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob2005)*, Montréal, Canada, IEEE, August 2005, pp.159-164.
13. Plouznikoff N., Plouznikoff A. & Robert J.-M., Artificial Grapheme-Color Synesthesia for Wearable Task Support, in *Proceedings of the 9th International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05)*, Osaka, Japan, IEEE, October 2005, pp.108-111.
14. Plouznikoff N. & Robert J.-M., Caractéristiques, enjeux et défis de l'informatique portée, in *Compte rendu de la 16ième Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine (IHM'04)*, Namur, Belgique, ACM Press, International Conference Proceedings Series, Septembre 2004, pp.125-132.
15. Starner T., The Challenges of Wearable Computing: part 1&2, *IEEE Micro*, Vol.21 No.4, 2001, pp.44-67.
16. Ullmer B. & Ishii H., Emerging frameworks for tangible user interfaces, *IBM Systems Journal*, Vol.39 No.3&4, 2000, pp.915-931.
17. Weiser M., The computer for the twenty-first century, *Scientific American*, Vol.265 No.3, 1991, pp.94-104.