

## INTERFACES HOMME-MACHINE

# Agir avec doigté en trois dimensions

**Le clavier et la souris resteront-ils les seules interfaces standard des ordinateurs ? De nombreuses équipes dans le monde développent de nouvelles techniques d'interaction avec la machine, plus intuitives, en particulier fondées sur le toucher.**

Commercialisé en 2007, le smartphone de la firme Apple, le fameux iPhone, doit une part de son succès au choix fait par ses concepteurs en matière d'interface : pour commander une action, l'utilisateur pose ou déplace ses doigts sur l'écran. Curieusement, les interactions dites tactiles sont apparues aux yeux du public comme une invention majeure, alors qu'elles existent depuis longtemps (bornes de réservation de billets dans les gares, cinémas... entre autres). Le phénomène nouveau, en revanche, est que ce type d'interaction est en passe d'envahir notre environnement. Mais pour quels usages et sous quelles formes ? Ces questions sont au cœur du projet *Instinct\** qui porte sur les interactions tactiles avec des univers tridimensionnels.

Les interfaces tactiles ont en fait un peu plus d'une trentaine d'années et s'appuient sur différents principes technologiques selon les cas (voir l'encadré). C'est en 1972, dans un laboratoire de l'université d'Illinois (Etats-Unis), qu'a en effet été conçu le premier écran tactile : Plato IV. Il était destiné à des applications pédagogiques de type questions/réponses, avec la possibilité d'utiliser 176 emplacements (mailles d'un quadrillage de 16 colonnes sur 16 lignes). Douze ans plus tard apparaît le premier écran détectant plusieurs contacts : il est développé au sein des Bell Labs (Murray Hill, Etats-Unis). Ce système d'interaction dite multi-points (*multitouch* en anglais) permet de manipuler des objets graphiques à l'aide de plusieurs doigts.

Un nouveau pas est franchi en 1997, au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), avec la conception du *MetaDesk*, un système d'interaction dit tangible : l'interaction se fait alors *via* des objets que l'utilisateur déplace sur un écran horizontal qui sert également de surface tactile, d'où son nom de table tactile. Cette approche sera enrichie quelques années plus tard au *Georgia Institute of Technology* (Atlanta, Etats-Unis) avec le *Perceptive Workbench* : ce sont alors les gestes de l'utilisateur qui sont détectés, au-dessus d'un écran, pour visualiser des objets et les manipuler. Le laboratoire MERL de Mitsubishi (Cambridge, Etats-Unis) en étendra le principe à plusieurs utilisateurs, ce qui donnera naissance en 2006 à la table *DiamondTouch*.

De son côté, Microsoft présente son produit *Surface* en 2005, une interface multi-points autorisant l'interaction avec des objets posés sur sa table tactile. Par ailleurs, son nouveau système d'exploitation (*Seven*) intègre des fonctionnalités capables de gérer les interactions tactiles. Mais c'est l'iPhone qui a permis de diffuser massivement auprès du public ce mode d'interaction homme-machine. L'un des avantages des interfaces tactiles est le sentiment qu'elles donnent à l'utilisateur d'interagir avec l'ordinateur de manière beaucoup plus intuitive qu'avec un clavier ou une souris. C'est exactement ce que voulait montrer la vidéo diffusé en 2006 par Jefferson Han, consultant au département d'informatique de l'Institut Courant de mathématiques (université de New York, Etats-Unis)\* : elle visualisait leurs potentialités dans toutes sortes de secteurs (graphisme, cartographie, activités ludiques, artistiques ou scientifiques, etc.). Or il faut bien reconnaître qu'à ce jour les interactions tactiles utilisées dans les applications commercialisées n'autorisent que des opérations très élémentaires : validation d'un choix d'action, défilement linéaire de listes, manipulation d'images bidimensionnelles dans un plan (translation, rotation, zoom, redimensionnement...). Par exemple, pour consulter le réper-

toire d'un téléphone mobile doté d'un écran tactile, l'utilisateur déplace son doigt de haut en bas ou de bas en haut pour faire défiler la liste de contacts, la vitesse de défilement étant proportionnelle à celle du doigt. Ou encore, la pose du doigt sur un contact permet de déclencher un appel téléphonique. Autre exemple : sur une table tactile, il est possible, pour un gestionnaire de collection d'images, de sélectionner une photo, de la déplacer sur la table pour l'étudier avec plusieurs personnes, puis éventuellement de la redimensionner avant de la re-archiver dans sa collection.

(3 D). Le projet Instinct vise précisément à développer des techniques d'interaction, pour le grand public, qui permettent à chacun d'explorer des univers 3 D en utilisant ses doigts. Pour ce faire, nous avons choisi les centres de culture scientifique, technique et industrielle (CCSTI) comme contexte d'expérimentation, en particulier Cap Sciences (Bordeaux). Mais plus généralement, nos travaux intéressent tous les espaces d'exposition où le grand public vient découvrir des présentations déployées sous forme d'applications tridimensionnelles interactives. Exemple : la présentation d'une collection d'objets



© INRIA-IPARLA

Fig. 1 : A gauche, un utilisateur manipule un modèle tridimensionnel de théière avec une main, via une interface tactile. A droite, le même modèle de théière est manipulé par l'utilisateur mais avec les deux mains.

On est donc encore loin de toutes les possibilités offertes par l'utilisation d'interfaces classiques comme la souris. D'où la nécessité d'étendre et d'enrichir les fonctionnalités accessibles par les doigts. L'invention de nouveaux usages sera en effet la clé du succès sur le long terme de ces nouvelles interfaces. Pour notre part, nous nous intéressons aux interactions avec des images numériques\* d'espaces tridimensionnels. Les applications concernent une multiplicité de domaines : jeux vidéo, conception architecturale, aménagement intérieur d'une maison, simulation de phénomènes physiques ou biologiques. Dans tous ces exemples, nous avons de plus en plus besoin de manipuler des objets tridimensionnels ou bien de nous déplacer dans un environnement à trois dimensions. Comment est-ce possible via des interfaces tactiles ?

Aujourd'hui, seules des interactions tactiles de nature bidimensionnelle sont proposées dans les produits grand public, c'est-à-dire des interactions dont le résultat s'exprime dans un espace à deux dimensions (2 D). Celles-ci suffisent amplement s'il ne s'agit, par exemple, que de consultations d'images comme celles d'un album photo. Mais, autre exemple, si un utilisateur veut visualiser le véhicule de ses rêves avant de l'acheter, il doit pouvoir tourner autour, en visiter l'intérieur, etc. Les interactions avec la machine, c'est-à-dire les actions comme leurs résultats, doivent alors se dérouler dans un univers en trois dimensions

ayant marqué notre histoire, comme les premiers véhicules autonomes. Traditionnellement, le visiteur parcourt les salles abritant ces objets et il dispose au mieux d'une notice explicative pour l'éclairer.

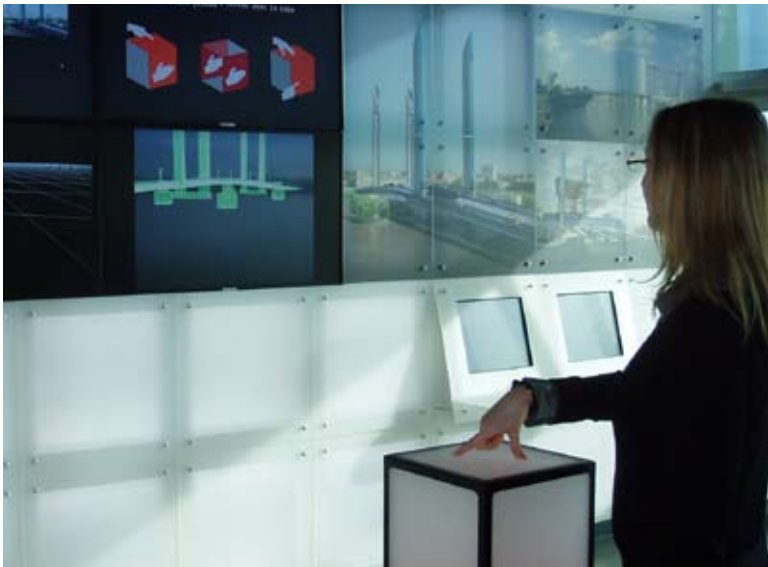
Or on peut imaginer la même collection d'objets archivés sous forme de modèles 3 D et consultable via des écrans tactiles. L'utilisateur pourrait alors les examiner de l'extérieur mais aussi les « démonter virtuellement » pour en découvrir la logique de fabrication, puis les réassembler, ou encore les animer pour comprendre la dynamique de leur moteur et de leur transmission, voire prendre la place du pilote afin d'appréhender sa perception de l'environnement... autant d'actions qu'il est impossible de réaliser dans les musées tels que nous les connaissons aujourd'hui.

Cet exemple est illustratif de la philosophie du projet : favoriser l'émergence de nouveaux types d'applications qui permettront à un large public de mieux comprendre, mieux apprendre, mieux analyser ou encore mieux concevoir. Le programme de travail du projet Instinct débute par des expérimentations en vraie grandeur, c'est-à-dire en confrontant le public à nos propositions d'interfaces tactiles tridimensionnelles. D'ores et déjà, les retours semblent plutôt positifs : la plupart des utilisateurs interrogés en apprécient la facilité de manipulation. Ils n'hésitent pas à poser leurs doigts sur la surface tactile et à observer

\* Le projet Instinct est un projet labellisé en 2009 par l'Agence nationale de la recherche (ANR) et qui réunit quatre partenaires : deux équipes Inria (Iparla et Alcove), l'entreprise bordelaise Immersion et le Centre de culture scientifique, technique et industrielle Cap Sciences (Bordeaux). Voir : <http://anr-instinct.cap-sciences.net>

\* Voir le site : <http://cs.nyu.edu/~jhan/ftitouch/index.html>

\* Une image numérique bidimensionnelle, qu'elle soit acquise (à partir d'un appareil photo, d'un scanner...) ou créée par synthèse, est représentée par une matrice à deux dimensions de valeurs numériques, ou pixels.



© IMMERSION – CAP SCIENCES.

Fig. 2 : Manipulation d'un modèle de pont avec l'interface tactile de forme cubique, CubTile, développée par la société Immersion.

les résultats produits par leurs mouvements. Autrement dit, la suppression du périphérique physique (souris ou joystick) semble réduire les inhibitions.

Seconde étape : proposer des interactions faciles à utiliser et/ou efficaces. Pour atteindre cet objectif, nous explorons plusieurs pistes et en premier lieu la création d'un langage de gestes<sup>(1)</sup>. Par exemple, pour définir la rotation d'un objet affiché sur l'écran, il s'agit de trouver la combinaison la plus pertinente entre plusieurs possibilités : deux doigts d'une même main qui pivotent, ou bien un doigt de la main non dominante qui est posé et reste fixe plus un doigt de l'autre main qui effectue un arc de cercle<sup>(2)</sup>. . . Là encore nous nous fondons sur des tests avec des utilisateurs afin de mesurer leurs performances (les rotations sont-elles bien celles demandées ?)<sup>(3)</sup>, d'évaluer leur confort (ressentent-ils de la fatigue, voire des douleurs en cas d'utilisation répétée ?) et finalement de recueillir leur sentiment (ont-ils apprécié ce fonctionnement ?) (fig.1).

Nous explorons ensuite d'autres paramètres de l'interaction tactile, de manière à enrichir la localisation du point de contact par la prise en compte de la pression exercée par le doigt ou de son orientation par rapport à la surface. Il est également important d'intégrer la perception physique : comment simuler, avec un dispositif purement passif (l'écran tactile), la sensation éprouvée lorsque l'on clique sur la souris ou que l'on déplace un joystick<sup>(4)</sup> ? Enfin, nous réfléchissons au type de support physique de l'interaction : on peut par exemple imaginer de séparer la surface de visualisation (l'écran) de la surface d'interaction, ou bien proposer plusieurs surfaces d'interaction séparées, les mains se déplaçant alors en fonction de la fonctionnalité souhaitée<sup>(5)</sup>. Là encore des tests utilisateurs, tant quantitatifs que qualitatifs, sont indispensables (fig. 2).

Tous les développements réalisés dans le cadre du projet Instinct auront bien sûr des retombées dans une multitude d'applications professionnelles, pour lesquelles les interfaces s'appuieront sur des principes similaires. Il ne fait également aucun doute que les interactions homme-machine de demain seront différentes de celles dont nous sommes coutumiers : elles passeront aussi par les doigts, par les gestes. . . En outre, les nouvelles interfaces ne resteront pas cantonnées dans les ordinateurs mais pénétreront massivement d'autres équipements de la vie quotidienne. A noter enfin que leur développement n'est pas qu'une question de technologie. L'utilisateur étant au cœur du processus d'interaction, il est indispensable de prendre en compte les facteurs humains et les processus cognitifs dès la conception. D'où la nécessité d'associer des compétences en informatique, en sciences cognitives, en design. . . pour créer des systèmes à la fois performants et acceptés par le plus grand nombre.

**Pascal Guitton** est professeur d'informatique à l'université Bordeaux 1. Membre du Laboratoire bordelais de recherche en informatique (Labri), il est responsable scientifique de l'équipe-projet Iparla (Inria Bordeaux-Sud-Ouest, université Bordeaux 1, CNRS).

## Quelques techniques d'interfaces tactiles

Les principaux équipements d'interaction tactile existant aujourd'hui (écrans tactiles, tables tactiles. . .) s'appuient sur plusieurs types de technologies :

- la technologie dite résistive : elle est fondée sur le contact entre deux surfaces conductrices électriques produit par la pression d'un doigt.
- la technologie dite capacitive : l'écran est surmonté d'une couche accumulant des charges électriques qui transitent par le doigt de l'utilisateur en cas de contact.
- les émetteurs d'ultrasons : ils diffusent un ensemble d'ondes dont la progression est modifiée par le contact d'un doigt sur la surface.

Cette perturbation est ensuite analysée pour localiser le contact.

- les diodes infrarouge : placées sur le bord de l'écran, elles émettent un rayonnement dont la réflexion est modifiée par le contact d'un doigt. L'analyse de cette perturbation, détectée par une caméra, permet la localisation du contact.
- une approche plus récente consiste à placer une ou plusieurs caméras derrière l'écran pour filmer l'écran (translucide) et y détecter puis localiser les bouts de doigts de l'utilisateur. Naturellement cette configuration nécessite un volume suffisant pour intégrer le projecteur qui projette l'image sur l'écran et les caméras.

<sup>(1)</sup> M. Hachet et al., *International Journal of Human Computers Studies* (67, n°3), pp. 225-236, 2009

<sup>(2)</sup> T. Moscovich et J. Hughes, *Proc. of CHI'08*, pp. 1275-1284, 2008

<sup>(3)</sup> H. Benko et al., *Proc. of ACM CHI'06*, pp. 1263-1272, 2006

<sup>(4)</sup> M. Biet et al., *Proc. of Haptics Symposium'08*, IEEE Computer Society, pp. 41-48, 2008

<sup>(5)</sup> J. B. De La Rivière et al., *Proc. of ACM Symposium on VRST*, pp. 69-72, 2008