

Espace de Caractérisation des Interactions Gestuelles Physiques sur Dispositifs Mobiles

Mathias Baglioni^{1, 2}

Eric Lecolinet¹

Yves Guiard¹

¹TELECOM ParisTech – CNRS LTCI
46 rue Barrault
75013, Paris, France
elc@enst.fr, yves.guiard@enst.fr

²Alcatel-Lucent Bell Labs France
Centre de Villarceaux, Route de Villejust
91620, Nozay, France
baglioni@enst.fr

RESUME

L'interaction sur dispositifs mobiles est devenue au cours de ces dernières années un enjeu majeur de l'IHM. Les moyens d'interaction limités (écran tactile de taille réduite, clavier physique souvent absent) et la difficulté de gestion des services en situation de mobilité ont poussé les concepteurs à trouver de nouvelles techniques pour interagir. Cet article s'intéresse à celles qui utilisent les gestes comme langage d'entrée. Les gestes permettent d'augmenter la bande passante interactionnelle et de répondre ainsi aux contraintes de la mobilité. Dans cet article, nous présentons un espace de caractérisation visant à décrire l'ensemble des techniques d'interaction gestuelles physiques existantes (le mobile devient l'objet même de l'interaction) répondant aux problèmes spécifiques des dispositifs mobiles.

MOTS CLES : Techniques d'interaction, interaction mobile, langage gestuel, interaction physique, interaction incarnée.

ABSTRACT

Mobile interaction has become one of the most prominent fields in HCI. Because interaction resources are limited (small sized screen, no physical keyboard), and due to the specific constraints involved in mobile usage, many new interaction techniques have been proposed for handheld devices in recent years. This paper reviews the state of the art for gesture-based physical interaction and the techniques that rely on this concept. We also propose a design space aimed at classifying the existing techniques in regards to the specific issues involved in mobile interaction.

CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS: H.5.2 [Information Interfaces And Presentation]: User Interface. I.3.6 [Methodology and Techniques]: Interaction techniques.

GENERAL TERMS: Design, Human Factors.

KEYWORDS: Mobile device, interaction technique, gestural language, physical interaction, embodied interaction.

INTRODUCTION

Le nombre croissant de dispositifs mobiles dans notre quotidien les place au cœur de l'interaction homme-machine. Ces dernières années ont vu apparaître de nombreuses techniques d'interaction (TapTap [32], Back-of-device interaction [5]) ou de visualisation (Halo [6], AppLens [16]) afin de palier les limitations de ces dispositifs (petit écran, entrées limitées). L'intégration de nouveaux capteurs (accéléromètre, gyroscope, caméra, boussole...), permettant de détecter les mouvements et orientations du mobile ou de l'utilisateur qui le manipule, apporte de nouvelles possibilités d'interaction fondées sur les gestes que l'utilisateur réalise avec son dispositif. De par leur facteur de forme (petite taille, poids), leur connectivité (Bluetooth, Wifi, GSM...), leurs spécificités d'usage (l'utilisateur a en permanence le dispositif sur lui), les terminaux mobiles sont particulièrement adaptés à ce nouveaux type d'interaction.

Plusieurs taxonomies ont déjà été réalisées dans le domaine de l'interaction mobile [31], l'interaction gestuelle [15], ou l'interaction ubiquitaire [3]. Certaines études s'intéressent à des interactions mobiles plus spécifiques comme [26] et [36] qui sont consacrées à l'entrée de texte sur dispositifs mobiles. D'autres [e.g. 19, 35] traitent de la question de la visualisation d'information sur les surfaces d'affichage, et plus particulièrement sur les écrans de petite taille dans [1]. Cependant, à notre connaissance, il n'existe pas réellement de taxonomie sur l'interaction gestuelle physique (*physical and embodied*, i.e. utilisant le mobile comme périphérique d'entrée) sur mobiles. C'est pourquoi nous pro-

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 2009, 13-16 Octobre 2009, Grenoble, France

Copyright 2009 ACM 978-1-60558-461-4/09/10 ...\$5.00.

posons un espace de caractérisation ayant à la fois un objectif descriptif, comparatif et génératif [7]. Cet espace vise en effet :

- à recenser les techniques existantes d'interaction gestuelle sur mobile,
- à évaluer et comparer entre elles ces différentes techniques,
- et à faciliter la création et la génération de nouvelles techniques.

L'espace proposé est dédié aux interactions utilisant des capteurs favorisant une interaction gestuelle avec le mobile comme périphérique d'entrée. Nous ne traitons donc pas les interactions basées sur l'utilisation d'écrans tactiles [2, 33] ou de claviers [39], ni celles utilisant un micro comme dans [22]. En exposant cet espace nous présenterons divers exemples de l'état de l'art puis nous concluons.

DEFINITION DE L'ESPACE DE CARACTERISATION

En nous appuyant sur les travaux de Roudaut [31] (interaction mobile), de Karam [15] (interaction gestuelle) et de Ballagas [3] (interaction ubiquitaire) nous avons défini un espace de caractérisation s'articulant autour de six dimensions : la technologie, le type de mouvement, la nature du geste, le type de contrôle, le mode de retour d'information et le contexte d'interaction (Fig. 1 et 2).

Les cinq premières dimensions sont indépendantes, et le contexte représente une dimension complémentaire se définissant en parallèle des précédentes.

Nous nous sommes également inspirés des définitions présentes dans [8, 38, 15] pour définir les termes utilisés pour caractériser les gestes. Cadoz [8] catégorise les gestes selon leur fonction, distinguant les gestes épistémiques, ergotiques et sémiotiques. Les gestes épistémiques servent à explorer le monde physique, par exemple lorsque nous touchons un mur pour en apprécier

le relief. Les gestes ergotiques nous permettent d'agir sur les objets présents dans ce monde, comme lorsque nous attrapons une pomme pour la manger. Enfin les gestes sémiotiques sont ceux qui nous permettent de communiquer avec nos semblables (gestes accompagnant la parole, langage des signes, etc.).

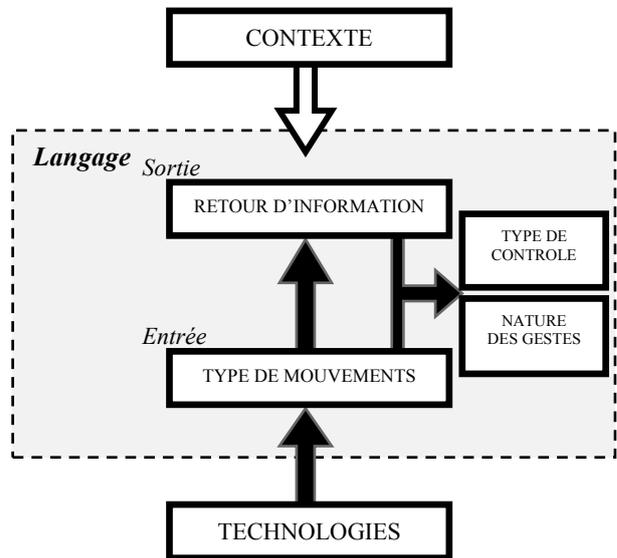


Figure 1 : Dimensions de l'espace de caractérisation : les technologies représentent les dispositifs [23]. Les types de mouvements sont rattachés aux modalités d'entrée et le retour d'information aux modalités de sortie. La nature des gestes [38] et le type de contrôle, associés à ces modalités définissent un langage [23]. Enfin le contexte nous donne les conditions (spatiales, attentionnelles, sociales) de l'interaction.

Cette classification laisse cependant entière la question de savoir de quelle manière les gestes sont réalisés. C'est pourquoi nous avons abordé les gestes du point de vue *physique* : le type de mouvements, et du point de vue de

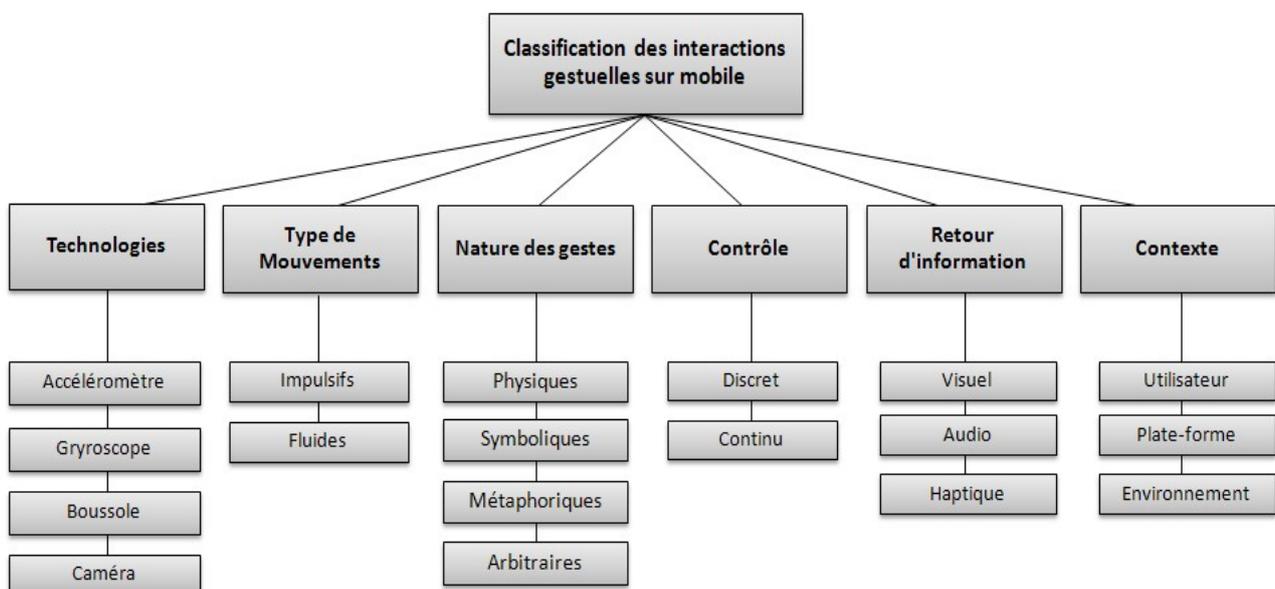


Figure 2 : Espace de caractérisation des interactions gestuelles physiques sur mobile

leur *signification* : la nature des gestes [38]. Ces deux points de vue offrent une caractérisation des gestes à différents niveaux d'abstraction. La notion de *modalité* [23] permet de définir l'interaction mobile ([31]) par un couple <Dispositif, Langage>. Dans le cadre de l'interaction gestuelle sur mobile, le dispositif correspond aux différents capteurs de mouvement et le langage au *langage gestuel*. Nous présentons ensuite le *type de contrôle*, qui peut être discret ou continu [38]. Ensuite la notion de *retour d'information*. Enfin nous évoquons le *contexte d'interaction*.

TECHNOLOGIES

Dans cette section nous présentons les technologies actuelles utilisées dans l'interaction gestuelle et les capteurs associés. Nous exposons d'abord les outils de mesure de mouvement, rotation, accélération : accéléromètre, gyroscope, boussole et enfin la caméra qui n'est pas à proprement parler un capteur de mouvement mais qui permet cependant de mesurer les mouvements du dispositif au moyen de l'analyse d'images. Notons que cet ensemble reste ouvert aux nouveaux capteurs qui pourraient apparaître dans les années à venir.

Accéléromètres.

Avec l'arrivée de nouveaux dispositifs intégrant des accéléromètres (l'iPhone [41], certains HTC ou Sony Ericsson, le NeoFreeRunner [48]), ces capteurs ont pris une plus grande place dans l'interaction mobile. Plusieurs types d'accéléromètres existent, dont les plus courants sont les capteurs MEMs (MicroElectroMécanique). Ils permettent, selon les modèles, de mesurer l'accélération, en *g* (accélération gravitationnelle), sur une, deux [21] ou trois [41] dimensions. Ils renvoient au système les valeurs d'accélération dans le référentiel du mobile (Fig. 3-a). Si leur mesure s'exprime sur deux ou trois axes, ils peuvent servir d'inclinomètre, afin de déterminer l'orientation d'un écran (Fig. 3-b) (comme par exemple sur l'iPhone [41]), en se servant de l'attraction gravitationnelle terrestre.

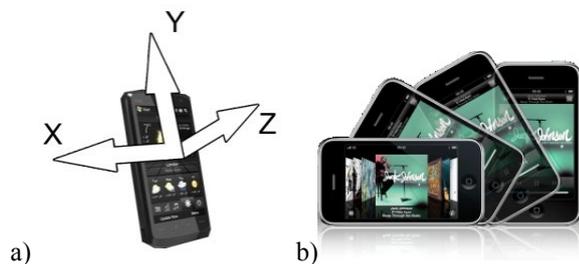


Figure 3 : a) Référentiel d'un dispositif mobile ; b) changement de l'orientation de l'écran (portrait/paysage) sur iPhone.

Gyroscope.

Les gyroscopes (Fig. 4b) servent à mesurer la position angulaire. Les exemples les plus connus dans les appareils grand public sont sans doute le PowerBall [49] (Fig. 4-c), qui calcule le nombre de tours par minutes

que l'on peut faire en le secouant, et, à une échelle très différente, le Segway TP (véhicule de transport personnel) [51] (Fig. 4-a) dont l'utilisateur incline le guidon vers l'avant pour avancer. On trouve aussi des gyroscopes dans les stabilisateurs de caméra afin d'avoir une image plus nette. Les gyroscopes embarqués dans les dispositifs actuels sont de type MEM. On trouve des techniques utilisant ces gyroscopes pour capter les mouvements de rotation d'un dispositif [10], l'inclinaison de l'écran par rapport à l'utilisateur [3] ou pour l'aide à la navigation pédestre en indiquant à l'utilisateur la direction vers laquelle il se dirige [20].

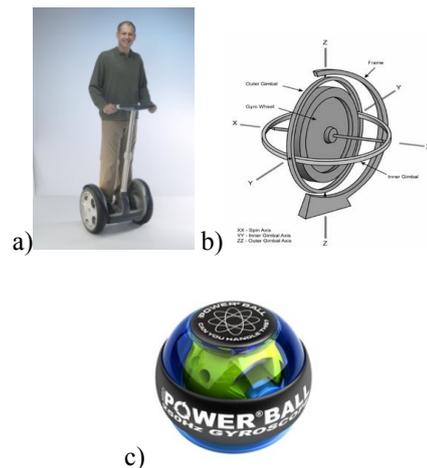


Figure 4 : a) Segway [51], b) gyroscope mécanique, c) PowerBall [49].

Boussole.

La boussole est bien connue pour son utilisation dans la navigation. Elle permet d'indiquer le nord mais peut aussi être utilisée pour détecter des champs magnétiques. Elle envoie des informations de direction dans un référentiel terrestre. Il existe des boussoles digitales (MEM) [49] (Fig. 5-b) dont la petite taille facilite l'intégration dans les dispositifs mobiles (par exemple dans l'HTC G1 [44] (Fig. 5-a)). Quelques techniques utilisant ce type de capteurs ont été proposées pour l'aide à l'orientation [20], l'utilisateur pouvant alors visualiser sur son dispositif la direction vers laquelle il se déplace. Cependant l'exploitation de cette technologie reste encore limitée dans le cas de l'interaction sur mobile.

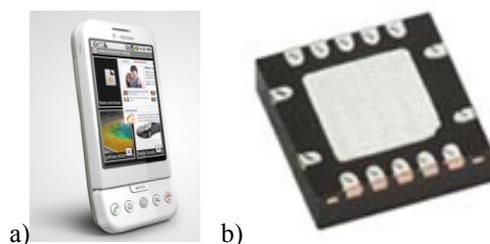


Figure 5 : a) HTC G1 [44] ; b) boussole digitale [49].

Caméra.

L'utilisation des caméras vidéo dans l'interaction gestuelle est antérieure à celle des capteurs cités précédemment. Bien que la résolution temporelle et spatiale de ces appareils varie beaucoup selon les modèles, elle est relativement standardisée sur les dispositifs mobiles actuels. Initialement destinée à des tâches simples (photo, vidéo), la caméra vidéo a été détournée pour être utilisée comme périphérique d'entrée en interaction gestuelle. On trouve des exemples dans [11] (Fig. 6-a) où l'utilisateur tient un dispositif équipé d'une caméra dans une main et une cible dans l'autre. Cette technique permet de récupérer les mouvements du dispositif en analysant les positions de la cible enregistrées par la caméra. L'utilisation d'une caméra embarquée pour détecter les mouvements de translation et de rotation du dispositif permet de faire défiler et de zoomer des images dans [12] (Fig. 6-b) ou bien une carte dans [40].

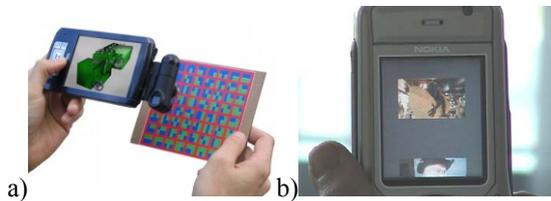


Figure 6 : a) Interface vidéo de Hachet et al. [11]; b) Visualisation adaptative exploitant un camera vidéo [12].

Divers capteurs permettent donc de récupérer les mouvements auxquels sont soumis les dispositifs qui les intègrent. Cependant la transition entre les données renvoyées par ce type de capteurs et la reconnaissance de geste nécessite de mettre en place des procédés logiciels algorithmiques. Nous ne détaillerons pas ces différents procédés dont on trouvera des exemples dans [17, 34].

Cette liste de capteurs est par définition incomplète, de nouveaux types de capteurs étant susceptibles d'apparaître dans le futur. Il sera donc, à l'avenir, intéressant de la mettre à jour. Dans la partie suivante, nous nous intéressons aux types de mouvements qui peuvent être réalisés indépendamment de la technologie utilisée.

TYPES DE MOUVEMENTS

Les gestes utilisés dans l'interaction homme-mobile peuvent être catégorisés selon le type de mouvement utilisé pour les réaliser. En nous appuyant sur les définitions vues précédemment et les expressions du langage naturel nous présentons les gestes en fonction des mouvements qui les composent : de mouvements impulsifs, fluides, ou qui associent ces deux types de mouvements.

Mouvements impulsifs.

Les mouvements impulsifs ont pour principale caractéristique de mettre en jeu de fortes variations d'accélération pendant un laps de temps très court. Un exemple typique de gestes composés de mouvements impulsifs est le choc entre deux objets, dont la mesure

résultante indique de fortes variations d'amplitude de l'accélération du mouvement sur une très courte durée. Plusieurs exemples de l'utilisation de gestes caractérisés par un mouvement impulsif ont été proposés dans la littérature. Dans [21] (Fig. 7-a) l'utilisateur tape sur les côtés d'un téléphone pour déplacer une bille virtuelle. L'application « Sketches » [41] sur iPhone utilise une secousse pour effacer les modifications d'un dessin. Le téléphone et lecteur de musique Sony Ericsson W508 [42] permet de passer à une autre chanson lorsque l'utilisateur fait un geste brusque avec le dispositif. Enfin, la détection de chocs a été utilisée pour le couplage de deux dispositifs [13] (Fig. 7-b), où l'utilisateur couple deux tablet PC en les choquant l'un contre l'autre.

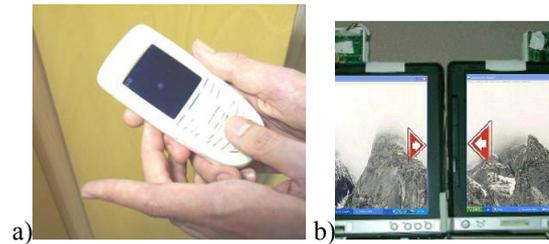


Figure 7 : a) Interaction gestuelle minimaliste dans Linjama et al. [21] ; b) Gestes synchrones pour l'interaction entre deux utilisateurs dans Hinckley et al. [13].

Mouvements fluides.

Les mouvements fluides sont plus lents et les variations d'accélération sont de faible amplitude ou étalées sur des durées plus longues. Nous pouvons donner comme exemple de gestes caractérisés par des mouvements fluides, le geste d'inclinaison qui consiste à pencher un objet afin d'en changer l'orientation ou la position [28]. Par exemple dans « Rock'n'Scroll » [4] (Fig. 8-a) l'utilisateur incline son dispositif mobile pour faire défiler une image dans différentes directions. Il en va de même dans la solution proposée par [24] (Fig. 8-b), où l'utilisateur incline son PDA pour sélectionner des items dans un menu. Le navigateur Internet Opéra sur HTC Touch HD [44] change l'orientation de l'écran lorsque l'utilisateur tourne simplement son téléphone. Le même procédé est utilisé sous Safari sur l'iPhone [41] ou dans la technique présentée dans [14]. Enfin [28] présente une étude des différentes possibilités de réalisation de mouvements d'inclinaison (*tilt*) autour du poignet.

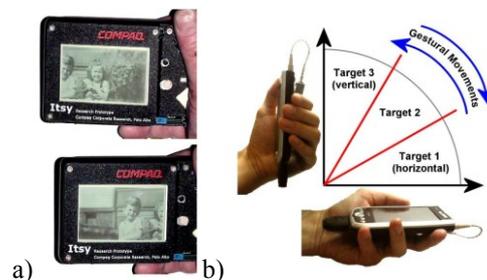


Figure 8 : a) Rock'n'Scroll [4]; b) Motion marking menu [24].

Certains gestes requièrent l'exécution d'une combinaison de mouvements impulsifs et fluides, par exemple lorsque l'utilisateur réalise un geste représentant une forme géométrique angulaire dans [29] pour démarrer la lecture d'une vidéo. Nous considérons maintenant la nature des gestes, laquelle permet de les définir indépendamment des mouvements dont ils sont composés.

NATURE DES GESTES

La nature des gestes s'articule selon quatre catégories : les gestes physiques, symboliques, métaphoriques et abstraits.

Gestes physiques.

Les gestes physiques servent à manipuler directement les objets virtuels avec lesquels l'utilisateur interagit, de la même manière qu'avec un objet physique du monde réel. Les gestes de pointage font partie de cette catégorie. Par exemple dans [3] (Fig. 9-a) l'utilisateur utilise son téléphone pour déplacer un curseur sur un écran. Lorsque l'utilisateur déplace son mobile vers la droite il déplace le curseur dans la même direction. Dans [11], lorsque l'utilisateur fait pivoter son dispositif de 90° dans le plan de l'écran, l'orientation du texte change pour s'adapter à la nouvelle orientation, en portrait ou paysage. Dans MotionLens [27] (Fig. 9-b) l'utilisateur déplace son dispositif pour naviguer dans une carte : lorsqu'il translate le mobile vers le haut, il accède à la partie supérieure de la carte. Il en va de même avec les gestes utilisés dans Wii Tennis [46] ou iGolf (sur iPhone) [47], où l'utilisateur réalise un geste similaire à celui qu'il devrait effectuer dans la réalité pour frapper la balle de tennis ou de golf.

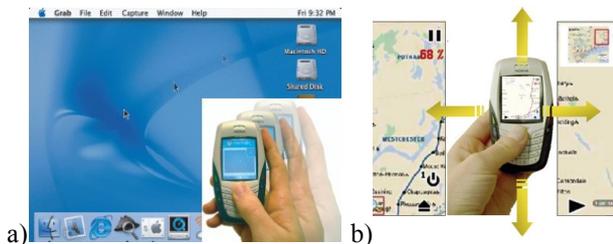


Figure 9 : a) Sweep technique [3]; b) MotionLens [40].

Les gestes métaphoriques.

Les métaphores associent deux termes appartenant à des champs lexicaux différents. La plus fameuse est la métaphore du bureau garni de sa corbeille, de son presse-papiers, de ses dossiers et autres documents. Les gestes métaphoriques se fondent sur le même principe de transposition ce qui les distingue des gestes physiques qui sont eux basés sur une analogie directe. Nous rencontrons de nombreux exemples dans la littérature IHM. 3D Eyes Tracking [43] (Fig. 11-a) simule une profondeur de l'écran en 3 dimensions qui permet de voir les éléments disposés en dehors de l'écran lorsque l'utilisateur incline son dispositif. Dans TiltText [37] (Fig. 11-b) l'utilisateur appuie sur une touche de son téléphone puis l'incline pour faire glisser les lettres correspondant à cette touche

du clavier (trois lettres par touche et un chiffre) afin de sélectionner la lettre désirée.

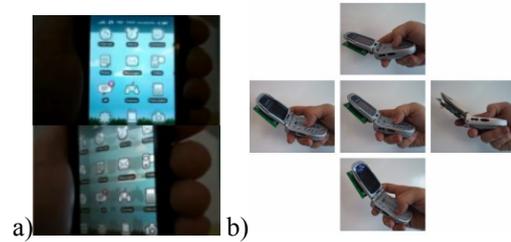


Figure 11 : a) 3D Eyes Tracking [43]; b) TiltText [37].

Les gestes symboliques.

Les gestes symboliques, désignés comme « sémaphoriques » dans [15], sont des descriptions visuelles [38]. Le chemin spatial que l'utilisateur fait parcourir au mobile évoque une forme ou un symbole du monde réel ou numérique, comme dans [29] (Fig. 10-a) où les gestes réalisés dans l'espace représentent les symboles présents sur les boutons des commandes de lecture utilisés pour les magnétoscopes : ainsi, l'utilisateur dessine un carré dans l'espace avec le dispositif mobile pour arrêter la lecture. Dans [18] (Fig. 10-b) les gestes représentent des chiffres et des lettres associés à des commandes du dispositif : l'utilisateur utilise les lettres pour accéder aux fonctions du téléphone (lecture/écriture de messages) et, bien sûr, les chiffres pour composer un numéro.

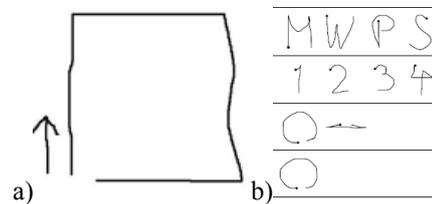


Figure 10 : a) Wave like an Egyptian [29] ; b) Mobile Phone Controller [18].

Les gestes abstraits.

Nous désignerons comme abstraits les gestes qui n'ont pas de lien physique, métaphorique ou symbolique évident avec l'objet d'interaction [38]. L'association dans ce cas est entièrement arbitraire, ce qui ne la rend pas forcément plus pauvre. Par exemple secouer trois fois son téléphone pour fermer une fenêtre est un cas d'utilisation de gestes abstraits. Dans [25], par exemple, l'utilisateur pointe vers un certain appareil avec son téléphone, une inclinaison du téléphone activant la connexion à cet appareil (Fig. 12).

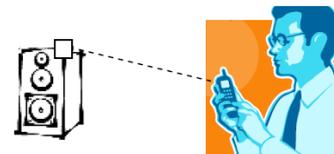


Figure 12 : Gesture Connect [25].

Ces quatre catégories ne sont bien sûr pas totalement étanches, certains types de gestes étant à la frontière entre deux d'entre-elles. Elles permettent cependant de mieux cerner la nature dominante des gestes. De plus la nature des gestes que nous réalisons pour interagir avec un dispositif mobile a un lien fort avec le contrôle et le retour d'information. Nous considérons dans la section suivante la problématique du type de contrôle.

TYPE DE CONTROLE

Le type de contrôle définit le lien entre le geste réalisé et les variables de l'application qu'il permet de manipuler. Le contrôle peut être soit discret, soit continu [27]. Les gestes impulsifs correspondent souvent à un contrôle discret et les gestes fluides à un contrôle continu comme le montre la figure 13. Par exemple, dans le cas des interfaces graphiques 2D, un clic souris (geste impulsif) permettra de faire basculer un bouton à états (contrôle discret à deux valeurs : actif, inactif) alors qu'il faudra faire glisser le curseur d'un potentiomètre (geste fluide) pour choisir une valeur continue (par exemple le volume sonore). Il n'existe cependant pas de relation univoque entre type de gestes et type de contrôle lorsqu'on prend en compte la notion de temps ou de répétition. On peut par exemple contrôler le volume sonore (variable continue) en appuyant un certain temps sur une touche (geste impulsif en début et fin de l'interaction).

		Contrôle	
		Discret	Continu
Mouvements	Impulsifs	Hinckley [13], Linjama et al. [21], Sony [42], iGolf [47] Kauppila et al. [18], Rhem et al. [29]	ShakeIt[44]
	Fluides	Hinckley et al. [14], Oakley et al. [24], Pering et al. [25], Widgor et al. [37]	Ballagas et al. [3], Bartlett [4], Ferscha et al. [10], Hinckley et al. [14], Ladetto et al. [20], realeyes3D [40], Tat [43]

Figure 13 : Classification des techniques selon le type de contrôle et le type de mouvement.

ShakeIt [44] sur iPhone utilise un principe comparable : l'utilisateur doit secouer son iPhone pour faire augmenter son score. Ce logiciel se sert de l'effet de répétition pour contrôler de manière continue le score.

Contrôle discret.

Le contrôle discret est souvent utilisé dans l'interaction gestuelle. Ce type d'interaction, comme expliqué précédemment, est souvent associé à des gestes symboliques et des gestes composés de mouvements impulsifs comme dans [29] où les commandes liées à la lecture du magnétoscope ne sont exécutées qu'une fois le geste de l'utilisateur terminé. Ce n'est donc qu'en fin de geste que l'utilisateur peut savoir si le système l'a correctement interprété. On retrouve aussi ce type de contrôle avec le lecteur de musique du Sony Ericsson W508 [42] (Fig. 14) : l'utilisateur secoue le dispositif pour changer de chanson. Dans [21], l'utilisateur peut taper sur les côtés d'un téléphone mobile, cette impulsion mettant en mouvement une balle. Cependant des gestes fluides peuvent aussi servir à contrôler des valeurs discrètes, comme dans [24], où l'utilisateur navigue dans les items d'un Marking menu en inclinant son dispositif, chaque item correspondant à un secteur angulaire d'inclinaison.



Figure 14 : Passage d'une chanson à une autre sur le Sony Ericsson W508 [42].

Le contrôle continu.

Ce type de contrôle est souvent associé à des gestes fluides car la fonction d'association est directe entre les valeurs renvoyées par le capteur et les valeurs manipulées. Par exemple dans [3] l'utilisateur déplace son dispositif mobile devant un écran d'ordinateur, déplaçant le curseur en même temps. Dans un autre exemple [40], l'utilisateur incline son dispositif et constate en même temps le déplacement sur la carte qu'il regarde sur son dispositif. Enfin dans [14], l'utilisateur incline plus ou moins son dispositif pour contrôler le seuil de zoom d'une application.

Ce type de contrôle nécessite généralement un retour d'information en temps réel afin que l'utilisateur puisse ajuster la valeur qu'il désire. Cependant cela ne n'a aucune influence sur la nature du retour d'information (visuel, audio, etc.).

RETOUR D'INFORMATION

Le retour d'information (*feedback*) permet à l'utilisateur de percevoir l'effet de l'action qu'il vient de réaliser sur le système qu'il contrôle. Les dispositifs de sortie communément utilisés sur mobile [31] sont: le retour visuel (écran, lunettes, projecteur), le retour sonore (haut-

parleur, écouteurs) et le retour haptique (dispositifs tactiles, vibreurs). La plupart des techniques d'interaction gestuelle, et en particulier celles que nous avons citées jusqu'ici, utilisent des retours d'information de type visuel. Par exemple, dans SixthSense [52] (Fig. 15) l'utilisateur interagit gestuellement devant la caméra de son dispositif tandis que le retour d'information est fourni par un projecteur placé autour de son cou : il peut ainsi manipuler directement l'image qui est projetée devant lui sur un support quelconque (mur, main, journal...). Quelques techniques utilisent un retour d'information sonore pour permettre une interaction sans regarder (eyes-free interaction) : c'est le cas dans [42] où l'utilisateur peut secouer son dispositif pour changer de chanson. Enfin quelques techniques proposent un retour haptique ou tactile, comme dans [21], où l'utilisateur sent une vibration lors de la collision entre la balle virtuelle et le bord de l'écran.

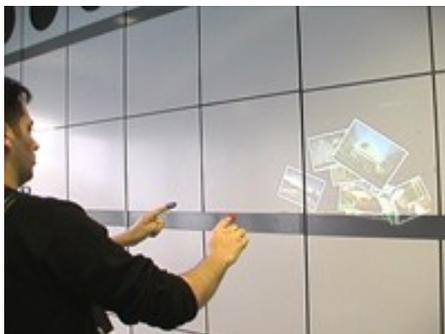


Figure 15 : SixthSense [52]

CONTEXTE D'INTERACTION

Le contexte d'interaction est une dimension transversale de cette espace. Le concepteur doit en effet penser la technique au travers du contexte. Cette notion est souvent définie selon trois critères [9] : l'utilisateur, la plateforme et l'environnement. Dans le cas de l'interaction gestuelle sur dispositif mobile, l'utilisateur et la plateforme sont définis par l'interaction elle-même : la plateforme étant un dispositif mobile et l'utilisateur une personne pouvant utiliser un dispositif mobile. L'environnement n'est par contre pas fixe puisque l'interaction se passe par définition dans un univers mobile. Le contexte influence les facteurs de forme, d'amplitude et de durée des gestes utilisables en situation de mobilité. Lorsque l'utilisateur se trouve dans une situation de mobilité induisant un espace plus étroit, lorsqu'il est en présence d'autres personnes ou d'éléments perturbateurs, lui sera-t-il toujours possible de réaliser le geste imaginé par le concepteur d'interaction ? Un geste exigeant de l'amplitude, coûteux en concentration ou chargé d'un contenu symbolique problématique peut en pratique s'avérer difficilement utilisable en situation de mobilité.

L'espace d'interaction dont dispose l'utilisateur contraint ses mouvements et donc l'amplitude des gestes qu'il peut effectivement réaliser. En situation de mobilité,

comme l'utilisation d'un téléphone dans les transports en commun, il ne pourra réaliser que des gestes de faible amplitude, comme dans [37] en inclinant simplement le poignet vers la gauche ou la droite pour écrire un message. Il en va de même, dans [21], où l'utilisateur tape sur les côtés du mobile pour faire bouger une balle virtuelle.

De plus le niveau d'attention que peut consacrer l'utilisateur à la réalisation d'une interaction est généralement altéré en situation de mobilité. Son attention est alors partagée entre l'interaction avec l'application et l'environnement immédiat, qu'il s'agisse des personnes ou des divers flux (comme les annonces de stations dans le bus, les publicités sonores ou visuelles, etc.). La précision de l'interaction en sera nécessairement affectée, ce qui nécessite alors l'usage de gestes simples ne demandant pas trop d'attention.

Le retour d'information doit être adapté en conséquence en étant clair (non ambigu) et facilement interprétable par l'utilisateur. L'interaction par secousses du lecteur de musique Sony Ericsson W508 pour passer à une nouvelle chanson [42] constitue un bon exemple. Le geste est simple, ne demande pas une grande précision et l'utilisateur peut le réaliser sans regarder son dispositif mobile (*eyes-free selection*). On observera de surcroît que l'information en retour est obtenue instantanément par l'utilisateur puisqu'il entend la nouvelle chanson.

Enfin l'environnement social dans lequel l'utilisateur interagit impose des codes et des règles. La signification d'un geste peut être perçue différemment selon les individus. On sait notamment que certains gestes sont compris dans des sens tout à fait différents selon les cultures [29]. Par exemple, secouer sa main devant son visage n'a aucun sens en France alors que ce geste exprime une forme de moquerie pour les Allemands. En raison du facteur de forme ou d'amplitude, des gestes potentiellement intéressants du point de vue de l'interaction en situation de mobilité peuvent être perçus par l'entourage immédiat de l'utilisateur comme inappropriés, voire ridicules. Les gestes susceptibles de servir en IHM doivent être conçus de manière à ne jamais mettre l'utilisateur ou les personnes qui l'entourent dans une situation embarrassante.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article nous avons présenté un espace de caractérisation pour l'interaction gestuelle physique sur dispositifs mobiles (Fig. 1, 2 et 17). Après avoir décrit les dimensions de cet espace, nous avons étudié l'impact des conditions de mobilité sur les techniques d'interaction en entrée et en sortie. En proposant une vue synthétique des techniques existantes (Fig. 17), cette étude a pour ambition, à terme, d'aider au développement de nouvelles techniques d'interaction gestuelle spécifiquement adaptées à la mobilité. Par exemple, l'exploitation de certaines technologies ou de certains types de gestes peu

utilisés est susceptible de donner lieu à des travaux innovants. En analysant les dimensions de l'espace des caractéristiques, la présente étude devrait faciliter l'identification de tels cas de figure. De plus certaines techniques semblent mieux correspondre à un usage en situation de mobilité, ce que notre taxonomie aide à mettre en évidence.

En nous appuyant sur cet espace de caractérisation nous avons réalisé une technique d'interaction gestuelle physique qui répond au contexte de mobilité. Nous présentons donc TimeTilt [30], une technique utilisant les accéléromètres et le langage gestuel pour permettre de changer aisément et rapidement de fenêtre sur un dispositif mobile. Cette technique est fondée sur la métaphore des cartes à effet lenticulaire qui permettent, selon l'inclinaison de la carte, de présenter plusieurs images distinctes. TimeTilt offre deux techniques de navigation. Un « tap » du doigt derrière le mobile active le navigateur d'application et l'utilisateur peut alors incliner (*tilt*) son dispositif pour naviguer entre les applications. Si le

navigateur n'est pas activé, une impulsion vers le haut (resp. vers le bas) permet de passer à l'application précédente (resp. suivante) directement. Ces gestes répondent bien au contexte de mobilité, en prenant compte l'environnement potentiellement restreint. Ils ont une amplitude réduite (les mouvements de la main suffisent sans avoir à bouger le bras) et sont réalisables avec une seule main.



Figure 16 : a) Gestes fluides pour l'effet lenticulaire, b) Tap derrière le dispositif, c) geste impulsif

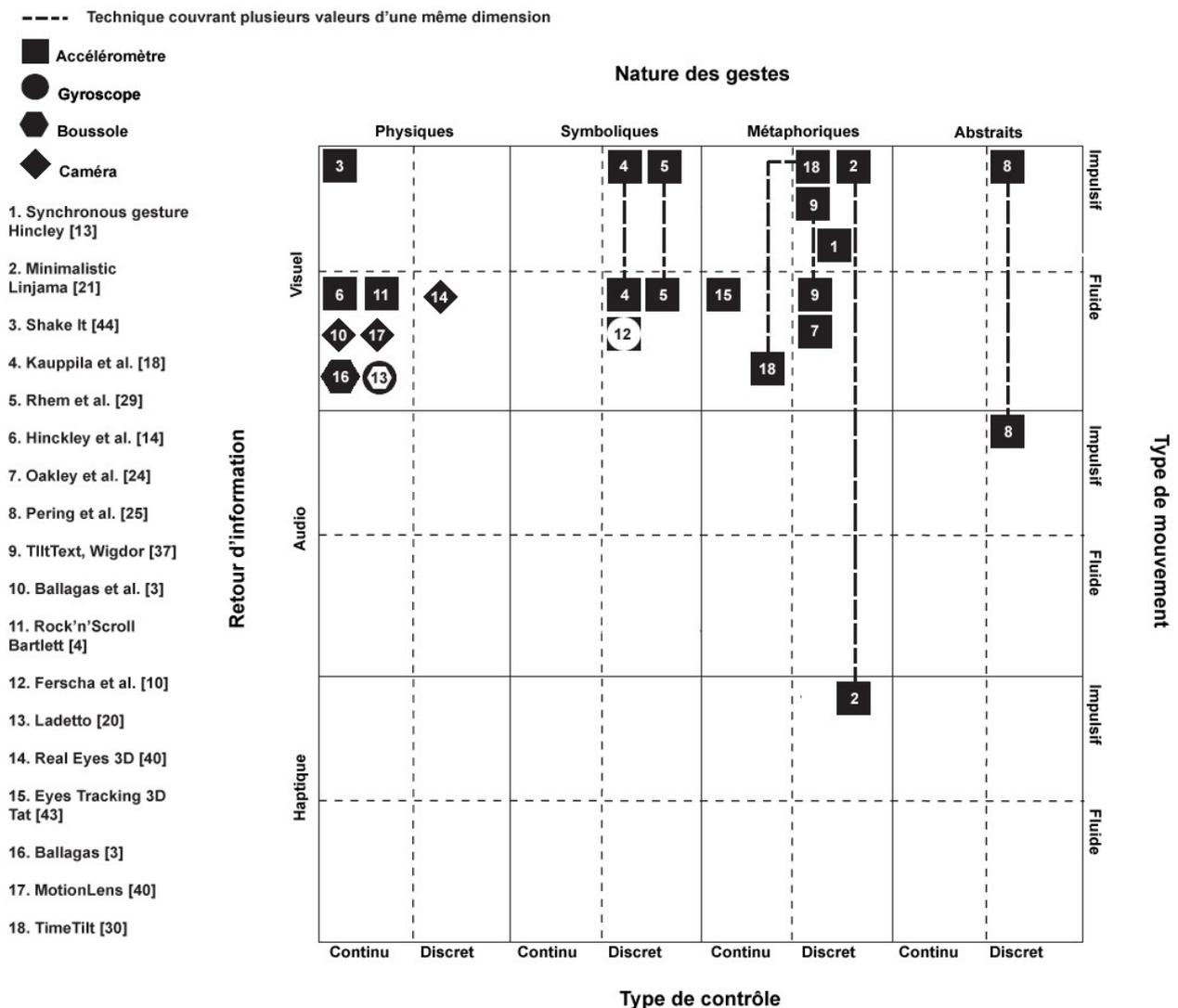


Figure 17 : Classification des techniques selon les cinq dimensions orthogonales

BIBLIOGRAPHIE

1. Baffoun, S. and Robert, J. 2006. État de l'art des techniques de présentation d'information sur écran d'assistant numérique personnel. In *Proc. of IHM06* (Montreal, Canada, April 18 - 21, 2006). vol. 133. ACM, New York, NY, 27-34.
2. Bailly, G., Roudaut, A., Lecolinet, E., and Nigay, L. 2008. Menu leaf: enrichir les menus linéaires par des gestes. In *Proc. of IHM08* (Metz, France, September 02 - 05, 2008). vol. 339. ACM, New York, NY, 169-172.
3. Ballagas, R., Borchers, J., Rohs, M., Sheridan, J. G., 2006 "The Smart Phone: A Ubiquitous Input Device," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 5, no. 1, pp. 70-77, January-March, 2006.
4. Bartlett, J. F. 2000. Rock'n' Scroll Is Here to Stay. *IEEE Comput. Graph. Appl.* 20, 3 (May. 2000), 40-45.
5. Baudisch, P. and Chu, G. 2009 Back-of-device Interaction allows creating very small touch devices In *Proceedings of CHI 2009*, Boston, MS, April 4-9, 2009
6. Baudisch, P. and Rosenholtz, R. 2003. Halo: a technique for visualizing off-screen objects. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Ft. Lauderdale, Florida, USA, April 05 - 10, 2003). CHI'03. ACM, New York, NY, 481-488.
7. Beaudouin-Lafon, M. 2000. Instrumental interaction: an interaction model for designing post-WIMP user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (The Hague, The Netherlands, April 01 - 06, 2000). CHI'00. ACM, New York, NY, 446-453.
8. Cadoz, C. 1994. Le geste, canal de communication homme/machine: la communication instrumentale. *Technique et Science de l'information*, 13(1): pp. 31-61.
9. Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D., Limbourg, Q., Souchon, N., Bouillon, L., Vanderdonckt, J. 2002. Plasticity of User Interfaces : A revised reference framework. *TAMODIA'02*.
10. Ferscha, A., Vogl, S., Emsenhuber, B., and Wally, B. 2007. Physical shortcuts for media remote controls. In *Proceedings of the 2nd international Conference on intelligent Technologies For interactive Entertainment* (Cancun, Mexico, January 08 - 10, 2008). ICST (Institute for Computer Sciences Social-Informatics and Telecommunications Engineering), ICST, Brussels, Belgium, 1-8.
11. Hachet, M., Poudroux, J., and Guitton, P. 2005. A camera-based interface for interaction with mobile handheld computers. In *Proceedings of the 2005 Symposium on interactive 3D Graphics and Games* (Washington, District of Columbia, April 03 - 06, 2005). I3D'05. ACM, New York, NY, 65-72.
12. Haro, A., Mori, K., Setlur, V., and Capin, T. 2005. Mobile camera-based adaptive viewing. In *Proceedings of the 4th international Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia* (Christchurch, New Zealand, December 08 - 10, 2005). MUM'05, vol. 154. ACM, New York, NY, 78-83.
13. Hinckley, K. 2003. Synchronous gestures for multiple persons and computers. In *Proceedings of the 16th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology* (Vancouver, Canada, November 02 - 05, 2003). UIST'03. ACM, New York, NY, 149-158.
14. Hinckley, K., Pierce, J., Sinclair, M., and Horvitz, E. 2000. Sensing techniques for mobile interaction. In *Proceedings of the 13th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology* (San Diego, California, United States, November 06 - 08, 2000). UIST'00. ACM, New York, NY, 91-100.
15. Karam, M. and Schraefel, M. C. (2005) A Taxonomy of Gesture in Human Computer Interactions. Technical Report ECSTR-IAM05-009, Electronics and Computer Science, University of Southampton.
16. Karlson, A. K., Bederson, B. B., and SanGiovanni, J. 2005. AppLens and launchTile: two designs for one-handed thumb use on small devices. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Portland, Oregon, USA, April 02 - 07, 2005). CHI'05. ACM, New York, NY, 201-210.
17. Kauppila M (2008) Filler Models for Accelerometer Based Continuous Gesture Recognition. Sc.Thesis, Dept. of Mathematical Sciences, University of Oulu, May 2008.
18. Kauppila M, Inkeroinen T, Pirttikangas S & Riekkij J (2008) Mobile Phone Controller Based on Accelerative Gesturing. Adjunct Proceedings Pervasive 2008, Sydney, Australia, 130-133.
19. Keim, D. A. 2002. Information Visualization and Visual Data Mining. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 8, 1 (Jan. 2002), 1-8.
20. Ladetto, Q., Merminod, B. 2002. Digital magnetic compass and gyroscope integration for pedestrian navigation. 9th international conference on integrated navigation systems, St-Petersburg, 27-29 May 2002.
21. Linjama, J. and Kaaresoja, T. 2004. Novel, minimalist haptic gesture interaction for mobile devices. In *Proceedings of the Third Nordic Conference on Human-Computer interaction* (Tampere, Finland,

- October 23 - 27, 2004). NordiCHI'04, vol. 82. ACM, New York, NY, 457-458.
22. Murray-Smith, R., Williamson, J., Hughes, S., Quaade, T., and Strachan, S. 2008. Rub the stane. In *CHI'08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (Florence, Italy, April 05 - 10, 2008). CHI'08. ACM, New York, NY, 2355-2360.
 23. Nigay, L., Coutaz, J. Espaces conceptuels pour l'interaction multimédia et multimodale. TSI, spécial Multimédia et Collecticiel, AFCET & Hermes Publ., Vol 15(9), 1996, pp. 1195-1225.
 24. Oakley, I. and Park, J. 2007. A motion-based marking menu system. In *CHI'07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (San Jose, CA, USA, April 28 - May 03, 2007). CHI'07. ACM, New York, NY, 2597-2602.
 25. Pering, T., Anokwa, Y., and Want, R. 2007. Gesture connect: facilitating tangible interaction with a flick of the wrist. In *Proc. of TEI'07* (Baton Rouge, Louisiana, February 15 - 17, 2007). TEI'07. ACM, New York, NY, 259-262.
 26. Poirier, F., Schadle, I., État de l'art des méthodes de saisie de données sur dispositifs nomades, *IHM 2004*.
 27. Pook, S., Lecolinet, E., Vaysseix, G., and Barillot, E. 2000. Control menus: execution and control in a single interactor. In *CHI'00 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (The Hague, The Netherlands, April 01 - 06, 2000). CHI'00. ACM, New York, NY, 263-264.
 28. Rahman, M., Gustafson, S., Irani, P., and Subramanian, S. 2009. Tilt techniques: investigating the dexterity of wrist-based input. In *Proceedings of the 27th international Conference on Human Factors in Computing Systems* (Boston, MA, USA, April 04 - 09, 2009). CHI'09. ACM, New York, NY, 1943-1952.
 29. Rehm, M., Bee, N., André, E. 2008. Wave Like an Egyptian — Accelerometer Based Gesture Recognition for Culture Specific Interactions. In *Proceedings of HCI 2008 Culture, Creativity, Interaction*, (2008).
 30. Roudaut A., Baglioni M. et Lecolinet E. 2009. TimeTilt: Using Sensor-Based Gestures to Travel Through Multiple Applications on a Mobile Device. In *Proc. of INTERACT'09*.
 31. Roudaut, A. et Lecolinet, E. 2007. Un espace de classification pour l'interaction sur dispositifs mobiles. *IHM'07*.
 32. Roudaut, A., Huot, S., and Lecolinet, E. 2008. Tap-Tap and MagStick: improving one-handed target acquisition on small touch-screens. In *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces* (Napoli, Italy, May 28 - 30, 2008). AVI'08. ACM, New York, NY, 146-153.
 33. Roudaut, A., Lecolinet, E., and Guiard, Y. 2009. MicroRolls: expanding touch-screen input vocabulary by distinguishing rolls vs. slides of the thumb. In *Proc. of CHI09* (Boston, MA, USA, April 04 - 09, 2009). CHI'09. ACM, New York, NY, 927-936.
 34. Schlömer, T., Poppinga, B., Henze, N., and Boll, S. 2008. Gesture recognition with a Wii controller. In *Proceedings of the 2nd international Conference on Tangible and Embedded interaction* (Bonn, Germany, February 18 - 20, 2008). TEI'08. ACM, New York, NY, 11-14.
 35. Shneiderman, B. 1996. The eyes have it: A task by data type taxonomy of information visualizations, *Proc. IEEE Symposium on Visual Languages '96*, IEEE, Los Alamos, CA (September 1996), pg 336-34.
 36. Sirisena, A., 2002. Mobile Text Entry, Rapport en informatique, Université de Canterbury (NZ), 2002.
 37. Wigdor, D. and Balakrishnan, R. 2003. *TiltText*: using tilt for text input to mobile phones. In *Proc. of UIST'03* (Vancouver, Canada, November 02 - 05, 2003). UIST'03. ACM, New York, NY, 81-90.
 38. Wobbrock, J. O., Morris, M. R., and Wilson, A. D. 2009. User-defined gestures for surface computing. In *Proc. CHI09* (Boston, MA, USA, April 04 - 09, 2009). CHI'09. ACM, New York, NY, 1083-1092.
 39. Wobbrock, J., Myers, B., and Rothrock, B. 2006. Few-key text entry revisited: mnemonic gestures on four keys. In *Proc. of CHI'06* (Montréal, Québec, Canada, April 22 - 27, 2006). R. Grinter, T. Rodden, P. Aoki, E. Cutrell, R. Jeffries, and G. Olson, Eds. CHI'06. ACM, New York, NY, 489-492.
 40. <http://www.realeyes3d.com/>
 41. <http://www.apple.com/iphone>
 42. <http://www.sonyericsson.com/>
 43. <http://www.tat.se/>
 44. <http://www.jmobil.fr/jeu-iphone/1491-shakeit.html>
 45. <http://www.htc.com/>
 46. <http://www.nintendo.fr/>
 47. <http://www.techcrunch.com/2008/09/17/sgn-launches-igolf-for-iphone-wii-action-is-here/>
 48. http://wiki.openmoko.org/wiki/Neo_FreeRunner/fr
 49. <http://www.ssec.honeywell.com/magnetic/>
 50. <http://www.france-powerball.com/>
 51. <http://www.segway.fr/>
 52. <http://www.pranavmistry.com/projects/sixthsense/>