# Interaction gestuelle à une main avec un smartphone : retours utilisateurs et application aux picophones

Benoît Rouxel, Jean-Yves Antoine, Franck Poirier

▶ **To cite this version:**

Benoît Rouxel, Jean-Yves Antoine, Franck Poirier. Interaction gestuelle à une main avec un smartphone : retours utilisateurs et application aux picophones. Ergo'IHM 2012, 2012, Biarritz, France. 8 p. hal-00816549

**HAL Id: hal-00816549**
**https://hal.science/hal-00816549**

Submitted on 25 May 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Interaction gestuelle à une main avec un smartphone : retours utilisateurs et application aux picophones

**Benoit Rouxel** [1,3]
[(1)]Lab-STICC, Telecom Bretagne
CS 83818, 29238 Brest
benoit.rouxel@live.fr

**Jean-Yves Antoine** [2,3]
[(2)] Université de Tours, LI
3 place Jean Jaurès, 41000 Blois
Jean-Yves.Antoine@univ-tours.fr

**Franck Poirier** [3]
[(3)] Lab-STICC, UBS
BP 573 56017 Vannes Cedex
Franck.Poirier@univ-ubs.fr

**ABSTRACT**
This paper presents a one-handed gesture command for the interaction with a picophone and any mobile device. We present an algorithm of 3D gesture recognition based on the filtering of accelerometer data. An experiment is detailed which shown the robustness of the gesture detection as well as the interest of such a one-handed command. At last, we report an application of this work with a picophone.

**Author Keywords**
Smartphone; gesture command and recognition; picophone

**ACM Classification Keywords**
H.5.2. Information interfaces and presentation : user interfaces

**General Terms**
Interaction styles ; Input devices and strategies

## INTRODUCTION : COMMANDE GESTUELLE POUR DISPOSITIFS MOBILES

Du fait de leur taille réduite, les dispositifs mobiles tels que les smartphones (ou ordiphones) font face à des contraintes contradictoires en terme de commande. D'un côté, ils proposent des fonctionnalités de plus en plus riches qui les rapprochent des ordinateurs classiques et nécessitent des styles d'interaction complexes. D'autre part, leur taille limitée et la volonté de maximiser l'espace d'affichage limite le recours à des dispositifs d'interaction physiques (boutons, clavier, souris, etc.). Pour surmonter ce dilemme, les dispositifs actuels font reposer majoritairement l'interaction sur un écran tactile qui permet soit la sélection de boutons virtuels, soit la reconnaissance de gestes de commande réalisés par des mouvements 2D du (ou des) doigt(s) sur l'écran. Ce style d'interaction est désormais bien intégré par les usagers des téléphones mobiles.

Il n'en reste pas moins que la commande 2D sur un écran tactile comporte des limitations qui laissent la place à des moyens alternatifs d'interaction. Une de ces limites vient du fait qu'une interaction optimale sur écran tactile ne peut être atteinte que par l'usage des deux mains : l'une pour tenir le dispositif mobile, l'autre pour réaliser les gestes de commande sur l'écran ;ou également pour saisir du texte avec ses deux pouces. Dans certains contextes, une interaction à une seule main peut pourtant être préférable. C'est le cas de l'utilisation de smartphones intégrant des dispositifs de projection miniaturisés (picoprojecteur) sur lequel nous reviendrons à la fin de cet article.

Une solution envisageable pour une commande à une seule main réside dans la reconnaissance des mouvements 3D du dispositif lui-même : on peut ainsi parler de commande par mouvement du dispositif [4]. Les gestes de commande envisageables se basent sur un ensemble de primitives gestuelles : secousse ou inclinaison du dispositif, le tout accompagné ou pas d'appui des doigts sur l'écran tactile. Le nombre de commandes qu'offre ce moyen d'interaction est donc limité, mais il peut largement suffire dans nombre de cadres applicatifs. La sémantique associée à ces gestes peut en outre varier suivant le contexte d'usage, avec certes d'éventuels problèmes de cohérence inter-applicative.

Explorée en recherche depuis maintenant plus de 10 ans [1], cette approche est d'autant plus d'actualité que les téléphones mobiles actuels intègrent des accéléromètres (et même des gyroscopes depuis 2010) qui permettent de récupérer les informations sur les accélérations voire le positionnement du dispositif [9]. Nombre des travaux sur le sujet ont cherché avant tout à séparer de manière robuste les gestes de commande (intentionnels) de ceux qui résultent de la manipulation ordinaire du dispositif. Dans la plupart des cas, il est proposé d'utiliser une commande spécifique tenant lieu de délimiteur explicite entre action intentionnelle et involontaire. [1], [2] et [3] proposent ainsi d'utiliser un bouton physique spécifique, ou une pression du doigt sur l'écran tactile, pour signifier la réalisation d'un geste de commande. [4] propose au contraire de réaliser un geste 3D spécifique (geste impulsif) comme délimiteur. Robustes, ces solutions ne nous apparaissent toutefois pas optimales en termes d'utilisabilité. D'un côté, l'utilisation d'un appui du doigt comme délimiteur empêche d'intégrer celui-ci pour enrichir la grammaire de gestes de commande. De l'autre, l'utilisation d'un geste impulsif comme délimiteur pose un double problème. Tout d'abord, l'utilisateur doit réaliser deux mouvements successifs pour réaliser une commande. Cette succession entraîne par ailleurs un risque cumulatif d'erreurs potentielles de

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.
*Ergo'IHM 2012*, October 16–19, 2012, Biarritz, France.
Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1015-4/12/05...$10.00.

reconnaissance du geste qui n'est pas négligeable lorsqu'on considère que [5] rapporte un taux de robustesse moyen de 92,3% lors de la détection des gestes impulsifs.

En réponse à ces problèmes, cet article présente une stratégie de commande gestuelle à une main basée sur la reconnaissance d'un geste unique 3D ne nécessitant pas de délimiteur. On parlera donc de gestes auto-délimités. Les gestes de commande acceptés se basent sur deux types de primitives : inclinaison et secousse du dispositif mobile, avec ou sans appui digital. Dans une première partie, nous présentons les gestes de commandes 3D sur lesquelles se base l'interaction. La seconde partie détaille notre algorithme de reconnaissance de gestes, qui sont basés sur un filtrage des données fournies par l'accéléromètre intégré au mobile. Nous présentons ensuite les résultats d'une étude expérimentale qui montrent qu'il est possible d'atteindre une détection de geste robuste sans avoir recours à des délimiteurs. La quatrième partie présente les résultats de l'évaluation subjective de ce mode d'interaction auprès d'un panel de 11 sujets. L'évaluation a été réalisée dans le cadre de l'utilisation en situation réelle d'une application de visionnage d'images par commande gestuelle. Enfin, nous conclurons en présentant les perspectives d'utilisation de cette commande gestuelle dans le cas d'un usage en projection d'un picophone.

## VOCABULAIRE GESTUEL 3D

Le contrôle gestuel d'un dispositif ou d'une application repose sur la définition d'un ensemble de commandes gestuelles. Chaque commande peut être simple (tap, par exemple) ou composée (formée d'éléments discrets ou continus), modale ou multimodale (combinant interaction tactile et gestuelle 3D) ou encore composée d'un ou plusieurs types de mouvements (fluides ou impulsifs). La richesse du mode de contrôle gestuel tient au grand nombre de paramètres spécifiant une commande : type d'effecteur, forme, localisation et temporalité du geste [10]. Le vocabulaire gestuel que nous avons défini joue avant tout sur les deux premières dimensions.

L'étude que nous présentons a porté sur l'utilisation d'un *iPod touch* mais est généralisable à tout à tout dispositif mobile doté d'un accéléromètre. Sans nous renseigner sur la localisation du geste, un accéléromètre permet a priori de distinguer deux types de mouvements 3D [5] :

- D'une part des gestes fluides, se caractérisant par des mouvements sans forte accélération. Les inclinaisons peu rapides du dispositif entrent dans cette catégorie
- D'autre part les gestes impulsifs, correspondant à une secousse du dispositif et se caractérisant par une ou plusieurs fortes accélérations. Remarquons qu'un tap marqué d'un doigt sur l'écran tactile ou à l'arrière du mobile donnent lieu à des gestes impulsifs.

Ces deux types de gestes sont à la base des primitives de commande que nous avons utilisées.

### Gestes fluides : inclinaisons avec ou sans appui

Avec leur application TimeTilt, [4] proposent de naviguer entre plusieurs applications ouvertes sur un dispositif mobile à l'aide de gestes fluides d'inclinaison avant ou arrière. Nous n'avons retenu cette primitive gestuelle que pour des commandes peu fréquentes, car le mouvement de flexion/extension qu'il requiert est plus difficile à réaliser que les mouvements de pronation ou de supination de l'avant-bras qui permettent une inclinaison à gauche ou à droite du mobile. Cette inclinaison latérale (cf. figure 1) sera ainsi préférée pour des commandes plus fréquentes. Les orientations à gauche ou à droite seront discriminées par notre module de détection gestuelle.

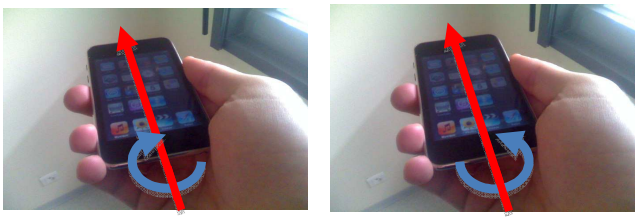

**Figure 1. Inclinaison droite ou gauche sans appui digital.**

Ces mouvements d'inclinaison sont simples à réaliser, que le pouce soit placé sur l'écran tactile ou appuyé sur la face latérale mobile. Nous avons donc opéré une distinction entre une réalisation du mouvement avec ou sans appui sur l'écran (figure 2). Combiner l'appui du pouce au mouvement de rotation revient à introduire deux modes de commande, l'un avec appui du pouce et l'autre sans. Dans la mesure où le contrôle est de nature kinesthésique, la combinaison d'un appui digital avec un mouvement d'inclinaison ne pose pas de difficultés comme l'a montré Scoditti avec la technique d'interaction TouchOver [9]. Ainsi, on dispose à partir de l'inclinaison gauche et droite et de l'appui digital de 4 commandes faciles à réaliser pour l'utilisateur et très peu sujettes à erreur.

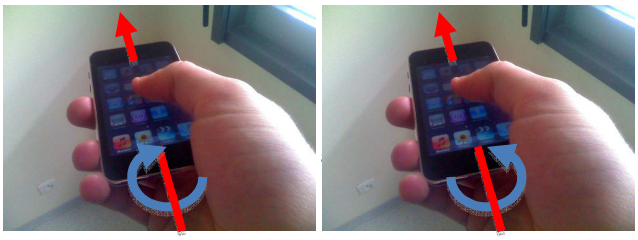

**Figure 2. Gestes d'inclinaison avec appui digital sur l'écran.**

### Gestes impulsifs : secousses et tap

*Secousses*

Le premier type de geste impulsif que nous avons autorisé correspond aux secousses du dispositif tenu à une main. Dans ce cas, le poignet réalise des mouvements en va-et-vient par adduction/abduction (déviation radiale /cubitale) pour réaliser des secousses vers la droite ou vers la gauche (figure 3). Ce geste est plus facile à réaliser que la secousse bas/haut étudiée dans [4,5] qui nous semble nécessiter une flexion/extension du poignet voire de l'avant bras.

**Figure 3. Gestes impulsifs : secousse droite et gauche.**

Là encore, la réalisation de ces gestes est très aisée avec ou sans présence du pouce sur l'écran tactile. Nous distinguons donc également quatre gestes suivant la direction de la secousse initiale et la présence ou pas d'un appui digital sur l'écran (figure 4).

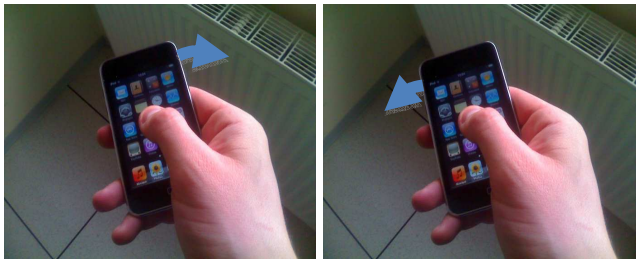

**Figure 4. Secousses avec appui digital sur l'écran.**

*Taps*

Par ailleurs, notre système de commande intègre également des gestes d'appui digital impulsif sur l'écran (tap). Deux gestes sont en fait reconnus : le simple et le double tap. Contrairement à [4, 6, 7], le tap se réalise sur l'écran (*front-side touch interaction*) et non sur la face latérale ou arrière (*back-side touch interaction*) du dispositif. De notre point de vue, un tap arrière ou latéral peut être très intéressant en terme de richesse de commande. Il nécessite toutefois une reconnaissance accélérométrique du geste. [4] rapporte que TimeTilt confond dans 6,2% de cas le tap arrière avec une secousse impulsive. A l'opposé, le tap sur l'écran tactile est directement détecté par ce dernier, donc sans erreur. De plus, le tap sur l'écran autorise un feedback visuel contrairement au tap au dos du mobile, sauf dans le cas de pseudo-transparence [7]. C'est pourquoi nous nous sommes limités au tap sur l'écran.

Notons enfin que les applications que nous avons réalisées sur l'*iPod touch* utilisé pour les tests autorisent tous les gestes 2D classiquement employés sur ces surfaces tactiles. Nous reviendrons sur ce point ultérieurement.

## RECONNAISSANCE DE GESTES 3D PAR DONNEES ACCELOMETRIQUES

### Filtrage des données

L'*iPod touch* sur lequel ont été réalisées les expériences est doté d'un accéléromètre et d'un gyroscope. Il est apparu que les données fournies par l'accéléromètre sont largement suffisantes pour discriminer de manière robuste les gestes de commande retenus. Nos algorithmes de reconnaissance s'appuient donc uniquement sur ces données. Celles-ci sont récupérées à une fréquence de 60 Hz et décrivent les accélérations que subit le mobile dans trois directions spatiales référencées sur le plan formé par sa face principale (figure 5).

Le système TimeTilt [4,5] s'appuie sur des primitives calculées à partir des signaux accélérométriques bruts. A l'opposé, nous avons choisi de filtrer ces données avant traitement. Plus précisément, deux filtres ont été utilisés :

- un filtre passe-haut qui ne conserve que les plus hautes composantes fréquentielles du signal. Celles-ci sont utiles à la détection des mouvements impulsifs tels que les secousses, qui se traduisent par des pics d'accélération très brefs,
- un filtre passe-bas qui n'est au contraire sensible qu'aux variations lentes du signal. Ces fréquences basses sont considérées pour la détection des gestes, relativement lents, d'inclinaison.

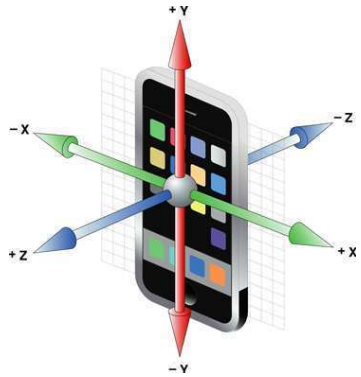


**Figure 5. Orientation des données accélérométriques.**

### Détection des inclinaisons

La détection des inclinaisons repose sur l'observation des variations lentes (filtre passe-bas) de la force de gravité perçue par le dispositif. On sait que la gravitation terrestre se traduit par une accélération de g = 9,81 m.s$^{-2}$. Lorsque le dispositif est parfaitement horizontal, cette accélération est perçue sur l'axe vertical (Z sur la figure 5). Mais lors d'une inclinaison gauche ou droite, elle se répartit également sur l'axe des X (figure 6). Le signe de l'accélération sur cet axe nous permet même de détecter le sens de l'inclinaison. C'est donc par une mesure purement accélérométriques, et non positionnel, que la gravité nous permet de déterminer indirectement l'inclinaison du dispositif.

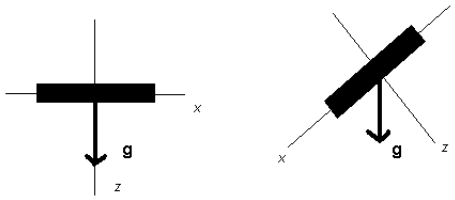


**Figure 6. Détection d'inclinaison à l'aide de l'accélération due à la gravitation terrestre g.**

La gravité terrestre étant constante, il suffit d'observer le dépassement de seuils pour les valeurs accélérométriques de basse fréquence sur cet axe pour détecter avec fiabilité les gestes d'inclinaison. Nous avons choisi une valeur de 0,7 fois la gravité terrestre en valeur absolue sur l'axe des X comme seuil de détection. Cela correspond à une inclinaison du dispositif de 45° environ ( $\sin 45° \approx 0,7$ ). Remarquons que l'on peut faire reposer la détection des inclinaisons avant ou arrière sur le même principe. La seule différence est que la variation concerne alors l'axe Y et non plus l'axe X. Notre système est ainsi à même de détecter des inclinaisons frontales ou latérales.

### Détection des secousses

A l'opposé des inclinaisons, les secousses sont détectées directement par le mouvement induit sur le dispositif, et non plus subit du fait de la gravité. Ici, on recherche une variation rapide de l'accélération (filtre passe-haut) sur un des axes. Les secousses droite et gauche que nous avons retenues se réalisant dans un plan horizontal, ces variations sont recherchées sur les axes X et Y.

Le problème principal réside dans la détermination de la direction de la secousse. L'observation des données d'accélération a montré que les secousses présentent toujours une partie préparatoire. Ainsi, si l'on souhaite faire une secousse vers la droite, on réalise tout d'abord un léger mouvement vers la gauche. Sur l'axe des X, ce mouvement préparatoire se traduit par une accélération d'amplitude variable suivant les réalisations mais qui peut être confondue avec les tremblements de l'utilisateur, voire avec la secousse elle-même, qui est de direction opposée (cf. figure 7 pour une secousse à droite, la courbe serait inversée pour une secousse à gauche).

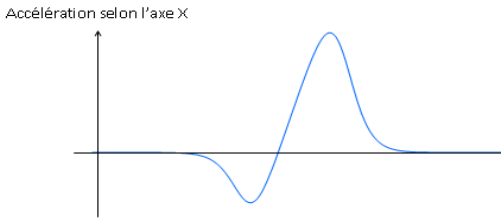


**Figure 7. Données accélérométriques prototypiques suivant l'axe des X dans le cas d'une secousse à droite.**

Pour éviter une erreur de détection d'orientation, nous décomposons la détection de ces gestes impulsifs en deux étapes : détection d'une secousse (par opposition aux inclinaisons ou tremblements) dans un premier, et dans les cas positifs, discrimination du sens de la secousse. Cette séparation va nous permettre de distinguer utilement les deux axes directionnels X et Y lors de la détection.

La détection des secousses se base en effet sur l'observation des valeurs accéléromètriques sur l'axe Y. En effet, les secousses se traduisent par une rotation de l'appareil (dû au mouvement d'adduction/abduction du poignet) qui se traduit par une force centrifuge influençant l'accélération subie sur l'axe Y.

Une fois la secousse détectée, sa direction est déterminée cette fois sur l'axe des X, où il n'y a plus de risque de confondre l'accélération du mouvement préparatoire avec celui du geste principal. Les deux directions sont distinguées comme suit :

- une secousse droite correspond à une courbe de données accélérométriques dont la plus grande pente (en amplitude) est ascendante : on passe en effet de valeurs négatives dues au mouvement préparatoire à un pic de forte valeur positive,
- une secousse gauche a au contraire un profil descendant pour ce qui concerne sa pente de plus grande amplitude.

Le sens de variation de la courbe d'accélération à un instant donné repose sur un calcul standard de dérivée discrète.

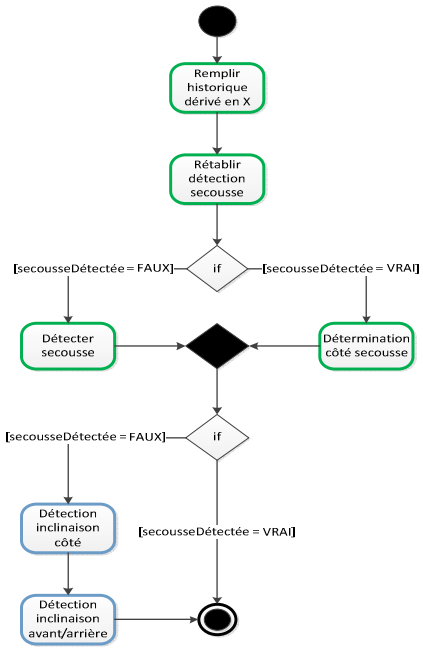


**Figure 8. Algorithme général de détection des gestes 3D.**

### Stratégie globale de détection

La figure 8 résume l'algorithme général de détection qui est lancé à l'arrivée de chaque nouvelle donnée d'accélération (pour rappel, fréquence d'échantillonnage de 60 Hz). On observe que la détection des secousses est toujours préalable à celle des inclinaisons, ce qui est logique du fait du caractère impulsif (donc rapide) de ce geste. On rappelle que le tap est directement détecté par l'écran tactile

## EVALUATION DE LA DETECTION DE GESTES 3D

### Application de test

Afin de nous approcher au mieux d'une situation d'usage écologique, l'évaluation de la détection de gestes 3D a été réalisée sur une application réelle. Nous avons retenu une application de visionnage de photographies sur ordiphone.

Cette application ne requérant pas de fonction de téléphonie, les tests ont été réalisés sur un *iPod touch* (4° génération) et non pas sur un *iPhone*.

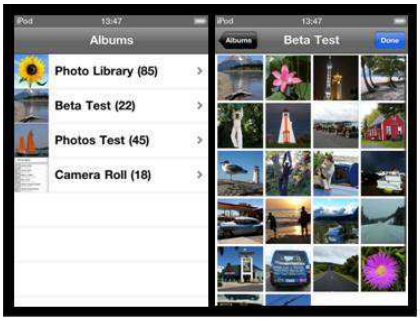


**Figure 9. Aperçu général de l'application PhotoViewer.**

L'application réalisée (PhotoViewer, figure 9) est en tout point semblable à l'application « *Photos* » qui est installée de base sur le système d'exploitation iOS. Toutefois, en raison du manque de fonctionnalités du sélectionneur d'images proposé par Apple dans son API officielle, la sélection des images dans l'application se fait via un sélectionneur libre (ELCImagePicker). Ceci afin de permettre la sélection simultanée de plusieurs images.

La seconde différence réside bien entendu dans le style de commande de l'application : les commandes auxquelles sont habitués les utilisateurs d'ordiphones tactiles ont en effet été supprimées et remplacées par notre vocabulaire de commandes gestuelles. Plus précisément, ne sont plus disponibles sous *PhotoViewer* :

- le **swipe**, qui permet de faire défiler les images par glissement de doigt sur l'écran tactile. Cette commande est remplacée par deux gestes. D'une part l'inclinaison, qui permet de remplacer une image par la suivante (inclinaison droite) ou la précédente (inclinaison gauche). La secousse permet de lancer de son côté le défilement automatique des images en avant (secousse droite) ou en arrière (secousse gauche). La secousse avec appui digital permet enfin d'aller au début ou à la fin du diaporama. L'utilisateur se voit donc offrir un système de commande enrichi par rapport à l'application « Photos » de base.
- la modification de l'orientation de la photographie par **rotation du dispositif**. Cette commande gestuelle est intégrée de base sur les mobiles *iOS*. Elle n'est toutefois pas adaptée à une utilisation en (pico) projection, qui constitue la perspective de nos travaux. Dans notre application, cette commande est remplacée par une inclinaison vers un côté (mode paysage) ou vers l'arrière (mode portrait) de l'appareil tout en gardant un doigt sur l'écran. Dans le cas d'une projection des images, on peut ainsi modifier l'orientation des images tout en conservant un affichage devant soi sur la surface de projection.
- le **pinch**, qui est une commande qui permet de zoomer et dézoomer les images en modifiant l'écartement de deux doigts en contact avec l'écran tactile. Ce geste n'est pas compatible avec la manipulation à une main qui est visée dans nos travaux. La commande est initiée par un geste à un seul doigt avec appui long. Elle permet ensuite d'entrer dans deux modes différents, suivant la direction des premiers déplacements du doigt après l'appui long (figure 10). En cas de déplacement avant ou arrière du doigt, l'image est respectivement agrandie ou rétrécie (fonction zoom). Si les premiers déplacements sont réalisés au contraire sur la droite ou la gauche, le système passe en mode de pointage : un pointeur suit alors à l'écran les déplacements du doigt sur l'écran. Ce mode de commande a été développé pour des usages en pico-projection.

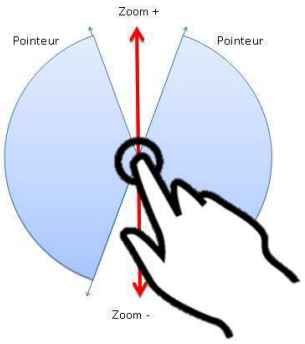


**Figure 10. Zones d'activation des modes zoom et pointeur après un appui digital long sur l'écran tactile.**

### Protocole expérimental

Les expérimentations ont consisté à faire jouer à une population de test un scenario basé sur l'utilisation de *PhotoViewer* et sensé correspondre à un usage réaliste d'une telle application. Dans un premier temps, les sujets étaient invités à se familiariser avec l'application durant une durée à leur convenance. Ils avaient accès à une notice détaillant les gestes reconnus dans l'application ainsi qu'à l'appareil sur lequel allait être conduits les tests. Le scénario à reproduire était identique pour tous les sujets. Il impliquait la réalisation de tous les gestes du vocabulaire (au moins une occurrence par geste). Un fichier de log nous a permis de tracer toutes les actions du sujet durant le test.

Les expérimentations ont été menées par 11 personnes (11 hommes et 0 femmes) de niveau d'étude supérieur et intéressés par les nouvelles technologies. Quatre des sujets possédaient un appareil avec écran tactile, dont deux un ordiphone.

### Résultats : robustesse de détection

Les résultats présentés dans le tableau 1 ci-dessous portent sur la réalisation de 235 commandes gestuelles. On remarque tout d'abord que les inclinaisons sont toutes détectées correctement. Au global, la détection gestuelle implémentée présente une robustesse globale de près de 98%, ce qui est significativement supérieur au taux de 92% rapporté dans [5]. De notre point de vue, ces bons résultats sont dus à deux facteurs :

- l'utilisation de filtres adaptés au type de mouvement, et non pas un travail sur les données brutes,
- une stratégie d'analyse en plusieurs passes permettant de travailler sur des dimensions spatiales adaptées à chaque geste. Le niveau de performance atteint par notre système montre qu'il n'est pas nécessaire d'en passer par des techniques d'apprentissage multidimensionnelles telles qu'envisagées par [5].

| | Nb. de gestes | Correct | Erreur de direction | Erreur de type |
|---|---|---|---|---|
| **Inclinaisons** | 131 | 100% | 0% | 0% |
| **Secousses** | 104 | 95,2% | 3,8% | 1,0% |
| ***TOTAL*** | ***235*** | ***97,9%*** | ***1,7%*** | ***0,4%*** |

**Tableau 2 : Distribution des erreurs de détection de gestes**

Dans le détail, on observe que les erreurs de détection de type sont marginales : aucune inclinaison n'est confondue avec une secousse, et seul 1% des secousses sont détectée comme des inclinaisons. Ce résultat est important car la sémantique de commande associée aux deux types de gestes est très différente. Les erreurs qui se limitent à la direction du geste sont au contraire plus facilement acceptables par l'utilisateur. Elles ne concernent que les secousses et se limitent à moins de 4% des cas. Dans tous les cas, l'erreur de direction est due à une mauvaise interprétation du geste de préparation à la secousse. Pour réduire ce taux résiduel d'erreur, nous avons implémenté une petite application qui permet aux utilisateurs d'apprendre à mieux contrôler leurs gestes de commande. Le bénéfice attendu par cette application n'a toutefois pas été évalué. Dans tous les cas de figure, on peut de toute manière conclure des tests réalisés que la commande gestuelle qui a été implémentée est suffisamment robuste pour apparaître transparente aux utilisateurs. C'est ce que nous confirme l'évaluation qualitative de l'interaction.

## UTILISABILITE DE LA COMMANDE GESTUELLE 3D : EVALUATION SUBJECTIVE

Compte tenu du faible taux d'erreur de détection observé, on peut espérer que les utilisateurs considèrent l'interaction par commande gestuelle comme robuste. Plus généralement, un questionnaire post-expérimentation a été proposé aux sujets afin de connaître leur avis subjectif sur l'utilisabilité de cette commande gestuelle à une main. Ce questionnaire regroupait un ensemble de questions fermées auxquelles les testeurs devaient apporter un avis sur une échelle de Lickert à 4 valeurs.

La figure 11 regroupe les questions sur l'impression générale laissée par l'application. Les sujets trouvent que la prise en main de ce mode d'interaction gestuelle est aisée, et que l'application résultante est simple d'usage et cohérente. Sur ce dernier point, on observe toutefois une grande variabilité de réponses, certains utilisateurs ayant trouvé l'application complexe.

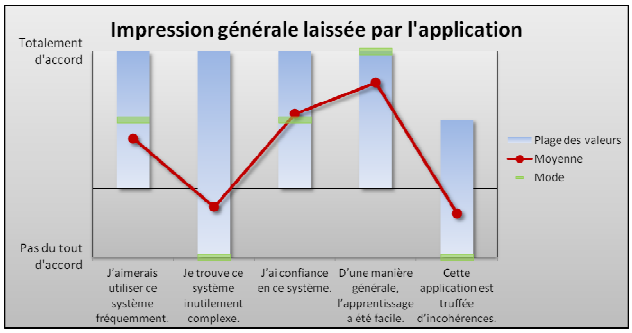


**Figure 11. Evaluation subjective : utilisabilité générale.**

L'analyse des réponses montre que les avis négatifs proviennent d'utilisateurs ayant déjà l'expérience d'une interaction standard sur écran tactile (swipe pour changer d'image, zoom à deux doigts…). Le fait que ces commandes tactiles aient été désactivées a visiblement désorienté ces utilisateurs experts. A l'opposé, les primo-utilisateurs du dispositif ont des avis bien plus positifs sur le système de commande.

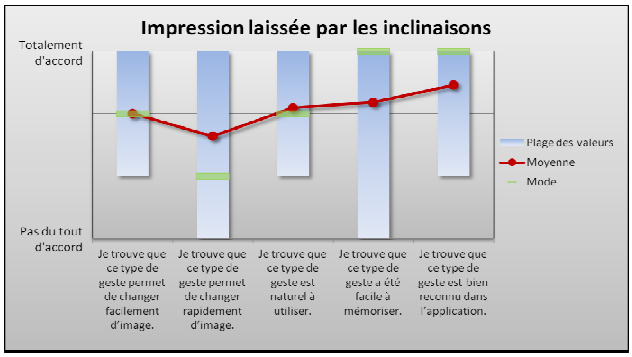


**Figure 12. Evaluation subjective : inclinaisons gauche/droite**

Un second groupe de questions a concerné spécifiquement les commandes accessibles par inclinaison (figure 12). On se rappelle que ce geste est toujours reconnu correctement par l'application. La qualité de la discrimination des gestes est bien perçue par les utilisateurs même si un des sujets a exprimé un avis légèrement négatif (« assez peu d'accord ») sur la bonne reconnaissance du geste par le système. Globalement, les sujets ont trouvé que les inclinaisons étaient assez faciles à réaliser et permettaient de passer relativement facilement d'une image à une autre. Les avis sont plus partagés sur l'utilisabilité de ce mode de commande en termes de rapidité. Ce résultat provient peut-être du fait que l'inclinaison ne permet qu'un déplacement image par image, le déroulement automatique du diaporama étant accessible par un geste impulsif (secousse). Ce choix de conception n'était peut-être pas le plus adapté, des gestes de nature différente intervenant pour des commandes sémantiquement proches. Cette observation explique peut-être également que certains sujets aient trouvé les gestes assez difficiles à mémoriser. Cet avis reste toutefois marginal, l'impression globale sur ce dernier point étant très positif. Dans l'ensemble, on peut donc dire que l'inclinaison a été bien appréciée des sujets.

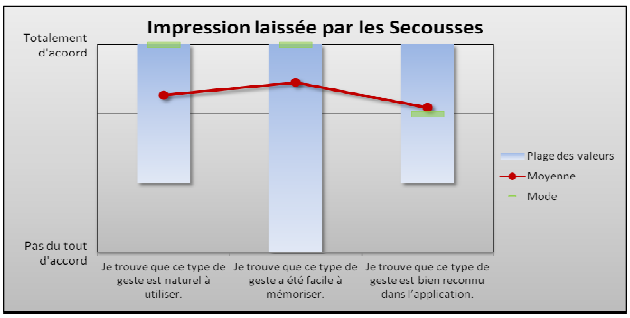


**Figure 13. Evaluation subjective : secousse.**

Cette impression positive se retrouve avec les secousses (figure 13). On remarque tout d'abord que le léger taux d'erreurs de détection du geste (pour rappel : 4,8%) ne perturbe qu'à la marge l'interaction : l'avis des utilisateurs reste en moyenne positif, contre très positif dans le cas des inclinaisons. Le geste reste par ailleurs considéré comme naturel. Les avis sur la mémorisabilité des commandes associées sont le pendant des observations faites pour les inclinaisons. Là encore, on peut affirmer que la secousse est un mode d'interaction bien accepté par les utilisateurs.

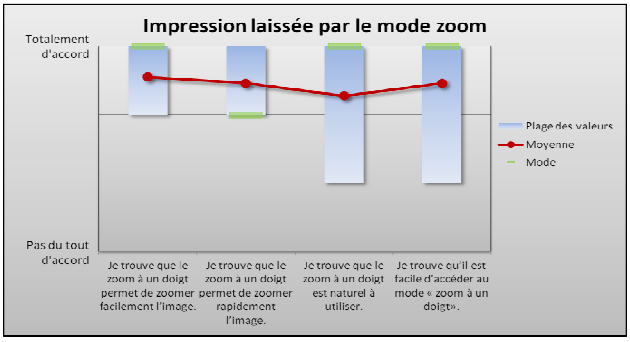


**Figure 14. Evaluation subjective : zoom.**

Un dernier groupe de questions a concerné spécifiquement la commande gestuelle du zoom (figure 14). Pour rappel, il s'agit du geste le plus complexe de notre vocabulaire de commande, puisqu'il associe une inclinaison avant/arrière à un mouvement initial d'un doigt sur la surface tactile, suivi ensuite d'un mouvement libre du doigt. Les opinions que nous avons récoltées sur ce mode d'interaction complexe sont très encourageantes : les avis sont globalement positifs à très positifs. Alors que l'on peut penser que la désignation multitouch de l'amplitude du zoom (geste de pinch) est bien ancrée chez les utilisateurs, ce résultat montre qu'une commande alternative à un doigt peut-être bien appréciée.

Une dernière partie du questionnaire, laissant la place à des commentaires libres, confirme cette observation : c'est en effet le mode zoom qui a reçu le plus de commentaires spontanés (6 avis sur 11 sujets), les avis alors exprimés étant tous positifs et soulignant l'intérêt de la commande. Dans le même ordre d'idée, deux avis insistent sur les aspects positifs d'une commande à une main ou à un doigt, alors qu'aucun commentaire négatif n'a été exprimé sur ce sujet. Quelques commentaires négatifs ont également été exprimés. Ils concernent tous des points particuliers qui relèvent avant tout de choix perfectibles d'association entre geste et commande. En particulier, la commande gestuelle de changement d'orientation de l'affichage (mode portrait ou paysage) a été source de confusion, alors que le geste associé au zoom, très proche dans sa réalisation, est lui apprécié comme nous l'avons vu.

Le mode d'interaction offert par notre commande gestuelle à une main était initialement motivé par l'utilisation du dispositif en projection. L'interaction sur picophone n'est pas au centre de cet article. Nous allons toutefois présenter les expérimentations que nous avons menées sur le sujet.

## UTILISATION EN PICO-PROJECTION

Combinaison d'un vidéoprojecteur miniaturisé et d'un téléphone mobile, les picophones constituent une réponse à la taille d'affichage limitée des ordiphones qui ne nécessite pas de dispositif de projection déporté comme dans [12]. Ces picoprojecteurs sont capables de rivaliser, en termes de résolution, avec un vidéoprojecteur standard pour afficher des images d'environ 50'' (1,3 m). Leur principale limitation réside dans leur faible luminosité. De nombreuses recherches ont déjà exploré de nouvelles formes d'interaction avec un picoprojecteur (voir [8] pour un état de l'art). Plusieurs picophones sont par ailleurs commercialisés, le dernier en date étant le Samsung Galaxy Beam, doté d'un projecteur d'une luminosité de 15 lumens.

Pour l'heure, les picophones se contentent de projeter le contenu de leur écran tactile. Ils sont donc avant tout utiles pour le partage de contenu avec d'autres personnes. Nous avons ainsi étudié l'utilisation d'un picophone pour le visionnage collectif d'images affichées par l'application *PhotoViewer*. Cette situation d'usage pose deux problèmes :

- discriminer de manière robuste les gestes volontaires de commande du picophone des simples tremblements liés au maintien du dispositif en projection,
- assurer une stabilité de l'image projetée en dépit de ces tremblements involontaires

La robustesse de notre détection de gestes nous assure de la résolution du premier problème. La stabilisation de l'image est abordée par une approche logicielle plutôt qu'une solution matérielle reposant sur une optique adaptative, nécessairement coûteuse et énergivore. La stabilisation logicielle que nous avons mise en œuvre consiste à n'utiliser qu'une partie de l'espace projeté pour afficher le contenu de l'écran tactile : une zone tampon sans affichage est utilisée pour compenser les tremblements (figure 15). A titre d'exemple, lorsque le picophone s'incline vers le bas, l'application compense l'angle d'inclinaison résultant en rehaussant la position de l'image dans l'espace de projection. Une fréquence de rafraichissement rapide (25 Hz) rend cette correction imperceptible : alors que la zone de projection suit les tremblements de l'utilisateur, le contenu projeté reste immobile. Cette correction vise à

compenser les mouvements involontaires de haut en bas ou de droite à gauche de la zone de projection

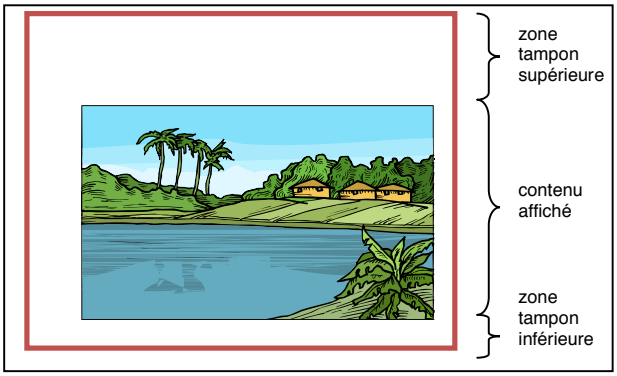


**Figure 15. Stabilisation de l'image par utilisation de zones tampon autour de l'affichage effectif.**

La commande gestuelle que nous avons mise en place utilisait les données fournies par l'accéléromètre du mobile, nous utilisons cette fois le gyroscope intégré à un iPod touch de 4$^{e}$ génération pour mesurer les angles d'inclinaison verticaux et horizontaux par rapport à une droite orthogonale au mur de projection (figure 16).

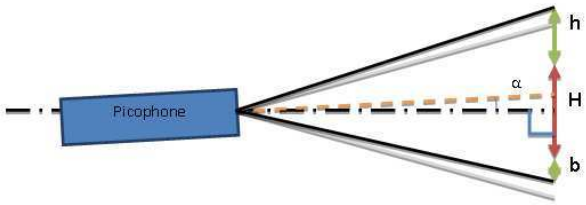


**Figure 16. Principe de la stabilisation dans l'espace vertical.**

Sans entrer dans les détails, la mesure de la variation de l'angle d'inclinaison α représenté sur la figure 16 entraîne une modification de la dimension des zones tampons désignées par *h* et *b* afin que la zone d'affichage *H* reste immobile. Le principal intérêt de cette correction est qu'elle ne nécessite aucun géoréférencement préalable par rapport à la surface d'affichage. Elle ne peut par contre pas gérer les mouvements d'avancée ou de recul du picophone. Notre approche ne permet donc pas de compenser une avancée ou un recul dus au déplacement de l'utilisateur.

L'efficacité de la stabilisation logicielle a été testée à l'aide d'un dispositif simulant l'usage d'un picophone. A l'instar de [11], nous avons utilisé un *iPod touch* fixé à un pico-projecteur Optoma PK 200 d'une luminosité de 20 lumens. Nos tests ont montré qu'il était possible de stabiliser parfaitement l'image par correction logicielle dans des conditions réelles d'utilisation. Nous avons toutefois observé une dérive de l'affichage au cours du temps. Il est apparu que celle-ci provenait des données fournies par le gyroscope. Dans l'attente de la sortie d'un gyroscope plus précis, mais également de picoprojecteurs de plus forte luminosité, il ne nous a donc pas été possible de mettre en place une véritable expérimentation utilisateur. Nos tests pilote ont toutefois montré la validité de l'approche.

## CONCLUSION

Cet article a présenté une méthode de détection de gestes 3D adaptée à la commande à une main de dispositifs mobiles. Nos expériences montrent que notre approche permet d'atteindre une excellente robustesse de détection gestuelle. Par ailleurs, les retours d'évaluation que nous avons observés suggèrent que le mode d'interaction offert par cette commande gestuelle à une main répond à des besoins qui vont au-delà de l'utilisation en picoprojection, qui était à l'origine de ces travaux. Notre objectif est désormais d'étudier cette commande gestuelle sur des tâches plus complexes associant plusieurs applications.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé par la société BAMSOO dans le cadre du projet *TMH* (*Téléphonie, Mobilité et Handicap*).

## REFERENCES

1. Bartlett, J.F. Rock'n scroll is here to stay. IEEE Computer Graphic Applications 20, 3, (2000) 40-45.
2. Oakley, I. Park, J. Designing eyes-free interaction. *Proc. HAID: LNCS 4813*, 121–132 (2007).
3. Wigdor, D., Balakrishnan, R. TiltText: Using tilt for text input to mobile phones. *Proc. 16$^{th}$ UIST ACM Symposium*, Vancouver, Canada (2003).
4. Roudault, A., Baglioni, M., Lecolinet, E., TimeTilt: using sensor-based gestures to travel through multiple applications on a mobile device. Proc. Interact'2009, In. Gross, T. et al. (Eds), LNCS 5726, (2009) 830-834.
5. Baglioni, M., Lecolinet, E., Guiard, Y., JerkTilts : using accelerometers for eight-choise selection in mobile devices. *Proc. ICMI'2011,* Alicante (2011) 121-128.
6. Harrison, C., Hudson, C.E. Scratch input: creating large, inexpensive, unpowered and mobile finger input surfaces. Proc. UIST'2008, (2008) 205-208.
7. Baudisch, P., Chu, G., Back-of-device interaction allows creating very small touch devices. *CHI'2009* (2009).
8. Poirier, F., Ah-Leung, J., Antoine, J.-Y., Interaction avec un picoprojecteur : état de l'art et analyse des attentes des utilisateurs. *Actes IHM 2010* (2010).
9. Scoditti, A. *Gestural interaction techniques for handheld devices combining accelerometers and multipoint touch screens*, Thèse Grenoble I, 28 décembre 2011 (2011)
10. Poirier F. Dimensions caractéristiques de l'interaction gestuelle sur table de collaboration. *IHM 2007* (2007).
11. Wilson, M., Robinson, S., Craggs, D., Brimble, K., Jones, M., Pico-ing in the future of mobile projector phones. *Proc. CHI'2010*, Atlanta,GA (2010) 3997-4002.
12. Dachelt, R., Buchholz, R., Throw and tilt: seamless interaction across devices using mobile phone gestures. Proc. *MEIS'2009*, Lübeck, Germany (2009).