



---

**Ecole Ingénieurs 2000**  
**Université Paris-Est de Marne-la-Vallée**

**Filière Informatique et Réseaux**

**3<sup>ème</sup> année**  
**2008-2009**

---

---

# **Les technologies tactiles**



---

**Date** 3 février 2009

**Auteur** Tom Miette

**Exposés système et réseaux**

Ce dossier contient un compte-rendu de l'exposé sur les technologies tactiles, présenté par Tom MIETTE, le 3 février 2009, dans le cadre des exposés de organisés par l'UFR Ingénieurs 2000 de l'UPEMLV par messieurs Etienne DURIS et Dominique REVUZ.

---

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>2</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
I. HISTORIQUE .....	5
1. <i>L'origine des temps</i> .....	5
2. <i>Les temps modernes</i> .....	6
3. <i>Les prémices du futur</i> .....	7
4. <i>Pourquoi les technologies tardent-elles à apparaître ?</i> .....	10
a) Raisons techniques .....	10
b) Raisons humaines .....	10
II. COMPOSANTES D'UN DISPOSITIF TACTILE .....	12
1. <i>Terminologie</i> .....	12
a) Single-touch ou multi-touch .....	12
b) Multipoints ou multi-touch.....	12
c) Architecture à trois couches .....	12
2. <i>Dispositif de pointage</i> .....	13
a) Technologie capacitive.....	13
b) Technologie résistive .....	13
c) Technologie à infrarouges.....	14
d) Technologie à ondes de surface.....	15
e) Technologie FTIR.....	15
f) Comparatif .....	16
3. <i>Couche logicielle</i> .....	17
a) Architecture générale .....	17
b) Architecture détaillée .....	19
c) Événement multi-touch .....	20
d) Exemple concret : rotation d'une photo .....	21
4. <i>Dispositif d'affichage</i> .....	22
III. QUELQUES APPLICATIONS MULTI-TOUCH .....	23
1. <i>Apple iPhone - iTouch</i> .....	23
2. <i>Microsoft Surface</i> .....	24
3. <i>Perceptive Pixel (Jefferson Han)</i> .....	26
4. <i>MPX (Multi-Pointer X Server)</i> .....	28
IV. L'AVENIR DU TACTILE .....	30
1. <i>Limitations</i> .....	30
2. <i>Quel avenir ?</i> .....	31
V. CREER SON PROPRE ECRAN TACTILE .....	34
1. <i>Fonctionnement de la Console Wii</i> .....	34
2. <i>L'idée de Johnny Chung Lee</i> .....	35
a) Les ingrédients .....	35
b) Le montage .....	36
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>38</b>

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

<b>Figure 1.</b>	Hugh Le Caine et sa saqueboute.....	5
<b>Figure 2.</b>	L'écran à infrarouges : PLATO IV.....	6
<b>Figure 3.</b>	Premier système « bi-manual ».....	7
<b>Figure 4.</b>	Les gestes complexes.....	8
<b>Figure 5.</b>	Jefferson Han et Perceptive Pixel.....	9
<b>Figure 6.</b>	Apple iPhone et Microsoft Surface Computing.....	9
<b>Figure 7.</b>	Technologie capacitive.....	13
<b>Figure 8.</b>	Technologie résistive.....	14
<b>Figure 9.</b>	Technologie à infrarouges.....	14
<b>Figure 10.</b>	Technologie à ondes de surface.....	15
<b>Figure 11.</b>	Technologie FTIR.....	16
<b>Figure 12.</b>	Architecture générale de la couche logicielle.....	18
<b>Figure 13.</b>	Architecture détaillée de la couche logicielle.....	19
<b>Figure 14.</b>	Rotation d'une photo, position initiale.....	21
<b>Figure 15.</b>	Rotation d'une photo, position finale.....	22
<b>Figure 16.</b>	Apple iPhone et iTouch.....	23
<b>Figure 17.</b>	Grille d'électrodes de l'écran de l'iPhone.....	24
<b>Figure 18.</b>	Microsoft Surface.....	24
<b>Figure 19.</b>	Perspective Pixel de Jefferson Han.....	27
<b>Figure 20.</b>	MPX.....	28
<b>Figure 21.</b>	Le Dell XT et le HP TouchSmart.....	32
<b>Figure 22.</b>	Fonctionnement de la console Nintendo Wii.....	34
<b>Figure 23.</b>	Ingrédients de l'écran tactile du pauvre.....	35
<b>Figure 24.</b>	Montage de l'écran tactile du pauvre.....	36

# INTRODUCTION

---

Dans le monde d'aujourd'hui, les technologies tactiles sont de plus en plus présentes au quotidien. Jusqu'à maintenant, ce type de technologies était peu répandu et seulement disponible sur des bornes extérieures dans les stations services, les gares ou aéroports, par exemple.

Cependant, ces dernières années, les nouvelles technologies grand public ont souvent eu recours à des écrans ou des dispositifs tactiles. Ceci a eu pour effet de mettre à disposition du plus grand nombre les technologies tactiles. Les récentes sorties de la console DS de Nintendo ou du téléphone iPhone d'Apple sont autant d'exemples de cet expansion. Ce nouvel essor peut s'expliquer par le coût des écrans tactiles, qui est devenu plus abordable, mais aussi par le fait que ces derniers sont plus résistants à une utilisation régulière.

Cet élan impacte indirectement le monde de l'informatique et des interfaces homme / machine. En effet, les écrans tactiles apportent un nombre infini de nouvelles possibilités d'interactions entre un utilisateur et un matériel. Les interfaces graphiques des dispositifs tactiles évoluent donc pour offrir aux utilisateurs l'occasion d'exploiter ces nouveautés. C'est ainsi que les grandes interfaces graphiques populaires, comme Windows par exemple, sont vouées à disparaître en même temps que le tactile se développe.

C'est ce constat qui m'a amené à m'interroger sur les technologies tactiles et l'avenir qu'elles nous réservent. En tant qu'informaticiens, nous sommes ou serons tous confrontés à moyen terme à ce nouveau type de technologies, et donc à de nouvelles méthodes de développement d'applications.

Dans cet exposé, nous allons faire un tour d'horizon des différentes technologies tactiles existantes, et nous tenterons d'apporter une réponse quant à l'avenir des interfaces homme / machine.

Pour cela, dans une première partie, nous ferons un historique des technologies tactiles, en détaillant les grandes dates et événements qui ont fait avancer ce domaine. Dans un second temps, nous décrirons les composantes d'un dispositif tactile, à la fois matérielles et logicielles. Puis, dans un troisième temps, nous présenterons les principales applications innovantes qui nous entourent et qui utilisent la technologie tactile. Et enfin, dans une dernière partie, nous essayerons d'exposer quelles transformations apportera le tactile dans le monde de l'informatique à court et moyen terme.

Pour plus d'informations, en annexe de ce rapport, nous présenterons un petit tutorial pour mettre au point un écran tactile personnel « à la maison » sans investissement financier.

## I. HISTORIQUE

Voici les principales dates qui ont conduit à l'avènement de la technologie tactile moderne.

### 1. L'origine des temps

Contrairement à ce que nous pourrions croire, le tactile n'est pas une technologie récente. En effet, l'invention du premier dispositif tactile remonte à plus d'un demi-siècle.

- **1953** : premiers capteurs capacitifs.

Un musicien canadien, Hugh Le Caine, invente le premier synthétiseur électronique, baptisé la saqueboute. Par la même occasion, il développe de petits capteurs capacitifs pour contrôler le timbre et le volume de son instrument avec la main gauche, chaque doigt actionnant une commande distincte, sensible à la pression.

Cette invention est reconnue comme le premier dispositif tactile de l'histoire.



Figure 1. Hugh Le Caine et sa saqueboute.

Pour plus d'informations : <http://www.hughlecaine.com/fr/sackbut.html>.

- **1960-1972** : premier écran à infrarouges.

Dans les années 60, un universitaire de l'Illinois imagine un écran tactile à technologie infrarouge pour permettre aux étudiants de l'université de répondre à des questionnaires directement en touchant l'écran d'un ordinateur. Le projet est baptisé PLATO (*Programmed Logic for Automated Teaching Operations*).

Le projet aboutit à la commercialisation par IBM du prototype PLATO IV en 1972 (avec une surface de 16x16 zones sensibles), c'est le premier écran tactile mis sur le marché.

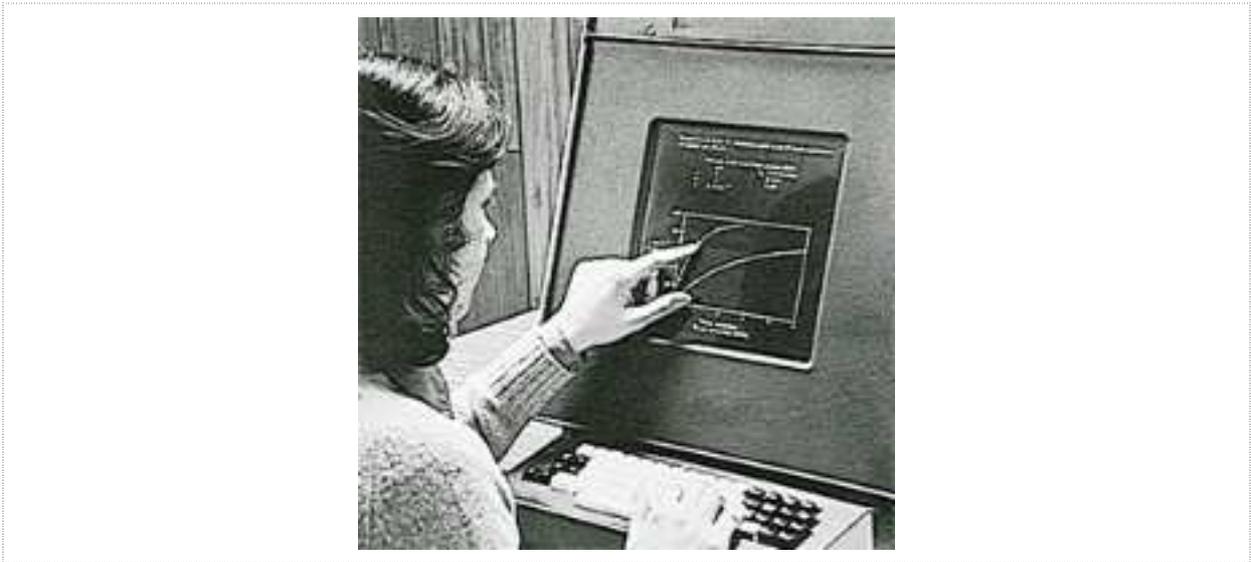


Figure 2. L'écran à infrarouges : PLATO IV.

Pour plus d'information : [http://en.wikipedia.org/wiki/Plato\\_computer](http://en.wikipedia.org/wiki/Plato_computer).

- **1971** : premier écran résistif.

Sam Hurst, un chercheur à ONRL (*Oak Ridge National Laboratory*), conçoit le premier écran à technologie résistive. Le besoin de ce chercheur était de pouvoir effectuer de la saisie sur ordinateur à grande échelle, et notamment la saisie de coordonnées de graphiques.

Pour ne pas avoir à attendre plus de deux mois que ce type de tâches soient accomplies par des stagiaires, il décide d'inventer un écran tactile pour saisir directement les points de coordonnées sur l'écran, et ainsi gagner un temps non négligeable.

- **1973** : création d'Elo TouchSystems.

Le même Sam Hurst fonde sa société, Elo TouchSystems. Il s'agit d'une entreprise pionnière dans le domaine des technologies tactiles, et c'est encore aujourd'hui un des leaders dans ce domaine.

## 2. Les temps modernes

- **1982** : premier périphérique multi-touch.

Nimish Mehta, chercheur à l'Université de Toronto, imagine le premier système multi-touch, c'est-à-dire un dispositif capable de comprendre et d'interpréter plusieurs points de contacts de façon simultanée. Ce premier périphérique est un simple touchpad.

- **1984** : premier écran multi-touch.

La société Bell Labs crée le premier écran multi-touch. Bien que ce soit Nimish Mehta qui ait conçu le premier système multi-touch, il s'agit ici d'un dispositif tactile multi-touch couplé à un diapositif d'affichage.

- **1986** : premier écran « bi-manual ».

Toujours dans l'université de Toronto, le premier système « bi-manual » est inventé. Il s'agit d'un dispositif contrôlé par les deux mains de façon simultanée, mais indépendante. L'une des mains effectue les tâches de disposition et de mise à l'échelle. La seconde main, quant à elle, se charge de la sélection et de la navigation.



Figure 3. Premier système « bi-manual ».

Pour plus d'informations : <http://www.billbuxton.com/2hands.html>.

- **1991** : apparition de la technologie bidirectionnelle.

Bill Buxton conçoit la technologie bidirectionnelle. Cette nouvelle technologie consiste à confondre le dispositif de pointage tactile et le dispositif d'affichage. Jusqu'à présent, tous les systèmes avaient deux couches bien distinctes, une pour recevoir les événements tactiles, et une seconde pour afficher les résultats.

Ce projet consiste à créer un écran LCD pouvant également recevoir les touchés des utilisateurs.

Pour plus d'informations : <http://www.dpix.com/about.html>.

### 3. Les prémices du futur

- **2001** : gestes complexes.

La société Mitsubishi Research Labs introduit son écran Diamond Touch et par la même occasion les gestes complexes. L'écran est maintenant capable d'interpréter une suite

de touchés comme un seul et même geste complexe et non pas comme une succession de coordonnées. Cela permet d'apporter de nouvelles possibilités comme la prise en compte de l'angle d'approche, la direction ou la vitesse des doigts sur l'écran.

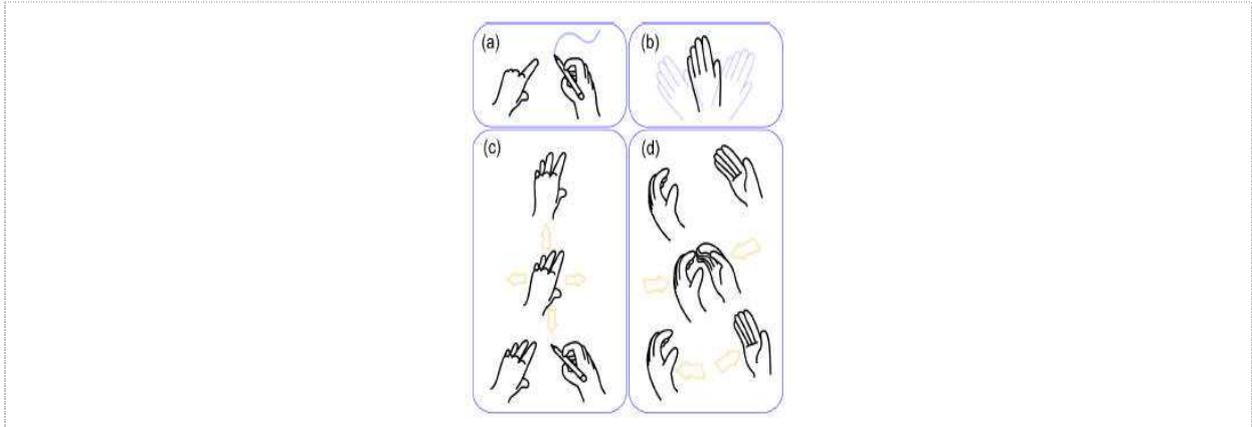


Figure 4. Les gestes complexes.

Pour plus d'informations : <http://www.diamondspace.merl.com/>.

- **2003** : multiutilisateurs.

Le premier écran multiutilisateur fait son apparition. L'université de Toronto invente un dispositif qui peut analyser et interpréter les actions de différents utilisateurs simultanément sur un seul et unique écran.

- **2006** : fondation de Perceptive Pixel.

En 2005, Jefferson Han, un chercheur à l'université de New-York, développe une nouvelle technologie pour interpréter les événements tactiles (FTIR, présenté ci-après). Cela lui permet de mettre au point un « mur » tactile multi-touch et multiutilisateurs à très bas coût.

Cette date est très importante dans le domaine du tactile, puisqu'elle introduit une technologie complément évolutive en taille (« *scalable* ») qui s'impose comme la technologie tactile la plus évoluée au monde, et qui fait de Jefferson Han la référence dans ce domaine.

Pour développer et commercialiser sa technologie, Jefferson Han fonde en 2006 la société Perceptive Pixel.



Figure 5. Jefferson Han et Perceptive Pixel.

Pour plus d'informations : <http://www.perceptivepixel.com/>.

- **2007** : apparition de l'Apple iPhone et de Microsoft Surface Computing.

Cette année voit l'apparition de solutions tactiles grand public avec les incontournables iPhone et Surface. Cela permet au plus grand nombre de disposer d'écrans tactiles et d'apprécier les nouvelles interfaces homme / machine, et pousse fortement le développement des technologies tactiles dans le monde.

Ces deux systèmes seront décrits plus en détail dans la suite de cet exposé.



Figure 6. Apple iPhone et Microsoft Surface Computing.

- **2008** : N-Trig.

Une société israélienne, N-Trig, développe à grand échelle des écrans tactiles pour des Tablet-PCs commercialisé notamment par Dell. Ces écrans ont la particularité de pouvoir interpréter les touchés de pointeurs conducteurs ou non, grâce à des stylets spéciaux.

Cette date marque l'avènement des technologies tactiles qui sont maintenant prêtes à apparaître sur le marché du grand public à large échelle.

## 4. Pourquoi les technologies tardent-elles à apparaître ?

Malgré le fait que la technologie tactile en elle-même soit relativement ancienne, nous pouvons nous demander pourquoi il a fallu attendre le début du vingt et unième siècle pour voir émerger des appareils munis d'écrans tactiles. En effet, les technologies tactiles sont très en avance sur leur temps. Ce phénomène s'explique par deux types de raisons, des causes technologiques tout d'abord, puis des causes humaines, dépendantes des utilisateurs.

### *a) Raisons techniques*

Jusqu'à très récemment, les capacités graphiques des terminaux étaient encore trop limitées pour exploiter pleinement les possibilités offertes par les technologies tactiles. Ceci a donc largement freiné l'apparition de solutions abordables financièrement.

Ensuite, les principaux systèmes d'exploitation que nous connaissons aujourd'hui, tel que Windows, Linux ou encore Mac OS ne sont pas adaptés à la technologie tactile. En effet, ces derniers proposent des interfaces utilisateur « single-point », c'est-à-dire qui interprètent un seul point de contact (« un clic de souris »). L'application d'événements multi-touch est donc inenvisageable sur ces systèmes.

Et enfin, les interfaces homme / machine conçues aujourd'hui ne sont également pas faites pour le tactile. Amener la technologie tactile par-dessus ces interfaces n'apporte aucune plus-value à l'utilisateur : « remplacer la souris par le doigt ne sert à rien ». Il faudrait imaginer d'autres interfaces, plus intuitives à la manipulation avec les mains et les stylets.

### *b) Raisons humaines*

Le second paramètre qui a ralenti l'apparition des technologies tactiles est l'aspect humain. En effet, le public n'était pas encore prêt, jusqu'à très récemment, à voir émerger des solutions tactiles. Ce phénomène a été également constaté lors de la naissance de la souris, puisqu'il a fallu presque 30 ans entre son invention en 1968, et sa démocratisation sur Windows 95 en 1995.

Ceci s'explique par le fait que les utilisateurs ont un certain retard par rapport aux nouvelles technologies, et qu'il faut souvent un temps d'adaptation pour qu'une d'entre elles soit acceptée et adoptée par le grand public.

De plus, jusqu'à 2007 et la commercialisation de l'iPhone, la plupart des technologies tactiles avaient un coût trop important pour pouvoir être proposées sur le marché du grand public. Ces dernières étaient réservées aux entreprises, et n'étaient accessibles aux particuliers que dans de rares cas.

A cela venait s'ajouter la relative fragilité qu'éprouvait encore ce type de technologies, ce qui rendait inenvisageable l'utilisation d'un écran tactile sur des appareils courants d'utilisation quotidienne.

Tous ces points sont autant de facteurs qui ont ralenti l'essor du tactile.

## II. COMPOSANTES D'UN DISPOSITIF TACTILE

Nous allons présenter ici toutes les composantes qui font un dispositif tactile.

### 1. Terminologie

Tout d'abord, voici quelques aspects de terminologies qu'il convient de préciser pour faciliter la compréhension de la suite de cet exposé.

#### *a) Single-touch ou multi-touch*

Un dispositif single-touch n'est capable d'interpréter qu'un seul et unique point de contact à la fois, et donc par extension, il n'accepte qu'un seul utilisateur.

La technologie multi-touch, quant à elle, permet d'analyser plusieurs points de contacts en même temps sur le même appareil. Ceci offre la possibilité de faire des gestes complexes, et également d'interagir simultanément avec plusieurs utilisateurs.

#### *b) Multipoints ou multi-touch*

Ces deux termes sont souvent confondus, mais ils ne reflètent pas exactement la même notion.

Ce que nous appelons un système multipoints est un système qui interprète plusieurs points de contacts (coordonnée en x et y). Il s'agit d'un événement équivalent à plusieurs clics de souris simultanés. Cela permet l'introduction de gestes limités.

Les gestes riches ou complexes sont offerts par la technologie multi-touch. Pour cela, cette dernière ne se contente pas de simples coordonnées en abscisse et ordonnée, mais elle interprète des zones de contacts (également appelées régions). Les dispositifs multi-touch apportent aussi d'autres possibilités de détection comme la pression, l'angle d'approche, le type d'objet pointé, etc.

#### *c) Architecture à trois couches*

Ce que nous appelons de façon générale un dispositif tactile est composé de trois différentes couches. Chacune de ces couches a un rôle bien particulier.

- Un **dispositif de pointage** qui reçoit et détermine les points de contacts.
- Une **couche logicielle** qui traduit, calibre et interprète ces points.
- Un **dispositif d'affichage** qui affiche les informations à l'utilisateur.

Nous allons présenter une à une ces couches par la suite.

## 2. Dispositif de pointage

Le dispositif de pointage est celui qui va recevoir les touchés de l'utilisateur et les transmettre à la couche logicielle. Il s'agit de la couche hardware. Il existe un très grand nombre de technologies de pointage, et nous présenterons ici les cinq plus répandues.

### *a) Technologie capacitive*

#### Schéma explicatif

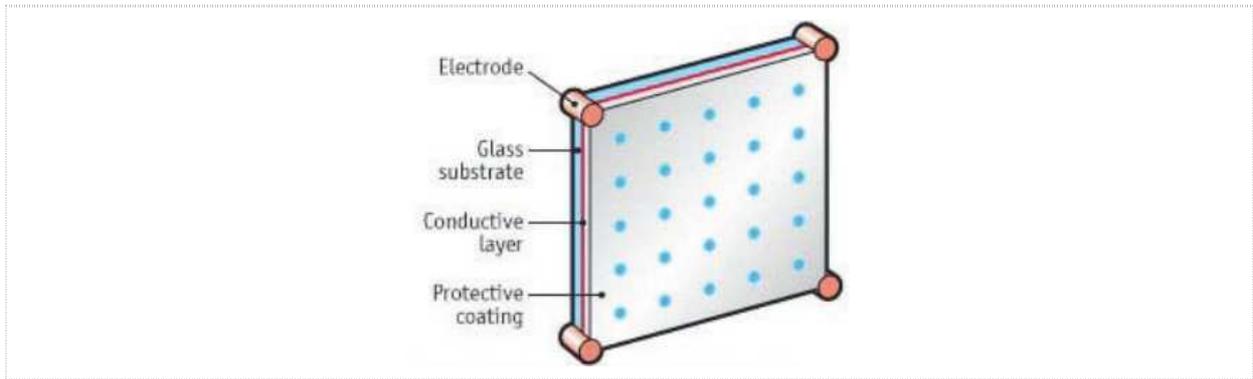


Figure 7. Technologie capacitive.

#### Fonctionnement

Comme nous l'avons vu dans l'historique, la technologie capacitive est la plus ancienne de toutes. C'est aussi la plus répandue. Son fonctionnement est très simple.

Un courant uniforme, diffusé par quatre électrodes placées aux extrémités, parcourt la surface de l'écran. Lorsque l'utilisateur touche ce dernier, il soutire une partie du courant avec son doigt. Le point de contact est alors calculé en fonction de la valeur du courant aux quatre coins de l'écran.

#### Exemples d'application

- bornes extérieures, stations services, etc.
- touch pad
- iPhone (Apple)

### *b) Technologie résistive*

#### Schéma explicatif

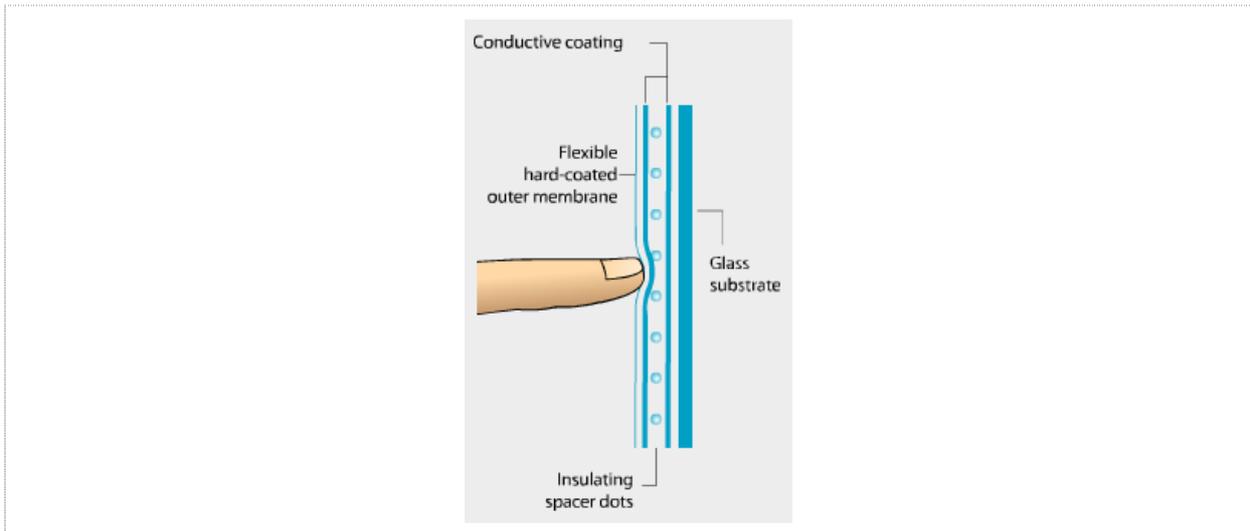


Figure 8. Technologie résistive.

### Fonctionnement

La technologie résistive est la seconde technologie la plus répandue.

Le dispositif est composé de deux couches conductrices séparées par une couche d'isolant. La couche supérieure, du côté de l'utilisateur, est flexible. Lorsque l'utilisateur touche l'écran, il applique une pression et crée un point de contact.

### Exemples d'application

- baladeurs Archos
- Nintendo DS
- PDA, GPS

### c) Technologie à infrarouges

#### Schéma explicatif

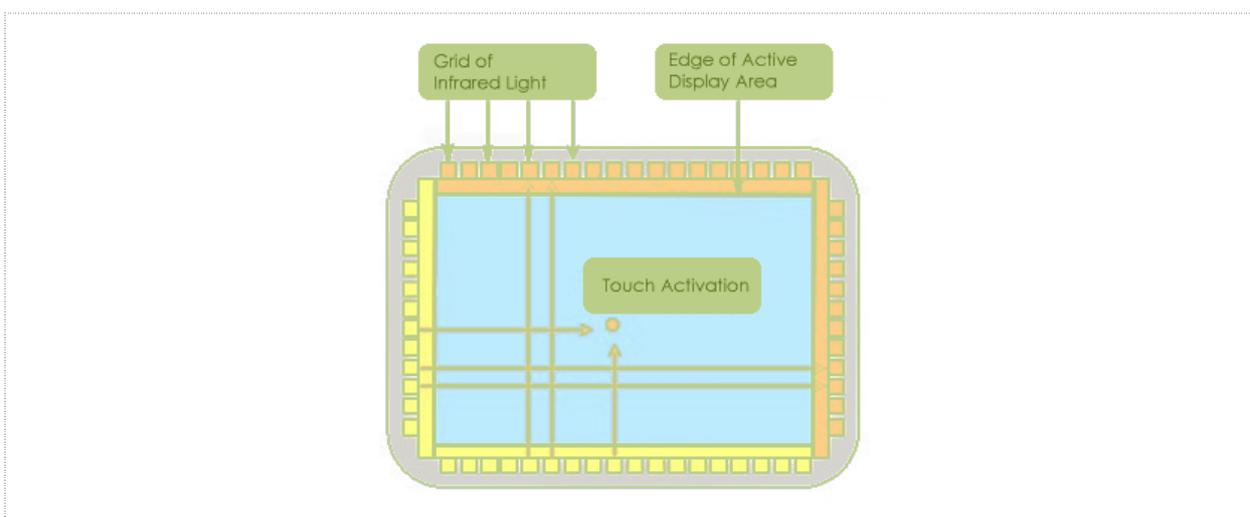


Figure 9. Technologie à infrarouges.

### Fonctionnement

Des diodes infrarouges, placées sur toute la largeur et la longueur de l'écran, créent un faisceau quadrillé lumineux sur la surface de ce dernier. Lorsque l'utilisateur touche l'écran, il interrompt ce faisceau en X et en Y, ce qui détermine le point de contact.

#### Exemples d'application

- TouchSmart (HP)
- Albatron Touch

#### d) Technologie à ondes de surface

##### Schéma explicatif

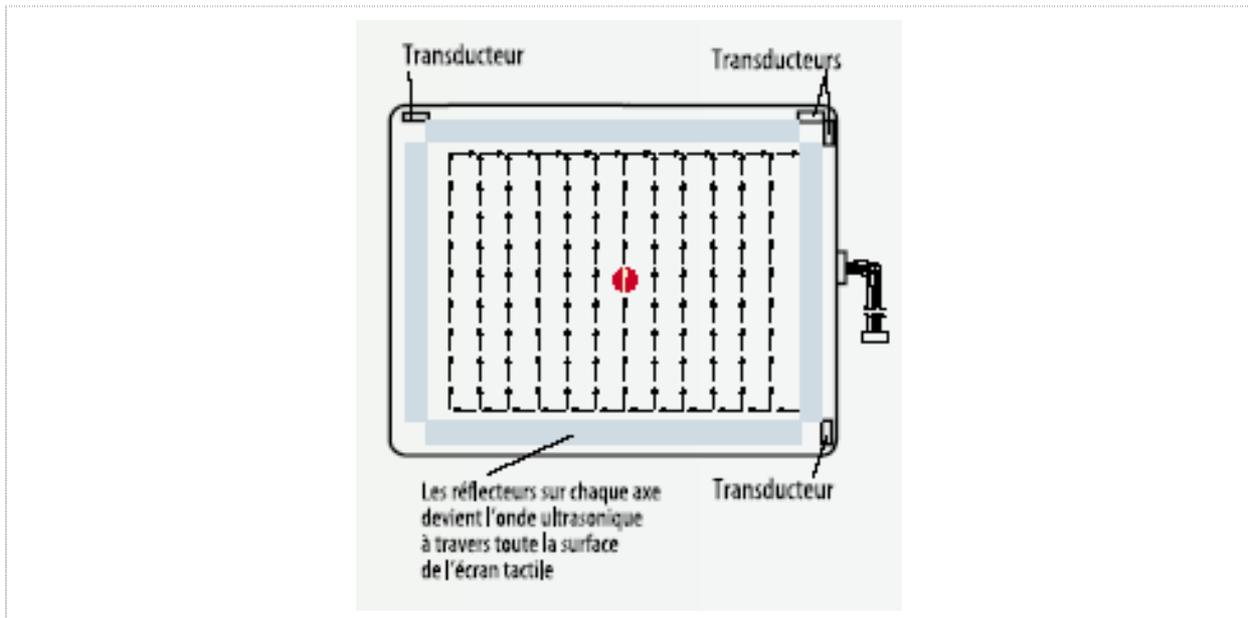


Figure 10. Technologie à ondes de surface.

#### Fonctionnement

Cette technologie possède le même fonctionnement que la technologie à infrarouges, sauf qu'elle utilise des ondes ultrasoniques.

Des ondes ultrasoniques inaudibles parcourent la surface de l'écran et créent un quadrillage. Chaque onde est émise par un émetteur à une extrémité de l'écran et reçue par un récepteur à l'autre extrémité.

Lorsque l'utilisateur touche l'écran, il vient perturber la propagation de ces ondes. En partant du constat que nous connaissons la taille de l'écran et donc le temps de propagation des ondes, les récepteurs déterminent le point de contact en fonction du temps de propagation des ondes déviées.

#### Exemples d'application

- iTouch « Touch-on-Tube » (Elo TouchSystems)

#### e) Technologie FTIR

##### Schéma explicatif

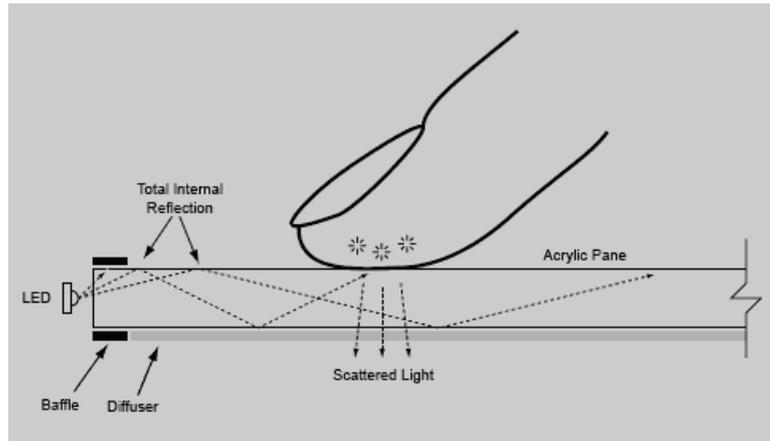


Figure 11. Technologie FTIR.

### Fonctionnement

La technologie FTIR (*Frustrated Total Internal Reflection*) a été inventée par Jefferson Han. C'est une technologie qui utilise la propriété de réflexion totale de la lumière dans un composant réfléchissant, exactement comme pour la fibre optique.

Un faisceau infrarouge se propage dans un matériau réfléchissant à la surface de l'écran (une couche d'acrylique par exemple). Lorsque l'utilisateur touche l'écran, il perturbe la propagation du faisceau infrarouge, et en dévie donc une partie. Les faisceaux déviés sont captés par une caméra infrarouge placée derrière l'écran. La caméra analyse la provenance du faisceau et détermine le point de contact initial.

### Exemples d'application

- Perspective Pixel (Jefferson Han)
- Magic Wall (CNN)

### f) Comparatif

Voici un tableau comparatif des différentes technologies de pointage.

Technologie	Avantages	Inconvénients
<b>Capacitive</b>	Luminosité Temps de réponse	Fragilité Longévité Pointeur conducteur
<b>Résistive</b>	Prix Tous types de pointeurs Temps de réponse	Peu lumineux Fragilité Longévité
<b>Infrarouges</b>	Luminosité Longévité Tous types de pointeurs	Détecte le contact avant le toucher Temps de réponse

<b>Ondes de surface</b>	Luminosité Longévité	Très sensible aux rayures, poussières, etc.
<b>FTIR</b>	Prix Mise en œuvre simple	Très peu répandue

Les technologies capacitive et résistive sont les plus répandues car elles offrent le meilleur prix. Cependant, elles sont toutes deux assez fragiles et ont donc une durée de vie limitée. Les technologies optiques, quant à elles, assurent une longévité importante et une parfaite luminosité.

Cependant, la technologie à infrarouges, de par le fait que l'écran est couvert d'un quadrillage lumineux, elle a le défaut de détecter le point de contact avant le touché réel de l'écran (environ 2mm).

La technologie à ondes de surface est très sensible à toutes les petites perturbations telles que les poussières ou rayures puisqu'elles entravent la propagation des ondes.

Et enfin, la technologie FTIR reste encore toute jeune, à l'état de projet universitaire. Mais elle est la première à proposer autant de possibilités à un prix parfaitement abordable, même pour un particulier.

### 3. Couche logicielle

La couche logicielle reçoit les informations sur les points de contacts. Elle a en charge leur interprétation et leur traitement pour ensuite envoyer le résultat à la couche d'affichage.

#### *a) Architecture générale*

Si nous essayons de schématiser l'architecture générale de cette couche logicielle, voici ce que cela donne. C'est une architecture très classique en couches.

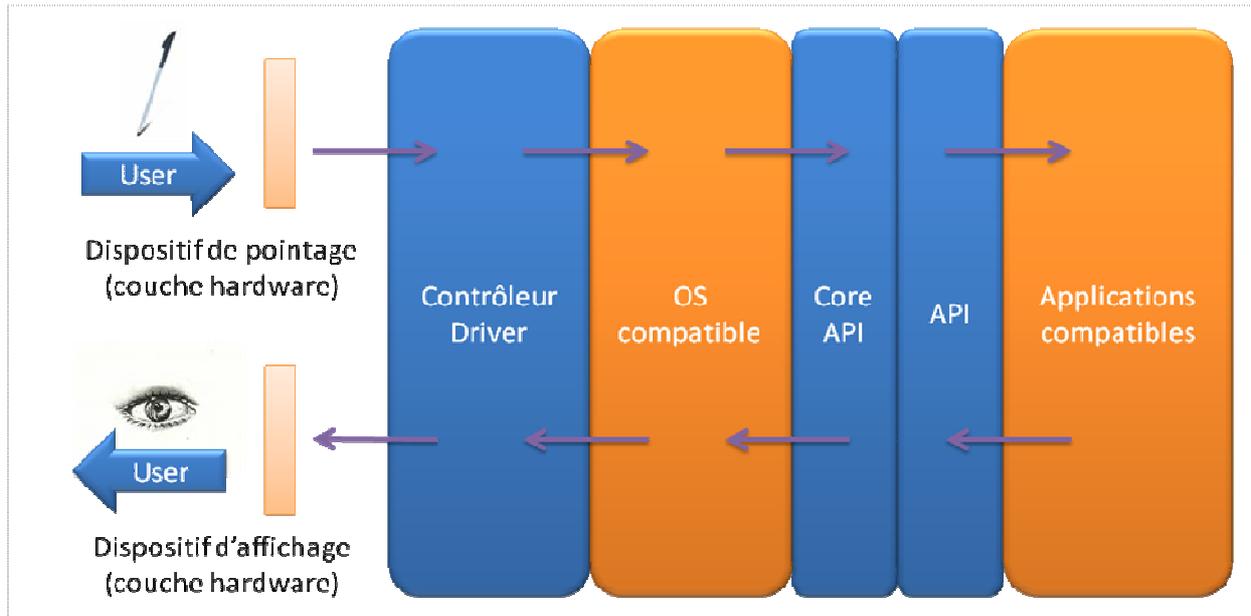


Figure 12. Architecture générale de la couche logicielle.

La couche hardware est composée de deux sous-couches. Le dispositif de pointage et celui d'affichage.

- **Contrôleur / driver** : cette couche permet de faire le lien entre la couche hardware et le système d'exploitation. Il s'agit d'un pilote classique.
- **OS compatible** : cette couche est le système d'exploitation en lui-même. Le terme compatible implique que le système est conçu et programmé de telle sorte qu'il est capable de comprendre et d'interpréter des événements tactiles multi-touch et pas seulement un seul clic de souris ou une seule touche de clavier.
- **Core API** : il s'agit de l'API principale du système qui permet aux applications de manipuler des événements tactiles.
- **API** : cette couche d'API est fonction des applications. Elle permet de manipuler plus finement les événements tactiles.
- **Applications compatibles** : cette couche est la dernière. Ce sont les applications qui, au final, reçoivent les événements tactiles et qui doivent les interpréter. Le mot compatible veut également signifier ici que les applications sont en mesure de comprendre des événements multi-touch générés par le dispositif de pointage sous-jacent.

Sur le schéma précédent, les flèches indiquent le cheminement des événements tactiles depuis le point de contact jusqu'à l'affichage résultant.

Tout d'abord, l'utilisateur stimule la couche hardware via le dispositif de pointage le touchant avec son doigt ou un stylet, par exemple. L'événement tactile est généré et transmis de proche en proche au sein de la couche logicielle. Il est interprété par les applications, et fait le chemin inverse vers le dispositif d'affichage.

### b) Architecture détaillée

Si nous nous focalisons un peu plus sur les composantes des couches de drivers et du système d'exploitation, voici le découpage obtenu.

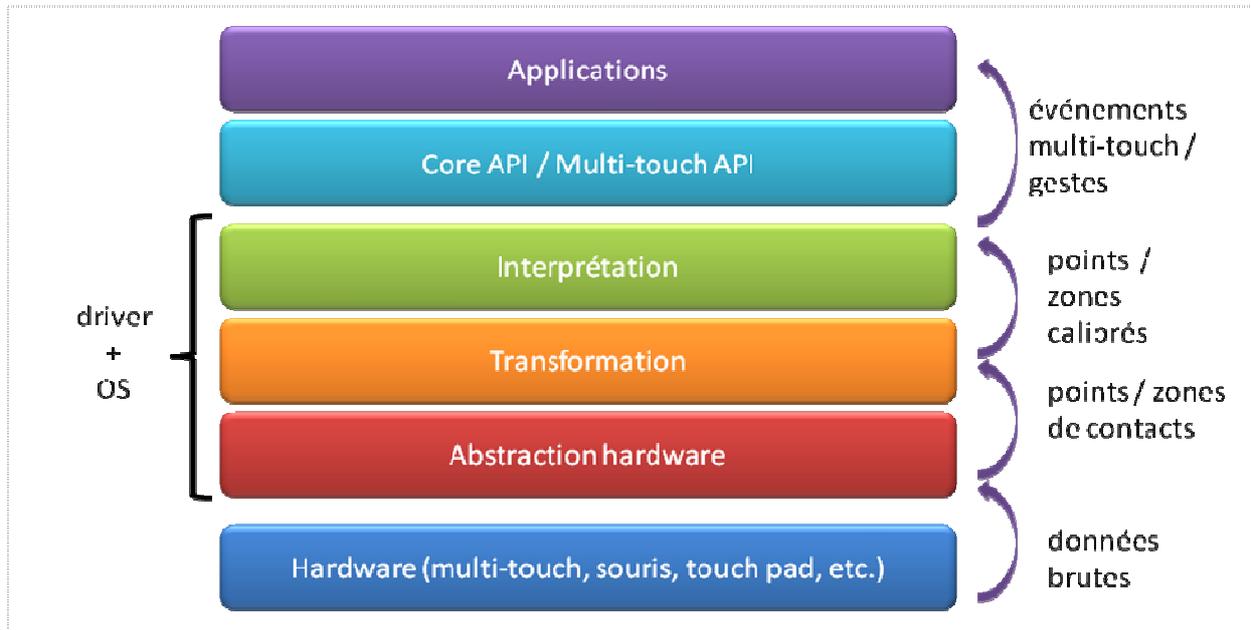


Figure 13. Architecture détaillée de la couche logicielle.

Les couches successives ont chacune un rôle qui permet au final de générer des événements multi-touch, ou des gestes complexes qui seront interprétés par une application.

- **Hardware** : la couche hardware génère des données brutes (ou *raw-data*) qui sont transmises au driver.
- **Abstraction hardware** : la couche d'abstraction, comme son nom l'indique, permet de décoder les informations brutes du dispositif de pointage. Ces données sont transformées en points (coordonnées) ou en zone de contacts en fonction du type de technologie utilisée (multi-point ou multi-touch).
- **Transformation** : cette couche est optionnelle, et n'est pas intégrée dans tous les systèmes. Elle permet de calibrer les points ou zones de contacts dans le cas où ces derniers ne reflètent pas exactement les points de contacts réels. Ceci se produit notamment dans le cas des dispositifs optiques, où la caméra qui enregistre les points de contacts n'est pas exactement dans l'alignement du dispositif de pointage. Dans ces cas, il est nécessaire de faire une translation de coordonnées, par exemple, pour retomber sur les points de contacts initiaux.
- **Interprétation** : c'est la couche principale du système. A partir des points ou zones de contacts, la couche d'interprétation va déterminer le type d'événement ou de geste qui a été produit par l'utilisateur. Un ensemble de

zones particulières pourra être compris comme un geste de rotation par exemple.

- **Core API / API / Applications** : les événements ou gestes sont donnés aux applications qui se chargent d'effectuer le traitement adéquat.

Il est à noter que l'architecture présentée ici n'est pas un standard dans le monde du tactile. En effet, il n'existe pas aujourd'hui de norme à proprement parler pour définir et concevoir une architecture logicielle, ce qui est d'ailleurs une source de limitation comme nous le verrons par la suite.

Aussi, cette architecture générique a été établie à partir de l'étude de plusieurs dispositifs tactiles existants. J'ai essayé d'en ressortir les points communs et d'en comparer les différences pour établir un schéma logiciel qui s'applique dans un cas général de dispositif tactile.

De plus, ce manque de normalisation a aussi pour effet de lier fortement les couches logicielle et matérielle. Comme nous avons pu le constater sur les schémas précédents, il est indispensable de disposer d'un système et d'applications « compatibles ». Pour qu'un dispositif tactile soit entièrement multi-touch, par exemple, il faut que le dispositif de pointage le permette, mais aussi la couche logicielle. La couche logicielle a donc une forte implication dans la couche matérielle et vice-et-versa.

En effet, aujourd'hui, il est difficilement envisageable de pouvoir utiliser indifféremment telle ou telle technologie d'écran avec une architecture logicielle définie. L'abstraction complète de la couche matérielle n'est pas encore aboutie de par la non-standardisation.

### *c) Événement multi-touch*

Nous venons de voir que le driver et le système d'exploitation font la passerelle entre le dispositif de pointage et les applications proprement dites. Les applications reçoivent donc en entrée des événements tactiles qu'elles vont traiter. Avant de poursuivre, il est nécessaire de définir clairement cette notion.

Ce que nous appelons un événement multi-touch, ou plus vulgairement un « geste » tactile, est un ensemble d'informations. Ces données permettent d'interpréter un mouvement effectué par l'utilisation.

Un événement multi-touch peut contenir des informations telles que les suivantes.

- la position initiale du contact
- la direction
- la position finale du contact
- la vitesse
- l'angle d'approche du doigt ou du stylet
- la pression

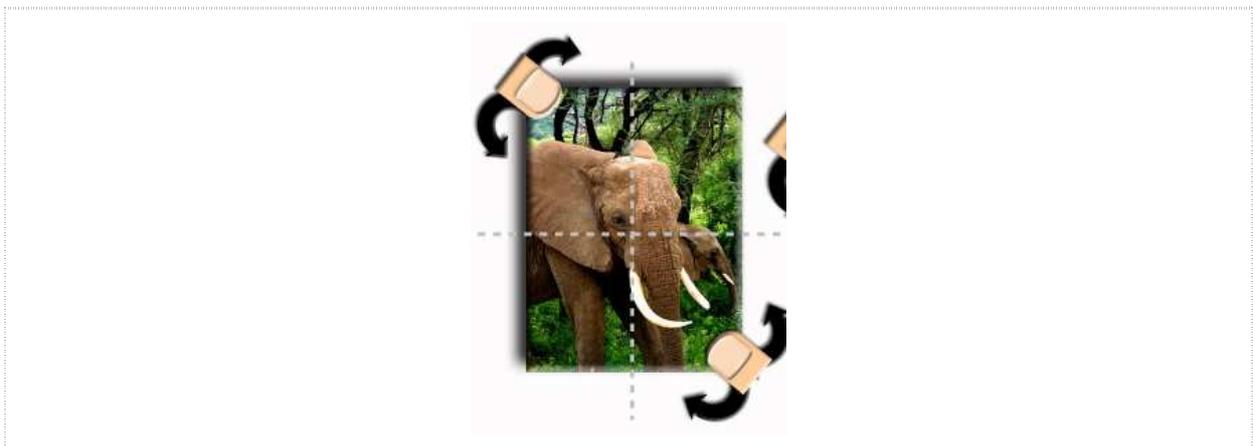
En fonction de la valeur de chacune de ces données, le système « comprend » le geste tactile effectué par l'utilisateur, et génère l'événement multi-touch correspondant en y associant ces valeurs.

Ce panel n'est qu'une petite partie des données qui composent potentiellement un événement multi-touch. Nous pouvons imaginer tout un ensemble d'autres informations en fonction de ce que permettent les dispositifs tactiles et les couches logicielles.

#### *d) Exemple concret : rotation d'une photo*

Prenons à présent un exemple concret de génération et d'interprétation d'un événement tactile par une application.

Nous considérons une application d'affichage de photos. L'utilisateur souhaite faire pivoter une des photos (avec un mouvement à deux doigts, comme sur l'iPhone).



**Figure 14.** Rotation d'une photo, position initiale.

- Le dispositif de pointage reçoit les différentes coordonnées des touches utilisateurs, et les transmet au système.
- La couche d'interprétation identifie le mouvement grâce à la position initiale, la direction et la position finale des doigts. Elle génère l'événement multi-touch correspondant.
- L'application de gestion des photos reçoit l'événement multi-touch de type « *rotation* » avec ses caractéristiques.
- L'application effectue le traitement et renvoie le résultat graphique correspondant.

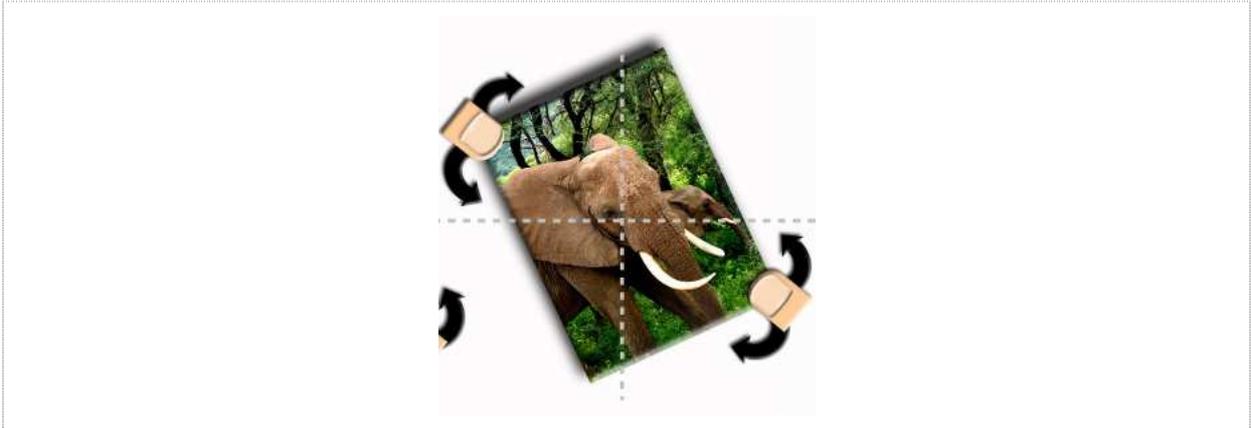


Figure 15. Rotation d'une photo, position finale.

## 4. Dispositif d'affichage

Le dispositif d'affichage complète la couche hardware du dispositif tactile. Il s'agit souvent d'un écran LCD classique, ou d'une couche de verre translucide sur laquelle est projetée une image par un vidéo projecteur.

Le dispositif d'affichage se contente donc d'afficher les résultats. N'étant pas une spécificité des dispositifs tactiles, cet exposé ne présentera pas les différentes technologies d'affichage qui existent.

### III. QUELQUES APPLICATIONS MULTI-TOUCH

Dans cette troisième partie, nous allons présenter quelques unes des solutions tactiles qui nous entourent aujourd'hui, telles que l'iPhone ou la table tactile de Microsoft, Surface.

#### 1. Apple iPhone - iTouch

Tout d'abord, voici l'incontournable téléphone mis sur le marché en 2007 par Apple, l'iPhone. Cet appareil a connu un énorme succès grâce à deux paramètres : sa technologie tactile multipoints, et surtout la simplicité et l'intuitivité de son interface utilisateur.



Figure 16. Apple iPhone et iTouch.

##### Dispositif de pointage

L'iPhone utilise un écran capacitif comme dispositif de pointage. Il s'agit de la technologie de pointage la plus ancienne, mais Apple y a apporté une amélioration pour rendre son écran multipoints.

L'écran est couvert d'une grille d'électrodes qui forment une centaine de petites zones tactiles pouvant être activées indépendamment par l'utilisateur. Ce mécanisme permet d'interpréter des gestes plus complexes.

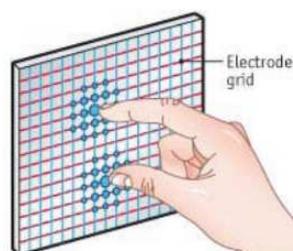


Figure 17. Grille d'électrodes de l'écran de l'iPhone.

### Couche logicielle

Le système d'exploitation qu'utilise l'iPhone est baptisé iPhone OS. Il s'agit d'un dérivé de MAC OS X avec un support multi-touch.

### Brevets

Apple a soumis son invention par 360 pages de brevets car la société a voulu s'approprier la technologie de son écran, et la gestuelle qu'elle a créée pour son appareil. En effet, les concurrents se sont souvent très inspirés des gestes introduits par Apple pour développer leurs propres dispositifs tactiles.

Cette protection par brevet est une source de limitation pour la technologie tactile puisqu'elle approprie une gestuelle tactile à un type d'appareil. Il est donc impossible de voir émerger une norme pour standardiser la gestuelle des technologies tactiles, quelles qu'elles soient.

L'iPhone n'est pas une réelle évolution dans le domaine du tactile, puisqu'il n'apporte pas de grandes nouveautés technologiques. Cependant, sa grande réussite vient du fait qu'il s'agisse du premier appareil multi-touch destiné au grand public. Son prix relativement abordable a permis de démocratiser les technologies tactiles dans le monde ce qui a constitué une avancée importante dans le domaine du tactile mondial.

## 2. Microsoft Surface

En 2007, Microsoft a également mis sur le marché un dispositif tactile très innovant, la table tactile Surface. Son prix assez élevé (environ 10 k\$) la destine plus particulièrement aux commerces et aux entreprises.

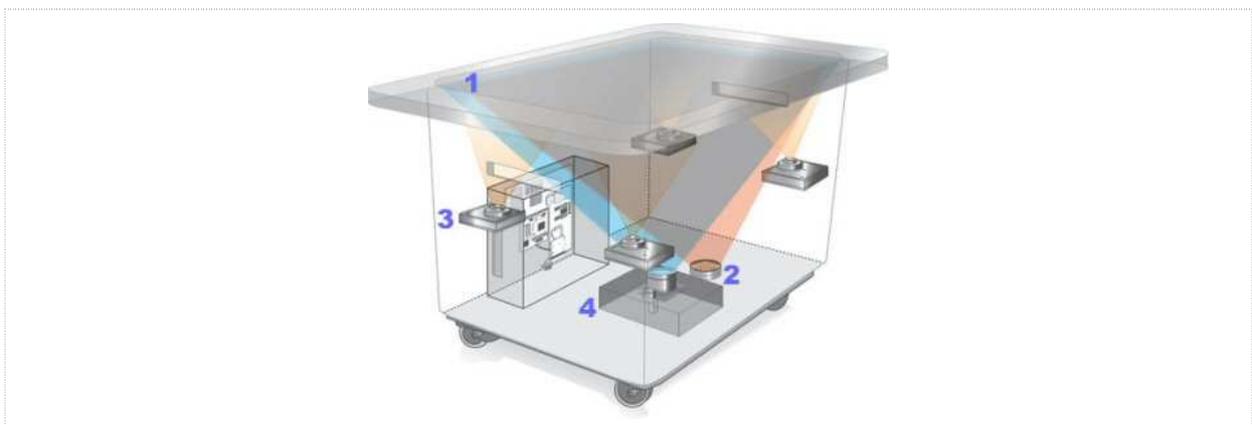


Figure 18. Microsoft Surface.

### Dispositif de pointage

Il s'agit d'une banale table sur laquelle a été disposée une couche de plexiglas. Un vidéo projecteur placé sous la table permet d'afficher l'interface utilisateur, et quatre caméras à infrarouges filment l'ensemble de la surface tactile.

Cette technologie est appelée « technologie de suivi vidéo à infrarouges ». Son fonctionnement est très simple. En effet, en temps normal les caméras filment une surface tactile vierge. A chaque fois qu'un utilisateur touche la couche de plexiglas, il crée une ombre qui est interprétée par les caméras qui déterminent ainsi les points de contacts.

### **Couche logicielle**

Le système d'exploitation de Surface est Microsoft Windows Vista avec un support multi-touch.

### **Interaction avec les objets**

Cette table a la grande particularité de pouvoir interagir non seulement avec des utilisateurs humains, mais aussi avec une multitude d'objets communicants ou non. Ce que nous appelons des objets communicants sont des objets utilisant les technologies Wi-Fi, Bluetooth ou RFID (*Radio Frequency Identification*), qui sont les trois technologies implémentées dans la table Surface. Les objets non communicants, quant à eux, sont tous les autres objets inertes, comme un verre, par exemple.

Lorsqu'un objet communicant est posé sur la table tactile, le système tente de le reconnaître et de l'identifier en communiquant avec lui par Wi-Fi, Bluetooth ou RFID. Les objets non communicants peuvent également être reconnus soit grâce à l'ombre qu'il produit (avec un panel d'ombres préenregistrées), soit par ce que Microsoft a appelé un « code domino » apposé sur l'objet.

Lorsqu'un objet est correctement reconnu, le système crée une image virtuelle de cet objet et la projette sur la table. De cette façon, il devient possible d'interagir directement avec l'objet ou de faire communiquer plusieurs objets entre eux.

### **Exemples d'applications**

Un exemple type de communication avec un objet est l'utilisation d'un appareil photo. Un utilisateur pose son appareil photo sur la table, et une communication s'établit entre le système et l'appareil (en Wi-Fi ou Bluetooth, par exemple). Les photos enregistrées dans l'appareil apparaissent donc ensuite sur l'interface graphique de la table, et il est alors possible de les manipuler, de les copier sur le système ou encore d'ajouter d'autres photos dans l'appareil avec un simple mouvement de glisser / déposer.

Dans le cas d'un restaurant, par exemple, la table peut communiquer avec les verres posés dessus. La communication se fait par les codes dominos ou grâce aux ombres, et le système propose alors un menu à l'utilisateur listant les différentes boissons disponibles. Ce

dernier n'a plus qu'à glisser et déposer la boisson souhaitée dans son verre, et la commande est directement envoyée au bar du restaurant. Un serveur vient alors servir le client.

Toujours dans ce cas, le client peut régler sa commande en déposant sa carte bleue sur la table.

Si plusieurs tables Surface sont disposées dans la même pièce, il est possible de communiquer entre les tables en s'échangeant des photos par exemple. Pour envoyer une photo d'une table à une autre, l'utilisateur « jette » la photo vers l'autre table, et le système interprète cela comme un envoi. La première table envoie la photo sur le réseau Ethernet, par exemple, et la seconde table la reçoit et l'affiche sur son interface graphique. Pour les utilisateurs, ce phénomène est perçu de façon très intuitive.

Voilà quelques exemples de mise en œuvre de la communication entre la table et les objets. Il est possible d'imaginer de cette manière un nombre infini d'applications.

### **Interface homme / machine**

Microsoft a mis au point pour sa table une interface homme / machine complètement revisitée et totalement dédiée aux applications tactiles. Cette interface permet d'utiliser très intuitivement tous les mécanismes offerts par la table tactile. Avec cette invention, Microsoft marque un grand coup dans le monde du tactile et des nouvelles interfaces utilisateur qui composeront le futur de l'informatique.

La table Surface est sans doute le dispositif tactile le plus compétent et le plus abouti aujourd'hui.

Microsoft Surface est multiutilisateurs, et peut interpréter 52 points de contact simultanément (à savoir 4 utilisateurs avec leurs 10 doigts et 12 objets posés sur la table).

Pour voir un aperçu, voici une vidéo publicitaire de Microsoft montrant quelques une des possibilités qu'offre la table Surface : <http://www.youtube.com/watch?v=rP5y7yp06n0>.

## **3. Perceptive Pixel (Jefferson Han)**

En 2005, le monde du tactile voit apparaître une nouvelle technologie qui va révolutionner les écrans. Jefferson Han, un universitaire de New-York, développe son propre écran tactile avec un minimum d'investissement et un maximum de possibilités.



Figure 19. Perspective Pixel de Jefferson Han.

### Dispositif de pointage

Jefferson Han a mis au point une nouvelle technologie de pointage appelée FTIR (présenté plus tôt dans cet exposé).

Son dispositif est composé d'une plaque de plexiglas translucide sur laquelle un vidéo projecteur projette l'interface utilisateur. Une caméra à infrarouges placée derrière l'écran intercepte les rayons à infrarouges déviés par l'utilisateur.

Cette technologie a l'avantage d'être adaptable à toutes les tailles d'écrans sans perte de qualité d'image. Le terme qu'utilise Jefferson Han pour définir sa technologie est « *scalable* ».

### Couche logicielle

Jefferson Han n'ayant pas trouvé, dans les systèmes d'exploitation courants, une solution pour mettre en œuvre sa technologie, il a entrepris de réécrire son propre système. Le système d'exploitation de son dispositif est donc dédié (dérivé de Solaris 10) et son interface revisitée (dérivée de GNOME).

### Quasiment gratuite

Le grand bouleversement qu'apporte cette technologie est son prix. En effet, il est possible de monter de A à Z son propre mur tactile, équivalent à celui de Jefferson Han pour seulement quelques centaines de dollars. D'ailleurs, l'universitaire met à disposition sur son site, un tutoriel : « monter son écran tactile pour 542\$ ».

### Possibilités

L'écran tactile de Perceptive Pixel est bien entendu multi-touch, et donc par extension multi-utilisateurs. Il est capable d'interpréter des gestes complexes, voire très complexes.

Cette invention reste cependant encore jeune et à l'état de projet universitaire. Jefferson Han a cependant vendu un exemplaire de son écran à la chaîne d'informations américaine CNN qui a été utilisé pendant les dernières élections présidentielles.

Pour voir un aperçu, voici une vidéo sur laquelle Jefferson Han exploite les grandes capacités de son mur tactile : <http://www.perceptivepixel.com/>.

## 4. MPX (Multi-Pointer X Server)

Le monde du libre n'est pas en reste pour ce qui est des écrans tactiles. En effet, un universitaire australien, Peter Hutterer, a récemment modifié le serveur graphique d'UNIX pour le rendre multipoints et pouvoir en faire une solution tactile à part entière.

Cette solution est entièrement libre et tourne sous Ubuntu Feisty et FreeBSD.

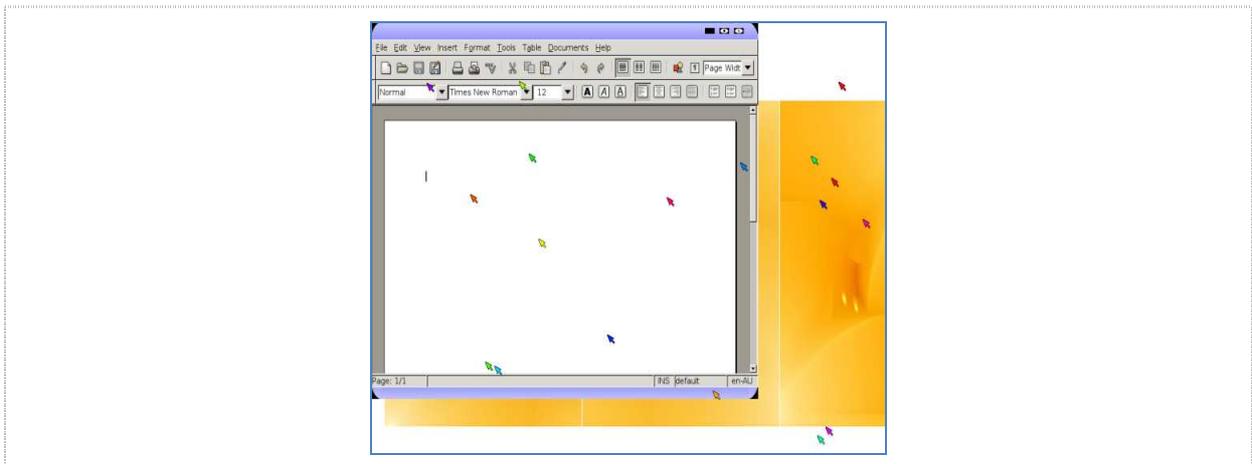


Figure 20. MPX.

### Couche logicielle

Peter Hutterer a réécrit une partie du serveur X UNIX pour le modifier afin qu'il accepte plusieurs périphériques d'entrée simultanément (plusieurs souris et claviers). De cette façon, l'interface graphique devient multipoints puisque plusieurs curseurs de souris indépendants sont utilisables en même temps.

Sur le schéma précédent, nous pouvons d'ailleurs observer 18 curseurs de souris. Chacun est indépendant et peut agir sur le système UNIX sous-jacent.

### Dispositif de pointage

Peter Hutterer a récemment couplé son système avec l'écran tactile de Mitsubishi, le Diamond Touch. Les curseurs de souris sont remplacés par les doigts et en développant des applications multi-touch compatibles, cela fait du couple MPX / Diamond Touch une solution tactile à part entière

### **Possibilités**

MPX est multiutilisateurs. De plus, l'interface graphique a la particularité de rester compatible avec toutes applications existantes qui tournent sur le système d'exploitation.

MPX a la particularité d'offrir une abstraction totale du type de périphérique de pointage utilisé. En effet, Peter Hutterer propose une couche de drivers performante pour pouvoir s'adapter à différents écrans tactiles. Cela fait de MPX, sur ce point, une exception dans le monde du tactile.

Pour voir un aperçu, voici une vidéo sur laquelle nous pouvons apprécier quelques possibilités de MPX : [http://www.youtube.com/watch?v=0MUOn\\_nJmRA](http://www.youtube.com/watch?v=0MUOn_nJmRA).

## IV. L'AVENIR DU TACTILE

---

Dans cette dernière partie, nous allons tenter d'analyser les limitations de la technologie tactile et les évolutions futures des interfaces homme / machine.

### 1. Limitations

Malgré un essor fulgurant, les technologies tactiles souffrent encore de quelques lacunes qui freinent leur évolution. La phrase de Bill Buxton, un des pères du tactile, traduit bien ce sentiment : « *Everything is best for something, and worst for something else.* ».

#### Des interfaces inadaptées

Tout d'abord, les interfaces graphiques d'aujourd'hui ne conviennent pas du tout au tactile. En effet, rendre les interfaces graphiques d'aujourd'hui tactiles ne sert à rien.

Tout d'abord, si nous imaginons un « Windows tactile » et qu'à chaque fois que nous voulons lancer une application, il faut se déplacer en bas à droite de l'écran pour cliquer « Démarrer », cela est impensable. Et ensuite, ces interfaces n'acceptent qu'un clic de souris en même temps.

Il faut donc que les interfaces graphiques modernes soient complètement repensées pour intégrer la notion de tactile et plus largement de multi-touch. Les interfaces de l'iPhone et de la table Surface sont deux bons exemples d'interfaces homme / machine conçues pour un environnement tactile.

#### Des couches logicielles limitées

La couche logicielle n'exploite pas toujours les possibilités qu'offrent les écrans tactiles. En effet, les technologies de pointage que nous avons décrites permettent de traduire un large panel d'informations diverses et variées (comme la pression, la vitesse ou encore la direction). Cependant, aujourd'hui, les couches logicielles n'exploitent pas ces attributs, et limitent donc les possibilités offertes par les technologies tactiles.

#### Un clavier irremplaçable

Il est un périphérique qui n'est pas prêt d'être remplacé, il s'agit du clavier. Pour tout ce qui est des applications de traitement de texte, le clavier semble rester la meilleure solution aujourd'hui. Il peut s'agir d'un clavier physique ou d'un clavier virtuel projeté sur les écrans tactiles, mais le concept reste le même. Aujourd'hui, il n'existe pas encore de solution équivalente pouvant apporter la même efficacité et le même confort d'utilisation.

C'est pourquoi, tous les dispositifs tactiles restent toujours limités par ce périphérique. Les futurs ordinateurs, même entièrement tactiles, ne pourront pas se passer entièrement du clavier.

Toutefois, avec le développement de la reconnaissance vocale, il sera peut-être envisageable de se passer complètement du clavier si cette technologie arrive à un niveau de performance et qualité acceptable.

### **Aucune norme**

Comme nous l'avons précisé lors de la présentation de l'iPhone, il n'existe aujourd'hui aucune norme dans le monde du tactile, que ce soit pour la technologie en elle-même, ou la gestuelle qui l'accompagne.

Du point de vue technologique, les couches logicielles restent trop liées aux dispositifs de pointage qui les accompagnent. En effet, la couche de driver n'est pas conçue pour pouvoir accepter n'importe quel type d'écran tactile.

Cela s'explique par le fait que si nous souhaitons disposer d'un maximum de possibilités pour un dispositif tactile donné, il faut que la couche logicielle soit au plus près de la couche hardware. MPX apporte un début de réponse pour l'abstraction de la couche hardware, mais cela reste encore trop limité. La standardisation des écrans tactiles devrait permettre de palier ce problème.

Du point de vue de la gestuelle, le problème est le même. Aujourd'hui lorsqu'un utilisateur, avec PC, souris et clavier, souhaite ouvrir un dossier sur un système d'exploitation qu'il ne connaît pas, il va avoir le réflexe de double-cliquer. Le double-clic n'a jamais été breveté comme étant une norme, il a simplement été adopté au fil des années comme un standard.

Si le même utilisateur veut ouvrir un dossier sur une interface tactile, que fait-il ? Pour les interfaces tactiles, il n'existe pas de convention pour la gestuelle. Cela est une limitation car chaque système tente d'imposer ces propres mouvements, en les brevetant parfois. De plus, nous constatons bien ici, qu'il est primordial d'accompagner les écrans tactiles d'une interface homme / machine très intuitive. Les gestes deviennent alors simples et presque innés.

Il devient évident que la standardisation est une nécessité pour démocratiser encore plus les écrans tactiles dans l'avenir.

## **2. Quel avenir ?**

En tant qu'informaticien, nous pouvons nous demander quel avenir nous réservent les technologies tactiles, et de quoi seront faits les ordinateurs du futur.

### Oublier la souris

Tout d'abord, une chose est sûre, la souris va disparaître. Ce périphérique commence à dater et certains spécialistes pensent qu'il aura complètement disparu en 2013. En effet, les écrans tactiles sont capables de remplacer le mécanisme de pointeur, et apporte même la notion de multi-pointeurs.

### Repenser nos applications

Ensuite, il faut également que les interfaces homme / machine développées soient conçues de façon « multi-touch » et « multi-users ». C'est en oubliant les interfaces que nous connaissons et en repensant entièrement l'interaction homme / machine que nous pourrons voir apparaître des dispositifs tactiles performants et intuitifs.

### Normaliser

Et enfin, comme nous venons de le dire, la normalisation est une étape forcée pour faciliter l'introduction des écrans tactiles dans notre quotidien. Il faut créer un standard pour la gestuelle, et séparer distinctement les couches matérielle et logicielle.

### Ordinateur hybrides

Tous ces paramètres permettront de voir apparaître des ordinateurs, dits hybrides. Il s'agit en fait d'un ordinateur « tout-en-un » composé simplement d'un écran tactile accompagné d'un clavier. Les interfaces proposées sont quelque peu adaptées au tactile, et le clavier permet la saisie massive de texte.

C'est ainsi que des machines comme le TouchSmart de HP et le XT de Dell sont disponibles sur le marché aujourd'hui.



Figure 21. Le Dell XT et le HP TouchSmart.

Ces ordinateurs devraient remplacer peu à peu les ordinateurs que nous connaissons aujourd'hui. Et nous pouvons imaginer que leurs successeurs seront encore plus performants, et disposeront d'interfaces homme / machine futuristes, totalement tactiles.

En tant qu'informaticien, je m'interrogeais sur les technologies tactiles. Comment fonctionnent-elles, et quels seront leurs impacts sur le monde de l'informatique de demain ?

Ce sont toutes ces questions qui m'ont amenées à choisir ce sujet.

## V. CREER SON PROPRE ECRAN TACTILE

Dans cette dernière partie, nous allons présenter un petit tutorial pour créer rapidement et simplement un écran tactile à la maison sans aucun investissement. Ce tutorial est développé uniquement à but ludique, car il ne prétend pas fournir un écran tactile haut de gamme.

L'idée est née de Johnny Chung Lee, chercheur à l'université Carnegie Mellon (Pennsylvanie). Ce chercheur a eu la brillante idée de détourner un mécanisme bien connu pour créer son propre écran tactile. En effet, il utilise le dispositif de capture de mouvements de la console Wii de Nintendo.

Voyons comment il a fait.

### 1. Fonctionnement de la Console Wii

Tout d'abord, pour bien comprendre comment cela marche, voici un petit rappel du fonctionnement de la console Wii.

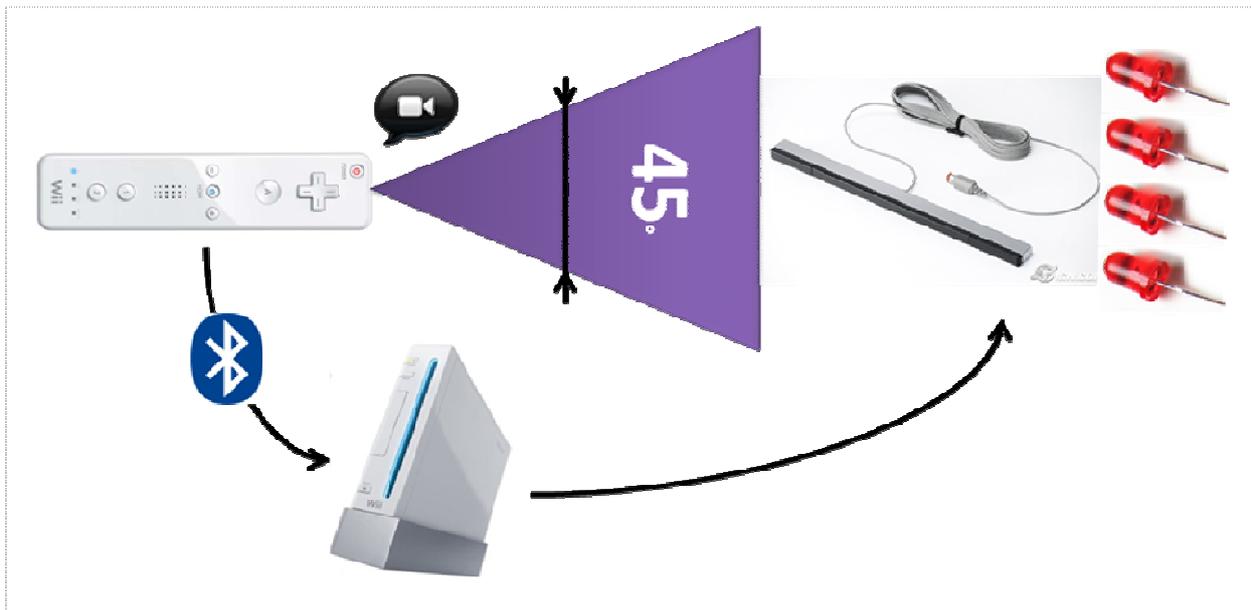


Figure 22. Fonctionnement de la console Nintendo Wii.

Pour comprendre et interpréter les mouvements des joueurs, la console fournit trois accessoires.

- La console en elle-même.
- Une manette sans fil.
- Une barre munie de quatre LED infrarouges.

La manette de la console Wii sans fil, appelée Wiimote, communique avec la console par une interface Bluetooth. Cette manette est équipée à son extrémité d'une petite caméra à infrarouges qui possède un angle de vision périphérique d'environ 45°.

Le barre qui possède quatre LED infrarouges, appelée sensor bar, est disposée au dessus de l'écran de télévision. Elle est connectée à la console Wii pour être alimentée.

A tout instant, la manette Wiimote capture la position des quatre LED infrarouges grâce à sa caméra. Elle transmet ces positions à la console par Bluetooth.

La console, qui sait où la sensor bar se trouve, détermine depuis les informations envoyées par la manette où cette dernière se situe dans l'espace. De cette façon, elle peut calculer la distance ou encore l'angle d'inclinaison de la manette et afficher l'image correspondante sur l'écran.

## 2. L'idée de Johnny Chung Lee

### a) Les ingrédients

Johnny Chung Lee a eu l'idée d'inverser le processus de capture de la console Wii. En effet, au lieu que ce soit la manette qui bouge dans l'espace, cette dernière reste fixe. Ce sont les LED infrarouges qui feront les mouvements.

La caméra infrarouge de la manette capturera toujours la positions des LED, et grâce à un petit logiciel de son invention, Johnny Chung Lee interprète ces informations pour les traiter à sa façon. Voyons le mécanisme de plus près.

Voici les ingrédients dont nous avons besoin.



Figure 23. Ingrédients de l'écran tactile du pauvre.

- Une manette sans fil Wiimote.

- Un ordinateur avec une interface Bluetooth.
- Un vidéo projecteur (optionnel).
- Une LED infrarouge.
- Un stylo.
- Un interrupteur.
- Une batterie (type pile alcaline).
- Le logiciel de Johnny Chung Lee « *Wiimote Whiteboard software* », disponible à cette adresse : <http://www.cs.cmu.edu/~johnny/projects/wii/>.

### b) Le montage

A présent, voici les différentes étapes pour mettre en place son écran.



Figure 24. Montage de l'écran tactile du pauvre.

- Connecter l'ordinateur au vidéoprojecteur et projeter l'interface de l'ordinateur sur un mur.
- Connecter la manette Wiimote à l'ordinateur en Bluetooth (il existe une multitude de tutoriaux et de logiciels pour faire cela).
- Placer la manette Wiimote sur un support fixe de telle sorte qu'elle puisse filmer l'intégralité de la surface projetée sur le mur.
- Construire un petit « stylet à infrarouges » en montant la LED et l'interrupteur sur le stylo, et en y connectant la batterie. Lorsque l'interrupteur est enclenché, la LED s'allume.
- Installer le logiciel de Johnny Chung Lee.
- Le tour est joué !

Une fois installé, le logiciel demande une calibration de l'écran. Pour cela, il faut cliquer avec le stylet à infrarouges aux quatre coins de l'écran. Ce calibrage permet au logiciel de déterminer la position de l'écran par rapport à la manette Wiimote.

Ensuite, le logiciel interprète l'allumage de la LED comme un clic de souris et il devient possible de contrôler l'interface de l'ordinateur comme avec un écran tactile.

Etant donné que la console Wii intègre quatre LED infrarouges par défaut, il devient possible de manipuler quatre stylets à infrarouges en même temps. Nous obtenons alors un écran multi-touch (à condition d'utiliser des applications compatibles).

Pour plus d'information et une démonstration complète, vous pouvez consulter la vidéo de Johnny Chung Lee qui explique en détail ce tutorial : <http://johnnylee.net/projects/wii/>.



## BIBLIOGRAPHIE

---

Voici les principales références bibliographiques qui m'ont permis de faire cet exposé.

- Jefferson Han : <http://cs.nyu.edu/~jhan/>
- MPX : <http://wearables.unisa.edu.au/mpx/>
- Elo TouchSystems : <http://www.elotouch.fr>
- Bill Buxton : <http://www.billbuxton.com>
- « Touching the future » (The Economist 09/08)
- « Ecrans tactiles : la révolution est en marche » : <http://www.presence-pc.com/tests/ecran-tactile-22812/>