



**HAL**  
open science

## Tangibilité et interaction homme-machine : une autre approche de l'affordance

Jean Caelen, Melanie Becker, Anne Pellegrin-Mille

► **To cite this version:**

Jean Caelen, Melanie Becker, Anne Pellegrin-Mille. Tangibilité et interaction homme-machine : une autre approche de l'affordance. EPIQUE, Sep 2011, Metz, France. hal-02928370

**HAL Id: hal-02928370**

**<https://hal.science/hal-02928370v1>**

Submitted on 2 Sep 2020

**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.

---

# Tangibilité et interaction homme-machine : une autre approche de l'affordance

Jean Caelen, Mélanie Becker, Anne Pellegrin-Mille

Multicom, Laboratoire d'Informatique de Grenoble, UMR 5217, BP 53, F-38041 Grenoble cedex

**Catégorie de soumission :** communication longue

---

## RESUME

Cet article concerne les interfaces tangibles et vise plus particulièrement à présenter l'apport de la tangibilité à l'interaction sous l'angle de l'affordance. L'expérience menée prend appui sur une table d'interaction tangible, *Tangisense*, développée par le laboratoire, qui permet d'interagir à plusieurs. Nous montrons que l'affordance des objets est une notion complexe qui dépend autant de l'apparence de l'objet que de ce que les acteurs en font.

**MOTS CLES :** Tangibilité, Table interactive. Affordance. Travail collectif.

---

## 1 INTRODUCTION

Depuis 25 ans, les interfaces tangibles (TUI = Tangible User Interface) se répandent de plus en plus (Blackwell *et al.*, 2007), au point qu'elle pourraient, à terme, remplacer l'interface graphique classique d'un ordinateur pour certaines applications comme les jeux, le travail de conception participatif, le maquettage, etc. (Kubicki *et al.*, 2009a). La définition qu'en donnent Ishii et Ullmer (1997) est très succincte mais facilement compréhensible : il s'agit de manipuler des objets réels qui sont intégrés dans un environnement virtuel et qui ont des capacités numériques d'interaction – il ne s'agit donc plus seulement ici d'interagir avec des objets virtuels sur un écran. Ainsi, les TUI permettent de ne pas intercaler une couche de communication supplémentaire dans le processus sensori-moteur qui s'établit entre l'utilisateur et l'environnement informatique ni de briser la continuité du toucher créée par la souris comme dans les interfaces graphiques (Moggridge, 2006). Les objets utilisés ici sont physiques mais dotés de capacités numériques d'interaction (Blackwell *et al.*, 2007) en quelque sorte ils « augmentés ». En d'autres termes, tout se passe comme si « l'information numérique devenait directement palpable par les mains et perceptible par nos sens périphériques » (Ishii *et al.*, 2001).

Dans ce type d'interface tangible, l'objet est à la fois outil de l'interface, de l'interaction et dispositif de l'interaction, ce qui pose son statut ambivalent. De plus l'interaction est spatiale, elle se déroule dans l'espace réel et les utilisateurs se déplacent dans cet espace afin d'interagir. A l'inverse de l'interaction avec un écran d'ordinateur où l'individu doit manipuler la souris, les interfaces tangibles requièrent diverses postures corporelles. En effet, les objets et l'espace conditionnent les comportements et la relation aux autres : l'individu est dans ce cas littéralement dans le monde physique et métaphoriquement dans le monde numérique. Cela définit donc des postures qui permettent, dirigent ou limitent les comportements. Enfin, les représentations sont externalisées, le feedback peut être visuel, tactile ou encore haptique (Hornecker et Buur, 2006).

Dans cet article, nous examinons la tangibilité sous l'angle de l'affordance et du travail collectif à partir d'expériences réalisées avec la table interactive *Tangisense*, exploitant la technologie RFID (Radio Frequency Identification) et permettant des interactions collectives autour d'objets tangibles et virtuels.

## 2 LA TABLE TANGISENSE

La figure 1 présente la table interactive (Kubicki *et al.*, 2009b) qui se présente globalement comme une rétine magnétique capable de détecter et de localiser des étiquettes RFID collées sur des objets quel-

conques. La table prototype est composée de 25 dalles contenant chacune 64 antennes (8 x 8) de 2,5 cm de côté sur une surface de 1 m<sup>2</sup>. Chaque dalle contient son processeur de traitement des lectures d'antennes RFID, son multiplexeur d'antennes et son processeur de communication. Les dalles sont associées entre elles par une interface de contrôle reliée à l'ordinateur hôte par un bus Ethernet.

## 2.1 Caractéristiques générales

Avec la technologie employée, il est possible de reconnaître des objets superposés les uns sur les autres ou leur position dans l'espace de travail. On peut donc détecter qu'un objet est caché sous un autre plus grand que lui, déterminer sa position ou son contenu si nécessaire grâce au stockage d'informations dans les mémoires RFID. Le temps de réponse obtenu grâce à la communication Ethernet et la lecture RFID offre des performances de vitesse compatibles avec la vitesse d'un geste humain. Le déplacement simultané d'un pavé de 64 étiquettes RFID est détecté en moins d'une seconde, impliquant une détection possible de plus de 60 objets en mouvement à la fois. La capacité à faire cohabiter des antennes très proches sans interaction est également nouvelle. Enfin, les algorithmes enfouis dans les dalles offrent des stratégies de recherche, d'agrégation et d'échange entre les étiquettes RFID permettant des temps de traitement en temps réel.



Figure 1 : la table Tangisense ici dans une configuration de création musicale. Des zones lumineuses (leds dans la table) sont activées par des « personnages » tangibles. Un cube en premier plan représente un instrument de musique, un CD en deuxième plan représente un base de données de sons que l'on peut « déverser » sur la table. La table se présente comme une matrice carrée de « pixels » magnétiques (40 x 40).

## 2.2 Les objets de la table

On distingue deux types d'objets différents pouvant servir d'interacteurs : (a) les objets virtuels (comme dans une interface graphique, tels que ascenseurs, boutons, etc.) et (b) tangibles. Les objets virtuels sont projetés sur la table à l'aide d'un écran LCD placé en surface de la table ou d'un vidéo projecteur placé verticalement au-dessus de la table (Fig. 2). Les objets tangibles sont munis de puces RFID collés sur leur base. Dans ces puces, il est possible de stocker des informations telles qu'un historique des déplacements, celles de son propriétaire, etc.



Figure 2 : la table Tangisense utilisée dans une application de simulation de trafic routier. On y distingue les objets tangibles (panneaux routiers par exemple) et les objets virtuels vidéo-projetés (routes par exemple).

Plusieurs applications ont été programmées pour la table. Outre une simulation pour le trafic routier (Fig. 2) deux applications ont été orientées vers la production musicale : (a) Music Automatom : il s'agit d'une activité permettant d'interagir avec des instruments (tambourin, batterie, klaxon, etc.). Pour cela suffit au préalable de poser sur la table un personnage correspondant à un rythme particulier, lorsqu'il est posé, des leds vont s'allumer sur la table. Lorsqu'un instrument est posé au même moment que la led s'illumine alors on entend le son correspondant : tambourin, batterie ou autre. Dans cette application, le rythme a été programmé en faisant référence au jeu de la vie de Gardner et métaphoriquement aux lois génétiques des cellules (une led = une cellule). La programmation a ainsi été faite en simulant la vie des cellules. (b) CD Judbox : ici le principe est similaire au précédent, la différence est qu'il ne s'agit plus d'instruments mais de textures sonores. L'application consiste à déposer un CD audio sur la table et on peut alors en extraire différentes textures sonores puis on peut récupérer ces dernières grâce à des petits cubes transparents et les rejouer à volonté. Comme indiqué précédemment il faut au préalable déposer un personnage pour le rythme afin que les leds s'allument et que le son soit joué en conséquence.

Ce sont les objets de ces applications musicales que nous allons étudier dans la suite.

### 3 INTERACTION, POSTURES, COLLECTIF

Interagir avec une interface tangible n'implique pas les mêmes situations qu'une interface graphique classique et engendre de ce fait une interaction particulière. En effet, ce type de technologie permet à l'individu de vivre une expérience plus « naturelle » et « conviviale ». Selon (Ishii *et al.*, 2001), cette interface lui donnerait le sentiment d'être connecté au monde réel et ainsi de mieux réussir son *biofeedback*. Par l'intermédiaire de ce contrôle multisensoriel qui permet la manipulation directe d'objets on a la possibilité d'avoir une expressivité plus riche de gestes qui permet des interactions naturelles et intuitives (Fiebrink et Morris, 2009). De plus, les interfaces tangibles offrent l'opportunité aux individus d'exercer une manipulation directe optimale avec l'interface. Ils peuvent concrètement toucher l'élément qu'ils veulent manipuler, le corps est alors utilisé pour contrôler le numérique et le digital (Schneiderman, 1983). Par ailleurs, les individus peuvent changer la localisation des objets à la fois par rapport à eux mais également par rapport aux autres individus, par conséquent cela permet d'attribuer à l'objet une place significative et ainsi développer un raisonnement spatial (Manches *et al.*, 2009). Les avantages avec cette technologie sont donc multiples. L'interaction avec les deux mains est fortement encouragée, ce qui est important car les capacités physiques de la main et du poignet sont également riches (Fitzmaurice *et al.*, 1995). D'autre part, les individus pouvant se placer n'importe où autour de la table, les entrées sont spatialisées et cela améliore nettement les capacités de communication avec l'ordinateur et le numérique. Les artefacts physiques facilitent l'interaction en rendant l'interface plus directe et surtout plus manipulable. Ce type de technologie, encourage également la collaboration de plusieurs personnes (Fitzmaurice et Buxton, 1997). Et enfin, étant donné que les objets sont

manipulés en trois dimensions sur une surface horizontale, la grande majorité de ces tables offrent un espace de travail généreux et permettent à l'utilisateur d'agir tout en parlant et en gardant un oeil sur ce que les autres font (Manches *et al.*, 2009). Par ailleurs, l'un des points essentiels dans cette interaction reste, selon les auteurs, la visibilité des actions des autres utilisateurs et par conséquent, bien souvent, la compréhension du but et du geste (Fiebrink et Morris, 2009). Néanmoins, certains inconvénients apparaissent : étant donné que l'individu est en interaction avec une interface ayant la possibilité d'être partagée avec plusieurs personnes, certaines études ont montré la crainte de la part des sujets d'avoir une collision physique ou celle d'empiéter sur le territoire du voisin. La difficulté à atteindre des objets hors de portée a également été évoquée (Fiebrink et Morris, 2009). La nature même du corps humain signifie qu'il y a des contraintes en termes de positions naturelles, l'environnement dans lequel se trouve l'interface va ainsi influencer sur les gestes et limiter certains mouvements qui seront alors des obstacles (Benford *et al.*, 2003). En résumé, malgré ces quelques inconvénients, les interfaces tangibles redonnent une place significative à la manipulation et exploitent la dextérité acquise par les êtres humains au sein de leur environnement quotidien (Couture *et al.*, 2007). La capacité de laisser les sujets librement interagir avec des objets en les touchant et en les déplaçant de façon directe constitue le coeur même de cette interaction particulière. L'interface améliore l'action à plusieurs en permettant une meilleure coordination gestuelle, des actions en parallèle, une meilleure perception de l'espace et des changements de point de vue par les déplacements possibles autour de la table.

#### **4 L'AFFORDANCE**

Gibson introduit le concept d'affordance en 1979 et en a fait un pilier théorique de l'approche écologique. L'affordance est alors initialement ce que l'objet permet à l'individu de faire dans une situation, tel que le sujet le perçoit, c'est donc la perception par un individu d'un objet et les actions possibles que cet objet propose. Cette notion a fait l'objet ensuite de nombreuses appropriations par différents auteurs, particulièrement par Norman. L'affordance selon Norman correspond à une information nécessaire dans le monde pour agir de manière adéquate selon le projet et les objectifs de l'acteur considéré - l'apparence des dispositifs doit ainsi pouvoir fournir des indices pertinents pour une utilisation appropriée grâce à leurs affordances, perçue d'une part et réelle d'autre part. (Norman, 1999). Mucchieli (2000) emploiera le terme de « porteurs de proposition d'interaction » pour faire référence aux objets affordants qui ont la propriété de proposer une certaine plausibilité de leurs fonctions. Allaire (2006) ira plus loin en parlant de « convivialité » afin de dénommer l'objet qui rend visible son utilité dans son contexte et qui amène l'individu à agir. C'est dans cette optique qu'il semble important que les objets des interfaces tangibles présentent une affordance. En effet, avec ce type de technologie, les objets tangibles ne sont perçus qu'à travers leurs fonctions assignées, le principe d'affordance est alors oublié ; comment un caillou posé sur une table musicale pourrait-il acquérir ainsi le rôle de son ou de rythme ?

En résumé nous retiendrons que l'affordance est une relation qui s'établit entre l'individu et les objets de l'environnement à travers leurs propriétés mais également en fonction de la tâche à effectuer et aussi en fonction des actions que les autres font avec ces objets, dans une triple dimension : objet, tâche, collectif.

#### **5 EXPERIMENTATION**

Pour cerner ce concept d'affordance, une expérimentation a été réalisée en laboratoire (Becker, 2010) pour mesurer l'affordance des objets en situation de travail avec la table interactive *TangiSense*. Les sujets étaient seuls et devaient réaliser une tâche avec des objets plus ou moins affordants mais qu'ils ne connaissaient pas (situation dite directe) ou devaient réaliser ces mêmes tâches avec d'autres personnes qui connaissaient les objets et les manipulaient (situation dite indirecte).

Les hypothèses théoriques sont :

- H1 - Des différences de compréhension existent entre des objets affordants ou non affordants, indépendamment de la situation et des acteurs (en d'autres termes l'affordance dépend essentiellement de la nature des objets),

- H2 - La situation d'interaction d'un objet influe sur sa compréhension et la construction de l'affordance, notamment par la présence d'autres acteurs,

- H3 - La mono ou multi-fonctionnalité d'un objet influe sur sa compréhension et la construction de l'affordance (la multi-fonctionnalité d'un objet s'entend par le fait qu'il a une affordance propre et une affordance héritée de ses capacités numériques augmentées – un verre étiqueté et interactif sert encore à boire).

Les hypothèses opérationnelles sont que ces différences sont mesurables en termes de temps de compréhension (dès l'instant où les objets sont perçus par l'utilisateur jusqu'à ce qu'il décrive ses fonctions) et de facilité de compréhension (nombre d'erreurs dans l'évaluation subjective de la tâche).

A ces hypothèses principales s'en ajoutent d'autres, dans la mesure où dans une IHM (Interface Homme-Machine) on distingue généralement entre plusieurs types d'objets avec schématiquement : (a) les objets de l'interface (menus déroulants, ascenseurs, etc.) communs à toutes les applications et (b) les objets de l'application (icônes, objets fonctionnels, formulaires, etc.) propres à l'application. Ainsi on s'attend à ce que :

- H'1 - A degré d'affordance égale, les objets de l'interface seront compris beaucoup plus facilement et plus rapidement que les objets d'une application, du fait de leur valeur « culturelle » plus grande (en effet les personnes ont acquis cette culture des objets de l'interface depuis le développement récent et l'utilisation fréquente des IHM graphiques),

- H'2 - Les objets de l'interface les plus affordants seront les plus transportables dans d'autres applications que les objets non affordants de l'interface (à condition de garder leur fonction), mais inversement ils seront moins interchangeables en termes de fonctionnalité,

- H'3 - Les objets les moins affordants de l'application (donc les moins porteurs de sens) seront d'une part les plus polyvalents et d'autre part les plus personnalisables et appropriables par un individu.

## 5.1 Protocole expérimental

Le *design* des objets a été fait en séances de conception participative avec des musiciens, des designers et des gens tout venant. Ils avaient pour consigne de dessiner des objets les plus affordants possibles pour les applications de musique décrites ci-dessus (la fig. 3 donne un exemple de résultat obtenu). Leurs résultats étaient validés par l'ensemble des acteurs.

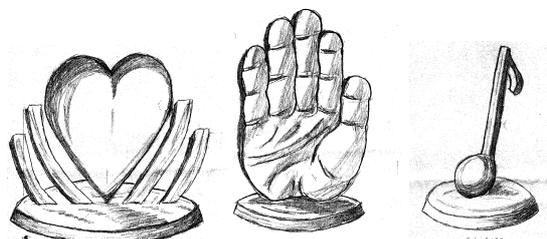


Figure 3 : Objet « rythme » (en forme de cœur), objet « arrêt » (en forme de main) et objet « note ».

Les objets de l'interface ont été choisis *a priori* à partir de la « culture » induite par les interfaces graphiques, comme une gomme pour effacer, « stop » pour arrêt, « curseur » pour le rythme, etc.

Nous ne décrivons pas plus en détail ces séances de conception qui ont conduit à réaliser en dur les objets correspondants qui ont été utilisés dans la suite de l'expérience. Nous avons pris 16 sujets répartis chaque fois en 2 groupes opposés pour tester chaque hypothèse ; par exemple pour H1 la tâche était de com-

prendre la fonction des objets dans diverses situations, pour les uns les objets étaient choisis parmi les plus abordables pour les autres parmi les moins abordables. Et ainsi de suite pour H2, H3, H'1 et H'2. Les mesures de temps de compréhension et du nombre d'erreurs ont été faites, complétées par des entretiens en fin de séance à l'aide d'un questionnaire utilisant des échelles de Lickert.

## 5.2 Résultats

Nous présentons un tableau de résultats dans la fig. 4.

| Résultats en fonction de la situation                      | Situation directe |               | Situation indirecte |               |
|--|-------------------|---------------|---------------------|---------------|
|  | Obj. aff.         | Obj. non aff. | Obj. aff.           | Obj. non aff. |
| Difficulté de la tâche (Lickert 1-6)                       | 1, 0              | 1, 0          | 1, 0                | 3, 0.925      |
| Difficulté de compréhension (Lickert 1-6)                  | 2, 0.5            | 3.5, 1.58     | 3.25, 1.6           | 3, 0.925      |
| Temps de compréhension                                     | 10.5, 4.3         | 35.8, 24.2    | 36.3, 9.3           | 23.5, 11.4    |
| Nombre d'erreurs avant validation                          | 0.125, 0.3        | 1.1, 0.4      | 0.375, 0.5          | 0.6, 0.5      |
| Nombre d'erreurs   | 0.125, 0.3        | 0.375, 0.5    | 0.25, 0.4           | 0.6, 0.5      |
| Estimation subjective de l'aff. sur une échelle de Lickert | 1.6, 0.3          | 5.5, 0.2      | 5.5, 0.1            | 6, 0          |

Figure 4 : résultats de mesures et résultats des questionnaires. Les valeurs indiquées dans chaque cellule sont la moyenne et l'écart-type pour tous les sujets ayant passé le test.

Sur ce tableau on peut lire que : en situation directe les objets les plus abordables sont les plus pertinents pour la tâche (comparaison colonnes 1 et 2), H1 est vérifiée mais elle est contredite pour la situation indirecte (comparaison colonnes 3 et 4). Par ailleurs, pour un objet abordable la situation directe est plus favorable à la compréhension (comparaison colonnes 1 et 3) et moins favorable pour la situation indirecte (comparaison colonnes 2 et 4). H2 est vérifiée. Tout se passe donc comme s'il y avait une abordable « pour soi » (egocentrée) et une abordable « pour les autres » (exocentrée). Une analyse plus fine montre que d'autres indices que l'apparence permettent de décoder les fonctions des objets non abordables (indices sonores, effets de leurs actions dans la tâche, inférences socio-culturelles). En corollaire l'analyse montre aussi que H3 est vérifiée, plus précisément, si un objet est multifonctionnel, il sera plus difficile à comprendre mais en même temps plus riche pour l'interaction.

La fig. 5 montre d'autres aspects de l'abordable par rapport au type d'objets (objet de l'application / objet de l'interface)

| Résultats en fonction du type d'objet                      | Objet application |               | Objet interface |               |
|--|-------------------|---------------|-----------------|---------------|
|  | Obj. aff.         | Obj. non aff. | Obj. aff.       | Obj. non aff. |
| Difficulté de la tâche (Lickert 1-6)                       | 1.75, 0.4         | 2.125, 0.8    | 1, 0            | 3, 0.925      |
| Difficulté de compréhension (Lickert 1-6)                  | 3, 1.8            | 3.5, 2        | 2, 0.8          | 3, 0.925      |
| Pertinence à réutiliser la fonction dans un autre contexte | 2.75, 2           | 3.875, 1.4    | 1.75, 0.8       | 1.8, 1.4      |
| Pertinence à réutiliser l'objet dans un autre contexte     | 2.625, 1.9        | 4, 2          | 6.75, 0.4       | 3.25, 1.4     |

|  |            |            |            |            |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Temps de compréhension                                     | 70.6, 37.9 | 58, 32.3   | 10.5, 9.3  | 23.5, 11.4 |
| Nombre d'erreurs avant validation                          | 0.5, 0.5   | 0.75, 1    | 0.375, 0.5 | 0.6, 0.5   |
| Nombre d'erreurs   | 0, 0       | 0.125, 0.3 | 0.25, 0.4  | 0.6, 0.5   |
| Estimation subjective de l'aff. sur une échelle de Lickert | 2.1, 0.8   | 6.5, 0.5   | 1.6, 0.3   | 5.5, 0.2   |

Figure 5 : résultats de mesures et résultats des questionnaires. Les valeurs indiquées dans chaque cellule sont la moyenne et l'écart-type pour tous les sujets ayant passé le test.

Une lecture détaillée de ce tableau montre que les hypothèses H'1 à H'3 sont vérifiées.

## 6 DISCUSSION

Les résultats précédents doivent être tempérés par des précautions d'usage habituels :

- a) l'étude est circonscrite à un type de table particulière et à des applications spécifiques,
- b) le nombre de sujets de l'expérience est petit et ne recouvre pas toutes les catégories socio-culturelles,
- c) les conditions ne sont pas entièrement écologiques.

Malgré ces restrictions des tendances fortes se dégagent, dues aux particularités de ces objets « augmentés » : d'une part la multi-fonctionnalité apparaît dans ces objets qui est plus difficile à appréhender et à comprendre pour les sujets, d'autre part la question de la « culture technologique » fait naître d'autres formes d'affordance. Enfin le travail collectif semble favoriser le transfert de connaissances et la co-construction de sens à travers une certaine affordance que nous avons appelée exocentrée.

## 7 CONCLUSION

L'affordance d'un objet améliore la compréhension égocentrée de la tâche mais elle n'est pas seule en cause, il y a aussi et assez fortement la situation collective de travail – c'est-à-dire ce que les autres font aussi avec ces objets. Le travail collectif améliore la compréhension des objets non affordants dans la tâche. D'un autre côté l'affordance prend d'autres colorations pour les objets technologiques « augmentés » des interfaces tangibles : l'aspect multi-fonctionnel pour une part rend ces objets plus difficiles à comprendre mais en même temps plus faciles à « transporter » dans d'autres applications en conservant leur héritage fonctionnel.

Des questions socio-culturelles sont ainsi levées qui lient l'affordance à la réutilisation et à l'appropriation des objets : pour faire court plus une fonction est « cachée » plus elle m'est « personnelle ».

## 8 REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche a été partiellement financé par le Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie, le CNRS, et surtout l'ANR (projet TTT).

## 9 BIBLIOGRAPHIE

- Allaire, S. (2006). *Les affordances socionumériques d'un environnement d'apprentissage hybride en soutien à des stagiaires en enseignement secondaire. De l'analyse réflexive à la coélaboration de connaissances*. Thèse de doctorat, Québec: Université Laval.
- Becker, M. (2010). *Le concept d'affordance et l'interface tangible Tangisense*. Mémoire de master, université Paul Verlaine, Metz.
- Benford, S., Schnadelbach, H., Koleva, B., Gaver, B., Schmidt, A., Boucher, A., Steed, A., Anastasi, R., Greenhalgh, C., Rodden, T. & Gellersen, H. (2003). *Sensible, sensible and desirable: a framework for designing physical interface*. Technical Report Equator-03-00, London: department of computer science, university college London.

- Besacier, G., Vernier, F., Chapuis, O., and Roussel, N. Redirection d'applications existantes et nouvelles interactions pour des usages collaboratifs colocalisés sur une table interactive. In *IHM '07: 19ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*, pages 271–274, IRCAM, Paris, 12-15 Novembre 2007. ACM Press.
- Blackwell, A., Fitzmaurice, G., & Ishii, H. (2007). Tangible user interfaces in context and theory. *CHI 2007*, California, USA, May, ACM Press.
- Couture, N., Rivière, G., & Libération, D. (2007). Table interactive et interface tangible pour les géosciences : retour d'expérience. *Computer human interaction*, 3, 1-4.
- Fiebrink, R., & Morris, M. R. (2009). Dynamic Mapping of Physical Controls for Tabletop. *Computer Human Interaction*, 471-480.
- Fitzmaurice, G. W., & Buxton, W. (1997). An empirical evaluation of graspable user interfaces: towards specialized, space-multiplexed input. *Proceedings of CHI'97*, 43-50.
- Fitzmaurice, G.W. (1996). *Graspable User Interfaces*. Ph.D. Thesis, University of Toronto.
- Fitzmaurice, G.W., & Buxton, W. (1997). An empirical evaluation of graspable user interfaces: towards specialized, space-multiplexed input. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Atlanta, Georgia, USA, 43 – 50.
- Fitzmaurice, G.W., Ishii, H., & Buxton, W. (1995). Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Denver, Colorado, 442-449.
- Hornecker, E., & Buur, J. (2006). Getting a Grip on Tangible Interaction : A Framework on Physical Space and Social Interaction. *CHI 2006*, Québec, Canada, ACM Press.
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits, and Atoms. *CHI 1997*, 234-41.
- Ishii, H., Mazalek, A., & Lee, J. (2001). Bottles as a Minimal Interface to Access Digital Information. Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI 2001, Seattle, États-Unis d'Amérique, 31 mars - 4 avril 2001, ACM, New York.
- Kubicki, S., Lebrun, Y., Lepreux, S., Adam, E., Kolski, C., & Mandiau, R. (2009a). Exploitation de la technologie RFID associée à une Table interactive avec objets Tangibles et Traçables. Application à la gestion de trafic routier. *Génie logiciel*, 31, 41-45.
- Kubicki S., Lepreux S., Kolski C., Perrot C., & Caelen J. (2009b). TangiSense : présentation d'une table interactive avec technologie RFID permettant la manipulation d'objets Tangibles et Traçables. *Proceedings of IHM 2009, 21ème Conférence de l'Association Francophone sur l'Interaction Homme-Machine (Grenoble, France, 13-16 octobre 2009)*, International Conference Proceedings Series, ACM Press, Grenoble, pp. 351-354.
- Manches, A., Malley, C. O., & Benford, S. (2009). Physical Manipulation : Evaluating the Potential for Tangible Designs, 77-84. *TEI Conference 2009*, Cambridge, UK, feb.
- Moggridge, B. (2006). Designing interactions. *MIT university Press*.
- Mucchielli, A. (2000). *L'art d'influencer*. Paris : Ed. Armand Colin.
- Schneiderman, B. (1983). Direct Manipulation: a Step Beyond Programming Languages. *Computer*, 16 (8), 57-69.
- Weiser, M. (1999). The Computer for the 21st Century. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, 3(3):3–11.