

# Tangicam : une communication appliance pour enfants

**Jean-Baptiste Labrune**  
Master Hypermédia  
Institut National de l'Audiovisuel  
Juin 2003

Mémoire de stage de diplôme d'études approfondies  
Pour l'obtention du diplôme de **DEA** intitulé  
**Enjeux sociaux et technologies de la communication**  
Option Conception des Applications Multimédia  
du **Conservatoire National des Arts et Métiers**  
et de l'**Université Paris VIII**  
Octobre 2004

Auteur : **Jean-Baptiste Labrune**  
DEA Estc option CAM  
Octobre 2004

Certifié par : **Wendy E. Mackay**  
Directeur de Recherche INRIA Futurs  
Responsable de stage | Projet In|Situ

Accepté par : **Stéphane Natkin**  
Responsable du DEA Estc option CAM  
Directeur du CEDRIC



# Tangicam : une communication appliance pour enfants

Jean-Baptiste Labrune

Mémoire de stage | Octobre 2004  
Pour l'obtention du diplôme de DEA Estc option CAM  
du Conservatoire National des Arts et Métiers  
et de l'Université Paris VIII

## Résumé

Ce mémoire présente la conception d'une caméra tangible pour les enfants, la *Tangicam*. Conçue avant tout pour être un jouet pour enfants, ce camescope numérique / appareil photo est étanche, très résistant aux chocs et à la poussière. Son utilisation est très simple, il suffit de presser les poignées pour filmer ou pour prendre des photos au format circulaire. Utilisable dans plusieurs contextes (Wimp, Réalité augmentée, Réalité mixte), la Tangicam est aussi un *robot immobile* muni de capteurs de toutes sortes. Elle permet aux enfants de 2 à 15 ans de pouvoir s'exprimer en utilisant des représentations *situées* dans leur environnement familial, favorisant ainsi le développement de leur *créativité* et de leurs *points de vue* en tant que *sujets*. Afin de fabriquer et d'évaluer la Tangicam, ce mémoire propose dans une longue première partie de définir un nouveau champ : l'*interaction enfant-machine*, et propose également de décrire l'écologie de l'interaction *kénographique*.

Responsable de stage : Wendy E. Mackay  
Directrice de recherche, INRIA Futurs / Projet In|Situ







## o. Sommaire

o. Sommaire .....	8
1. Introduction.....	11
1.1 Motivation.....	11
1.2 Problématique .....	12
1.3 Définition d'un espace de design .....	12
1.4 Méthodologie.....	14
1.5 Contributions.....	16
2. L'interaction enfant-machine .....	17
2.0 L'interaction .....	17
2.0.1 Jusque dans les années 50.....	21
2.0.2 Les années 60.....	32
2.0.3 Les années 70.....	38
2.0.4 Les années 80.....	40
2.0.5 Les années 90.....	47
2.0.6 A partir de 2000 .....	59
2.1 Sans l'ordinateur.....	67
2.1.1 Les objets techniques des éducateurs.....	70
2.1.2 Les médiations thérapeutiques.....	72
2.1.3 Les kits de construction.....	75
2.2 Les machines électroniques et les enfants.....	77
2.2.1 Les machines des pionniers .....	78
2.2.2 Les jeux vidéos.....	83
2.2.3 Les jouets électroniques.....	85
2.3 Les nouvelles interfaces.....	88
2.3.1 Les interfaces tangibles.....	88
2.3.2 Les poupées et les robots .....	96
2.3.3 Les environnements d'interaction .....	99
2.4 Synthèse .....	101

3. Expériences de design .....	102
3.1 Premières idées.....	102
3.2 Balle Rfid.....	106
3.3 Transition .....	106
3.4 Tangicam .....	108
3.5 Synthèse .....	112
4. Contextes d'interaction et scénarii d'utilisation .....	113
4.1 Contexte Wimp .....	113
4.2 Contexte de Réalité Augmentée .....	113
4.3 Contexte de Réalité Mixte .....	113
4.5 Scénarii .....	115
4.5.1 Acquisition de compétences transmodales.....	115
4.5.2 Association libre visuelle.....	115
4.5.3 Découverte scientifique .....	116
4.5.4 Design participatif.....	116
4.5.5 Diriger un film.....	117
4.5.6 Ethnométhodologie pour enfants.....	117
4.5.7 Expérimentation socio-technique.....	118
4.5.8 Education aux médias.....	118
4.5.9 Faire du son à partir d'images.....	118
4.5.10 Filmer sa vie, externaliser sa mémoire.....	119
4.5.11 Jouer.....	120
4.5.12 Médiation thérapeutique .....	121
4.5.13 Montage vidéo tangible .....	121
4.5.14 Ontologie pour enfants.....	122
4.5.15 Synesthésie/Synopsie/Phonestésie .....	122
4.4 Synthèse .....	124
5. Evaluation de la Tangicam .....	125
6. Conclusion .....	127
6.1 Synthèses .....	127
6.2 Perspectives.....	129
7. Références Bibliographiques.....	131
7.1 IHM/IEM.....	131
7.2 Autres disciplines.....	144
8. Annexes.....	150



# 1. Introduction

« Ce qui est simple est faux, mais ce qui est compliqué est inutilisable » Paul Valéry.

## 1.1 *Motivation*

Depuis 3 ans, le projet InterLiving a développé des objets technologiques innovants dans le but de faciliter les communications des membres d'une même famille sur plusieurs générations. Le projet InterLiving, a été financé par la division Future and Emerging Technologies de l'initiative européenne Disappearing Computer. Les recherches se sont partagées entre Stockholm en Suède et Paris en France, impliquant des chercheurs provenant de nombreuses disciplines comme l'ethnographie, la psychologie, l'informatique, le design industriel ou encore le design de l'interaction.

Ce projet s'inscrit dans une vision de l'informatique disséminée, omniprésente, conforme à la vision ubiquitaire de Mark Weiser [Weiser, 1991] ou à celle de l'ordinateur invisible de Don Norman [Norman, 1999]. Un monde où tous les objets peuvent s'échanger de l'information et constituer un maillage transformant notre milieu quotidien en un prolongement de nos compétences techniques et symboliques : le monde comme l'externalisation de notre mémoire et de nos compétences [Donald ; Gibson in Smith, 2002].

InterLiving a également mis en avant de nouvelles méthodes de conception participatives, incluant les utilisateurs dans les processus de design. Très souvent sollicitées, les familles ont donné leur avis lors d'ateliers créatifs, mais également de manière plus discrète en utilisant des sondes technologiques et culturelles (Technology Probes [Beaudouin-Lafon, 2002], Cultural Probes [Gaver, 1999] ) qui donnent aux chercheurs une vision *située* de leur terrain.

Dans ce contexte, une multitude d'objets de communication ont été créés comme StoryTable, MirrorSpace ou VideoProbe. Ces dispositifs ont en commun leur simplicité et leur fiabilité, comparables aux appareils domestiques courants comme la machine à laver ou la télévision, facilitant leur utilisation par tous les membres de la famille, des enfants aux grands-parents. De ces caractéristiques est venu l'utilisation du terme de *communication appliance*, évoquant ce type d'appareils.

## 1.2 *Problématique*

Dans la continuation du projet Interliving qui s'est terminé fin 2003, Mme Mackay et Mr Beaudouin-Lafon du projet In|Situ \*, m'ont proposé de concevoir une « communication appliance » pour les enfants dans le cadre de mon stage de DEA en Informatique au Cnam et à l'université Paris 8 sous la direction de Mr Natkin. La conception d'un objet informatique est un travail pluridisciplinaire, touchant à la fois aux domaines du design, de l'informatique et de la psychologie. Le but de mon stage est donc de réaliser une machine pour les enfants dans le respect de ces différentes disciplines, un objet simple et puissant.

Après divers essais, mon choix s'est porté sur la fabrication d'un appareil photo pour les enfants, une interface tangible utilisable dans plusieurs contextes d'interaction, son nom est Tangicam pour caméra tangible. La forme de l'appareil est celle d'un frisbee percé en son centre, très solide, étanche à l'eau et à la poussière. Autonome et tactile, la Tangicam cherche à être conforme aux usages qu'ont les enfants d'autres objets de leur quotidien comme leurs jouets par exemple et favoriser les pratiques de *détournement*, de jeu libre. La Tangicam permettra aux enfants de s'exprimer avec des images, des sons ou d'autres données (haptiques, bio-chimiques, électro-magnétiques, thermiques) provenant de leur milieu, leur environnement familial et peut-être ainsi favoriser la découverte et la construction de leur *subjectivité*.

\* Projet In|Situ (Pôle commun de recherche en informatique du plateau de Saclay, CNRS, Ecole Polytechnique, INRIA Futurs, Université Paris Sud). <http://www-ihm.lri.fr/>

## 1.3 *Définition d'un espace de design*

Afin de concevoir cet appareil, j'ai commencé par définir un périmètre de recherche en consultant la littérature informatique dans le domaine des communications appliances. En plus des publications du projet In|Situ, j'ai parcouru les actes des conférences spécialisées comme IDC, CHI, UIST, GI, AVI, IUI soit sur papier soit sur les sites de l'ACM DL, Citeseer ou encore les revues Elsevier et Kluwer.

J'ai ensuite fait un état de l'art des travaux dans le domaine du design de l'interaction du Royal College of Arts, du Medialab de Dublin, du LLK de Boston, de l'institut de design d'Ivrea, des laboratoire Sims et Guir de Berkeley, du Hit de Washington, du

Robotics Institute de Carnegie Melon, du SenseLab de UCLA, de l'université de Calgary, Vancouver, Darmstadt, du T/U de Delft, du Clips/Imag à Grenoble, de l'Ircam, du laboratoire de réalité mixte de Nottingham, du L3D à Boulder et de l'Itp à New-York.

J'ai également étudié en profondeur les travaux réalisés à l'université du Maryland par Mme Allison Druin, spécialiste du design d'interaction pour les enfants, et ceux développés dans le cadre du projet britannique Equator. Enfin, j'ai fait un inventaire de ce type d'objets chez les fabricants de jeux et de jouets pour les enfants comme Neurosmith, Zowie, Leapfrog, Fisher-Price ou encore chez les fournisseurs des collectivités (écoles, centres de loisirs, CMP) comme Celda et Haba.

Je me suis nourri des nombreux travaux de recherches effectués au sein du projet In|Situ, notamment ceux de Wendy Mackay (Réalité augmentée, facteurs humains en informatique), Michel Beaudouin-Lafon (Théorie de l'interaction), Jean-Daniel Fekete (Visualisation d'information), Yves Guiard (Psychologie expérimentale), Olivier Chapuis (OS 3D), Nicolas Roussel (Mediaspaces), Nicolas Gaudron (Design d'interaction), Pascal Costa-Cunha (Réalité augmentée), Mickael Guerin (Toolglasses et interaction bi-manuelle), Timothée Doutriaux (Interaction haptique) et Emmanuel Nars (Communication appliances).

J'ai également étudié les travaux du laboratoire Cedric du Cnam, notamment ceux de Stéphane Natkin (Théorie des jeux vidéos), Pierre Cubaud ( Interaction 3D et bibliothèques numériques), Rodrigo Almeida (Interaction multi-écrans), Chen Yan (Jeu et réalité augmentée), Liliana Vega (Réseaux de petri pour les jeux vidéos) ainsi ceux effectués dans le cadre du Dess Jeux Vidéos au Cnam et à l'Ircam.

Enfin, mes nombreuses discussions avec les membres de l'Omnsh (observatoire des mondes numériques en sciences humaines) m'ont permis d'élargir ma conception de l'interaction notamment grâce aux travaux de Michael Stora (Psychologie, Psychanalyse), Etienne Amato (Infocom, Ethnométhodologie), Thomas Gaon (Psychanalyse, Ethnométhodologie), Fanny Georges (Esthétique, Phénoménologie).

## 1.4 Méthodologie

Le corps de ce mémoire est organisé en cinq chapitres. Dans le chapitre 2, *L'interaction enfant-machine*, après avoir tenté de cerner le terme d'interaction, je présente les diverses contributions de l'interaction homme-machine dans le domaine de l'enfance. Un grand nombre de systèmes machiniques à destination des enfants ont été développés avant l'ordinateur, même si la plus grande part a été créée après le début des années soixante-dix, et le décollage de l'informatique grand public. Dans ce chapitre, je présente quelques réalisations historiques et contemporaines de dispositifs d'interaction entre l'enfant et la machine, et j'essaie de dégager les thèmes récurrents, les modèles et les contraintes qui ont gouverné le design de ces systèmes.

Bon nombre des exemples présentés dans le chapitre 2 ne peuvent pas toujours être considérés stricto sensu comme des dispositifs d'interaction, certains étant souvent limités à la visualisation ou au dialogue entre l'enfant et la machine comme l'on disait dans les années soixante. Cependant, certains systèmes préfigurent certaines fonctionnalités typiques que l'on trouve dans les appareils actuels. La tortue Logo de Bolt, Beranek et Newman est une interface tangible, haptique, qui permet de programmer « physiquement » un ordinateur, par un acte corporel, un geste élaboré. Cette réflexion sur l'engagement corporel lors de l'interaction avec la machine est liée au « learning by doing » de Dewey et au geste phénoménologique de Merleau-Ponty. Ces dispositifs nous enseignent le cadre conceptuel qui a permis leur existence, les théories et les espoirs liés à leur situation. Comme nous le verrons, ce mémoire est très influencé par les travaux des psychologues, des artistes et des informaticiens cybernétiques qui n'ont eu cesse d'explorer cette relation intime qui peut s'établir entre l'homme et la machine, entre l'enfant et son reflet machinique.

Je conclus ce chapitre 2 en présentant les objectifs auxquels les systèmes d'interaction avec les enfants devraient répondre en m'inspirant à la fois des succès et des échecs du passé. Enfin, je présente mon hypothèse personnelle sur le type de dispositif pouvant atteindre ces objectifs – la Tangicam, une communication appliance pour les enfants. Ce schéma se fonde sur une analyse historique du rapport entre les enfants et les objets techniques, un début de réflexion épistémologique sur l'interaction enfant-machine.



Le chapitre 3, *Expériences de design*, propose une vue étapes par étapes du processus de conception de la communication appliance dont ce mémoire fait l'objet. Ce chapitre est divisé en quatre sections correspondant *grosso modo* au travail effectué durant mes quatre mois de stage au sein du projet In|Situ, chaque section présentant un mois de recherche. La première section propose les ébauches de prototypes de communication appliances présentées lors de la réunion hebdomadaire avec toute l'équipe. La deuxième section, fruit d'une révision collaborative, est la réalisation d'un contrôleur tangible permettant de piloter un lecteur multimédia en manipulant une balle de couleurs. La troisième section explique la transformation quasi morphologique de cet objet en appareil photo par l'adjonction de poignées. Enfin, la quatrième section présente mon prototype final, la Tangicam, appareil de communication tangible pour les enfants dans ses aspects matériels et logiciels.

Le chapitre 4, *Contextes d'interaction et scénarii d'utilisation*, présente une anticipation des contextes dans lesquels la Tangicam sera utilisée, le contexte Wimp, la réalité augmentée et la réalité mixte. Puis, je propose différents scénarii d'utilisation de cette communication appliance en l'intégrant aux pratiques d'enfants d'âges différents. Le but est de mettre en perspective les compétences mises en oeuvre par l'utilisation de ce dispositif pour pouvoir ensuite les discuter dans le chapitre suivant.

Le chapitre 5, *Evaluation*, proposera l'utilisation d'un modèle d'évaluation des interfaces pour enfants pour évaluer la Tangicam : le FunToolkit [Read & MacFarlane, 2002]. Mon stage ayant durée quatre mois, je n'ai malheureusement pas pu effectuer d'évaluation. Pourtant, je préciserai les correspondances de ce dispositif aux recommandations heuristiques des spécialistes de l'interaction pour les enfants et je proposerai des évaluations futures. Cette partie a été la plus difficile à rédiger pour mon mémoire car je me suis confronté aux difficultés propres à la science de l'interaction homme-machine : comment comparer des expériences d'interaction toujours liées à une très forte subjectivité ?

Le chapitre 6, *Conclusion*, synthétise les différents résultats de ce mémoire, et tente de replacer mes travaux sur l'interaction et les enfants dans une perspective future.

## ***1.5 Contributions***

Le but de ce mémoire est de produire une communication appliance pour les enfants qui leur permette de s'exprimer de façon créative et ludique, et, de présenter les contextes historiques, méthodologiques et analytiques pour construire et évaluer ce dispositif.

Les contributions de ce mémoire dans le respect de ces objectifs incluent :

1. Un état de l'art des travaux dans le domaine naissant du design d'interaction pour les enfants.
2. Un historique de l'interaction enfant-machine
3. Des pistes de réflexion épistémologique sur l'interaction entre les enfants et les objets techniques.
4. Deux prototypes fonctionnels de communication appliance.
5. Une interface logicielle pour visualiser et manipuler les données issues de la Tangicam
6. Une tentative d'évaluation d'une communication appliance pour les enfants.
7. Des perspectives naissantes sur les opportunités et les risques des communications appliances pour les enfants.

## 2. L'interaction enfant-machine

### 2.0 *L'interaction*

Afin de définir l'interaction entre les enfants et les machines, il me semble nécessaire de définir auparavant ce qu'on appelle l'interaction homme-machine, et tout d'abord ce que j'entends par *machine* et par *interaction*.

La machine est un appareil ou un ensemble d'appareils capable d'effectuer un travail ou de remplir une certaine fonction, soit sous la conduite d'un opérateur, soit d'une manière autonome. Classiquement, la machine est également un dispositif qui transmet ou modifie de l'énergie. Les instruments et dispositifs électromécaniques constituent une sous-classe du concept de machine. Ce terme sera dans ce mémoire en général préféré à ceux d'ordinateur, de computer (calculateur), d'automate ou de robot. Ces derniers sont bien sûr tous associés à des dispositifs de traitement formel (symbolique) mais évoquent chacun des niveaux d'intentionnalité différents.

Ainsi et afin de tenter de rester clair dans mes propos, je décide donc de me limiter au concept déjà complexe de machine qui à mon sens se situe entre le formalisme inerte du computer et l'anthropomorphisme du robot. Pour plus de précisions, le lecteur pourra se référer au livre de Franz Reuleaux paru en 1866 : *La cinématique des machines* [Canguilhem, 1952]. De plus, je considérerai le concept de machine comme une sous-classe de celui d'objet technique

Contrairement à celui de machine, le concept d'*interaction* m'a posé de nombreux problèmes ontologiques. Grâce à lui j'ai parcouru avec plaisir différents chemins de la pensée du vingtième siècle, notamment à travers l'étude des concepts de symbole, de sens, de signe, de signification toujours présents chez les créateurs d'objets techniques. Mais il m'a poussé également aux limites de mes compétences philosophiques, me confrontant sans cesse aux interprétations variées des mêmes concepts dans différentes disciplines, me ramenant toujours par une sorte de référence circulaire à définir des concepts par eux-mêmes.

Je pense par exemple à la prééminence de l'utilisation du terme symbole par les mathématiciens, logiciens, informaticiens qui ont créé les premiers calculateurs, mais également aux différents usages

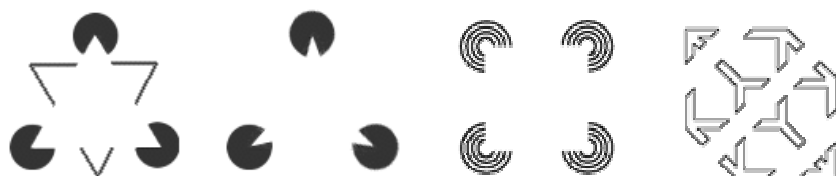
de ce terme par les psychologues du début du siècle. Les affrontements des années soixante dix à propos des Physical Symbol System et des années quatre-vingt à propos de l'Intelligence Artificielle m'ont également laissé perplexe. Et que dire des débats actuels entre les phénoménologues (philosophes, psychologues, informaticiens), les cognitivistes et les psychanalystes ?

Cependant, conscient des limites qui me sont imposées, je ressens la nécessité de proposer un semblant de cadre conceptuel à mes travaux, de me mettre dans une position délibérément *subjective*, et tenter, au moyen de trois hypothèses, d'articuler le concept d'interaction. Pas forcément uniquement pour exercer mes compétences contre-transférentielles, puisque je trace moi même les contours d'objections futures, mais également pour tenter de communiquer et de construire avec les praticiens d'autres disciplines, de m'inscrire dans le mouvement qui esquisse l'interdisciplinarité.

Le concept d'interaction est utilisé dans de nombreux contextes lexicographiques comme en physique et en biologie, où il indique l'action réciproque d'un objet sur un autre, dans le cas des molécules par exemple. Dans notre cas, je situerai arbitrairement les débuts de l'interaction mécanique dans le contexte pré cybernétique, au début du vingtième siècle.

Afin de le cerner plus précisément, je pose l'hypothèse suivante : l'interaction avec des objets techniques est une *forme symbolique*. Je pense ici aux travaux de Jean Lassègue à propos du philosophe Ernst Cassirer et tente par un raisonnement analogique d'argumenter mon hypothèse.

Tout d'abord, je peux définir le concept de symbole par sa définition littérale de *symbolon*, tesson que l'on brise et dont la ligne de rupture tracée par le hasard est unique, ou bien encore par analogie comme le contour subjectif des illusions d'optique de Gaetano Kanizsa. C'est la double nature du symbole que d'être unique et dual à la fois, de lier plusieurs réalités.



Plus précisément, le terme désigne un morceau de terre cuite qui était partagé en deux et dont chaque morceau était conservé par deux familles vivant dans des lieux séparés : quand un membre d'une famille devait être reçu chez l'autre, il lui était possible d'exhiber le morceau manquant du *symbolon* et de le recoller à l'autre, en montrant par là qu'il s'agissait bien d'un membre de la famille alliée. On héritait du *symbolon* que l'on se transmettait à travers les générations [Lassègue, 1997]. La forme, la ligne de rupture du *symbolon*, est limite, signification qui s'oppose à l'informe, à la réalité du monde. Le monde est plein de choses que je peux rencontrer, avec lesquelles je peux rentrer en interaction. On retrouve cette idée dans l'*espace potentiel* qui permet la création et le jeu nécessaires à la constitution du moi [Winnicott, 1971]. De la même manière, chez les artistes, la représentation visuelle est l'opération d'un style qui ne parvient qu'indirectement, qu'obliquement à une signification en négociant les éléments du réel avec la subjectivité de l'artiste.

L'interaction comme forme symbolique est donc l'opération de signification, de production de sens lors de ma rencontre avec les choses. Le produit de cette opération est le symbole qui relie les différents termes de l'interaction, à savoir mon propre système et celui des objets qui m'entourent. Par extension, toute rencontre avec des systèmes symboliques externes comme la culture, l'art, les autres est un acte de création dont le fruit est un symbole. Ainsi, de même que l'invention de la notation musicale a transformé la musique [Auroux, 93], penser l'interaction entre les enfants et les choses comme forme symbolique, c'est tenter de créer un vocabulaire à partir d'une expérience humaine pour ensuite s'exprimer selon ces termes.

Ma deuxième hypothèse épistémologique est la suivante : l'interaction entre le corps humain et son environnement est à la base du processus de *sémiose* (*semiosis*), le mouvement d'attribution du sens. Proche de ma première hypothèse, cette dernière diffère dans son contexte qui est celui de la biosémiotique ou écosémiotique, science descriptive et interdisciplinaire qui étudie le fonctionnement de la communication et de la signification dans les systèmes vivants [Kull, 1999]. Sa démarche essaye d'intégrer les travaux d'un grand nombre de théories sous l'angle écologique, notamment les travaux de Von Uexküll (*umwelt*), Turing (*the chemical basis of morphogenesis*), Gibson (*affordances*), Freud (*étayage*), Piaget (*stade sensori-moteur*), Bruner, Varela (*enaction*) ou encore Hutchins (*cognition in the wild*) ou Smith (*the ecological approach to external memory devices*).

Elle est également proche à mon sens des travaux de Lucy Suchman ou de Paul Dourish à propos de la *situation* et du *corps* dans les rapports homme-machine ou encore des travaux de Charles Lenay ou Paul Bach-y-Rita à propos de l'importance des *contingences sensori-motrices* et les *invariants perceptifs* dans les dispositifs de substitution sensorielle. La biosémiotique s'attache par exemple à l'étude des invariants temporels comme le concept d'objet chez Husserl [Stiegler, 2002] repris par exemple dans le domaine musical par Pierre Schaeffer [Traité des objets musicaux, 1966] ou encore aux analyses de la temporalité musicale de Schopenhauer, Hegel ou Bergson. Cette seconde hypothèse peut se résumer à une phrase : *l'action est constitutive de la perception*. Alan Kay citant Pavese rappelait ainsi que :

« Pour connaître le monde il faut le construire » [Kay, 1972].

Ma troisième hypothèse est que l'interaction machinique est un phénomène de *co-adaptation*. J'étends par la même arbitrairement au domaine de l'interaction les résultats des recherches de Wendy Mackay dans le domaine de la personnalisation des logiciels [Mackay, 1990]. Ces travaux insistent notamment sur le caractère dynamique, transformationnel du processus d'interaction avec un système machinique. La machine change l'homme comme l'homme change la machine. L'interaction ne sera donc jamais vue comme un processus statique mais toujours comme la modification réciproque d'un système sur un autre, l'équilibre apparent du système ne devant jamais cacher la nature toujours changeante du processus.

Enfin, bien que je considère que l'interaction et l'interactivité sont souvent similaires, je n'utiliserai pas ce dernier terme dans mon mémoire. Pour une plus grande analyse de cette ambiguïté terminologique, on pourra se reporter aux travaux du Séminaire Action Critique sur l'Image de Jean-Louis Weissberg.

Depuis le début du vingtième siècle, l'interaction machinique n'a cessé de progresser, en suivant l'évolution fulgurante des possibilités technologiques et intellectuelles. Je propose donc d'étudier de façon chronologique ces différentes adaptations.

## 2.0.1 Jusque dans les années 50

### 2.0.1.1 Les précurseurs

#### Les Automates

Depuis le dix-septième siècle on trouve de nombreux projets impliquant l'homme et la machine. Parmi ceux-ci on peut citer le cas des automates comme les poupées Karakuri Ningyô (« poupées mécaniques ») de l'époque d'Edo (1603-1868). Ces poupées furent fabriquées en grand nombre, leur présentation publique enchantait les foules.



Le plus emblématique d'entre eux est l'automate du char que l'on peut encore admirer lors de fêtes. Juché au sommet d'un char, il accompagne au tambour les musiciens d'un petit orchestre, et exécute des pirouettes et autres numéros d'acrobatie. Un autre karakuri-ningyô majeur est l'automate serveur de thé. Cet automate d'intérieur s'avance jusqu'à l'invité en lui apportant un bol de thé ; puis, une fois le bol bu et reposé sur le plateau qu'il tient entre ses mains, il fait demi-tour et revient à son point de départ.

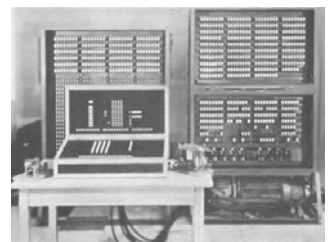
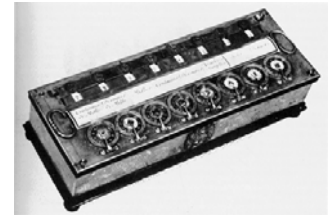
A l'époque les spectateurs s'émerveillaient des ses mouvements *quasi humains*. Des techniques d'horlogerie étaient appliquées à la réalisation de tels automates dont les mouvements étaient transmis par un mécanisme complexe d'engrenages.



Ces machines sont étudiées par les spécialistes de la robotique comme le professeur Yoshikazu Suematsu de l'université des technologies de Nagoya au Japon. En France, il existe également une longue tradition d'automates comme ceux de Vaucanson, de Kintzing ou ceux de Jaquet-Droz qu'on pouvait déjà pro-grammer à l'aide de disques. On peut voir ces automates au musée des Arts et Métiers à Paris.

## Charles BABBAGE

Né en 1791 d'un père banquier, brillant étudiant, il se spécialise en analyse fonctionnelle et sera à 24 ans membre de l'illustre Royal Society. Savant universel, professeur de mathématiques à Cambridge (Angleterre), il s'intéressa à la logique et ce que l'on appelle de nos jours la recherche opérationnelle. Babbage s'aperçoit que les tables de calculs mathématiques comportent beaucoup d'erreurs. Du coup, il essaie de concevoir une machine qui pourrait exécuter le travail sans faire d'erreurs humaines, occasionnées par la fatigue ou l'ennui. Trois facteurs semblent avoir contribué à sa décision de concevoir un tel appareil: son aversion pour le désordre, sa connaissance des tables logarithmiques, et le travail déjà commencé dans ce domaine par Blaise Pascal (avec la "Pascaline") et Gottfried Leibniz (et sa "Multiplicatrice"). Il mit au point un calculateur automatique (analytical engine = machine analytique) à bandes perforées, à l'image des machines à tisser Jacquard, qualifié aujourd'hui de machine virtuelle car d'une telle complexité qu'elle ne put être finalisée du vivant de Babbage eu égard aux limitations des techniques industrielles de son époque. Babbage fit le choix du système décimal et de calculs à 40 décimales intégrant les fonctions élémentaires, ce qui l'obligea à créer des systèmes mécaniques complexes (roues dentées à 10 positions). Il ne finira jamais sa machine, mais ses travaux précurseurs le placent comme l'un des pères des machines électromécaniques modernes comme celles créées dans les années quarante par Konrad Zuse (Z3) ou John Von Neumann et John Presper Eckert (ENIAC).



### 2.0.1.2 L'interactionnisme symbolique

Issu des travaux empiriques des sociologues de l'école de Chicago, ce courant est souvent cité comme l'un des ancêtres de l'ethnométhodologie (avec la phénoménologie sociale [Schutz, 1932] ) ou encore du constructionnisme social [Berger et Luckmann, 1966]. Même si certains font remonter son origine jusqu'à Max Weber, c'est surtout sous l'influence du philosophe américain Georges Mead et de l'un de ses élèves Herbert Blumer qu'elle s'est imposée comme une théorie générale.

Les recherches des interactionnistes insistent souvent sur la subjectivité dans les comportements humains. Pour eux, les humains sont des acteurs pragmatiques construisant leurs rapports avec d'autres humains. En ce sens on peut observer des liens avec les théories de Piaget ou de Papert surtout que l'un de leurs pairs faisait partie de cette école, en l'occurrence Dewey.



Les interactionnistes développent également une vue symbolique de l'humain et de ses interactions sociales : l'interaction détermine les processus sociaux grâce à la négociation symbolique entre les acteurs. Leurs recherches mettent également en avant le concept d'observation participante [Garfinkel, 1967], qui prend le pas sur les méthodes statistiques classiques de la sociométrie.

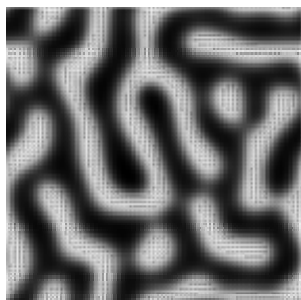
La notion de rôle, de théâtralité a également été étudiée par les interactionnistes [Goffman, 1958]. Enfin, les travaux des pragmaticiens C.S. Peirce, de William James, sont également associés à ce courant puisque ces derniers étaient également professeurs à l'université de Chicago. Depuis les années soixante, on parle également de « cultural turn », une réorientation du symbolique vers le sens, l'intentionnalité, la signification, bref, une précision de l'usage du symbolique par les interactionnistes.



### 2.0.1.3 La machine cybernétique

#### Alan TÜRING

Alan Turing est souvent présenté comme l'un des créateurs du « computer » et de la « computation » [Turing, 1936]. Mathématicien, logicien ou philosophe pour d'autres (une de ses publications est un des papiers les plus cités en sciences humaines [Computer Machinery and Intelligence, 1950] ), Turing a proposé une machine qui sert encore de modèle pour concevoir nos ordinateurs actuels. A la fin de sa vie, il a travaillé sur une théorie mathématique de la morphogenèse en utilisant les premiers ordinateurs ce qui était impossible pour les physiciens, les chimistes ou les biologistes de son temps. Il a par exemple imaginé un système chimique très simple pouvant expliquer la formation d'ensembles comme les tâches et les rayures de la peau des animaux.



Pour lui, le développement des formes, des structures et des fonctions dans les systèmes biologiques est directement lié aux principes qui gouvernent le mouvement et l'interaction des atomes et des molécules. Par conséquent, les mécanismes conduisant à la morphogenèse pourraient être la diffusion et les réactions chimiques. De la morphogenèse à la sémiogenèse il y a un monde que Turing aurait certainement voulu explorer avec un computer. Ses travaux évoluent depuis une conception formelle vers une perspective interactionniste, dans un contexte de glissement vers des enjeux dans le domaine du sens, de la signification. En ce sens on pourrait presque penser que les travaux de Turing suivent l'évolution de la notion de symbole au vingtième siècle.

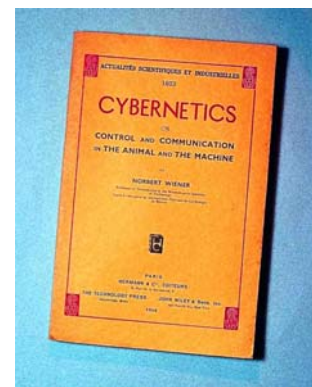
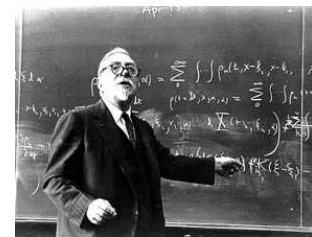


Enfin, on peut considérer que Turing est la première personne ayant eu la possibilité d'effectuer un raisonnement par *simulation informatique*. Celle-ci constitue une expérimentation à mi-chemin du niveau mathématique et du niveau physique : les contraintes rencontrées ne sont pas celles de l'espace-temps de la physique mais, en soumettant au temps spécifique du déroulement de la simulation informatique certains cas particuliers du modèle mathématique mis en place, on découvre cependant des traits caractéristiques qui ne sont pas sans pertinence par rapport aux phénomènes biologiques étudiés. La restriction du modèle mathématique aux cas pour lesquels la simulation informatique est possible apparaît alors comme une interprétation de la réalité, mais comme une interprétation méthodiquement réglée [Lassègue, 1998]. La simulation pour les enfants devra attendre quelques années supplémentaires avec les travaux de Papert, Solomon, Kay et Goldberg.

### Norbert WIENER

Né en 1894 d'un père professeur de langues, il a étudié la zoologie à Harvard, puis la philosophie à Cornell pour finalement passer une thèse en logique à Harvard en 1912; il avait donc 18 ans à ce moment là. Il part ensuite étudier les mathématiques à Cambridge sous la direction de Russel et Hardy. Ses travaux pendant la seconde guerre mondiale l'ont amené à formuler sa propre théorie de la communication qu'il appelle *cybernétique* du grec kubernân, qui signifie entre autre diriger un navire.

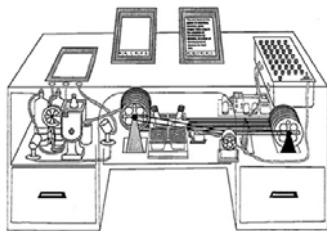
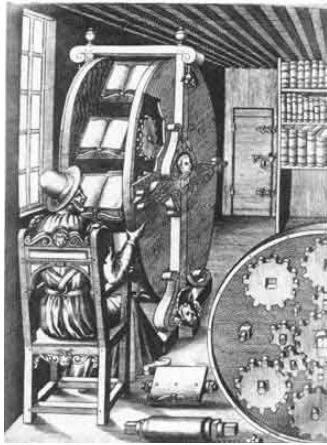
La cybernétique se définit comme la science des systèmes, un système étant lui-même défini comme un ensemble d'éléments en interaction, dont le tout comporte des propriétés dont sont dénuées ses parties prises séparément. Les interactions entre les éléments peuvent consister en des échanges de matière, d'énergie, ou



d'information. Dans la pratique, le champ que se proposait la cybernétique était bien trop étendu pour rentrer dans le cadre d'une seule discipline. Elle se sépara donc en plusieurs domaines dont en particulier l'automatique, ou théorie des asservissements optimaux, la théorie des systèmes ou systémique, où on étudie l'émergence de comportements de systèmes indépendamment du détail de leurs composants ou plus récemment les sciences de la complexité.

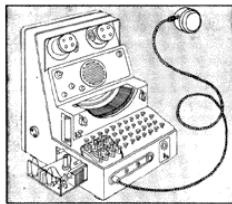
### Vannevar BUSH

A la fin de la seconde guerre mondiale, Bush est le directeur de l'Office of Scientific Research and Development des Etats-Unis. Il a entre autre dirigé plus de six mille scientifiques dont ceux du projet Manhattan qui a développé la bombe atomique [Klaphaak in Muller-Prove, 2002]. En 1945, il fait paraître un article dans le journal *The Atlantic Monthly* intitulé « as we may think » suivi quelques mois plus tard d'une réimpression de cet article dans le magazine *Life* accompagné cette fois-ci de nombreuses illustrations.



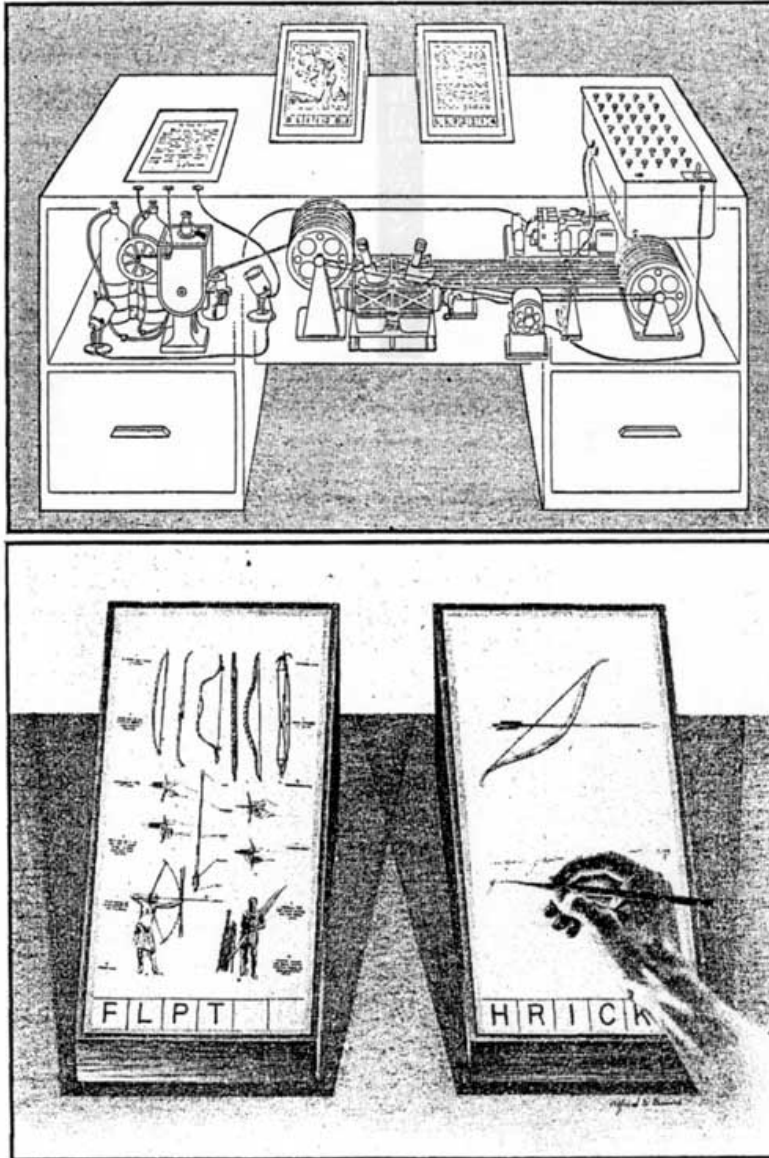
### Memex

Dans cet article, Bush décrit sa vision d'une machine hypothétique qui assisterait les scientifiques dans leurs activités journalières. Une sorte d'extension mécanique de leurs compétences mnésiques, il appelle ce dispositif *memex* pour « memory extension ». Ce dispositif permet d'accéder à de nombreux documents, les annoter et partager ces annotations et ces choix de recherches entre tous les chercheurs. Le memex est une sorte de poste de lecture électromécanique dans la lignée des machines à lire du Moyen-Âge [Cubaud, 2004] ou des arts de la mémoire [Rombech, 1520]. La pratique de ce dispositif produit ce que Bush appelle « associative indexing », une sorte d'inscription symbolique partageable entre les différents chercheurs. Pour ces raisons, de nombreux chercheurs considèrent le memex comme un des premiers dispositifs *hypertexte* et *hypermédia* [Nielsen, 1995].



Superscretary of the coming age, the machine contemplated here would take dictation, type it automatically and even talk back if the author wanted to review what he had just said. It is somewhat similar to the Voder seen at the New York World's Fair. Like all machines suggested by the diagrams in this article, it is not yet in existence (*LIFE* 19(11), p. 114).

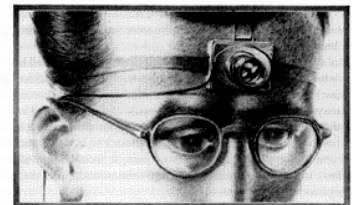




Un deuxième point soulevé par l'article de Life concerne l'utilisation de caméras vidéo miniatures positionnées sur le front des chercheurs qui leur permettent de filmer toutes leurs recherches en permanence pour constituer des fonds d'archives continus, des sortes de manuscrits vidéo. Des chercheurs américains comme Gordon Bell, Steve Mann ou Jef Raskin, ou encore des fabricants de matériel comme Eyetap, Micro-optical ou Microvision se sont directement inspirés des idées novatrices

208

Vanover Bush



A scientist of the future records experiments with a tiny camera fitted with universal-focus lens. The small square in the eyeglass at the left sights the object (LIFE 19(11), p. 112).



de Bush. Sa position privilégiée lui a permis de synthétiser différents aspects de la discipline naissante du « computing », un peu comme Turing ou Kay par la suite qui par leur situation eurent un point de vue unique sur l'ensemble du système. Leur créativité était donc très dépendante de leur environnement, de leur milieu qu'ils ont contribué à co-adapter. Cette prise de distance créative évoque le mouvement hypostatique décrit par les philosophes : « Toujours s'envoler vers cette zone libre qui surplombe dans sa totalité le problème, même si cette vision n'est pas encore nette » [Wittgenstein, 1914 in Card, 1999].

#### 2.0.1.4 La clinique interactionnelle

Le Medical Research Institute (MRI) créé en 1958 par Don Jackson sous les auspices de la Palo Alto Medical Research Association (PAMRF). Comme indiqué sur leur site Internet, la liste des personnes associées au MRI constitue « un véritable who's who » des thérapeutes familiaux comme John Weakland, Jay Haley, Virginia Satir, Paul Watzlawick, Antonio Ferreira, Richard Fisch, Janet Bevin Bavelas, Art Bodin, Lynn Hoffman, et Lynn Segal.

# MRI

A BEHAVIORAL AND SOCIAL SCIENCE RESEARCH AND TRAINING INSTITUTE FOCUSING ON THE INTERACTIONAL VIEW OF THE INDIVIDUAL, THE FAMILY, AND THE COMMUNITY

Leurs travaux consistaient en l'étude des séquences (patterns) d'interaction, des pathologies et des paradoxes [Pragmatics of human communication, 1967]. Pour eux en effet, il est impossible de ne pas communiquer, tout comportement est communication. Ils scindent la communication en unités distinctes comme le message, l'interaction et le pattern. De même que Norbert Wiener ou Heinz von Foerster avec la cybernétique, les chercheurs du MRI et de la PAMRF dont faisait également partie Bateson, essayent de créer leur propre théorie de la communication, dans un cadre théorico-clinique cette fois-ci.

La thérapeutique du MRI se veut orientée vers l'actuel et non vers le potentiel comme dans la cure analytique par exemple. Elle incorpore les concepts de la communication humaine, de la thérapie interactionnelle (familiale, maritale), ainsi que les effets thérapeutiques et pathogènes des paradoxes comme l'hypothèse du « double-bind » ou double contrainte formulée par Bateson. Celle-ci est une expérience répétée où une injonction négative primaire associée à une menace de punition se trouve contredite à un niveau plus abstrait par une injonction secondaire renforcée par la punition

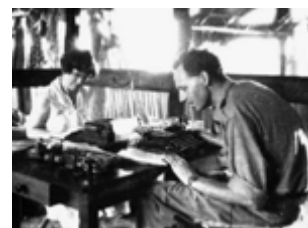
ou même une menace de survie. Enfin, une injonction négative tertiaire interdit à la victime d'échapper à la situation. Fondamentalement, la double contrainte est "une situation où l'autre émet deux genres de messages dont l'un contredit l'autre". Dans une situation pathogène, "l'enfant est puni parce qu'il interprète correctement ce que sa mère exprime, et il est également puni parce qu'il l'interprète mal". La "faiblesse de l'ego " communément attribuée aux schizophrènes est comprise par Bateson "comme un trouble de la capacité d'identifier et d'interpréter cette classe de signaux qui nous indique à quelle sorte de message appartient le message que nous recevons". Dans le cas évoqué, l'enfant est puni précisément parce qu'il appréhende correctement le contexte de son propre message. La double contrainte se caractérise donc par "un stade où plus personne ne peut se permettre de recevoir ou d'émettre des messages métacommunicatifs, sans qu'ils soient déformés".

### Gregory BATESON

La carte n'est pas le territoire.

Le parcours de Gregory Bateson (1904-1980) a été d'une diversité exemplaire : biologie, anthropologie, psychiatrie, théorie du jeu, évolution, communication chez les mammifères, systèmes et paradoxes logiques, épistémologie, pathologie des relations (alcoolisme, schizophrénie), théorie de l'apprentissage, examen critique de la science. Ce trajet vertigineux masque cependant l'unité d'une recherche, qui s'est exprimée à travers des domaines différents. Partout Bateson introduit les notions de la cybernétique et de la philosophie analytique, la théorie des systèmes et la théorie des types logiques. Ces niveaux de généralisation permettent d'avancer à travers les paradoxes : l'hypothèse du double bind, figure qui se trouverait aux racines mêmes de la schizophrénie, s'est montrée extrêmement productive.

La description des faits ethnographiques illustre également l'exercice formel du symbole par Bateson. Il montre que des outils conceptuels tels que l'eidos (le tableau des processus cognitifs d'une culture) et l'ethos (les valorisations émotionnelles d'une culture), doivent être recherchés moins dans l'inconscient que dans l'apprentissage. En dehors de ces facteurs de stabilité, il en est d'autres qui impliquent le changement: ce sont des processus de différenciation appelés *schismogénèses*. Bateson repère donc lors de son analyse des interactions sociales et symboliques, des invariants, ainsi que des processus de différenciation.

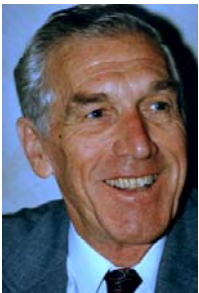


## Paul WATZLAWICK

La solution constitue le problème.



Membre éminent du MRI, il est spécialiste de l'interaction thérapeutique. Fasciné par la psychologie Jungienne puis par les théories de Bateson, il développe une clinique fondée sur des éléments comme l'injonction, l'alternative illusoire et les théories Gestalt. Il a ensuite tenté dans plusieurs ouvrages de porter ses résultats individuels vers le champ social en tentant un *constructivisme cybernétique*. On peut retenir de ses travaux plusieurs points dont l'importance qu'il accorde aux différents niveaux de communication entre les hommes et essayer de comprendre comment ceux-ci (métacommunication, contexte, injonction, suggestion, préemption) sont traités lors de la médiation technique des communications entre les humains.



Watzlawick a montré que le dialogue seul ne suffit pas à décrire la communication, il faut en effet lui adjoindre tous les éléments connexes à celui-ci, qui expriment leur style par leur absence.

« Il semble donc exister une règle tacite de la communication, qui stipule que tout ce qui n'est pas dit expressément ne peut être considéré comme réellement dit ; mais, néanmoins, se transmet d'une façon ou d'une autre, avec une force singulière. Tout mot d'esprit est, bien entendu, soumis à la même règle. Il rate son effet s'il faut l'expliquer, c'est-à-dire le traduire ».

Dans le cadre de l'interaction avec des machines, de nombreux travaux essaient de re-construire le contexte méta-communicatif en permettant notamment l'expression avec tout le corps (multi-modalité). Certains signes visuels comme les smileys dans les logiciels de messagerie essaient également de proposer un autre niveau de communication en plus du langage verbal, cependant, leur nombre restreint et la relative difficulté pour les utilisateurs de créer rapidement leur propres re-présentations virtuelles confinent ces signes à un usage formaté, là où au contraire, l'originalité du contexte est essentielle à la communication.

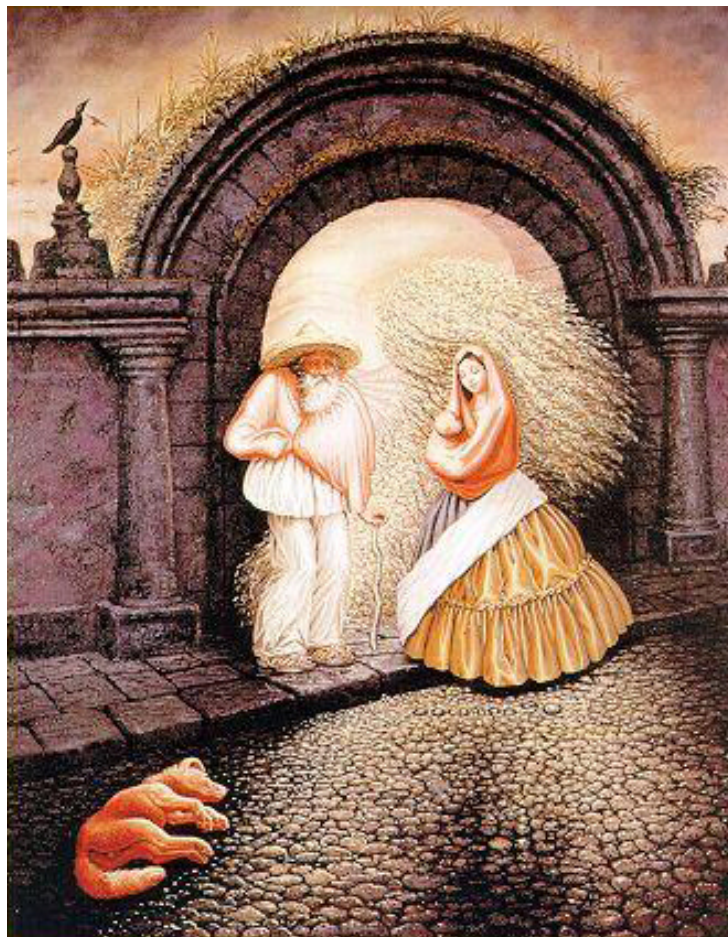


### 2.0.1.5 Gestalt et théorie du champs

#### Koffka, Wertheimer et Köhler

Un des principes de la gestalt implique qu'une réaction est provoquée aussitôt qu'une perception se produit car les deux appartiennent à une seule configuration donnée, cet ensemble formant une figure, une configuration nommée *gestalten*. Par exemple, la vue d'un piano et le fait de taper sur les touches appartient à un même *pattern*; de sorte que la perception provoque immédiatement la réaction. Le fait de passer près d'une sonnette donne à l'enfant le désir de sonner. Il y a un rapport structural immédiat entre la perception d'un pattern donné et une action qui lui est appropriée.

La théorie Gestalt a également produit de nombreux travaux descriptifs dans le domaine visuel, notamment pour isoler les différents éléments des représentations sous un regard « total », en précisant par exemple l'importance des accords chromatiques ou des contrastes comme dans l'exemple célèbre de la tache grise qui selon la nuance du contexte est perçue comme foncée ou claire. Certains travaux de Köhler ont également concerné le son et notamment la phonesthésie [Levin, 2004].







De nombreux chercheurs en interaction homme-machine utilisent certains concepts Gestalt ou similaires. Ehud Sharlin rappelle par exemple [Sharlin, Watson, Kitamura, 2003] que « To primitive man each thing says what it is and what he ought to do with it: a fruit says, 'Eat me'; water says, 'Drink me'; thunder says, 'Fear me'... [Koffka, 1935] » et rapproche ensuite ces constatations de ce que James J. Gibson appelait « affordance », lien (mapping) spatial naturel entre l'homme et la chose [Gibson, 1977]. On pourrait également penser au concept d'*instinct* évoqué dans la théorie récapitulative du jeu [Hall, 1906]. Pour les adeptes de cette théorie, l'enfant actualise (enacts) les différentes étapes de l'évolution animale (sauvage, nomade, agraire, tribale).

### **Kurt LEWIN**

#### **Théorie du champs (field theory)**

Le comportement d'un individu dépend de la situation totale dans laquelle il se trouve. Par analogie avec la physique, cette situation psychologique totale peut être considérée comme un champ de forces. L'interaction entre un enfant et son environnement, son intérêt pouvant être décrit en terme de vecteur, d'attraction et de « valence » positive ou négative. Par exemple, on peut ainsi tenter de mesurer l'attraction qu'exercent les jouets sur un enfant, certains ayant une valence positive et d'autres une valence négative, exerçant alors un rejet de sa part. Il est possible de découvrir l'effet que des obstacles peuvent avoir sur son comportement, en bloquant littéralement le chemin de l'enfant vers un jouet attrayant. Ce genre d'interventions perturbatrices lors de l'interaction de l'enfant avec son milieu pourraient de nos jours être exploitées de manière systématique avec les jeux vidéos ou plus simplement les interfaces graphiques des ordinateurs actuels. On pourrait par exemple perturber à dessein le déplacement de la souris ou bien la position des icônes à l'écran pour évaluer l'attraction. Ceci rejoint les recherches effectuées par les spécialistes de la loi de Fitts [Guiard, Beaudouin-Lafon, 2004] [Zhai, 2003], bien que cette dernière concerne le pointage stricto sensu et non sa perturbation.

Les théories de la gestalt et du champ ne sont généralement pas admises aujourd'hui comme représentant des modèles satisfaisants, quoique les expériences de l'école de la Gestalt aient contribué à révolutionner les théories de la perception et de la pensée. Le fait de traduire des problèmes psychologiques en problèmes de forces et de directions de divers sous-groupes en un champ graphique, a fourni certaines expériences intéressantes.

## 2.0.2 Les années 60

### 2.0.2.1 L'oeuvre ouverte

Depuis Lev Sergeivitch Termen dans les années vingt et son célèbre appareil pour faire de la musique en déplaçant ses mains au dessus d'un courant électromagnétique appelé Theremin, les artistes ont toujours entretenu un rapport étroit avec les machines électriques, certains relatant même leurs expériences de jeunesse avec celles-ci comme fondatrices de leur engagement artistique. Comme avec toutes les révolutions techniques, certains ingénieurs possédaient également des compétences et des motivations artistiques, l'exemple classique étant Léonard de Vinci [Valéry, 1894]. D'une manière plus arbitraire, on pourrait également rapprocher les traits obsessionnels de certains scientifiques avec les névroses de certains artistes, procédés différents mais intention commune : utiliser sa richesse pulsionnelle pour créer.



La seconde guerre mondiale a révélé la complexité du monde et les théoriciens de la cybernétique ont tenté de la formaliser, d'en décrire certains mécanismes. Mêlant ces constatations à leurs recherches personnelles, certains artistes de l'après-guerre ont utilisé les premières machines électromécaniques pour s'exprimer avec des sons, des images voire avec toutes les modalités perceptives comme le Sensorama [Heilig, 1956]. Très souvent, des artistes et des techniciens construisaient eux-mêmes leurs machines plutôt que d'utiliser du matériel existant trop onéreux. Aujourd'hui encore avec les technologies de capteurs sans-fil, les artistes fabriquent eux-mêmes leur matériel en détournant les composants électroniques d'objets de grande consommation.

Introducing . . .

# sensorama

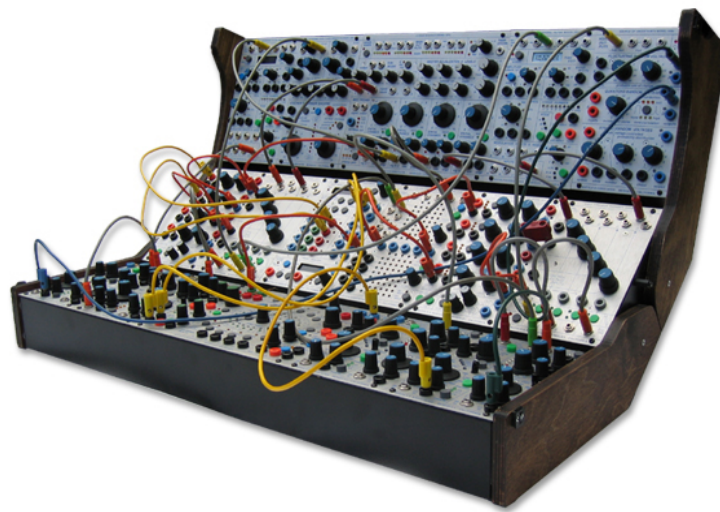
The Revolutionary Motion Picture System that takes you into another world with

- 3-D
- WIDE VISION
- MOTION
- COLOR
- STEREO-SOUND
- AROMAS
- WIND
- VIBRATIONS

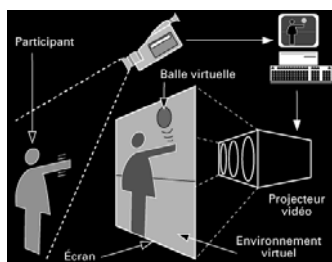
○ PATENTED

SENSORAMA, INC., 855 GALLOWAY ST., PACIFIC PALISADES, CALIF. 90272  
TEL. (213) 459-2162

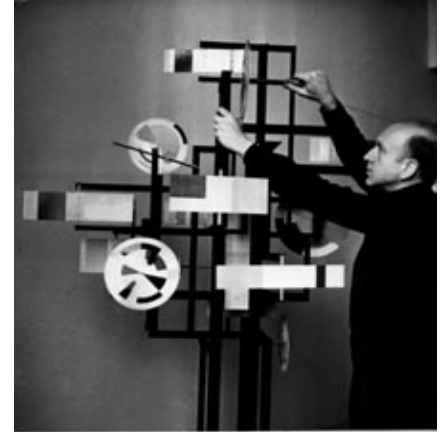
A titre d'exemple on peut citer les expériences pionnières de Thomas Wilfred qui a notamment construit dès 1920 des machines permettant de s'exprimer avec des couleurs comme le Clavilux [Levin, 2000]. Dans le domaine du son des personnes comme Max Matthews, Bill Verplank, Don Buchla, Robert Moog ou encore Daniel Arfib, Jacques Dudon et Jean-Claude Risset, ainsi que les travaux de l'IRCAM ont participé à l'élaboration des premiers synthétiseurs électroniques, instruments qui permettaient de s'exprimer de manière acoustique avec un signal électrique.



Le groupe EAT (experiments in art and technology) fondé en 1966 à New-York regroupait des ingénieurs comme Kluver, Waldhauer (Bell Labs) et des artistes comme Cage, Paik, Rauschenberg ou Wahrol. Parmi leurs réalisations on peut citer notamment Variations de John Cage, environnement sonore dans lequel les spectateurs sont en interaction avec une trentaine de capteurs de lumières qui permettent d'entendre les sons issus de micros branchés sur différents appareils électriques comme un mixeur, un ventilateur, un toaster, 20 stations de radio et deux compteurs Geiger ! Les recherches de Myron Krueger dans le domaine de l'interaction multi-modale ont exploité très tôt les possibilités de mélange (Keying) de l'image vidéo avec les possibilités de la machine [Videoplace, 1974].



Toujours dans la veine de l'interaction et de l'art cybernétique, on peut également penser aux nombreuses réalisations monumentales de Nicolas Schöffer, dont l'oeuvre méconnue en France a été soutenue par Philips dès les années cinquante. Il a construit de nombreuses machines avec lesquelles le public pouvait interagir comme par exemple CYSP 1 (1956), sculpture autonome dotée de capteurs, qui réagissait à la lumière et au son par des déplacements et par des mouvements de formes colorées.



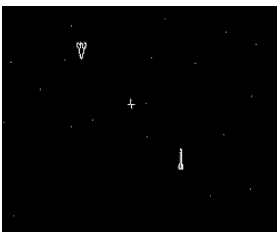
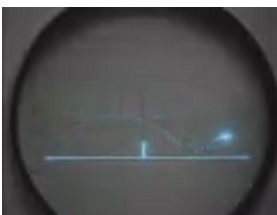
De nos jours, de nombreux artistes s'inscrivent dans la veine de ces pionniers comme par exemple Jean-Noël Montagné ou les performances musicales du trio Sensor Sonic Sight de Cécile Babiolo, Atau Tanaka (artiste et chercheur au Sony Computer Lab de Paris) et Laurent Dailleau. Des artistes/ingénieurs américains comme Scott Snibbe, Golan Levin ou encore australiens comme le trio Hypersense Complex revendiquent également cette filiation.



D'une manière générale, tous les musiciens qui utilisent des machines pour composer et s'exprimer sont intimement liés aux formalismes développés par les ingénieurs/artistes de l'après-guerre, certains groupes de musique en conservent même une esthétique particulière comme Kraftwerk par exemple. Ce groupe de musique allemand créé par Florian Schneider et Ralf Hütter a en effet toujours proposé des thèmes visuels liés aux technologies et à la robotique.







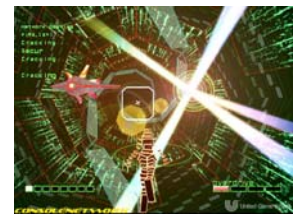
### 2.0.2.2 Le jeu vidéo

Le jeu vidéo est un dispositif d'interaction avec le phénomène électrique transformé en lumière comme l'orgue visuel de Bainbridge Bishop qui lui même trouve ses racines dans le clavecin oculaire du père jésuite Louis-Bertrand Castel construit en 1734 [Levin, 2000]. Plus près de nous, le HomeClavilux [Wilfred, 1930] est peut-être un des premiers jeux vidéos (jeux visuo-électriques) même si dans la littérature, on se réfère le plus souvent au jeu « Tennis for Two » créé en 1958 sur un PDP-1 par Willy Higginbotham au Brookhaven National Laboratory. En 1960, fut créé Spacewar au Mit, un jeu de tir intergalactique, puis Pong en 1961. De plus, le jeu ne serait rien sans le son qui peut selon les cas créer une ambiance, être un élément narratif, voire les deux comme dans le jeu Rez où le son est synthétisé en fonction du gameplay.

Dans les années quatre-vingt, le jeu vidéo a connu une bulle financière et marketing sans précédent, comparable à celle de la « nouvelle économie » de la fin des années quatre-vingt dix. Cette période de développement et de fusion sans précédent a permis au jeu vidéo de devenir un média de masse, amenant l'interaction avec la machine dans les foyers. Le grand public est passé de l'interaction simple (télévision, appareils domestiques) à celle beaucoup plus sophistiquée des jeux vidéos qui dès leur apparition ont toujours été un laboratoire de l'interaction homme-machine, un des meilleurs exemple étant par exemple le concept de « Pie-menu » ou menu en étoile développé par Don Hopkins chez Maxis (l'entreprise de Will Wright qui a créé entre autres les jeux de simulation comme SimCity ou The Sims).



Le jeu vidéo est également aux frontières de l'art cybernétique, ainsi pour Tetsuya Mizuguchi : « While one person is playing Rez, the others can watch the visuals and listen to the music ». Le dispositif de jeu pensé par son créateur n'est pas limité à l'interface, au contraire, c'est l'ensemble de l'expérience ludique, de l'interaction entre le joueur et la machine qui constitue le terrain narratif. Mizuguchi a déclaré avoir été inspiré par les travaux d'avant-garde de Vassily Kandinsky à propos de sa synesthésie. De nos jours, les théoriciens du jeu vidéo comme Stéphane Natkin, Espen Aarseth, Henry Jenkins, Jasper Juul ou Gonzalo Frasca n'hésitent pas à comparer le jeu vidéo aux autres arts, en revenant souvent à la définition populaire du septième art par Seldes [The seven lively arts, 1924].

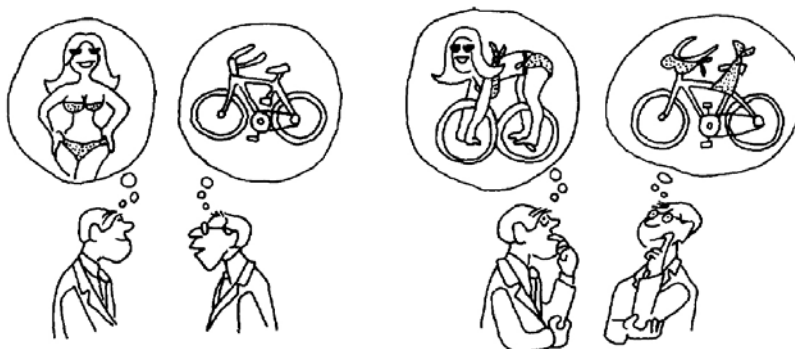
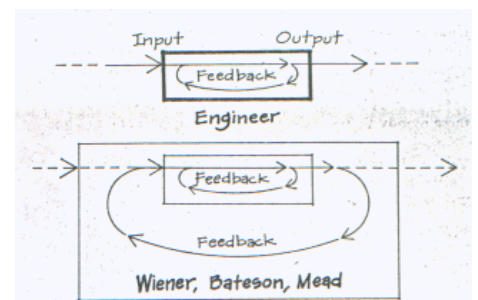


### 2.0.2.3 La symbiose homme-machine

A la suite de ses travaux novateurs au sein de l'entreprise BBN (Bolt, Beranek, Newman) à la fin des années cinquante, le directeur de l'Arpa (advanced research project agency – agence de financement militaire) nomma James Licklider à la tête d'un petit groupe de recherche. Dans la lignée visionnaire de Vannevar Bush, James Licklider a favorisé le développement des premiers systèmes en temps partagé (« time sharing ») et par son point de vue unique sur certains projets de l'époque, a annoncé un certain nombre de systèmes mécaniques que l'on utilise encore de nos jours. « Dr Lick » a également permis à l'informatique (« computer science ») d'être reconnue comme une discipline à part entière. C'est sur la base de ses recherches que les universités de Berkeley, CMU, MIT et Stanford ont pu établir leurs programmes universitaires en informatique dès 1965 [Taylor, 1990].

Licklider s'oppose très tôt à l'idée de systèmes informatiques déshumanisants (« humanly extended machines ») comme ceux de J.D North [Mechanically extended man, 1954]. Au contraire, il prend l'exemple de la relation symbiotique entre le figuier et le *blastophaga grossorum* pour étayer son idée de « man-machine symbiosis ». Il parle de couplage étroit entre les cerveaux humains et les machines computationnelles, mais relativise les délais d'apparition de machines douées de raisonnement: entre dix et cinq cent ans !

Pour lui en effet, le défi qui l'inspire le plus est de concevoir des dispositifs d'interaction mécanique facilitant la pensée formelle en temps réel (« formulative and real-time thinking »), la cognition augmentée par l'ordinateur comme dans un de ses projets (MAC pour machine aided cognition dirigé par Robert Fano et Fernando Corbato). Comme Engelbart un peu plus tard, Licklider se prend lui même comme sujet d'étude, notamment dans le cadre de sa pratique de chercheur [Licklider, 1960]. Cette description de ses propres pratiques est d'intention « auto-épistémologique », peut-être issue d'un rapprochement entre le courant épistémologique de l'époque et du concept de référence-circulaire développé par la cybernétique.

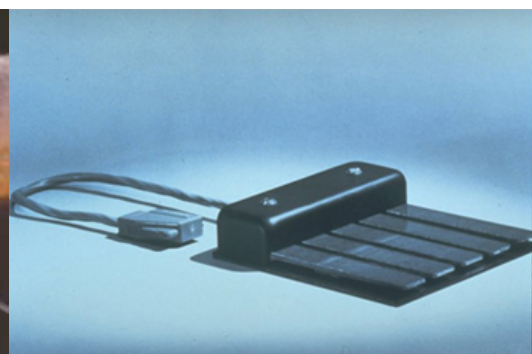
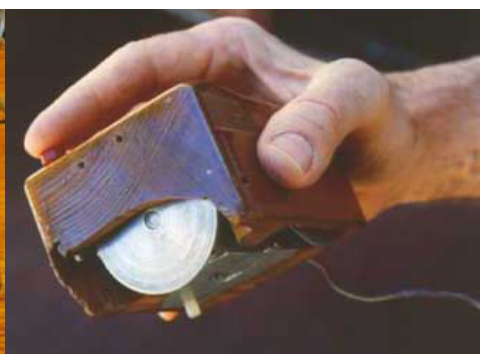




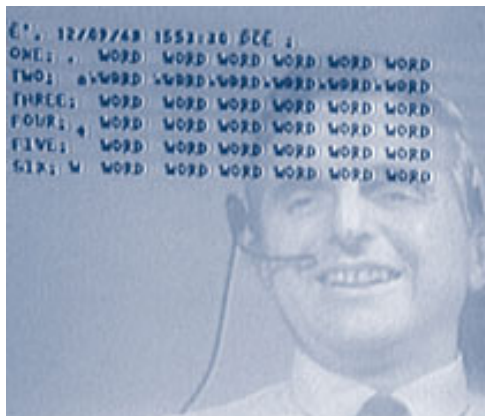
Dans un article co-écrit avec Robert Taylor pour la revue *Science and Technology*, Licklider exprime certaines visions à propos des machines et de la communication [The computer as a communication device, 1968]. Comme Bush dans *Life* quinze ans auparavant, il accompagne son propos d'illustrations composées par Roland Wilson. Il parle de la notion de communautés et de travail coopératif à distance, fondant en cela les prémisses des *communautés virtuelles* [Rheingold, 1987] ou des recherches dans le domaine des *CSCW* (Computer Supported Cooperative Work). Il parle également de l'acronyme OLIVER issu des travaux d'Oliver Selfridge qui créa ce que l'on appellerait maintenant un *agent*. Enfin, Licklider développe le concept d'*interplay* qu'il définit comme l'interaction créative. Ce concept témoigne comme chez Bush et celui d'«associative processing» d'une certaine visée optimiste de la technologie, qu'on pourrait presque qualifier de constructiviste ou constructionniste bien que ce dernier concept était encore naissant à cette époque.



Parmi les premiers chercheurs qui ont réalisé les fantasmes machiniques de Bush et Licklider on peut citer notamment Douglas Engelbart. Grâce à un financement de l'Arpa (IPTO) il crée son laboratoire de recherche dénommé ARC (Augmentation Research Center) au sein du SRI (Stanford Research Institute) au début des années soixante, qui établit les fondations du futur Xerox PARC [Bardini, 2001]. On doit à Engelbart ce que l'on appellera plus tard « le paradigme WIMP » pour Windows, Icon, Mouse, Pointer. C'est dans son laboratoire qu'ont été créées les premières souris à un ou plusieurs boutons, les premiers claviers numériques ou électromécanique comme son célèbre pad à 5 lames de métal et aussi l'utilisation des écrans pour visualiser des données informatiques. A l'époque en effet, les écrans n'étaient utilisés que pour les systèmes radar et on ne pouvait interagir avec eux qu'au moyen d'un stylo optique comme dans le système militaire Sage [Mahoney, 2000].



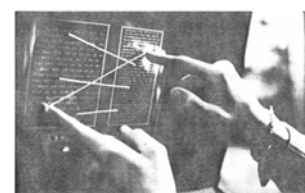
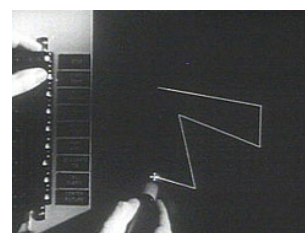




Comme Licklider, Engelbart développe également une méthode centrée sur sa pratique de chercheur qu'il nomme le « bootstrapping » ou amorçage qui

est une technique de diffusion de l'innovation centrée sur son concepteur qui auto-évalue sa pratique individuellement grâce à son « computer » qu'il définit comme un ISMS ou « individual symbolic manipulation system » [Engelbart, 1962]. Ensuite après un processus de révision collaborative, s'effectue un transfert technologique à l'ensemble des chercheurs du laboratoire voire à l'ensemble de la communauté scientifique comme dans le cas du NLS (« oN Line System »). Ce système a en effet été le premier connecté au réseau Arpanet considéré comme l'ancêtre d'Internet. Le bootstrapping et les dispositifs d'interaction novateurs d'Engelbart le mènent à forger sa théorie sur l'augmentation du couple homme-machine. Pour lui, l'interaction machinique est un phénomène de coévolution [Engelbart, 2000] La psychosociologie de l'innovation technique s'est beaucoup intéressée à ce phénomène également appelé co-adaptation [Mackay, 1990].

L'interaction s'est progressivement imposée sur les autres modes de relation avec la machine comme le dialogue homme-machine à l'époque des « batch computer » (ordinateur à traitement par lots). Dans cette lignée de l'interaction avec des dispositifs physiques on peut citer les travaux très en avance de Ivan Sutherland au Mit, des dispositifs de la firme BBN ou encore des travaux d'Alan Kay que nous détaillerons plus loin dans ce mémoire. Dans le domaine symbolique, l'associative indexing de Bush a donné naissance à l'hypertexte [Nelson, 1965] qui prendra tout son essor avec le réseau Internet et les dispositifs d'*intelligence collective* [Levy, 1990]. Pour plus d'information sur ces thèmes, le lecteur pourra se reporter aux travaux nombreux de l'université d'Ottawa, celle de Paris VIII et de la MSH Paris Nord.



## 2.0.3 Les années 70

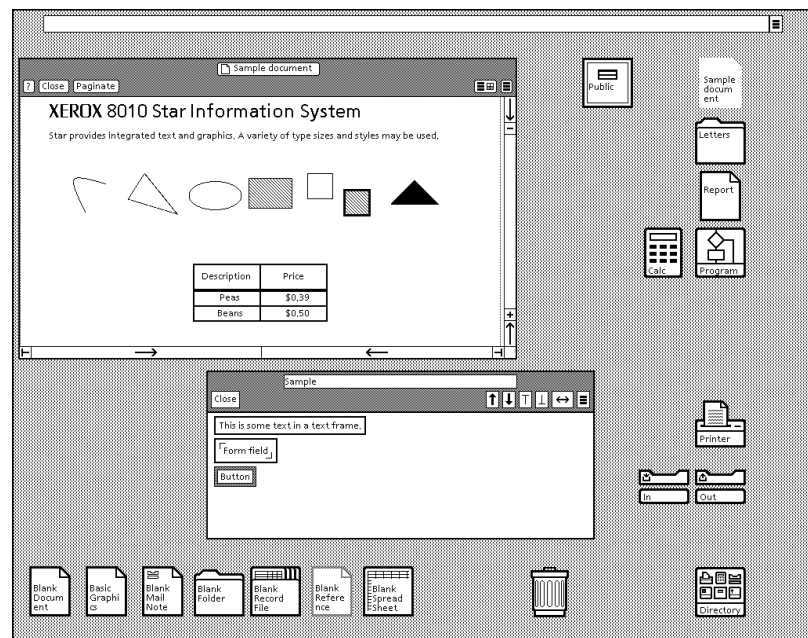
### 2.0.3.1 La machine personnelle

La démocratisation de l'interaction homme-machine commence dans les années soixante-dix avec l'arrivée des premiers projets de machine légère, adaptée au marché de masse et non plus réservée aux chercheurs et aux entreprises. Ces machines de taille réduite, possèdent un écran et des périphériques issus des recherches dans les laboratoires cités précédemment. Citée dans la littérature





comme une des premières machines de ce type, l'Alto de Xerox aurait été créée sur une idée d'Alan Kay (le Dynabook appelé aussi Personal Dynamic Medium) par deux ingénieurs du Parc en 1971 (Chuck Thacker et Butler Lampson). Les spécifications originales de ce dispositif étaient les suivantes : Plusieurs mégaoctets de mémoire, coûte quelques dollars/Mo, pèse quelques kilos, consomme peu d'électricité, possède une grande résolution, est lisible en lumière du jour et est capable de représenter les plus importants segments du savoir mondial ! En 1981, Xerox présentera le Star, évolution définitive de l'Alto avec son système graphique que reprendra ensuite Apple en 1984 avec le Macintosh.

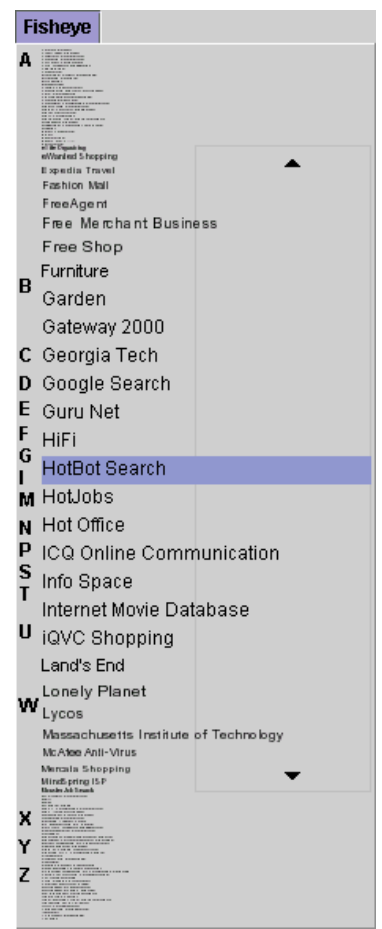
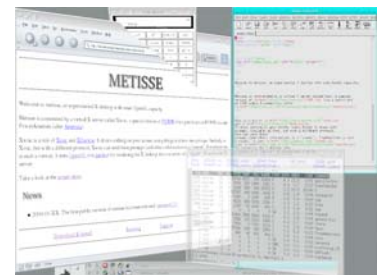
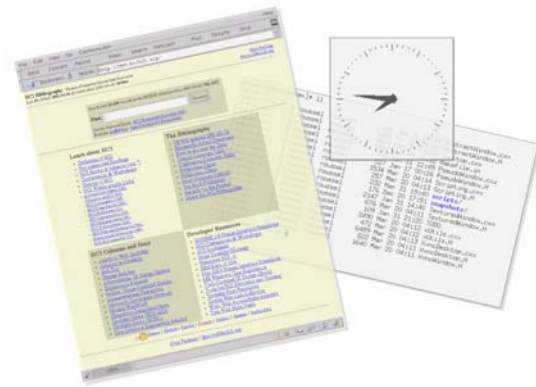


Parallèlement à ces avancées industrielles, de nombreuses revues d'électroniques proposent dès le milieu des années 70 de fabriquer soi-même son ordinateur. A l'époque en effet, un informaticien pouvait fabriquer lui-même son ordinateur [Kay, 2004]. Aujourd'hui, une carte d'accélération graphique est plus puissante qu'un supercalculateur de l'époque. Nous ne pouvons désormais appréhender le système que par une de ses extrémités, nous avons perdu la capacité à le *déconstruire*. L'interaction s'oppose ainsi à l'interface puisqu'elle est « bottom-up », itérative, incrémentale. Elle nous aide à construire peu à peu une représentation interne du dispositif, de son état. Au contraire, l'interface est « top down », elle nous propose un formalisme parfois complexe que l'on doit s'approprier, assimiler, pour utiliser la machine.

### 2.0.3.2 L'interface graphique

Les premières interfaces graphiques ont été développées par Engelbart et Sutherland, même si conceptuellement elles existaient depuis le début du siècle et l'apparition des premiers écrans à luminophores. Les premiers dispositifs de télégraphie électrique comme ceux d'Arthur Korn ou de Paul Nipkow, les machines à couleur de Wilfred, ou encore les écrans radars sont des proto-types de l'interface utilisateur graphique (GUI pour Graphical User Interface). Le principe de ces interfaces réside dans le *couplage* entre un déplacement moteur (celui de la main en général) et un déplacement à l'écran (celui du curseur). Les données sont représentées par une métaphore visuelle appelée *icône*. D'une manière générale, l'interface graphique permet une *manipulation directe* des données informatisées [Shneidermann, 1983]. En France, les pionniers de l'interface graphique se sont réunis au début des années quatre-vingt pour former une discipline nouvelle : l'IHM, l'interaction homme-machine.

Les recherches en IHM ont particulièrement concerné les systèmes appelés WIMP (Windows, Icon, Mouse, Pointer). Les techniques de pointage sémantique [Blanch, 2004] permettent par exemple de découpler l'espace moteur de l'espace visuel pour une meilleure précision et une plus grande rapidité. Les recherches actuelles concernent également l'utilisation de la troisième dimension dans les interfaces utilisateurs comme les projets Metisse et Ametista développés à l'Inria [Chapuis, Roussel, 2004]. Devant la production croissante de données de plus en plus volumineuses, les interfaces graphiques doivent également permettre de gérer des *masses de données*. De nombreux projets de recherches explorent ainsi des techniques pour visualiser, trier, manipuler des millions de fichiers de données comme de la musique, des photos numériques, ou des vidéos personnelles.



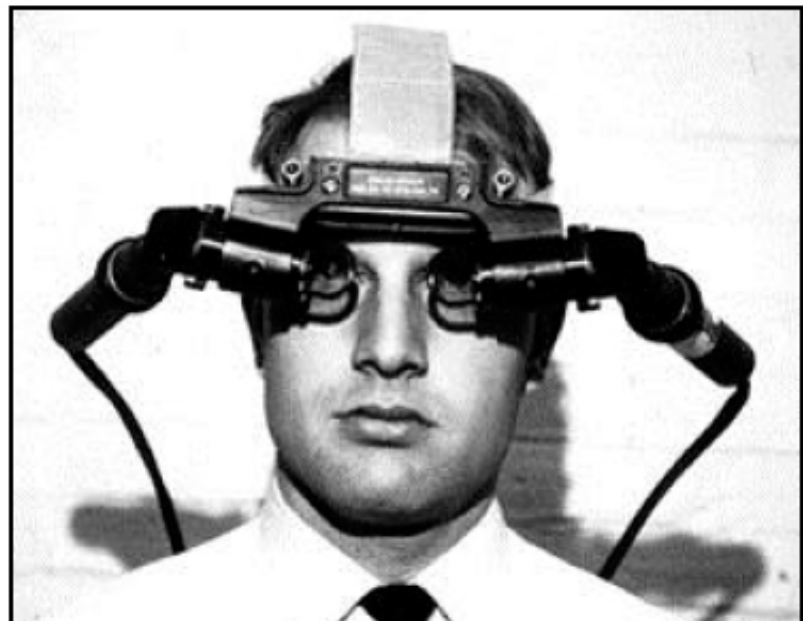


## 2.0.4 Les années 80

### 2.0.4.1 La réalité virtuelle

Au début des années quatre-vingt, de nombreux laboratoires de recherches financés par l'Arpa arrivaient à la fin de leurs financements. La recherche s'est peu à peu privatisée et de nombreux travaux institutionnels se sont déplacés vers le grand public. Parmi ceux-ci, les travaux concernant la vision des pilotes de chasse et l'augmentation de leurs capacités cognitives ont été disponibles pour le grand public. Des fabricants de matériel comme Sony ont vendu dans les années quatre-vingt les premiers casques de réalité virtuelle à un prix abordable. Ces lunettes munies de deux écrans de faible résolution se branchent sur un ordinateur et permettent grâce au procédé de vision stéréoscopique de voir des images informatiques en relief. Ce type d'environnement a été appelé « réalité virtuelle », terme qui trouve peut-être sa source avec celui de réalité artificielle utilisé au début des années soixante-dix par Simon ou Krueger. Très souvent on trouve associé à ses équipements des dispositifs de retour d'effort permettant les *téléopérations* comme le téléguidage de véhicules autonomes ou de robots.

L'origine des Hmd remonte certainement à Heilig et son Sensorama (brevet déposé en 1960), mais le premier Hmd see-through a été construit à Harvard au début des années soixante par Ivan Sutherland, qui continuera pendant plusieurs années à réaliser son « ultimate display » et son concept de « remote reality » pour les hélicoptères de combats, puis pour la simulation militaire (ES).



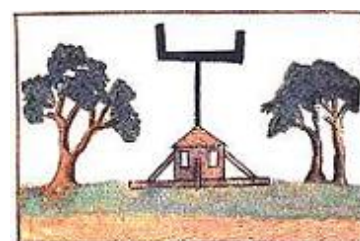
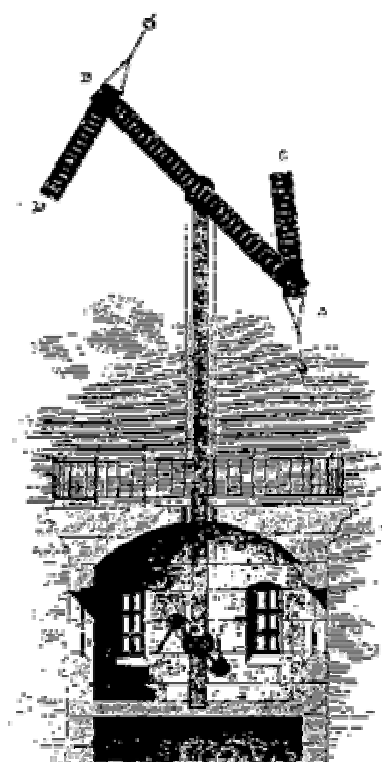


Développés à l'origine pour l'entraînement et la simulation des pilotes, les dispositifs grand public étaient d'une qualité très faible par rapport aux recherches militaires et spatiales. Le projet VCASS (Visually Coupled Airborne Systems Simulator) mené par Thomas Furness en 1982 avait en effet créé des dispositifs appelés HMD pour Head Mounted Display capables d'afficher à une résolution de 1000 pixels par 1000 pixels [Alakärppä, 2000]. Ces dispositifs novateurs ont été popularisés notamment par des pionniers comme Jaron Lanier et sa société VPL Research, ou en France par Philippe Coiffet.

Leur utilisation pose néanmoins de nombreux problèmes dont celui appelé « VR Sickness », similaire au mal de mer ou au mal de l'espace. Ce problème a été étudié dans de nombreuses disciplines comme la psychologie expérimentale et la psychologie écologique. La première a montré que le système vestibulaire (lié à l'équilibre) plongé dans un environnement sans repères visuo-spatiaux perturbe nos compétences proprioceptives, c'est à dire modifie la conscience de notre propre corps. La deuxième a montré que la vision ne se réduit pas à la vue et que pour créer un système de suppléance perceptive efficace, il faut proposer une représentation de l'environnement conforme à celle connue par l'homme et non lui en proposer une qui ne correspondrait plus aux repères et invariants qui lui ont permis d'acquérir ses compétences actuelles. Ainsi, les dispositifs modernes mélangent désormais des représentations virtuelles et réelles, comme nous le verrons dans le chapitre 2.0.6.2 à propos de la réalité mixte.

### 2.0.4.2 La communication médiatisée par ordinateur

Avec l'essor des réseaux de télécommunications comme Internet, et celui des technologies vidéo, de nombreuses recherches ont tenté dans les années quatre-vingt d'envoyer en permanence un flux vidéo entre deux endroits souvent séparés par une grande distance. Cette idée remonte certainement au télégraphe des frères Chappe en 1791, devenu électrique grâce à Marconi en 1896 et réactualisé par le Picture Phone de ATT en 1960 mais finalement possible qu'à partir du moment où les technologies permirent une bonne répartition de tous les éléments nécessaires comme les premiers « mediaspaces » créés au Xerox Park [Stults, 1986] qui reliaient le Parc de Palo Alto en Californie à un autre laboratoire situé à Portland dans l'Oregon. Stults définit le mediaspace comme « un environnement numérique au sein duquel des groupes de personnes peuvent travailler ensemble, même s'ils ne résident pas au même endroit ou ne sont pas là au même moment. Dans un mediaspace, les gens peuvent créer en temps réel des environnements visuels et sonores qui





couvrent des zones séparées physiquement. Ils peuvent aussi contrôler l'enregistrement, l'accès et l'exécution des images et des sons de cet environnement » [Mackay, 2001]. Par la suite, de nombreux projets et laboratoires se sont essayés à créer leur propre mediaspace comme notamment les différentes liaisons entre le Xerox PARC et l'euroPARC (Polyscope, Portholes, Rave), le projet Telepresence au Canada, ou encore Mediascape et Videospace à l'Inria [Beaudouin-Lafon, Roussel, 2000].

### Les mediaspaces pour enfants

Parmi les premiers mediaspaces, on peut également citer les projets TeamWorkstation et ClearBoard de Hiroshi Ishii. Leur interface s'est peut être inspirée des panneaux en plexiglas utilisé pendant la seconde guerre mondiale pour visualiser les plans militaires. Dans une vidéo présentant ses visions du futur [Ishii, 1994], il montre son mediaspace composé d'un mur sur lequel des enfants peuvent écrire et se voir en transparence, un peu comme s'ils étaient derrière une vitre mais en fait, la distance les séparant pouvant être très grande.



On retrouve dans cette version la forte propension de l'époque à favoriser une communication figurative, picturale. Aujourd'hui, les recherches sur les mediaspaces incorporeraient en plus des interfaces tangibles et des capteurs comme nous le verrons dans un des chapitres suivant. Parmi les autres recherches dans le domaine des mediaspaces pour enfants, très peu de projets ont pu exister car ils



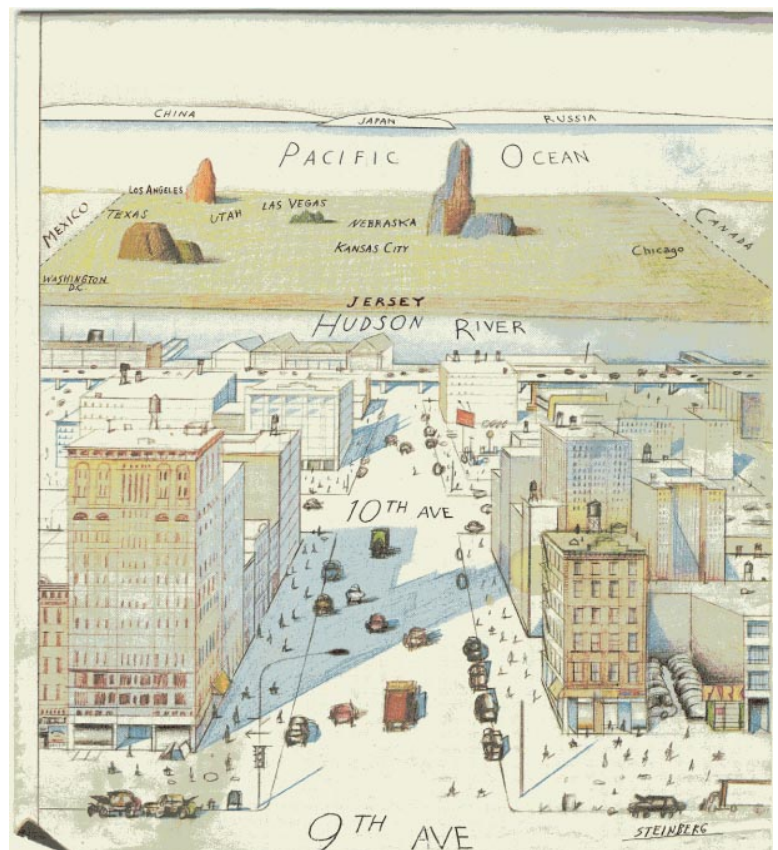
sont très coûteux à réaliser. Kori Inkpen et Regan Mandrik ont fait des recherches sur ce sujet et on pu bénéficier des l'infrastructure de la iRoom de Terry Winograd à Stanford. Yvonne Rogers a également travaillé sur ce thème avec des CAVEs et la table de réalité augmentée DiamondTouch du Merl.



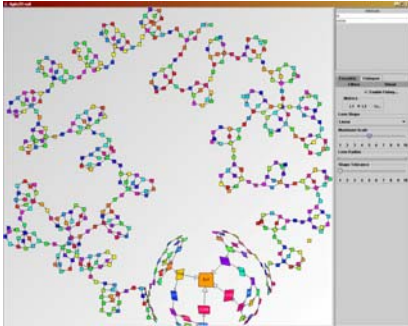
### 2.0.4.3 La visualisation d'information

Depuis longtemps, on représente graphiquement des informations stratégiques, notamment à des fins militaires (cartographie) ou politiques comme le prouvent les travaux novateurs de Jacques Bertin à Science Pô Paris dans les années soixante [La sémiologie graphique, 1960]. Dès le début de l'informatique visuelle, de nombreux chercheurs ont cherché à représenter des masses d'informations sur le moins d'espace possible tout en conservant le maximum de signification. Cette branche particulière de l'informatique s'appelle la visualisation d'information ou « information vizualisation ». Typiquement, les informations sont représentées sous forme de *graphes* constitués de noeuds et de branches. D'une certaine manière, la visualisation d'information est la manifestation visuelle des sciences de la complexité.

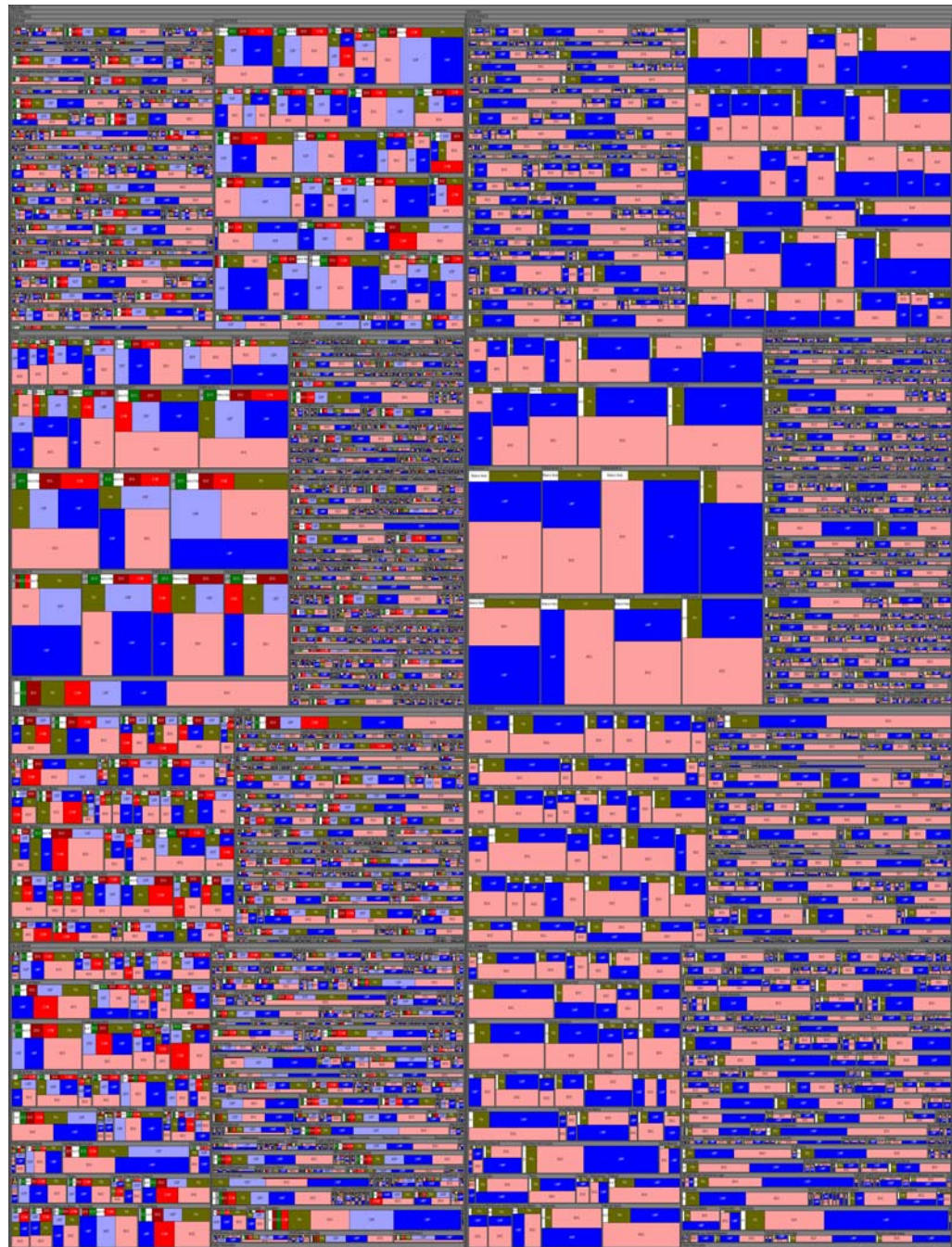
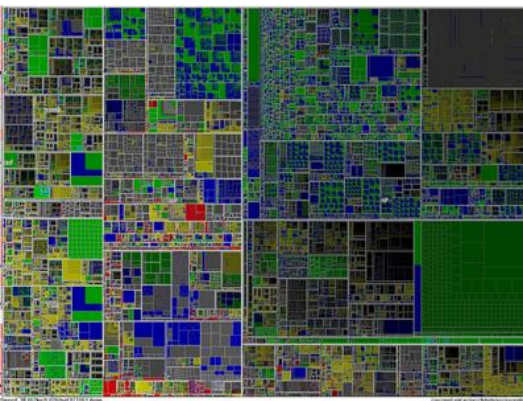
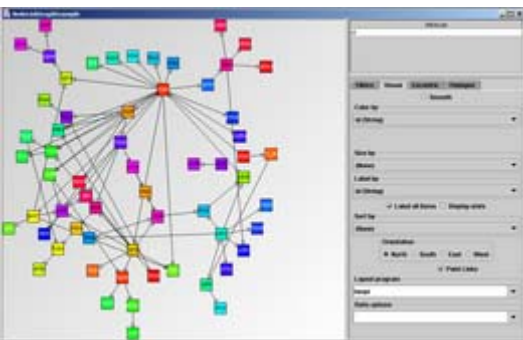
En 1981, l'américain George Furnas propose un outil qu'il nomme *fisheye view* qui permet de zoomer dans une image tout en conservant le contexte et donc la signification des éléments connexes en fonction de leur *degré d'intérêt* (DOI pour degree of interest) et de leur *niveau de détail* (LOD pour level of detail). On peut illustrer le fisheye de Furnas à l'aide de ce dessin de Saul Steinberg, qui montre la perception du monde par un habitant de la 5<sup>ème</sup> avenue à New-York. Pour lui, le monde est divisé entre des éléments signifiants parce qu'ils sont proches et d'autres proches parce qu'ils sont signifiants.







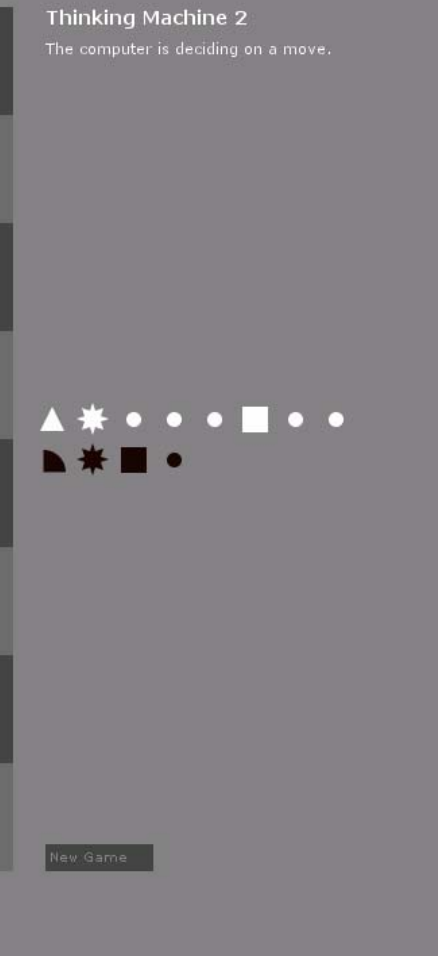
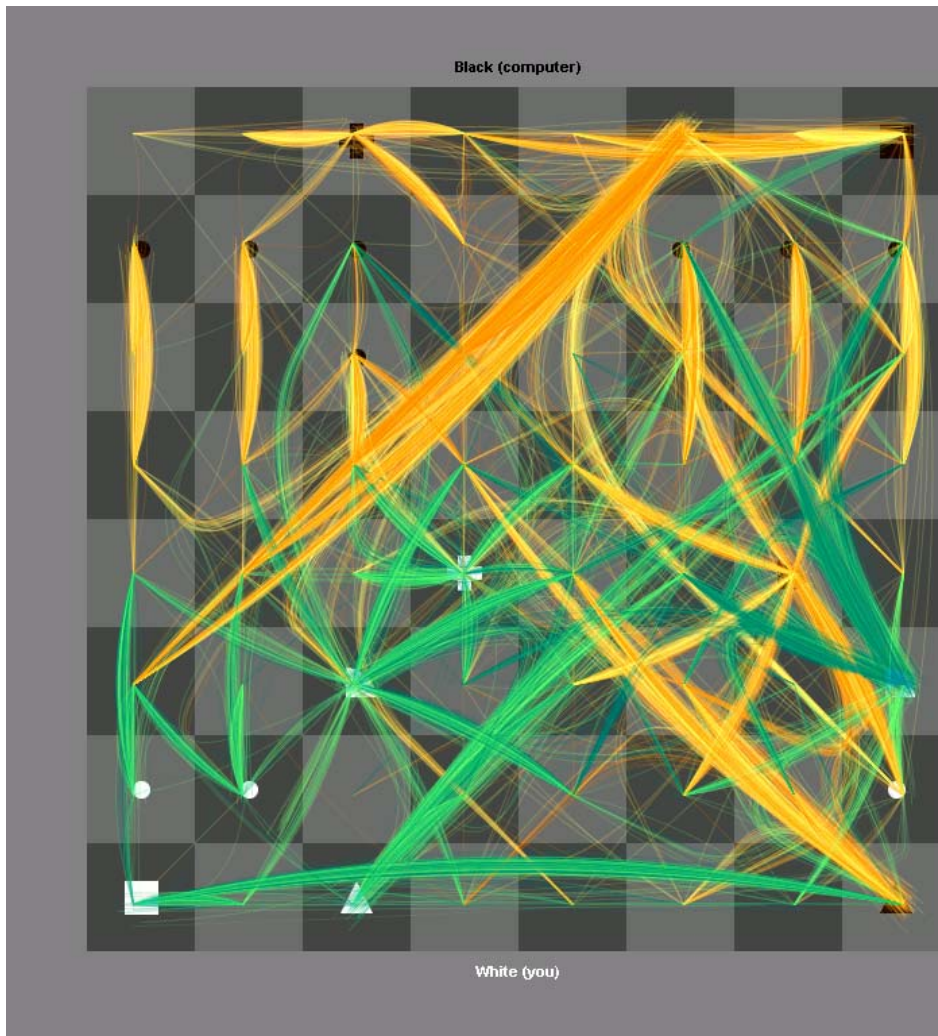
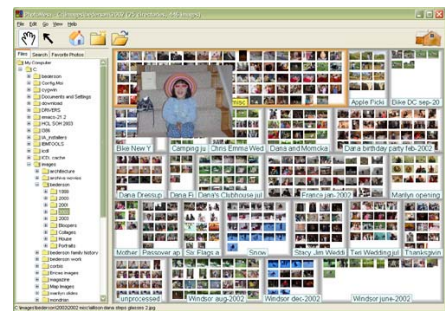
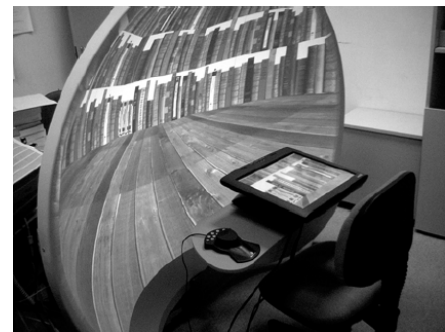
Le Xerox Parc a fourni au début des années quatre-vingt dix de nombreuses visualisations de documents comme WebForager, [Card & Mackinlay, 1996]. L'université du Maryland travaille également sur le sujet depuis plus de trente ans et a produit de nombreux logiciels de visualisation comme les structogrammes ou diagrammes Nassi-Shneiderman [Shneiderman, 1973] ou le logiciel Pad++ [Bederson, 1994] qui propose des interfaces utilisateur zoomables (ZUI). En France, l'Inria est également pionnière dans le domaine depuis plus de dix ans et propose notamment le logiciel Infovis [Fekete, 2000].





De nos jours les logiciels de visualisation permettent de représenter des structures ou des séries de données massives telles que le génome [Fry, 2001], la musique [Wattenberg, 2002] la politique [Fekete, 2004], la recherche scientifique [Munzner, 2004], [Börner, 2004], les logiciels [Latsis, 2004] ou encore les réseaux sociaux [Nardi, 2004]. Peu de travaux existent encore dans le domaine de l'interaction avec les visualisations, à part dans le domaine de l'interaction 3D pour les bibliothèques numériques où les chercheurs proposent des nouvelles façons de manipuler les documents numériques [Cubaud, Topol, 2004].

Par contre, il existe encore moins de travaux en ce qui concerne la visualisation de l'interaction, surtout de manière temporelle, on peut néanmoins citer les projets Lifeline [Plaisant, 1997] ou encore les nombreux projets assez confidentiels concernant la gestion des masses de données personnelles très à la mode en ce moment à l'Inria, au Parc, au Csl et chez Microsoft Research.





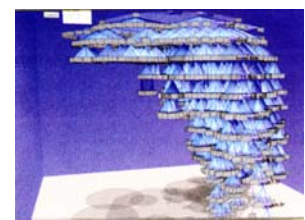
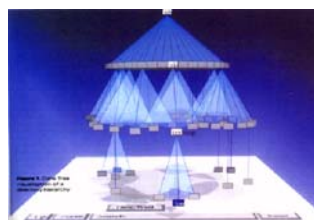
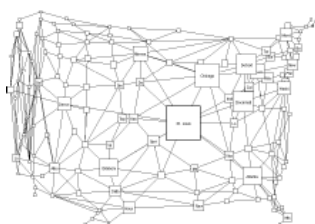


*Frédéric Chopin, Mazurka, en fa dièse mineur, pour piano.*

Bientôt, ces techniques prometteuses nous permettront de comprendre l'interaction de manière visuelle, d'avoir une vue structurale sur le processus de l'interaction que nous vivons habituellement de manière linéaire, temporelle. La visualisation nous donnera la possibilité de « mapper » le temps dans le domaine spatial, et nous pourrons aborder l'interaction sous un nouveau jour. Comme le cinéma, qui a permis de passer de la spatialité de l'instant photographique à la temporalité de la durée cinématographique, je souhaite que la visualisation de l'interaction passe de la représentation visuelle statique à la construction dynamique, en mouvement de la signification tout en conservant la capacité à réduire le temps en espace. Ce double mouvement, demanderait plus de précisions de ma part, qui dépasseraient le cadre de ce mémoire. J'invite néanmoins le lecteur à consulter mes travaux futurs qui concerneront ces aspects temporels de l'interaction chez l'enfant (voir en annexe mon intitulé de thèse).



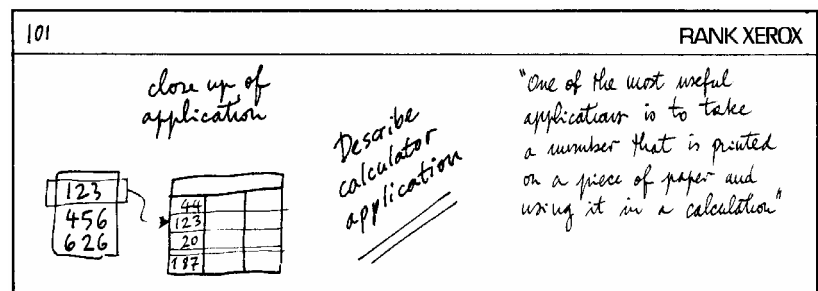
Peu de chercheurs à ma connaissance ont fait de la visualisation pour enfants, à l'exception des travaux d'Erik Strommen ou de Karen Schneider qui a notamment travaillé à l'aide des logiciels et Pad lors de ChiKids en 1996. Elle a mis en évidence la difficulté d'utiliser certaines vues égocentriques avec les enfants du fait du manque de stabilité de leurs « représentations mentales ». Elle prend comme exemple la version déformée de la carte des Etats-Unis de Brown et Sarkar, très compliqué à utiliser avec des enfants trop jeunes pour connaître correctement la carte originale..



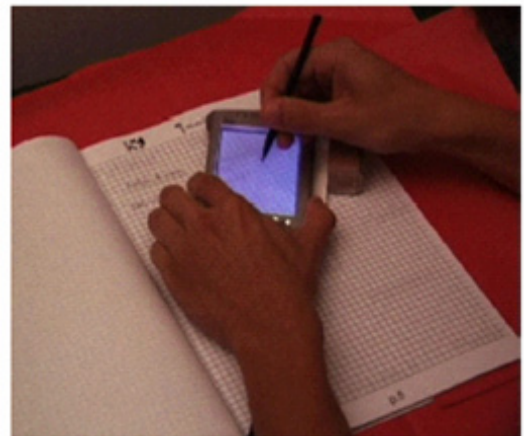
## 2.0.5 Les années 90

### 2.0.5.1 La réalité augmentée

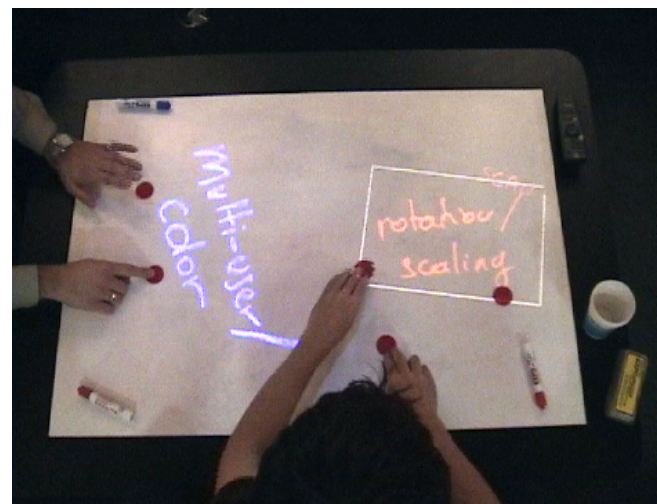
Avec les progrès dans le domaine de la vidéoprojection, de nombreux laboratoires de recherches ont expérimentés des interfaces où l'image quitte l'écran pour investir des supports usuels comme les tables, les surfaces domestiques (murs, sols) ou encore les liquides (projection sur de l'eau). Motivées par la réalisation du bureau du futur, les recherches de Pierre Wellner au Xerox Park au début des années quatre-vingt dix ont abouti à la création d'un nouveau type d'environnement d'interaction informatique qu'on appellera par la suite réalité augmentée [Mackay, 1993].

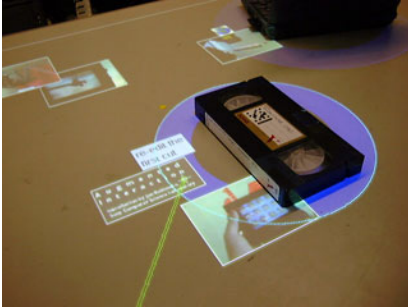


Le digital desk [Wellner, 1991], permet de conserver les compétences d'un employé de bureau tout en lui donnant accès aux possibilités de l'informatique. On peut par exemple écrire sur une feuille avec un stylo, puis grâce à un système de caméra, l'ordinateur incorpore ces éléments et permet de les restituer à l'aide d'un vidéoprojecteur directement sur la surface du bureau. Imaginons par exemple que l'on écrive une addition sur une feuille, automatiquement le système peut afficher sur la feuille de papier le résultat de l'opération. Ce type de dispositif est appelé Post-Wimp car il n'implique plus forcément l'utilisation d'une souris et d'un écran. Au contraire, ce dispositif investit les objets usuels des capacités de l'informatique, *situe* l'interaction dans l'environnement familier de l'utilisateur.



La réalité augmentée est un des changements « paradigmatiques » de l'interaction avec les machines, comparable aux travaux réalisés dans les années soixante au SRI. Ce concept a d'ailleurs donné un ACM Award à Wellner pour ses recherches. Parmi les dispositifs de réalité augmentée, on peut citer notamment les travaux dans le domaine des mediaspaces [Mackay & Pagani, 1993], de la biologie [Costa-Cunha, 2003], mais également les nombreuses réalisations du laboratoire de recherche en interaction de Sony (CSL). Mené notamment par Jun



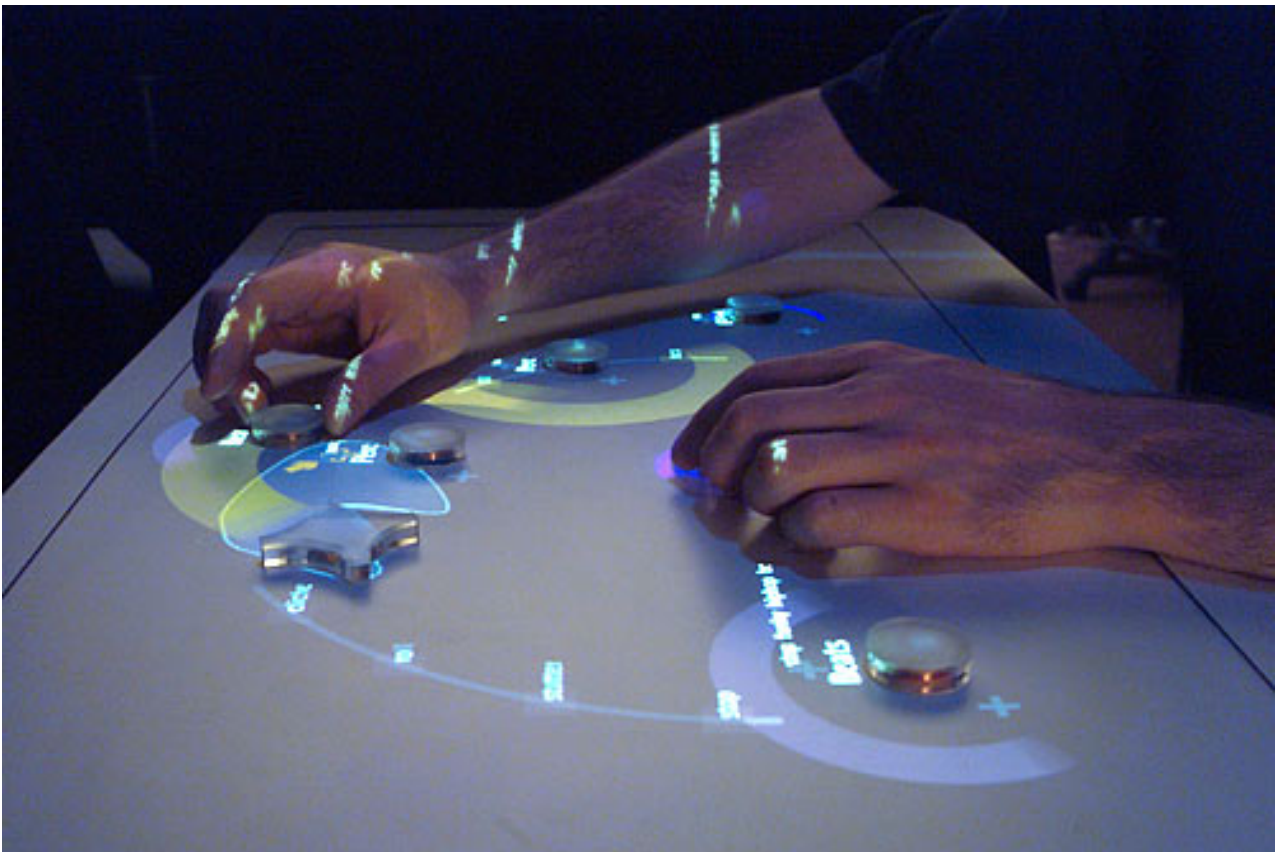


Rekimoto, ce laboratoire a développé de nombreux concepts en réalité augmentée comme le pick-and-drop qui permet grâce à des lasers miniatures de déplacer des documents d'une table vers un mur ou d'un catalogue vers un ordinateur (« hyperdragging »).



En 1995, Weiser introduit le concept de calm computing, très proche dans ces applications de celui de réalité augmentée. Les dispositifs calmes permettent de représenter dans l'environnement de l'utilisateur des données continues. Dans cet esprit, le projet Ambient Room propose de suivre l'évolution du trafic routier sous forme de vagues au plafond [Ishii, 1997]. Si la mer est étale il y a peu de voitures et si c'est la tempête, il faut peut-être différer son départ. Ces dispositifs s'appuient sur nos compétences d'attention périphérique (« peripheral attention »), sur nos aperceptions (« awareness »).

Le projet des espaces interactifs de travail du Mit permet de faire de la planification stratégique, de gérer des agendas augmentés [Jakob et al, 1998]. Le Senseboard et l'Audiopad sont des environnements augmentés permettant une très grande créativité, dans le domaine musical notamment (Patten, 2002) En France, la MagicBoard permet également de bénéficier des affordances d'une table pour permettre l'interaction d'un grand nombre de personnes

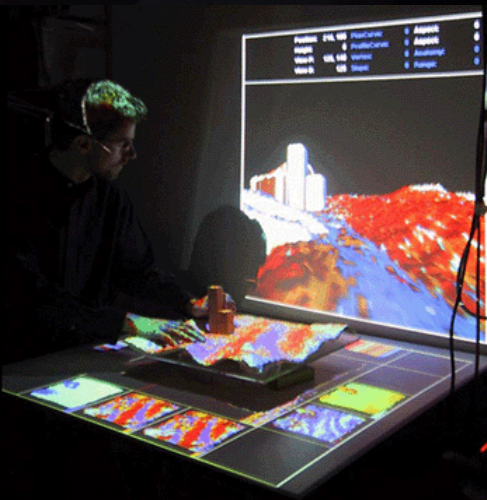
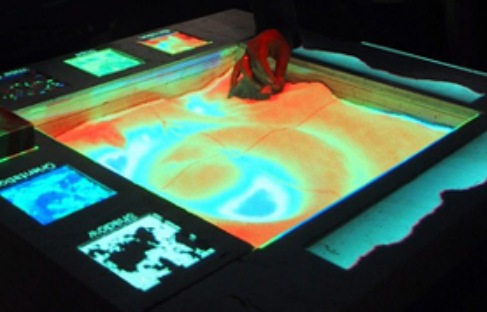
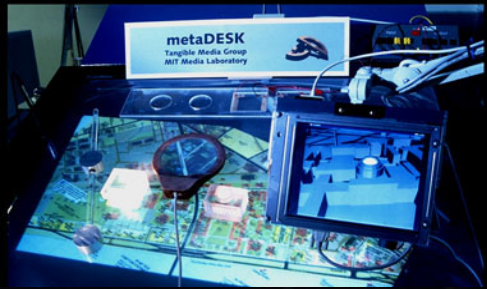




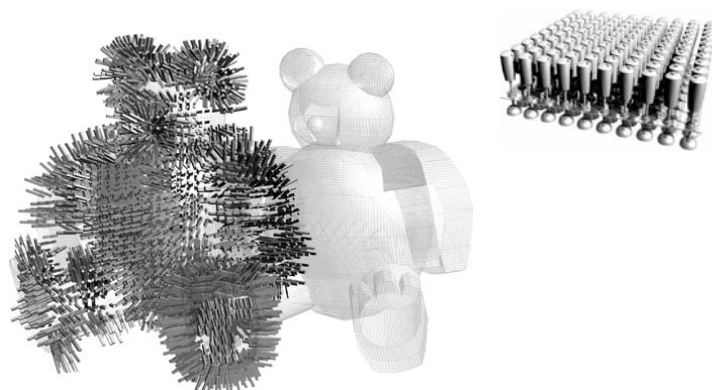
## 2.0.5.2 Les interfaces tangibles

Proches du concept de réalité augmentée, les interfaces tangibles ont été inventées au MIT au début des années quatre-vingt-dix sur la base des travaux d'Hiroshi Ishii et George Fitzmaurice. Les interfaces tangibles proposent des dispositifs d'interaction « physique » avec la machine. Le GUI (graphical user interface) est remplacé dans ce modèle par le TUI (tangible user interface) contenant des phicons (physical icons). Il existe de très nombreuses classes d'interfaces tangibles comme montré sur ce schéma du Guir de Berkeley :

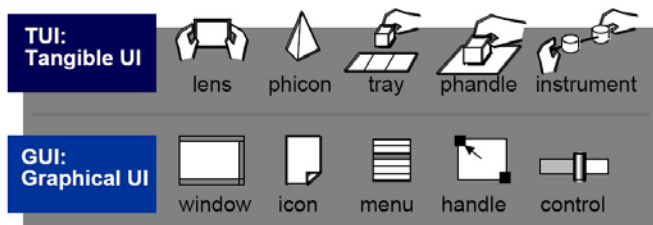
	INPUT TECHNOLOGY							TANGIBLE INPUT				ELECTRONIC OUTPUT					I/O Coordination						
	Electronic tags 8	Barcodes 8	Image analysis 10	2D pointing 7	3D pointing 1	Audio capture 2	Speech reco 2	Wall 5	Document 6	Table 5	Book 5	3D object 4	Wall 5	Table 6	Desktop PC 8	Web 3	Printer 6	Handheld 1	Audio only 3	Geo-referenced 9	Collocated 8	Non-collocated 4	No visual output 3
SPATIAL	Augmented Surfaces			☞				☐	☐			☐	☐						⊙				
	Collaborage		👁					☐							☐	☐						⊙	
	DigitalDesk		👁	☞									☐							⊙			
	Designers' Outpost		👁	☞				☐					☐				☐			⊙			
	Rasa		👁	☞			💡	☐					☐							⊙			
	Illuminating Light		👁							☐			☐	☐						⊙			
	Urp		👁							☐			☐	☐						⊙			
	Senseboard	☐						☐					☐							⊙			
The metaDESK		👁	☞																⊙				
TOPOLOGICAL	Paper Flight Strips	☐						☐			☐			☐	☐							⊙	
	Triangles	☐				💡				☐				☐	☐								⊙
	mediaBlocks	☐								☐				☐	☐								⊙
	Palette							☐					☐										⊙
	Video Mosaic		👁	☞						☐			☐	☐									⊙
ASSOCIATIVE	Audio Notebook			☞		💡	💡			☐	☐							🔊					⊙
	WebStickers							☐						☐									⊙
	Books with Voices							☐		☐							📱						⊙
	Electronic Tags	☐						☐		☐				☐									⊙
	DataTiles	☐									☐			☐						⊙			
	Listen Reader	☐		☞						☐								🔊					⊙
	Marble Answering Machine	☐								☐								🔊					⊙
FORMS	Community Info Sharing		👁					☐						☐	☐								⊙
	Paper PDA		👁					☐		☐				☐	☐								⊙
	Paper User Interface		👁					☐						☐	☐								⊙



Depuis une dizaine d'années, le Tangible Media Group du Medialab du Mit propose donc des interfaces tangibles très souvent récompensées dans les conférences internationales. Parmi celles-ci on peut citer le metadesk [Ullmer, 1997], l'illuminating clay [Piper, 2002], le sandscape [Wang, 2002], les musicbottles [Ishii, Mazalek, 1999], l'actuated workbench [Pangaro, 2002] ou encore les dispositif intouch [Chang, 1997] Tangible Viewpoint [Mazalek, 2003] et Super Cilia Skin [Joachim, 2002]. D'autres laboratoires comme celui de Ken Perlin à Nyu, l'interactivity lab de Stanford ou le Guir de Berkeley ont également réalisé de nombreuses interfaces tangibles. En France, les recherches de l'Inria, du Clips-Imag et de l'Estia ont également développé de nombreux dispositifs d'interaction tangible comme la StoryTable [Mackay, 2002], le MagicBoard [Bérard, 2000] ou les cubes du projet Eskua [Garreau & Couture, 2003]. En Allemagne, le projet Brevie développe des interfaces « graspable » similaires aux interfaces tangibles. Les membres de ce projet nomment d'ailleurs la réalité augmentée d'une autre façon puisqu'ils l'appelle « réalité réelle » [Bruns, 1993]. Une définition tautologique qui n'est pas sans rappeler Watzlawick [La réalité de la réalité, 1978].



Le développement de ces nouvelles interfaces a été pensé depuis de nombreuses années, cependant, l'actualisation de ces projets a été rendu possible par l'évolution fulgurante des technologies dans les années quatre-vingt dix, à la fois matérielles (baisse des prix, standards) et logicielles (normes). Cette situation de foisonnement technologique permet de déplacer le *locus* de l'interaction du visuel vers le moteur, comme si l'écran et la souris ne faisaient plus qu'un. Cette synthèse visuo-motrice a pour effet de supprimer certaines caractéristiques intéressantes des interfaces actuelles comme le découplage entre le trajet réel de la souris (distance motrice) et sa représentation à l'écran. Imaginez ce que serait le pointage sur un écran de vidéoprojection sans un dispositif d'amplification du geste comme la souris. De même, dans une interface graphique utilisateur (GUI), l'instanciation d'objets est quasi illimitée alors que dans les TUI on retrouve les limitations dues aux contingences spatiales et temporelles. Certains grands principes de conception des interfaces graphiques utilisateurs comme le polymorphisme, la réification et la réutilisation [Beaudouin-Lafon & Mackay, 2000] sont ainsi modifiés lors du déplacement vers le monde physique. Enfin, on emploie de plus en plus le terme de « physical computing », surtout dans les écoles de design d'interaction comme celle du Royal College of Arts à Londres, l'IITP à New-York ou l'institut d'Ivréa en Italie.



Inversement, cette situation peut également être un avantage puisque ces interfaces ne modifient pas le contexte des compétences des utilisateurs, elles conservent certains repères familiers tout en augmentant certains objets avec les possibilités de la machine. Dans le dispositif de cahier augmenté pour les chercheurs de l'institut Pasteur [Papier Augmenté et Stylo Anoto, 2003], Costa-Cunha et Mackay recommandent par exemple de conserver l'utilisation des stylos habituellement utilisés par les biologistes plutôt que de les forcer à changer leurs habitudes de travail avec des écrans tactiles. Avec une interface tangible comme le stylo, l'utilisateur perpétue ses compétences tout en les enrichissant. Le système en développement permettra aux chercheurs de numériser leurs notes journalières et d'en mettre certaines parties en commun, un peu comme dans le *memex* de Vannevar Bush.



### 2.0.5.3 L'ubiquitous computing

En 1991, Mark WEISER, chercheur au Xerox Park a proposé sa vision du futur de l'interaction entre l'homme et la machine. Dénommée au départ virtualité incarnée (« embodied virtuality »), ce concept prendra par la suite le nom d'« ubiquitous computing » qu'on pourrait traduire en français par informatique omniprésente, pervasive. Selon Weiser en effet, après les machines en temps partagé des années cinquante et l'ordinateur personnel dans les années soixante-dix, la troisième révolution de l'informatique se fonde sur le fait qu'une personne possédera plusieurs machines pour lui tout seul. De plus ces machines seront versatiles et de tailles de plus en plus réduites. L'autorité visionnaire de Weiser fut si puissante que de très nombreux travaux de recherches en ont fait leur unique vocabulaire. On parle ainsi d'Ubigames, d'UbiComp ou encore de Pervasive computing appelé aussi Percom. Une autre catégorie d'objet revendiquant la filiation de Weiser se nomme communication appliances.

#### Communication appliances

Les communication appliances sont parfois appelées information appliances [Norman, 1999] ou smart appliances [Schmidt et Van Laerhoven, 2001 | Strohbach, 2003]. Une communication appliance est un appareil classique (lampe, table, verre, réfrigérateur, etc) qui en plus de ses fonctions classiques peut recevoir, émettre ou recevoir de l'information, souvent en provenance d'un réseau informatique. Une des caractéristiques de l'objet est souvent associée à une information, on effectue un « mapping » entre le physique et le système. Une lampe de bureau reliée à un logiciel de messagerie instantanée peut par exemple changer de couleur en fonction des personnes qui se connectent. En français on parle d'objets « intelligents », et très souvent on conserve même le terme anglais smart.

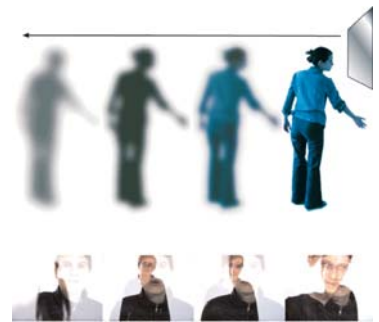
Comme les médiaspace, les communication appliances perturbent notre familiarité à un lieu ou à une personne. Une grand-mère peut par exemple être reliée en permanence à l'activité du jeu de son petit-fils. Présence de l'absent, ou plutôt re-présentation médiatisée de l'absent. Ainsi, les créateurs de ce type d'objet se réfèrent souvent aux travaux de Edward T. Hall sur la proxémique [Karahal, 2002] ou encore à Vygotsky et sa zone proximale de développement. Ces « communication appliances » questionnent notre rapport à la communication interindividuelle. Elles sont situées dans cette espace à la limite entre l'intime et l'extime [Tisseron, 2004].



Le projet Interliving (détaillé en 1.1) a produit de nombreuses communication appliances. Le VideoProbe [Conversy, 2003] est un dispositif qui permet de prendre et de partager des images de la vie de tous les jours entre différents foyers. Le Tokitok [Evans & Hansen, 2002] est une communication appliance à bas débit qui établit un lien sonore entre deux endroits distants et qui réagit aux vibrations, un peu comme le klaxon permet de communiquer entre deux automobilistes.



Le MirrorSpace [Roussel, 2003] est un système de communication vidéo qui prend en compte la notion de distance. Tandis que les systèmes traditionnels se contentent de créer un espace partagé correspondant à une distance interpersonnelle particulière, MirrorSpace est à l'inverse conçu pour offrir un continuum de distances permettant l'expression d'une grande variété de relations interpersonnelles. Ce projet s'intéresse particulièrement à la façon dont la communication entre individus peut très naturellement passer de l'état de perception périphérique de la présence ou de l'activité d'une personne à une communication beaucoup plus intime où les regards se croisent. MirrorSpace repose sur la métaphore du miroir. Les flux vidéo des différents lieux reliés par le système sont affichés sur un écran unique



combinant l'image des participants locaux et distants en une seule image. Afin de permettre des formes de communication intimes où le regard joue un rôle très important, la caméra utilisée pour la capture d'images est placée au milieu de la surface d'affichage. Un utilisateur peut ainsi se placer très près de celle-ci tout en étant toujours capable de voir la personne distante et de communiquer avec elle.



MirrorSpace by HeHe

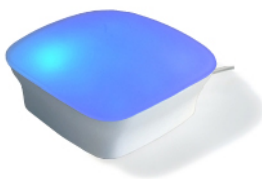






Enfin, la StoryTable [Evans & Hansen, 2003] est un dispositif qui permet de faire du montage vidéo à l'aide de contrôleurs tangibles (des strips munis de puces RFID). En posant simplement des languettes en plastiques (strips) sur l'appareil, les utilisateurs peuvent combiner plusieurs flux vidéos en temps réel et ainsi effectuer un montage vidéo original très simplement, un peu comme dans le dispositif LogJam [Piernot, 1999].

En France toujours, l'artiste Antoine Schmitt est connu pour ces réalisations dans le domaine de l'écriture numérique, de la poésie visuelle et sonore. Lors d'une collaboration récente avec l'entreprise Violet, on lui a demandé de designer l'interaction avec une lampe à plusieurs couleurs appelée dal. Selon ses concepteurs, la lampe « dal » est une lampe vivante, connectée à Internet via une liaison sans-fil (Wifi). Elle exprime par des changements de couleurs toutes informations que vous jugez utiles d'avoir. Par exemple le trafic sur le périphérique entre 2 portes ou la météo du lendemain.



Elle est également un messenger émotionnel permettant d'envoyer ou de recevoir des messages colorés. Vous pouvez ainsi envoyer « je t'aime » par Sms à la lampe d'un ou d'une amie. Elle s'exprime "calmement" par le changement de couleurs de l'une ou plusieurs des 9 zones colorées, la dalle de verre est sensible au toucher et l'objet réagit au "bruit". La lampe se configure et se personnalise simplement à l'aide d'un navigateur. Vous choisissez ce que vous souhaitez qu'elle exprime et comment elle l'exprime. La personnalisation permet aussi de créer des bouquets d'amis qui sont autorisés à interagir avec votre objet (par Sms, par le biais d'une autre lampe ou tout simplement en se connectant au site Violet). Ce type de dispositif coûte encore très cher (800 euros).



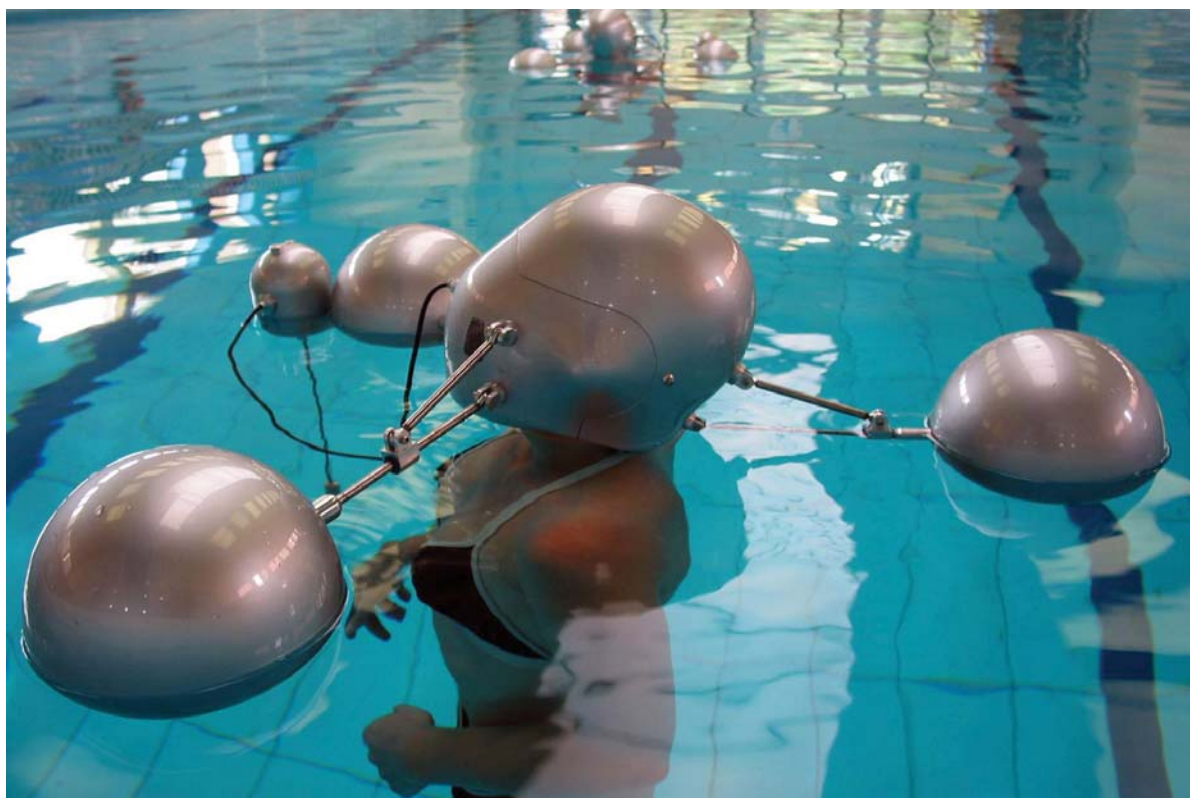
Enfin, le projet habitat du Medialab Europe situé à Dublin regorge d'une multitude de prototypes de communication appliances, appelés « ambient display » ou encore « connected furniture for awareness ». Ils sont développés dans plusieurs groupes de recherche dont celui de Stefan Agamanolis intitulé Human Connectedness. Le projet Habitat, créé par Dipak Patel et Aoife Mhóráin propose ainsi des tables de café intégrant un mini-ordinateur, un lecteur de tags Rfid et un vidéoprojecteur qui permettent de créer des sortes de « mediaspaces », espaces mixant physique et virtuel dédiés à la communication entre les familles, les amis. Comme dans le projet Interliving, les dispositifs insistent sur le respect de l'intimité et favorisent une communication contextuelle, discrète.



Le projet WANDerful Alcove de Marije Kanis propose un dispositif ludique contrôlé par des « baguettes magiques », similaires au projet MagicWand de Daniel Wilson du Xerox Park ou à la Baguette Magique pour les Enfants d'Emmanuel Nars de l'Inria.

D'autres projets comme Raw (Appareil-photo numérique capable de mise en scène), Portrait of Cati (Répondeur vidéo), ou Reflexion (Miroir magique) explorent les possibilités de ces espaces partagés (« shared space ») numériques. Le projet One2One explore le concept de « floral display », et utilise une fleur en plastique munie de moteurs qui par son mouvement peut émettre une information comme par exemple qu'un de vos contacts est en ligne, que vous avez reçu un email ou que votre café est prêt (information précieuse dans les laboratoires de recherche en informatique). Ce type d'appareils fleurit dans de nombreux endroits comme à l'ETH Zurich [Antifakos, 2003] ou à l'université de Calgary [McPhail, 2001].

Enfin, le projet Iso-Phone propose littéralement l'immersion numérique. James Auger et Jimmy Loizeau ont créé un dispositif téléphonique muni d'un casque et de flotteurs permettant à deux personnes de se parler tout en flottant dans une piscine chauffée à la température du corps ! Ce projet évoque le « packing », médiation thérapeutique utilisée parfois dans les thérapies autistiques.







### Wearable Computing

Avec le développement toujours plus rapide des processeurs et de la mémoire informatique, on peut désormais envisager de filmer et *stocker sa vie entière sur un ou plusieurs supports numériques*. Depuis la fin des années soixante-dix, les successeurs de Vannevar Bush tentent de capter avec des machines les contextes de leur vie. Parmi eux, on peut citer l'incroyable Steve Mann, proto-type du cyborg et apôtre du « wearable computing » discipline qui propose de s'habiller avec des vêtements incorporant des capteurs et des machines.

Sur la photo ci-dessous, steve porte des lunettes équipées de capteur. Il filme sa vie en permanence depuis une vingtaine d'année. On peut voir quelques images qu'il réalise sur <http://christinamann.com/>



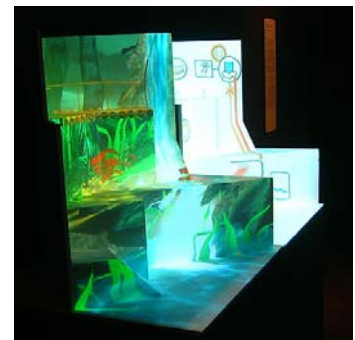
Grâce à leur corps prothétique, les « cyborgs » peuvent filmer en permanence leur vie grâce à plusieurs caméras vidéos miniatures fixées sur leur tête [Bell, 2004] ou carrément devant leur yeux , leur permettant de voir la réalité à travers la médiation de la machine

d'où le terme de « computer mediated reality » [Mann, 2002]. Ils peuvent ensuite revenir sur n'importe quel partie de leur vie et accéder à une représentation audiovisuelle de celle-ci (personal time-shift). Ils peuvent également associer des données à des lieux ou à des personnes. Un autre exemple de communication cyborg est proposé par IBM avec son PAN (personal area network) qui permet de faire circuler le réseau informatique sur tout le corps de part ses propriétés de conduction électrique [Zimmerman, 1996] : en se serrant la main on échange nos cartes de visite électroniques.

### Ubigames

Le concept d'« ubigames » appelé aussi « pervasive games » mêle l'ubiquitous computing et le jeu vidéo. Staffan Bjork du Play Research Institute de Göteborg en Suède a ainsi beaucoup travaillé avec les fabricants de téléphone mobile comme Nokia pour développer des dispositifs ludiques utilisant le monde extérieur comme plateau de jeu [Pirates! Using the Physical World as a Game Board, 2002]. D'autres jeux comme Multi Monster Mania, Can You See Me Now?, Prophets, ou The SpyGame se fondent sur des architectures similaires. On peut également citer E3 [Mandrik & Inkpen, 2001] qui exploite le jeu libre, activité ludique spontanée dans un cadre de coopération distante ou encore le Cluefinder [Schneider, 2001] développé à l'université de l'Orégon.

La table PingPong+ [Ishii, 1999] permet de jouer dans un environnement aquatique. Un vidéoprojecteur projette les ondes simulées créées par le rebond de la balle. Ce dispositif n'est pas à proprement parler un ubigame mais il traduit bien en local ce que les ubigames veulent faire en global, c'est à dire créer des « environnements ludiques » bardés de capteurs et de dispositifs de réalité augmentée. Le jeu « catch the frog » de Claudio Pinhanez permettra de jouer sur n'importe quelle surface [Creating ubiquitous interactive games using everywhere displays projectors, 2002]. En France, le duo de designer d'interaction Electronic Shadow propose un jeu [Mestaoui & Ait Kaci, 2003] intitulé Grammaire de l'interactivité qui utilise des projecteurs sur des surfaces non-planes.







Enfin, les jeux en réalité mixte autonome, c'est-à-dire embarqué dans des vêtements permettent de superposer le jeu vidéo avec le monde réel comme dans le jeu GameCity [Cheok, 2000], TouchSpace [Cheok, 2002], Human Pacman [Cheok, 2004] ou le précurseur AR Quake [Thomas, 2000]. Et même s'ils ne sont pas pervasifs, les célèbres AR<sup>2</sup> Hockey [Tamura, 1998] et Aquagauntlet [Tamura, 2001] ou les démonstrations magistrales de Mark Billinghurst du Hit de Washington ou de Scott Fisher à l'ATR de Kyoto préfigurent l'activité vidéoludique de demain (voir 2.0.6.2).



## 2.0.6 A partir de 2000

### 2.0.6.1 La machine invisible

Ce terme popularisé par Don Norman [The invisible computer, 1999] évoque l'idée selon laquelle les systèmes informatiques deviennent de plus en plus miniatures, disparaissent pour laisser places à leurs fonctionnalités, comme dans l'initiative européenne The Disappearing-Computer qui s'est terminée récemment. De nombreuses recherches en interaction homme-machine cherchent ainsi à intégrer l'informatique dans le quotidien des utilisateurs, c'est-à-dire dans les murs, les tables, les espaces publics et privés. Parmi les technologies disponibles pour l'interaction, je propose de parcourir deux classes de machines. Les dispositifs de captation et d'actuation et les « displays ».

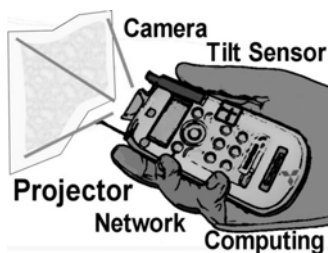
### Les capteurs et effecteurs

Appelés aussi senseurs et actionneurs (« sensors and actuators », ou encore transducteurs (« transducers »), ces composants électroniques permettent de transformer un élément extérieur en un signal analogique qui sera ensuite discrétisé, c'est-à-dire transformé en une série numérique que pourra recevoir la machine ou l'inverse dans le cas des actionneurs (appelés aussi effecteurs). Typiquement, les capteurs les plus courants sont ceux qui permettent de recevoir du son (micros), de la lumière, évaluer une distance (télémètres à ultrasons), ou encore un champ électro-magnétique, une température (thermocapteurs) ou la gravité (accéléromètre, gyroscope). Les effecteurs les plus courants sont les servo-moteurs, les hauts-parleurs, les leds.

Ces composants sont essentiels à l'interaction avec la machine, et leur histoire souligne les mythes informatiques qu'ils ont accompagnés. Par exemple, les claviers et les souris utilisées dans le paradigme Wimp (voir 2.0.2.3) sont des capteurs qui ont très peu évolué comparé à la puissance de calcul des machines. En 1987, Lucy Suchman soulignait l'importance de la *situation* dans l'interaction homme-machine, elle insistait sur la nécessité de replacer l'interaction dans le contexte de l'homme, c'est-à-dire un être incarné (« embodied ») en relation permanente à son milieu (« umwelt »). Cette vision écologique du rapport homme-machine a motivé non seulement l'évolution des théories de l'action dans le domaine de la perception robotique mais également dans le cadre des systèmes humains-machines. Depuis le début des années quatre-vingt dix, les recherches dans le domaine de l'ubiquitous computing ont alors appliqués ces principes situés, et ont utilisé de très nombreux dispositifs de captation et d'actionnement comme le prouvent les centaines de papiers sur le sujet dans les conférences Ubicomp ou dans les revues sur le sujet chez Kluwer et Springer. Très souvent, les technologies étudiées sont les RFID (codes barres sans-fil à très faible coût) ou les protocoles Bluetooth et Wifi, car ils sont très répandus.

Les pointeurs lasers [Rekimoto, 1999], les micros quadriangulés [Paradiso, 2000], les détecteurs de mouvement électro-magnétiques comme SmartSkin [Rekimoto, 2002] permettent également tous de capter l'activité humaine. L'idée est de dépasser le pointage avec une souris et permettre l'interaction avec tous types de surfaces [Lachenal & Coutaz, 2003]. Le but de ces recherches est de proposer des environnements captés où tous les objets seront potentiellement des éléments d'interaction avec des machines. Les positions les plus

radicales dans ce secteur préconisant même de coupler les atomes et les bits d'information [Gershenfeld, 2002]. En ce qui concerne le matériel disponible, la difficulté avec les systèmes de capteurs réside dans leur programmation souvent difficile. Cependant, des toolkits existent depuis peu comme les phidgets de l'université de Calgary [Greenberg, 2002] ou les Smart-its du Teco [Beigl, 2003]. Très souvent, ces technologies ne sont pas encore sans-fil à l'exception du projet Nest (TinyOS, Motes) de l'université de Berkeley qui a pour ambition de produire des réseaux de capteurs sans-fil d'une taille d'1 mm (projet SmartDust).



### Les "displays"

Effecteurs très particuliers, les « displays » ou écrans, permettent de représenter l'information sous forme visuelle le plus souvent mais pas toujours. Les progrès dans le domaine de la vidéoprojection permettent de concevoir une image de très grande qualité sur une surface de plus en plus grande. Les projecteurs auto-configurables comme les iLamps du Merl [Raskar, 2003] peuvent projeter sur différents types de surfaces en se calibrant automatiquement. Les « geometrically aware projectors » [Baudish, 2002] distinguent eux plusieurs niveaux de détails pour garantir une interaction fluide et précise. Les projecteurs lasers portables [Sierra, 2001] permettront de projeter à moindre coût dans toutes les conditions d'éclairage.



En ce qui concerne les matériaux, de nombreux projets liés à l'architecture et à l'urbanisme proposent d'équiper les espaces publics de dispositifs d'affichages numériques. Le projet « Interactive Wallpaper » [Buzzini, 2003] propose ainsi un papier peint écran qui permet d'afficher toutes sortes d'informations à moindre coût. Dans le même genre, de très nombreux architectes comme Kas Oosterhuis construisent des bâtiments « intelligents » où les utilisateurs peuvent modifier la forme et la fonction des différents éléments de construction. Ainsi, les chemins empruntés par les utilisateurs du métro peuvent changer la forme de la station de métro.

Les écrans personnels se transforment également puisqu'ils deviennent de plus en plus fins, voire carrément adaptés à la vision comme les nombreuses lunettes décrites au 2.0.1.3 et au 2.0.5.3. Les technologies de représentation visuelle évoluent en effet vers la dématérialisation du support de l'image. Des fabricants comme micro-optical proposent des lunettes à projection rétinienne, c'est-à-dire qui projettent directement l'image sur la rétine. Les procédés d'holographie, de rétro-refraction (Phmd) tentent également de dispenser l'image d'un support physique.

### La kénographie

Je propose de nommer cette disparition progressive du support matériel de l'image *kénographie*, du substantif grec *κενη* le vide et de *γραφειη* qui signifie écrire. En nommant la perte du médium, je cherche par la même à souligner l'importance de son existence en tant que concept, c'est-à-dire en tant que limite entre moi et l'image, rempart absolu entre la réalité et l'exercice de son fantasme. Pour la psychologie comme pour l'informatique, la nécessité d'une limite entre l'image et la réalité renvoie à la construction même du réel, surtout chez l'enfant : si la représentation se confond toujours avec la chose, il y a un risque de glissement psychotique.

Pour autant, la fascination des images provient exactement de ce paradoxe, de ce mouvement vers l'image comme dans la « suspension of disbelief » décrit par les théoriciens du théâtre et du cinéma [Coleridge, 1817]. Mais ce mouvement s'accompagne normalement d'un mouvement inverse lié à la situation du corps, celui du retour à la réalité, la possibilité de changer de contexte, comme dans l'espace potentiel [Winnicott, 1971]. D'où l'importance de replacer l'interaction dans sa dimension corporelle, tangible, transmodale comme le décrivent Dourish [Embodied Interaction, 2001] ou Stora [La marche dans l'image, 2002].

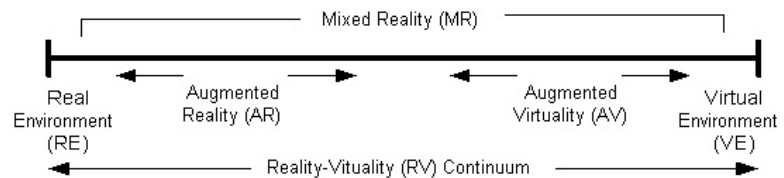




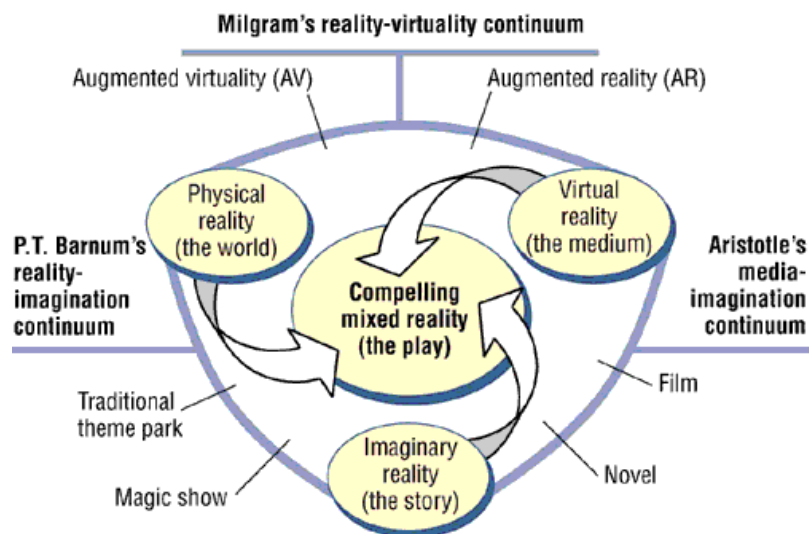
## 2.0.6.2 La réalité mixte

Issue du mariage entre la vision par ordinateurs, la réalité augmentée et la réalité virtuelle, la *réalité mixte* est l'intégration dans le réel de la réalité virtuelle. Elle est souvent expliquée en utilisant le schéma de Paul Milgram [Reality-Virtuality Continuum, 1994] ou dans son extension dans le domaine du divertissement [Stapleton, 2003]. On parle également de réalité médiatisée (« mediated reality »).

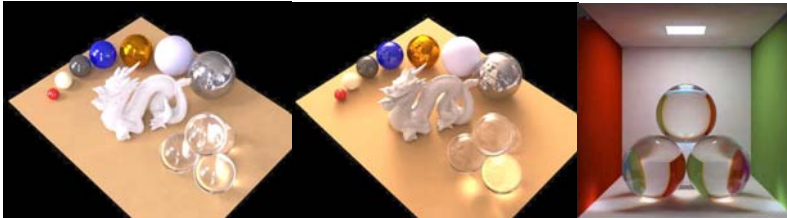
[Milgram, 1994]



[Stapleton, 2003]



Les applications de réalité mixte utilisent souvent des dispositifs de réalité virtuelle comme les casques Hmd mais pas seulement, de nombreux travaux essaient désormais de rendre de plus en plus discrets les interfaces mixtes. Les casques deviennent des lunettes, (notamment avec les progrès de la projection rétinienne) au design de plus en plus fin et stylisé. Le transport de l'image informatique



directement vers la rétine donne l'effet illusoire d'une dématérialisation de son support et rend possible la kénographie, l'écriture aérienne. Dans ces versions les plus élaborées (stéréoscopie rétinienne), la réalité mixte permet de créer une illusion quasi-parfaites d'objets réels. Et si l'on en croit le développement très rapide de la puissance des cartes d'accélération graphique, ces technologies de rendu réalistes deviendront bientôt à la portée du grand public.

D'autres techniques de représentation mixte, moins coûteuses, sont développées par des laboratoires de recherche comme le Fraunhofer Institute qui a créé un dispositif de prototypage rapide constitué de deux tables de réalité augmentée séparées par un miroir semi-transparent. Lorsque l'utilisateur met ses mains derrière le miroir, il peut manipuler des objets réels et des objets virtuels en même temps, la médiation semi-reflective lui permettant de mixer les deux types de réalité. De nombreuses applications sont déjà anticipées pour la réalité mixte notamment dans le milieu médical où les chirurgiens pourront voir les représentations visuelles de leurs appareils directement sur leur champ opératoire [Goebbels, 2003] ou dans le domaine du design pour concevoir des objets [Fiorentino, 2002]. Dans le domaine militaire, Microvision fournit de nombreux équipements de « situational awareness » aux régiments d'infanteries qui utilisent le terrain de combat comme un écran. Certains imaginent même de donner aux soldats la possibilité de voir à travers leurs équipiers grâce à des caméras placés derrière leurs têtes [Inam, Sekiguchi, Tachi, 2003].



Dans le domaine ludique, de très nombreuses réalisations ont vu le jour, les premières applications de réalités mixtes se concentrant d'ailleurs sur des jeux, comme en témoignent les nombreuses réalisations du MRLab de Yokohama : AR2 Hockey, RV-Border Guards et AquaGauntlet [Ohshima, Satoh, Yamamoto, Tamura, 1998->2000]. Les laboratoires HIT de Washington et de Canterbury ont développé le MagicBook, livre en réalité mixte qui propose à chaque page un environnement narratif kénographique [Billinghurst, 2002]. Ce livre, successeur du projet BlackMagic utilise l'ARToolkit, développé par Hirokazu Kato de l'université d'Osaka. Dans le même genre, Steven Feiner de l'université de Columbia et ses étudiants ont réalisé une interface similaire en Java et ont créé des dispositifs hypermédiés comme le projet MARS [Güven, Feiner, 2002].



La réalité mixte est, avec la robotique, la forme la plus sophistiquée de l'interaction homme-machine. Les applications naissantes dans ce domaine sont souvent spectaculaires notamment dans le domaine de l'interperception: muni de lunettes ad-hoc, on peut voir avec les yeux de quelqu'un d'autres, se voir du point-de-vue d'une autre personne en temps réel. La kénographie situe la puissance computationnelle et crée ainsi l'illusion de l'augmentation, de l'extension naturelle et organique des compétences humaines.

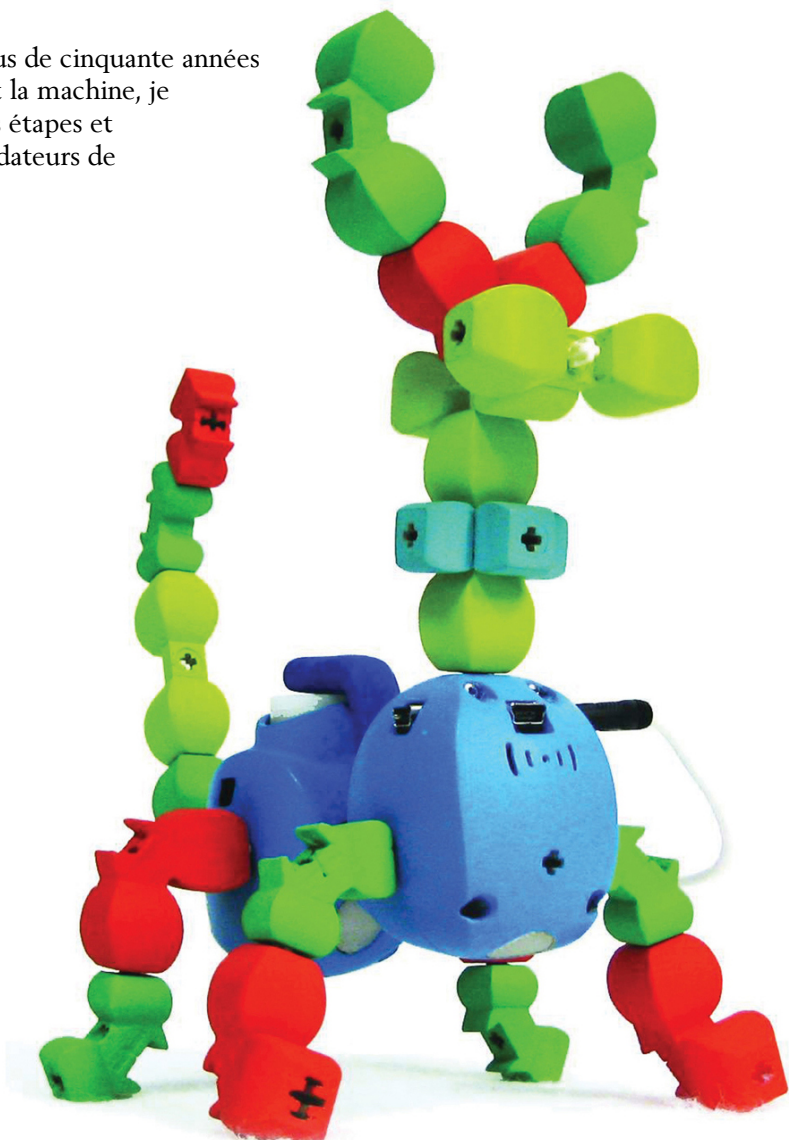
### 2.0.6.3 La robotique

Machine et automate, le robot est un terme employé souvent pour désigner un dispositif plus ou moins autonome, c'est-à-dire capable de gouverner lui-même son action en fonction de différents contextes. Est-ce qu'un Pc de bureau est un robot? Après la blessure narcissique des années quatre-vingt infligée à l'IA notamment par les théories de l'action située [Suchman, 1987], on peut se demander quelle est la signification du concept de robot pour leurs créateurs en 2004. Certainement des machines ultra-complexes, dotées de centaines de capteurs et d'effecteurs très perfectionnés (micro-mécanismes ou Mems) qui souvent tentent de reproduire certaines compétences humaines comme l'équilibre postural (« balanced-legs robots»), les émotions ou la parole comme en leur temps les têtes parlantes de l'abbé Mical.

L'interaction homme-robot est une sous-classe de l'interaction homme-machine ; encore récente du fait de la difficulté d'avoir accès à ces dispositifs expérimentaux. On peut néanmoins souligner qu'un grand nombre de travaux a été effectué avec des robots humanoïdes, c'est-à-dire qui tentent de reproduire la morphologie humaine ainsi que le maximum de ses fonctions. Il existe des robots de toutes formes, et surtout de toutes tailles. Il existe également de très nombreux robots conçus pour évoluer dans des milieux végétaux, aquatiques ou des sociétés animales. Ces dispositifs de pointe, sont développés en France au Laas (véhicules autonomes), au Lrv (humanoïdes, robots-jouets), au Lab (robots-jouets), au laboratoire Heudiasyc (robots volants stationnaires), au Lirmm (robotique médicale, interactions complexes) et également au Lip6 (interaction animal/robot). Des entreprises privées comme le Sony Csl de Paris ou Wany développent aussi des projets de robots ludiques. Aux Etats-Unis et au Japon, de très nombreux laboratoires sont à la pointe de la robotique, on peut citer ceux de Cmu (Robotics institute, Advanced Mechatronics Group), du Mit (BioMechatronics lab, Cognitive machines), ou du Xerox Park (Modular Reconfigurable Robotics) ou encore à l'Atr de Kyoto (Intelligent Robotics lab).

Une autre classe de dispositifs robotiques, dans la lignée des machines automatiques de la cybernétique constitue un sujet très intéressant : les robots immobiles (« immobots »), proposent des dispositifs permettant l'interaction avec toutes les échelles du vivant ou de la matière, depuis l'infiniment petit jusqu'à notre échelle. Les maillages robotiques constituent un domaine d'excellence combinant les avancées dans tous les domaines des nanotechnologies (physique, chimie, informatique). Les structures dépliables, reconfigurables permettront de produire des formes, des objets avec lesquels nous pourrions rentrer en interaction selon des règles que l'on pourra écrire, programmer. Pour l'instant, les interfaces tangibles permettent seulement de programmer des systèmes informatiques ou parfois des objets physiques comme le dispositif Topobo [Raffle, 2004] mais seulement à l'échelle humaine. L'interaction structurelle avec l'infiniment petit nous permettra d'adapter nos interfaces d'une manière plus large, plus riche et créer alors le pendant physique nécessaire aux possibilités kénographiques.

Après ce tour d'horizon de plus de cinquante années d'interaction entre l'homme et la machine, je propose de parcourir quelques étapes et dispositifs expérimentaux fondateurs de l'interaction enfant-machine



## 2.1 Sans l'ordinateur

Les théories d'éducation utilisées dans la littérature IHM sont souvent situées après les Lumières. Des philosophes comme Jean-Jacques Rousseau sont souvent cités pour avoir influencé voire révolutionné la conception de l'enfant (Resnick, Bruckman, Ackerman). Les premiers à avoir mis en pratique ces principes datent du 18<sup>ème</sup> siècle comme Fröbel ou Pestalozzi, suivis ensuite par Montessori, Klein, Lowenfeld, Freinet, Dewey, Freire, Decroly, Claparède ou Ferrière [Houssaye, 1994]. Le point commun de leurs pratiques éducatives est de plonger l'enfant dans un milieu de choses, d'objets spécifiquement créés dans le but d'éduquer les enfants en favorisant le développement créatif et les actes d'apprentissage engageant leurs compétences tactiles, sensori-motrices, corporelles. On appelle cette orientation pragmatique l'école *active*. L'objectif est de créer une sorte d'enveloppe symbolique dont le but est de compléter les compétences naissantes des enfants et des groupes d'enfants plutôt que de leur imposer un système fermé. Privilégier la circulation symbolique comme l'exposait Seymour Papert :

Choisir l'intuition plutôt que l'instruction [Papert 71].

Cette volonté de ne pas noyer les enfants sous un flot symbolique, pour au contraire compléter leur propre perception du monde par celle proposée par la culture intersubjective est une des manières d'appréhender l'interaction. Interaction d'un système symbolique avec un autre, comme plus tard l'enfant devenu adulte et maîtrisant le langage verbal pourra le faire avec ses semblables en articulant des signes (symboles intersubjectifs).

Bien sur, on m'objectera que le Jardin d'enfant de Fröbel n'est pas une machine stricto-sensu. C'est vrai, cependant, en reprenant ma première hypothèse, l'interaction avec des systèmes d'objets techniques est une forme symbolique. Il me semble donc nécessaire d'envisager l'étude de l'histoire de l'interaction entre les enfants et les médiations didactiques et thérapeutiques créées par les pionniers de l'éducation et du soin. Il est vrai également que la machine électrique augmente de manière drastique la complexité de cette opération de production symbolique. Je tenterai néanmoins ce rapprochement entre un système d'objets physiques et une machine électrique sous l'angle de la perception qu'en ont les enfants. Les enfants pensent-ils par exemple que les machines sont vivantes ?

Ainsi, il n'a pas fallu attendre l'image de synthèse pour animer des objets, créer des représentations mimant certains critères humains comme l'intentionnalité. Pendant une longue période de leur développement, les enfants sont réalistes, c'est à dire qu'ils ignorent longtemps l'existence du sujet, l'intériorité de la pensée. Etudier le rapport des enfants et des machines impose de s'interroger sur la nature de la perception des objets techniques et des systèmes machiniques par les enfants.

Pour Piaget, la représentation du monde chez l'enfant passe peu à peu d'une réalité magique à une réalité intersubjective fruit de l'exercice de l'autre [Piaget 47]. A certains stades, les enfants reconnaissent certains systèmes d'objets comme leurs semblable, les dotent d'une conscience, c'est l'animisme enfantin. Il se traduit dans leurs jeux (personnalisation des poupées), mais également dans leurs rapports au monde. Piaget, citant Sully reporte les rituels animistes d'une petite fille qui lorsqu'elle heurtait par hasard un caillou à demi enfoncé dans le sol, le remettait en place pour qu'il ne souffre pas d'avoir été déplacé. Ou bien encore, pour expliquer le mécanisme d'introjection, il reporte le cas de Nel, 7 ans : « j'ai mal là. C'est le mur qui m'a tapé ».

Pour préciser mon cadre théorique, je considère que les machines sont des systèmes capables de réaliser un *mouvement symbolique* sans toutefois leur prêter une intentionnalité. En ce qui concerne cette question, je réfute donc la théorie computationnelle de l'esprit reprenant les thèses de Dreyfus [A Critique of Artificial Reason, 1968] ou celles exposées dans *Women, Fire and Dangerous Things* [Lakoff, 1987], ouvrage qui remet en question les espérances de Newell et Simon, Fodor ou Chomsky.

Dans « un ordinateur personnel pour tous les âges » [Kay, 72] et dans « 5 lectures sur les modèles de processus pour la psychologie » [Papert, 73], les deux auteurs témoignent leur intérêt pour l'étude et la modélisation des processus. De nos jours, la sociologie de l'innovation, les interactionnistes symboliques modernes insistent également sur la pertinence de l'étude des processus d'interaction sociale [Latour, 1987] et considèrent souvent les jouets pour enfants comme un nouveau terrain d'étude de l'intentionnalité que prête l'enfant à la machine [Turkle, 2002].

En reprenant ma deuxième hypothèse, j'emprunterai également une vue biologique de la notion de processus et j'utiliserai l'analogie du processus métabolique pour définir la production du sens, telle que décrite par John Stewart dans ses recherches sur la cognition et la

biologie, notamment à propos de l'autopoïèse chez Maturana et Varela [Stewart, 2003]. Pour moi, l'interaction est donc un processus de signification, de *semiosis*.

Les travaux des pionniers de l'éducation sont également très intéressants car les enfants qui ont été en contact avec ces systèmes d'objets ont développé un lien, une relation à la fois avec les choses et les personnes autour d'eux. Les méthodes de description et d'analyse créées par les différents théoriciens dans ce contexte pourront nous servir lors de l'étude de la relation enfant-machine. Nous manquons encore de grammairiens spécialisés dans l'étude de l'interaction entre l'enfant et les choses, entre les enfants et les objets techniques, machiniques.

La notation de l'interaction est un domaine nouveau, tout comme la grammatisation de l'action et de l'activité humaine en général même si certaines branches de l'informatique et des sciences humaines en ont fait un de leurs objets d'étude. A titre d'illustration, on peut citer les travaux dans le domaine des CSCW (Computer Supported Cooperative Work), des CSCL (Computer Supported Cooperative Learning) ou des CSCP (Computer Supported Cooperative Play). Les méthodes descriptives en sciences humaines comme la psychologie, l'anthropologie, la sociologie, ou encore l'ethnographie, la sémiotique et l'ethnométhodologie amènent depuis une vingtaine d'années des tentatives rafraîchissantes et prometteuses de discrétisation du rapport entre l'homme et la machine.

Enfin, dans le cadre de la description du rapport intime entre l'homme et son outil, il faut également citer tous les travaux dans le domaine de la musique ou de l'artisanat par les théoriciens de l'interaction instrumentale informatique (Rabardel, Beaudouin-Lafon, Derycke) et des épistémologues qui n'ont eu cesse d'exalter les valeurs patrimoniales et créatives de la notation [Di D'Arenzo in Stiegler, 2004]. L'intentionnalité machinique et la description de l'interaction me semblent donc être deux thèmes à retenir lors de notre voyage à travers les différentes époques de l'éducation avec des objets techniques. Le premier thème nous renvoie au stade du miroir cognitif, à la projection de la conscience dans l'altérité et le deuxième à l'interprétation et à la transmission de la pratique avec l'objet, deux préalables ontologiques à la construction d'une « communication appliance » pour les enfants.



## 2.1.1 Les objets techniques des éducateurs

### 2.1.1.1 Les précurseurs

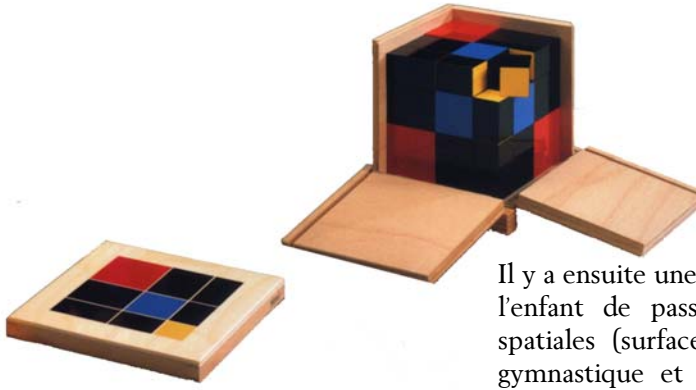
Très inspiré par l'Emile de Rousseau, Heinrich Pestalozzi (né en 1746) introduit le concept d'*éducateur* et conçoit l'enfant à l'école comme un *travailleur social*. Sa « méthode » investit l'enfant d'une très grande autonomie. Pestalozzi brise le ressort du mécanisme qui faisait de l'enfant, depuis des siècles, l'instrument docile de vérification du bien-fondé de théories d'éducation conçues par les adultes. En laissant béant le fossé entre théorie et pratique, il libère la force par laquelle l'enfant pourra faire « une oeuvre de soi-même », et il jette du même coup la base d'une recherche scientifique d'ordre spécifiquement pédagogique. L'éducation fait assurément partie des sciences humaines, mais ce n'est pas une science humaine comme les autres : le rapport dialectique qu'elle entretient avec la pratique, au nom même du respect de la liberté en devenir, lui fait récuser le schéma hypothético-déductif qui préside à la démarche des sciences de l'homme. [Soëtard, 1983].



Successeur de Pestalozzi, Friedrich Fröbel (né en 1782), est l'inventeur du jardin d'enfant. Il a développé de nombreux objets en bois appelés des dons ("gifts"), car ils étaient « donnés » par des adultes aux enfants et permettaient aux enfants tous types de manipulation. Colorés, aux textures variées, ces blocs pouvaient se combiner de différentes manières. Un des premiers dons est une balle en laine de couleur avec un fil. Elle se manipule avec une chanson et des sauts. C'est un jouet qui peut être enfermé dans la main, élastique elle ne blesse pas, mobile elle donne du mouvement, c'est l'objet le plus simple que l'enfant perçoit. Le mouvement est déterminé ou libre, dans son berceau l'enfant la suit des yeux. Il regarde, lance attrape. La mère chante "tic tac" en faisant le mouvement de la pendule, ensuite on la fait tourner autour de quelque chose, "en deçà, en delà", devant, derrière. En rapport avec l'enfant lui-même: "tout près, loin " la balle s'en vient et va. [Moussy, 2004].



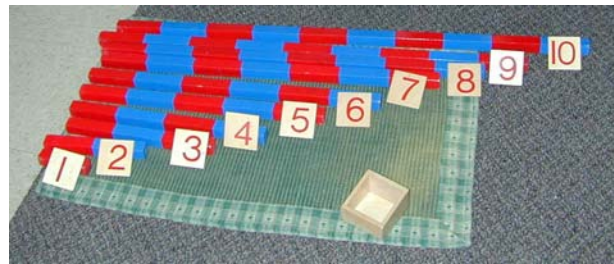




Il y a ensuite une dizaine de dons supplémentaires qui permettront à l'enfant de passer du couple présence/absence à des données spatiales (surface, volume) et également des activités comme la gymnastique et le jardinage. Fröbel s'est souvent confronté aux responsables des crèches de l'époque (appelées « salles d'asile ») car il donnait trop de liberté aux enfants. D'une certaine manière, le « Kindergarten » sont l'ancêtre des environnements technologiques que de nombreux laboratoires cherchent à recréer autour des enfants comme KidsRoom [Bobick, 1996] ou StoryRoom [Alborzi, Druin, Montemayor, & al, 2000].

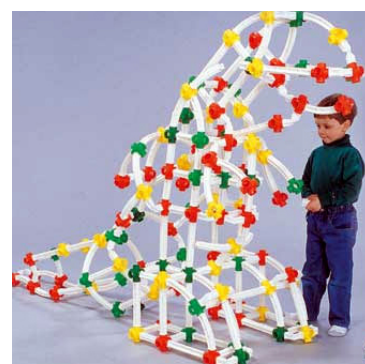
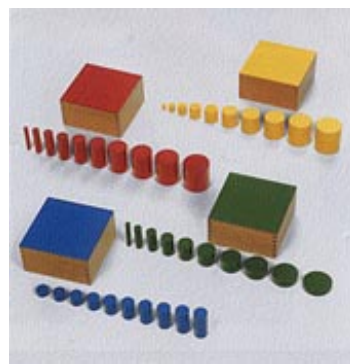
### 2.1.1.2 Les éducateurs au vingtième siècle

Maria Montessori (née en 1870) développe une méthode originale d'éducation ainsi que de nombreux objets pour appuyer sa pédagogie. Elle a une confiance profonde dans l'enfant et un respect sans bornes pour ses capacités à se développer par lui-même.



"Aide-moi à faire seul" est une de ses phrase les plus caractéristiques. La discipline est active, part des faits réels, sans intervention de l'adulte, ou le moins possible. Socialement, l'enfant cherche à aider le plus faible en le respectant, il est lui-même respecté par la maîtresse. Pour Montessori, le matériel a pour but de mettre de l'ordre dans un chaos. Il permet à l'enfant de travailler seul le plus possible, de ne pas être dépendant de l'adulte de son aide ou de son approbation. Il faut qu'il manie volontairement, ce qui permet pour l'éducatrice de faire une observation de l'enfant en confrontation avec une situation bien précise et ainsi mieux connaître ses réactions. [Moussy, 2004]

Son matériel pédagogique est souvent géométrique, coloré, associe des modalités sensibles variées. Le désir d'autonomie de l'enfant est appuyé par Montessori, qui laisse socialement une grande indépendance aux interactions créées par les enfants. Par contre, son matériel d'emboîtement notamment comme la « tour rose » a été critiqué pour ne pas laisser de place aux investissements des enfants.





Ce matériel favorise par contre beaucoup la manipulation, l'association de l'intention et de la main, comme Montessori le décrit dans « L'esprit absorbant de l'enfant ». L'interaction tangible avec le monde est pour elle aussi important que l'intelligence rationnelle pour assurer la stabilité de certaines notions comme le calcul par exemple. Son alphabet mobile (« movable alphabet »), ses nombreux cubes, puzzles, cylindres, tablettes d'encastrement, chiffons, favorisent le développement haptomique, émotionnel, chez l'enfant.



Par la suite, de nombreux éducateurs et théoriciens de l'éducation comme Dewey, Freire, Freinet, Binet ou Decroly insisteront sur la nécessité de l'engagement « actif » de l'enfant, du nécessaire respect de sa subjectivité au sein du système éducatif. Le matériel développé pour ces systèmes d'éducation pragmatiques se fonde sur l'exploration, la découverte. Les objets types sont souvent des éléments de bois géométriques, et également un très grand nombre de matériel de « simulation » qui permet aux enfants de faire comme les adultes, dans le vocabulaire de l'enfant, ces jeux sont souvent appelés « travail ». Ainsi, certains pédagogues comme Freinet distinguent le « travail-jeu » de l'activité ludique traditionnelle. D'une manière générale, l'interaction avec l'objet suit les visées de l'idéologie éducative qui sous-tend toute pratique d'éducation. En ce sens, les écoles « actives » ont été critiquées car la suggestion objectale est toujours présente, l'enfant le plus « libre » sera toujours influencé par les non-dits du système. Toutefois, ces objets pour les enfants sont reconfigurables, manipulables, équilibrent le travail du corps et l'exercice de l'esprit. Les kits de construction et les premières machines pour enfants se sont très fortement inspirés des recherches de ces éducateurs et pédagogues pionniers.

### 2.1.2 Les médiations thérapeutiques

De nombreux psychologues et psychanalystes utilisent depuis longtemps des médiations, des objets dans le cadre de leur pratique psychothérapeutique, notamment dans les thérapies par le jeu appelées aussi ludothérapies. Les pionniers de ce genre de thérapies insistaient sur l'importance de proposer un environnement, un discours à l'enfant comme préalable à une relation. Cette suggestion se traduit souvent par la réalisation d'objets physiques comme le « sandtray » ou bac à sable [Lowenfeld, 1935]. Le jeu avec un objet ou un système d'objet permet à l'enfant de faire l'expérience de la re-présentation ainsi que celle de la re-présentation de la re-présentation. Ce double mouvement est expliqué dans Au-delà du principe de plaisir [Freud, 1920].

Dans sa description de « l'expérience de la bobine », Freud aborde la question de l'articulation entre symbole et signe. Il s'agit d'une expérience au cours de laquelle un enfant pallie le départ et l'absence de sa mère par un jeu de son invention qui consiste à lancer une bobine puis à la ramener à lui par l'intermédiaire d'un fil en prononçant deux mots (en allemand : fort / da : "au loin" / "ici"). On assiste à la construction d'un rapport à quatre termes : présence, absence, apparition, disparition. C'est ce rapport qui fait passer de l'expression symbolique au système de signes qui en apparaît dès lors comme l'explicitation. L'enfant substitue, dans une invention toute personnelle, la bobine à sa mère mais en prononçant les mots de sa langue maternelle, il substitue à la bobine un mot et se place de ce fait dans un ordre qui n'est plus seulement le sien, à savoir l'ordre linguistique (en l'occurrence allemand). C'est cette double substitution (la mère par la bobine et la bobine par le mot) qui assure le passage du symbole de la mère qu'est la bobine au signe de son absence ou de sa présence [Lassègue, 1997].

L'oeuvre de Mélanie Klein doit une grande partie de son originalité au fait qu'elle a été la première à oser appliquer au traitement des enfants les mêmes principes que dans l'analyse des adultes en substituant aux associations de l'adulte les aléas du jeu des enfants. Une telle pratique avec des enfants âgés à partir de trois ans lui a permis de découvrir le monde parfois cauchemardesque de l'imaginaire des enfants, peuplé de bons et de méchants, de fantasmes de dévoration, de matières fécales mais aussi d'amour, de culpabilité, de sentiments dépressifs et de grandes peurs pour soi et les autres. Elle a cherché à rendre compte de la complexité de la vie fantasmatique des petits enfants. Le matériel thérapeutique utilisé par Mélanie Klein permet à l'enfant d'associer librement, d'investir les objets qui l'entourent pour mettre en scène, exprimer une réalité intérieure, créer un lieu symbolique externe. C'est sur la base de ces réalisations bi-dimensionnelles (dessin) et tri-dimensionnelles (cubes, jeux de construction, modelage) qu'elle peut initier une relation transférentielle avec l'enfant.

Anna Freud s'opposera en partie aux pratiques ludothérapeutiques de Mélanie Klein, notamment en ce qui concerne leurs différences d'appréciation de la présence de l'analyste lors du jeu de l'enfant qui selon Klein perturbe le jeu et cette perturbation doit être interprétée dans la relation transférentielle. Une fois de plus, la suggestion, la configuration symbolique préalable à tout système dans lequel l'enfant est inclus, est un sujet qui prête à débat, un peu comme celui initié par Illich dans les années soixante-dix, doit-on influencer l'enfant en le situant dans une école ?

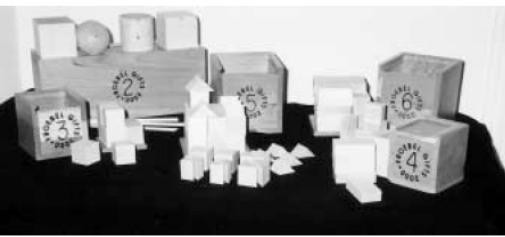
Pédiatre et psychanalyste, Donald Woods Winnicott est une grande figure de la psychanalyse britannique. Sa contribution au mouvement analytique consiste en une exploration originale de la relation mère-enfant. Ses travaux, issus de Mélanie Klein s'en éloigneront et reconnaîtront la fonction de l'objet externe et l'influence de l'environnement primaire. Il insistera sur le « tenir » : le holding et le handling. C'est en 1951, dans un article qui fait date, que Winnicott accomplit sa découverte théorique majeure : le phénomène transitionnel. Il correspond au moment où l'enfant sort de l'illusion de pouvoir créer l'objet de son désir, illusion engendrée et entretenue par la bienveillance maternelle qui va toujours au-devant des attentes supposées du nourrisson et du bébé. L'enfant surmonte cette désillusion à l'aide d'un objet quelconque mais irremplaçable (pouce, peluche...) par lequel il crée entre lui et le monde l'univers du jeu. Si l'objet élu est destiné à être abandonné avec l'âge, l'espace potentiel qu'il décrit ne disparaît pas : contrairement à l'espace des choses auxquelles nous devons nous adapter, il est le lieu des objets qui dérivent de notre imagination, l'espace de tout acte créateur.

### **Le « squiggle game »**

Sa technique du "squiggle game" ou "griffonnage" par exemple est restée célèbre : l'adulte et l'enfant proposent et interprètent tour à tour des "gribouillis" librement dessinés sur une feuille blanche. Le "squiggle game" est une technique projective qui instaure une intimité entre patient et thérapeute, et qui établit une aire de jeu entre eux deux. Le thérapeute fait un gribouillis et demande à l'enfant de le transformer, d'en faire quelque chose. Ensuite c'est l'enfant qui fait un gribouillis, et le thérapeute complète. En général, le jeu évolue vers le détail significatif qui permet d'atteindre la zone de conflit, le point de détresse. A chaque fois qu'il approche de cette zone de détresse, l'individu se surprend lui-même à être très angoissé. S'opère alors un changement qualitatif dans l'expression, dans le matériel psychique. Il est arrivé à Winnicott de voir un enfant tous les 6 mois, ou tous les ans. La séance peut durer 2 ou 3 heures.

Il existe donc, dans le « squiggle » de Winnicott, une forme de symbolisation primaire qui ne se conçoit que grâce à l'activité transitionnelle, à cette « aire intermédiaire » qui se situe entre le dedans et le dehors. Ceci veut dire que cette première forme de symbolisation peut échouer, soit du fait du sujet lui-même, soit du fait des objets. L'activité de représentation et de symbolisation primaire est une activité intersubjective qui est subordonnée à certaines conditions de l'intersubjectivité. [Rabain, 2002]. On voit bien ici comment Winnicott place l'interaction avec l'objet au centre du système thérapeutique, le dessin est une médiation technique entre lui et l'enfant. Pourtant, elle n'est pas l'unique élément permettant le soin, elle facilite la communication et l'expression symbolique.

### 2.1.3 Les kits de construction



Les kits de construction, des jouets dont le but est d'assembler ou de construire des modèles physiques ont une place importante dans l'histoire de l'éducation. Ces objets permettent aux enfants de construire des modèles en trois dimensions et d'apprendre à travers une expérience tactile. Eisenberg et Gross, citant Sutton-Smith reportent que les premiers kits sont probablement les « Locke's blocks » , un jeu de blocs alphabétiques popularisés par le philosophe anglais du même nom dans le courant du 17<sup>ème</sup> siècle. Ils citent également Brosterman qui reporte cette histoire célèbre à propos de l'architecte Frank Loyd Wright qui raconte comment il a développé ses compétences de designer dès sa plus tendre enfance lorsqu'il jouait avec des blocs de constructions appelés des « gifts » associés à Friedrich Fröbel.



Les premiers jeux de construction apparaissent dès 1790. Il s'agit de jouets de papier, peu coûteux : à partir de grandes feuilles de papier épais sur lesquelles sont reproduits des dessins colorés, les enfants réalisent, par découpage et collage, des jouets. Les enfants pauvres peuvent ainsi réaliser les poupées et soldats qu'ils ne peuvent s'offrir. Face au succès de ces jeux, les imageries doivent renouveler les thèmes ; moulins à vent, véhicules, villas, théâtres, reproduction de monuments célèbres (Tour Eiffel, Statue de la Liberté)... sont alors édités, principalement par l'Imagerie Pellerin à Épinal (France), l'Imagerie de Wentzel à Wissembourg (Allemagne) et Otto Maier à Ravensburg (Allemagne). Les mécanismes astucieux, introduits par la suite, permettent de mettre en mouvement ces jouets. Par exemple, l'écoulement de sable sur les ailes d'un moulin produit une énergie suffisante pour les faire tourner [Vandroux, 2001].



En 1879-1880, l'un des disciples de Fröbel, Adolph Richter, met au point la première "Anker-Steinbaukasten". Conscient de l'intérêt de la forme cubique dans l'éducation des enfants, son jeu est composé de 328 briques de sable, craie et huile de lin, de formes, couleurs et dimensions diverses. Répondant à une volonté de réalisme, les modèles à réaliser sont très proches de l'architecture de l'époque. Suite à la découverte par Engelman, en 1837 à Paris, de la lithographie, ces cubes peuvent être pourvus d'images. A partir de ce moment, l'offre en jeux de construction ne cesse de s'accroître. Les grandes mutations de l'architecture, qui font suite aux travaux d'Hausmann, influencent les fabricants de jouets. Les coffrets proposés, alors "composés d'éléments de bois de pitchpin et de portes et de fenêtres en carton", permettent à l'enfant de réaliser des constructions dignes de réalisme : cathédrale de Chartres, Panthéon... Parmi les jeux les plus illustres de cette gamme, on retrouve le "Jeu de l'Architecte", et "l'Edifice" des Etablissements Méricant, qui remporte le Diplôme d'honneur à l'exposition internationale des arts décoratifs et industriels modernes en 1925 [Vandroux, 2001].



Dans les années cinquante, plus de 250 kits de constructions étaient disponibles à la vente aux Etats-Unis [Britton, 2003]. Les plus connus sont certainement les Lego firme fondé en 1934 par Ole Kirk Christiansen et son fils Gottfried. Le nom Lego provient des mots danois "LEg GODt" signifiant "Bien jouer". Ces kits proposent de nombreuses variantes : ils peuvent s'empiler (Archiblocks, Richter's Anchor blocks, Lott's Bricks), s'encastrer (Lego, Betta Bilda, Block City et American Bricks), sont en bois (Dometo), en plastique (Baiko), en caoutchouc (Minibrix) et même parfois en matériaux réels (Brickplayer, Teifoc, Arkitex, LincolnLogs). Certains kits proposent même de fabriquer ses propres matériaux avec de la poudre et de l'eau comme les Linka. Ces derniers kits m'intéressent particulièrement puisqu'ils ne sont pas une simple simulation, ce sont des kits réflexifs, qui permettent en plus de fabriquer ses propres pièces au niveau morphologique et pas simplement au niveau combinatoire, en assemblant des pièces préconstruites. On retrouve cette distinction au niveau des logiciels programmables par les enfants, certains permettant seulement de combiner certains éléments, d'autres au contraire proposant aux enfants de construire eux-mêmes leurs composants comme Squeak par exemple.







De nos jours, les Knex, Geomags, Zoometools, Ramagon, Zoob, Toober & Zots, Kapla, Megabloks, Capsela, Meccano, Wader-Wozniak permettent de créer des formes avec des éléments magnétiques, composés de matières innovantes, capables de se déplier, de se reconfigurer permettant parfois même de créer des dispositifs fonctionnels comme la Super Saxoflute de Quercetty. Ce kit propose différents éléments en plastique, certains qui structurent et d'autres qui possèdent des fonctions comme une anche ou un cornet acoustique. Par assemblage simple, les enfants peuvent créer de nombreux instruments de musique à vent.

## ***2.2 Les machines électroniques et les enfants***

Avec l'apparition des premières machines légères comme le PDP-11 de Digital, les années soixante ont favorisé l'émergence rapide de pratiques d'enseignement assisté par ordinateur. En généralisant un peu on peut opposer deux styles à l'époque.

En premier lieu les adeptes de l'apprentissage par essai/erreur issu des travaux de l'éthologue Thorndike au début du siècle. On parle alors d'enseignement programmé dont le cadre de référence et les théoriciens sont souvent behavioristes comme John B. Watson, Burrhus F. Skinner, et Norman A. Crowder qui enseignent le conditionnement et le renforcement. On parle également d'enseignement microgradué.

Les premiers didacticiels (logiciels « Drill and Practice ») procurent à l'apprenant une réponse, un feedback immédiat. Cependant, ces machines qui sont la continuation des machines à apprendre mécaniques comme le moniteur à tâtonnements de Sidney L. Pressey souffrent de nombreux défauts comme le souligne Mutien-Omer Houziaux dans son livre *Vers l'enseignement assisté par ordinateur* [Houziaux, 1972]. Les nombreux modèles qu'il présente comme le Konzept-O-graph, l'Honor Teaching Machine ou l'Autotutor Mark II sont des modèles de « dressage social », ont une pédagogie proche du conditionnement opératoire. Cependant, et malgré leur évidente rationalisation du processus d'apprentissage, leur rendement maximal de l'investissement pédagogique, ces dispositifs développeraient la performance au détriment des compétences, critique que l'on adresse souvent aux jeux vidéos.

Comme le souligne Papert dès le début de ses travaux lors de son retour de Suisse à propos de la question du *shaping*.

« Should the computer program the kid, or should the kid program the computer? » Papert, 1968

On peut rapprocher cette exigence primordiale de Papert avec les différentes théories de la suggestion de Messmer à Watzlawick: quel est la nature du biais induit par l'instruction, l'injonction formelle ?

L'autre tendance des années soixante reprend les thèses constructivistes de Piaget et les théories développementales d'orientation psychanalytiques. Cette tendance critique le béhaviourisme qui refuse toute subjectivité, se fondant sur l'objectivité pure de la science, et sur la toute puissance de la raison. Une autre critique courante concerne la *modélisation* de l'enfant, i.e. sa réduction formelle, objective à celui d'un *apprenant* dépourvu de toute originalité. Au contraire, les théories affectivo-constructivistes tentent de préserver au maximum les potentialités des enfants, poussant parfois leurs fantasmes jusqu'au point où l'école même serait superflue [Illich, 1970].

Les travaux de Seymour Papert, élève de Piaget, et de Alan Kay, s'inspirent plus de cette dernière catégorie, il se nomment *constructionnistes*. Ce courant, proche du constructivisme (Piaget, Bruner) accorde une large place à la simulation technologique dans les processus d'apprentissage [Ackermann, 2002]. Ces théories replacent l'enfant au coeur du processus, investissant bénéfiquement la richesse de sa subjectivité comme sa faculté à se tromper ou à détourner le matériel pour se l'approprier. De nos jours, l'apprentissage par l'erreur [Schank, 1997], l'apprentissage situé [Lave et Wenger, 1991], le détournement [Inkpen & Mandrik, 2000] ou encore les interfaces se fondant sur le concept de sérendipité, l'art de trouver ce que l'on ne cherche pas [Gaver, 2003] insistent également sur l'importance de l'ambiguïté, du contexte et de l'erreur pour favoriser la créativité.

## 2.2.1 Les machines des pionniers

### 2.2.1.1 Seymour Papert

Né à Pretoria en Afrique du Sud dans les années vingt, il étudie les mathématiques à Cambridge dans les années cinquante puis travaille avec Jean Piaget à l'université de Genève pendant cinq années jusqu'en 1963. Il part ensuite au Mit pour fonder avec Marvin Minsky le laboratoire d'intelligence artificielle. En 1967, il écrit avec

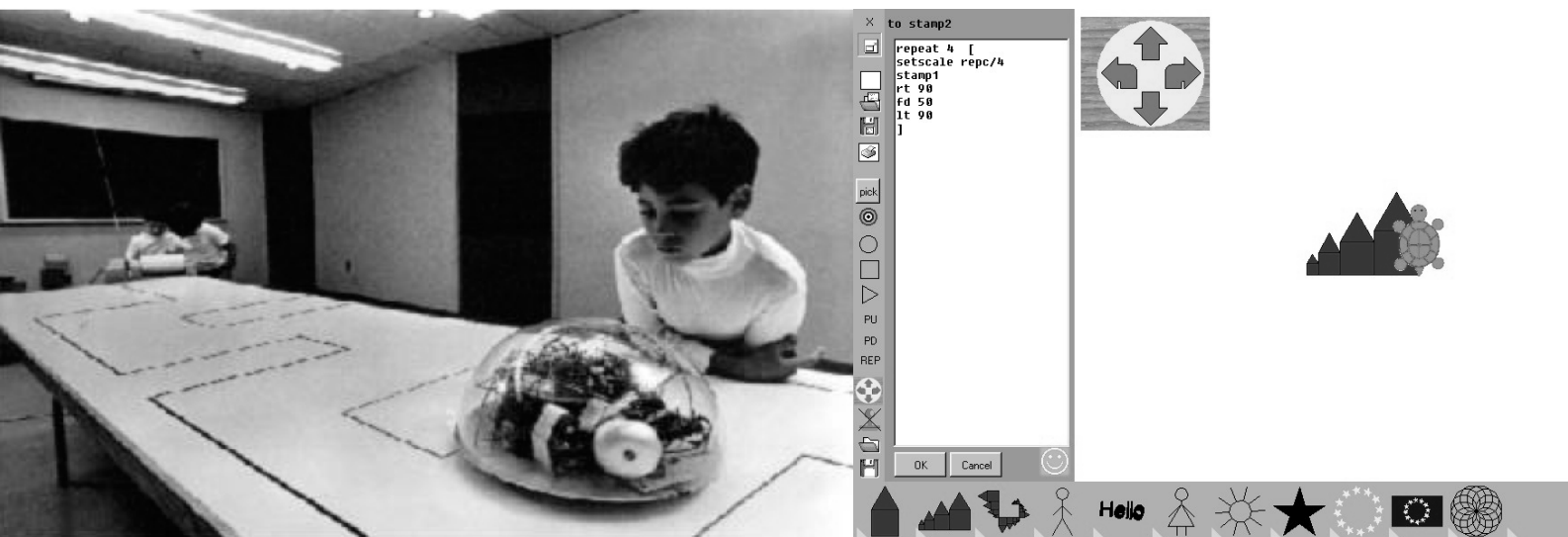
Wally Feurzeig une version allégée du langage de programmation Lisp qu'il nomme Logo. Au début des années soixante-dix, son équipe publia de nombreux rapports de recherches (« logomémoros ») dont certains sont encore disponibles aujourd'hui sur la bibliothèque numérique de l'Acm. Le langage Logo, est un dialecte simple qui permet aux jeunes enfants de faire de la programmation visuelle, à l'aide de la métaphore de la tortue [An Anthropomorphic View of the Computer, Solomon, 1978]. Voici un exemple de code Logo qui produit un carré :

```
FORWARD 100
LEFT 90
FORWARD 100
LEFT 90
FORWARD 100
LEFT 90
FORWARD 100
```

On peut aussi l'écrire sous cette forme factorisée :

```
REPEAT 4 [FD 100 RIGHT 90]
```

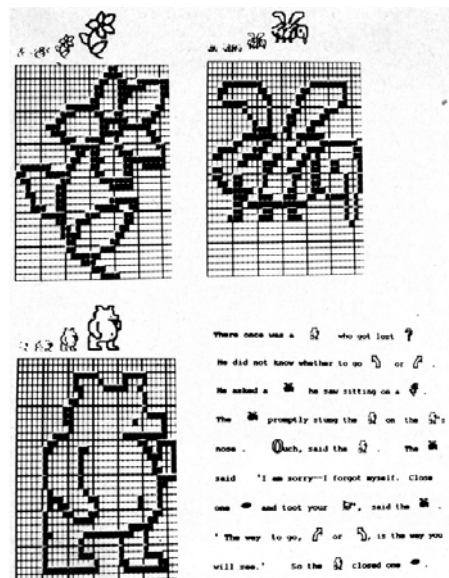
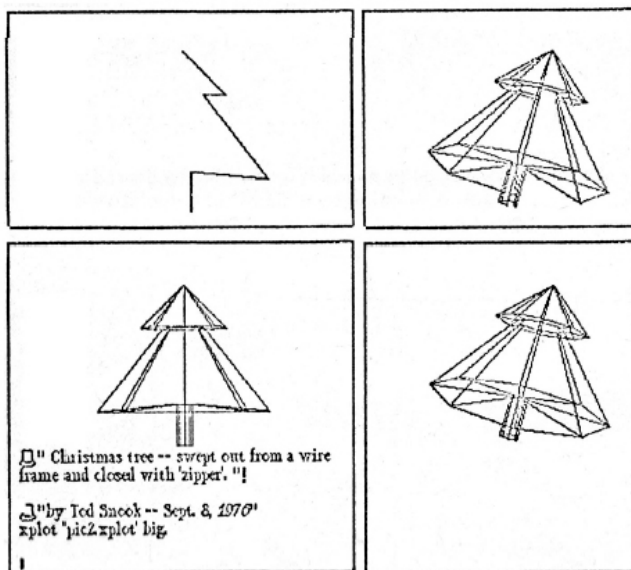
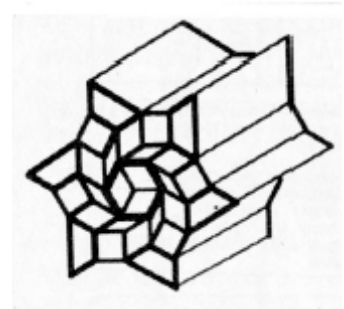
Des formes beaucoup plus complexes peuvent être programmée en Logo, on peut également créer des boucles imbriquées, définir ses propres mots (groupes d'instructions ou procédures) et également inclure des paramètres dans les programmes, pour pouvoir rentrer en interaction avec le dispositif informatique. Cette dernière possibilité rendra possible la création d'interfaces d'entrée de données physiques comme des tortues robots. Ces appareils permettaient aux enfants de programmer directement en déplaçant un objet physique puis simuler son fonctionnement ou lui permettre de se déplacer conformément au programme [BBN, 1968]



Le logo-mémo numéro 5, intitulé NIM: A game playing program, propose la construction d'un jeu d'allumettes par les enfants. Plus tard, Papert demandera à des étudiants de travailler sur la conception d'un jeu vidéo par les enfants eux-mêmes [Evard, 1996]. Dans les années quatre-vingt, Papert expose sa théorie des micromondes (« microworlds ») dans son livre Mindstorms. Le micromonde est un environnement d'apprentissage ouvert, favorisant la découverte et l'apprentissage concrets. Depuis, il développe surtout des projets avec ces étudiants comme RoBallet décrit en 2.2.2. Il tente également d'évaluer l'utilisabilité des systèmes à l'aide du concept de HardFun [Papert, 2003]. Ses travaux sont maintenant continués par Mitchel Resnick, très inspiré par sa vision et ses théories constructionnistes. Dans les années soixante, Papert a également inspiré un jeune chercheur en informatique de l'université de l'Utah, Alan Kay.

### 2.2.1.2 Alan Kay

Etudiant en mathématiques et en biologie moléculaire au début des années soixante, il choisit d'effectuer sa maîtrise et son Dea dans un domaine très récent à l'époque, la « computer science », discipline présente dans son université grâce au prosélytisme de l'Arpa pour favoriser la reconnaissance universitaire de l'informatique. Elève brillant, il bénéficie de l'incroyable élan créatif animant les laboratoires de son époque. Auteur ou co-auteur de nombreux projets décisifs dans l'histoire de l'informatique, Kay débute ses recherches en créant le proto-type de l'*ordinateur personnel*. Cette machine dénommée « The reactive engine » utilise le langage Flex, elle est programmable par ses utilisateurs, elle possède une interface graphique avec plusieurs bureaux, une souris, un clavier et une tablette graphique.



Le langage utilisé a été créé par Ed Cheadle et lui même, c'est un langage objet, qui aura pour descendant le célèbre Smalltalk, dans les années 70 plus connu maintenant dans sa version libre pour les enfants appelée Squeak ou dans sa version 3D appelée Croquet. A propos de l'influence de Papert sur son travail, Alan Kay déclarait :

« J'ai longtemps utilisé l'analogie entre la littérature imprimée et le langage Logo. Lorsque je designais le Flex, j'ai cru que les utilisateurs devaient programmer leur machine pour se l'approprier réellement, mais ici j'avais une vraie démonstration, avec des enfants ! La faculté de « lire » un medium signifie que l'on peut accéder au contenu et aux outils générés par les autres utilisateurs. La faculté de « lire » un medium signifie que l'on peut soi même créer du contenu et des outils pour les autres. On doit posséder les deux pour être cultivé. En littérature, les outils que l'on crée sont rhétoriques ; ils démontrent et persuadent. En informatique, les outils que l'on crée sont des processus ; ils simulent et décident. » [Kay, 1990].

La mythologie informatique est riche en liens de parenté conceptuels, ainsi dans la lignée du « reactive engine », Alan Kay conçu un jour un nouvel ordinateur, plus petit, plus léger, à destination des enfants : le Dynabook.



Alors qu'il était en avion, de retour d'une visite chez Papert, il se souvint d'Aldus Manutius, imprimeur vénitien qui fût un des premiers à créer le livre dans son format actuel [Doman, 2001]. Manutius étalonna ses premiers prototypes en mesurant les sacoches qu'on mettait sur les chevaux, qui étaient le moyen de transport de l'époque. De manière similaire, Kay eut l'idée d'un "book-sized computer that the user, especially children, could use in place of paper" [Gasch, 2001], qu'il nomma "personal dynamic medium" [Johnstone, 1999].



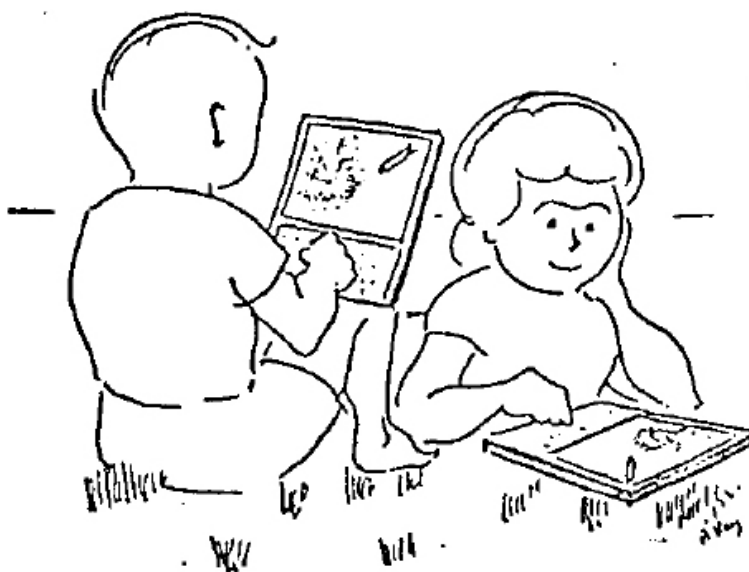
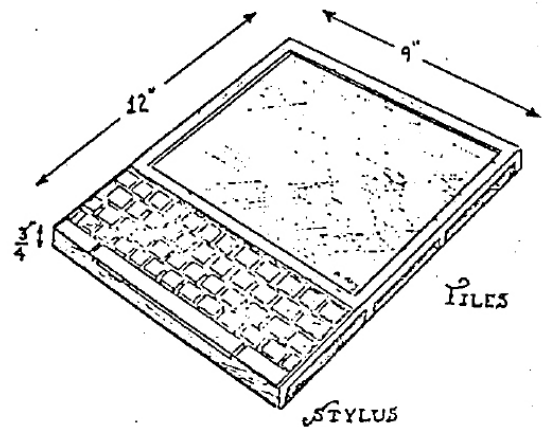
Ce dispositif léger, monobloc, possédait un clavier et un écran lisible à la lumière du jour, et devait permettre aux enfants d'être utilisé en toutes circonstances. Kay ne fabriquera que des prototypes (« mock-ups ») évaluant le form factor, mais beaucoup attribuent l'invention de l'ordinateur portable et du tablet-pc à Alan Kay et son Dynabook (Levy, Wilson).

Au début des années soixante-dix, il rejoint le Xerox PARC, et présente sa vision d'une technologie appelée BOOK (« Basic organisation of knowledge ») qui résumait ses travaux à propos de Flex et du Dynabook. Il insista notamment sur le fait qu'il faudrait éviter particulièrement de conserver par mimétisme les formes anciennes du medium comme ce fût le cas pendant des décennies après l'introduction des presses à imprimer, il prônait l'*innovation radicale*. Peu après sa présentation, deux ingénieurs du PARC (Chuck Tacker et Butler Lampson) demandent à Kay l'autorisation de construire le Dynabook. Il fabriqueront alors l'Alto, ordinateur similaire à nos machines actuelles et qui servira de base au Lisa, le premier ordinateur d'Apple sorti en 1979 [Muller-Prove, 2002]. Une autre machine naîtra de cette rencontre, le Grid, qui introduisit le concept de « clamshell computing » très répandu aujourd'hui dans les téléphones mobiles.

∴ The Dynabook

"I wish to God these calculations were executed by steam!"  
Charles Babbage (age 19)  
ca. 1803

"The Analytical Engine weaves algebraic patterns, just as the Jacquard Loom weaves patterns in silk."  
-Ada Augusta  
Countess of Lovelace





Alan Kay a ensuite travaillé chez Apple, Atari, Disney et est actuellement chercheur chez HP Labs ainsi que dans sa société qui s'appelle Viewpoint Research. Ses projets se concentrent sur OpenCroquet, plate-forme logicielle libre pour les enfants. Cette interface possède un graphisme proche du jeu vidéo (mixant la 2D et la 3D) et permet aux enfants de pro-grammer très simplement. Idéalement, Croquet permet aux enfants de faire du « late binding », mode de programmation favorisant l'interaction avec le programme au moment même de l'écriture du code, un peu comme chez Peter Wegner [Why Interaction Is More Powerful than Algorithms, 1997].

Les éléments développés par les enfants sont nommés eToys. L'un d'eux permet de faire de la modélisation 3D en extrudant une forme 2D très simplement, comme dans Smooteddy et Teddy qui eux sont écrits en Java [Igarashi, 1999->2001]. Un autre eToy propose aux enfants de créer une forme qui une fois associée à un moteur musical permet de créer très facilement un instrument de musique.

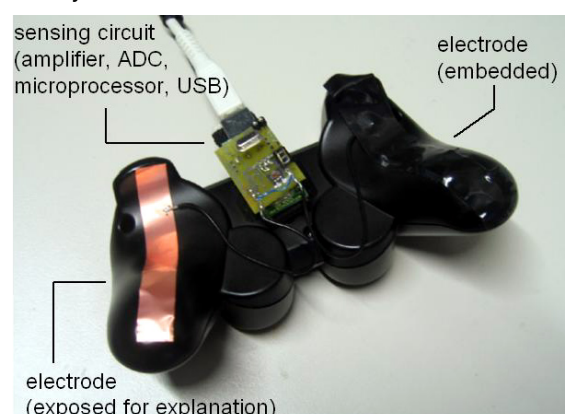
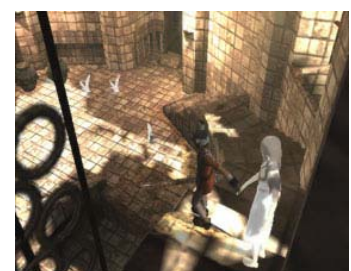


### 2.2.2 Les jeux vidéos

Pour la psychologie expérimentale, les sujets ont tendance à régler leur conduite en fonction des différentes situations auxquelles ils sont soumis et n'agissent de façon similaire dans deux contextes distincts que par analogie perceptivo-motrice. Ce mécanisme est tout à fait sensible dans le jeu vidéo où la prégnance des références visuo-spatiales sur les verbales rend ces processus de régulation sensori-moteurs presque visibles et explicites [Lenay, 2003]. De même, les spécialistes des techniques d'analyse projective montrent combien le terrain sensori-moteur peut constituer un espace d'expression riche et personnel comme le prouve l'interprétation psychanalytique des kinesthésies dans le Rorschach [Chabert, 2003]. Dans Polysensorialité et systèmes sensori-moteurs, des spécialistes en sémiotique visuelle décrivent cette narration très spécifique dans l'oeuvre de Garouste [Nouveaux actes sémiotiques, 2003]. On voit donc dans ses trois exemples comment l'interaction avec l'image est toujours située dans un contexte de signification patent, conscient, et en même temps dans un contexte sensori-moteur, corporel, transmodal. Cette double nature de l'interaction avec la machine fait des jeux vidéo l'objet d'étude de nombreux psychologues et psychanalystes [Stora, Tisseron, Gaon, 2004].

La transmodalité narrative des jeux vidéos (motrice et ludique) permet de considérer l'interaction avec la machine sous un angle particulier comme dans le jeu Ico, où le retour de force de la manette (« force feedback ») est un élément de la narration, possède une signification : les battements de coeur de votre partenaire de jeu sont exprimés par la vibration adéquate de la manette. La mise en scène du conflit, l'ambiguïté narrative peuvent alors exploiter toute la richesse symbolique de l'homme, précieux mélange de contingences sensori-affectivo-motrices et de processus cognitifs complexes. Certains pensent d'ailleurs que cette plasticité expressive mêlée à leur large diffusion populaire feront des jeux vidéos le prochain Art majeur dans le futur [Natkin, 2004].

Les dispositifs d'interaction que possèdent les consoles et les dispositifs de jeu vidéo actuels sont d'un très haut niveau technologique comme la EyeToy de Sony (fabriquée par Logitech) qui donne accès à des millions d'enfants des technologies de vision par ordinateur réservées aux militaires il y a encore quelques années. Le laboratoire de recherche de Sony qui développe la Playstation travaille d'ailleurs de très près avec la communauté IHM internationale, notamment grâce à Jun Rekimoto, chercheur très créatif, qui travaille en ce moment sur les manettes de la prochaine console



Sony. Simplement en tenant cette manette dans les mains on pourra savoir avec précision le nombre de pieds du joueur qui sont en contact avec le joueur [Rekimoto, 2004]. Ainsi, si le joueur marche,



ou saute, son personnage à l'écran fait de même, ce qui permet d'engager le corps dans l'interaction avec la machine d'une manière beaucoup plus large qu'en le forçant à cliquer sur des boutons. De même, de nombreuses interfaces tangibles permettent d'engager le corps dans l'interaction, d'incarner l'interaction [Dourish, 2002] comme le jeu Donkey Konga qui se joue en tapant sur un tambour relié à la console, associant du son, des couleurs et des gestes pour créer un gameplay, une expérience ludique transmodale.

Enfin, de nombreux laboratoires de recherche en jeu vidéo misent sur l'immersion, terme qui recoupe à la fois la capacité à se projeter dans une histoire et la réalité des dispositifs du type CAVE, ou parfois, mais



très rarement, quelques expérimentations de dispositifs de réalité augmentée et de réalité mixte comme AR Quake par exemple [Thomas, 2000]. Ce terme est discutable car il n'est pas à mon sens centré sur le joueur mais sur le dispositif. Pour filer la métaphore, je dirais qu'on vante l'immersion sans parler des paliers de décompression. Ces étapes permettent au corps de se confronter avec la réalité immersive, pour au final, pouvoir la quitter sans risque. Quels sont ces paliers intellectuels et physiologiques qui permettront de s'immerger en conservant notre libre arbitre ? Je ne rentrerai pas dans ce débat ici, mais il me semble important de traiter les jeux vidéo avec la même exigence que les autres médias car leur pouvoir d'information et de suggestion est tel qu'ils pourraient devenir aussi puissant et crédibles que la télévision dans les prochaines années. Et pour citer mon directeur de Dea qui aime bien cette comparaison : si Orson Welles était né en 2020, et qu'il eut alors créé « la guerre des mondes online », son canular aurait tout aussi bien fonctionné [Natkin, 2004].



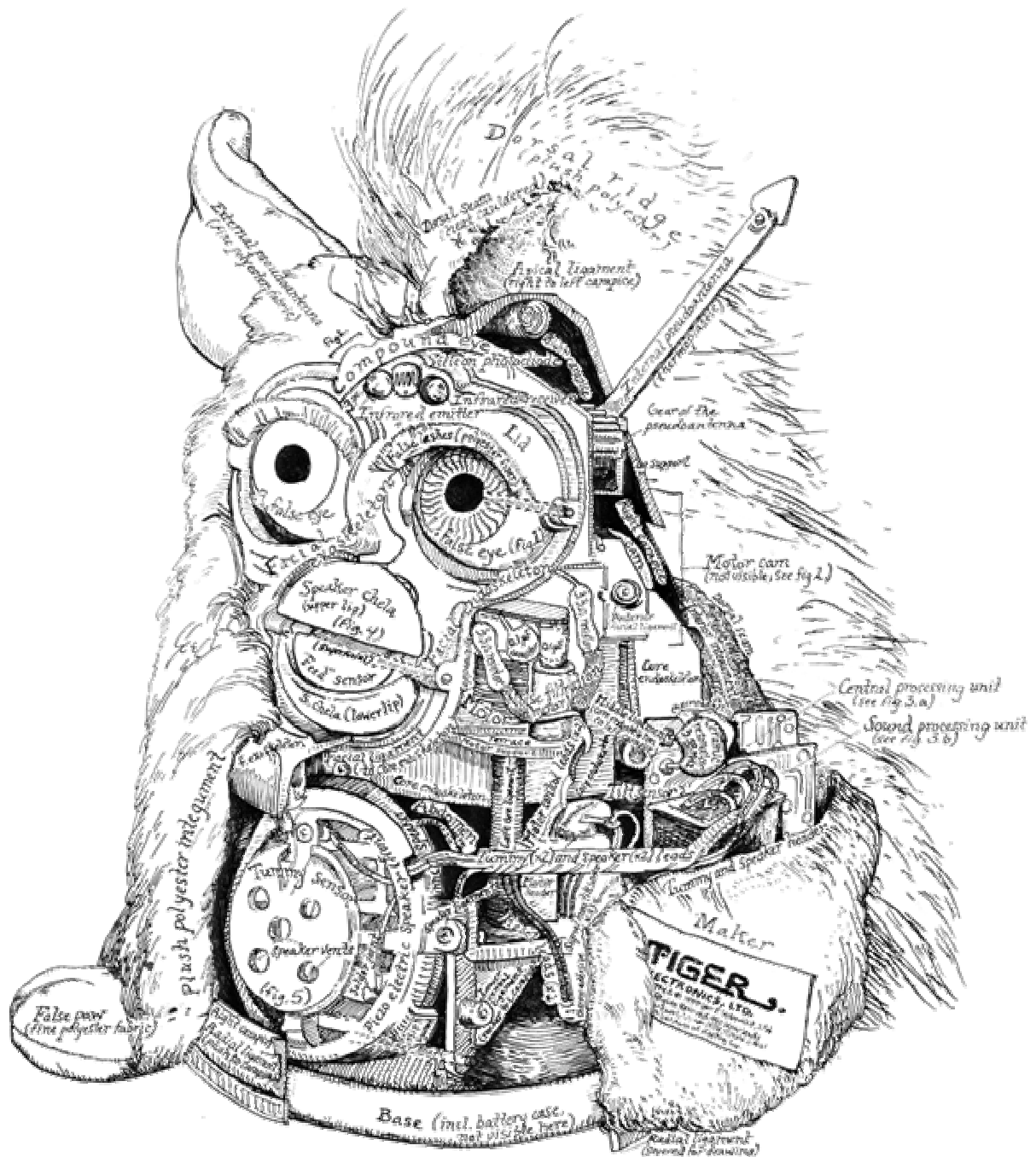
### 2.2.3 Les jouets électroniques

Depuis une dizaine d'années, un grand nombre de jouets pour enfants intègrent de l'électronique. Le but de ce mémoire n'est pas d'en faire l'inventaire exhaustif, cependant, à titre d'illustration, je présente ici quelques dispositifs. Historiquement, c'est peut être le Furby qui a été le premier jouet électronique de masse, il s'en est vendu plus de 12 millions la première année (1998). Ce petit animal poilu est un compagnon numérique pour les enfants, certains sociologues pensent même que c'est l'animal de compagnie idéal





pour les enfants qui habitent en ville [Tremel, 2001]. Contrairement à un vrai animal, il ne demande en effet aucune nourriture, ni aucune préoccupation hygiénique, n'agressera pas son propriétaire car son programme l'en empêche. Laurent Tremel souligne également le fait que ces objets "présocialisent", en quelque sorte, les enfants à l'usage des objets actuellement utilisés par les adultes, au travail ou à la maison [Tremel, 2001]. Ci-dessous, une coupe anatomique du dispositif :



Dans la lignée du Furby, un grand nombre d'animaux électroniques, appelés souvent robots sont sorti sur le marché pour concurrencer notamment les chiens Aibo de Sony. A noter que ces poupées et animaux électroniques ont été souvent détournés (« hackés ») par les étudiants en informatique comme « Talk-With-Me Barbie » et Microsoft Barney [Dourish, 1999]. Le Furby est également un dispositif très utilisé pour les détournements artistiques [Heaton, 2003].

Les firme américaine LeapFrog et Neurosmith proposent de nombreux jouets électroniques orientés vers l'interaction entre l'enfant et la machine, issus parfois de partenariat avec des équipes de recherches en IHM comme dans le projet AnimalBlocks [Druin, 2000]. Ces deux entreprises ont produit des jouets très intéressants, LeapFrog a d'ailleurs récemment ouvert une filiale en France. Un de leurs produits nommé Le Tambour Magique (Learning Drum) permet aux enfants dès six mois de faire apparaître les lettres de l'alphabet et les chiffres en tapant sur la partie supérieure d'un tambour munie de led sous la surface. A chaque fois que l'enfant tape, une lettre ou un chiffre apparaît associé à une couleur et un son (celui de la lettre ou du chiffre). Les Phonics Tiles de Neurosmith permettent quand à eux de composer des mots que le système prononce en appuyant sur un bouton. Dans ces deux dispositifs, on associe plusieurs modalités (motrices, sonores, visuelles) avec l'acquisition d'éléments du langage.

Dans un autre genre, la société Intel proposait encore récemment le Digital Blue QX3, microscope électronique doté d'une prise Usb pour le connecter à son ordinateur. Succès énorme pour ce dispositif initialement prévu pour les enfants mais qui fut rapidement détourné par les joailliers et les naturalistes puisqu'il permettait de grossir 200 fois un objet pour moins de 100 euros. De nombreux autres dispositifs se branchent directement sur l'ordinateur comme le jardin enchanté (« Ellie's enchanted garden ») de Zowie Entertainment, rachetée depuis par Lego. Cette entreprise issue de la recherche en informatique (spin-off de feu Interval Research) proposait une interface tangible qui permettait aux enfants de raconter des histoires en bougeant des pièces (« pucks ») captées par le procédé de résonance électro-magnétique [Verplank, Piernot, 1999]. Ces dispositifs ont eux aussi été détourné par des étudiants en informatique pour réaliser des prototypes [Patten, 2002].

Les firmes de jouets françaises comme Smoby, Berchet ou Lansay proposent également de nombreux jouets intégrant des petits microprocesseurs (4 ou 8 bits) comme Lilou Rêve, Miss Lansay, Théo Mon Petit Garçon à Moi, Le poupon interactif ou encore Cat-Web ou Lucky LadyBug. Cependant, ces produits restent en général très orientés vers le jeu de faire semblant et le conditionnement social plutôt que vers l'exploration sensori-motrice et la créativité.

### ***2.3 Les nouvelles interfaces***

Depuis quelques années, la puissance des microprocesseurs ne cesse d'augmenter. Comme le fait remarquer Hasbro en homepage de son site Internet, un Furby est plus puissant que l'ordinateur qui était placé dans le premier module lunaire. Les ordinateurs modernes sont tous équipés de circuits d'accélération 3D, ainsi que les consoles de jeu et mêmes certains téléphones portables (ATI Imageon, nVidia GoForce). Parallèlement, les composants électroniques se miniaturisent de plus en plus et grâce à la standardisation, un chercheur en informatique peut réaliser lui même des prototypes de périphérique intégrant de l'électronique. De nombreux laboratoires ont donc développé des nouvelles techniques d'interaction avec la machine ainsi que du matériel original. Je présente ici trois grandes classes de dispositifs : les interfaces tangibles, les poupées, les robots. Enfin, je présenterai rapidement quelques grands projets d'*environnements d'interaction*.

#### **2.3.1 Les interfaces tangibles**

Afin de mieux comprendre l'évolution des dispositifs d'interaction tangibles pour les enfants, j'ai distingué trois classes d'interfaces tangibles : celles qui permettent de créer des formes visuelles, celles qui permettent de créer des formes sonores et enfin celles qui donnent la possibilité aux enfants de programmer, de simuler.

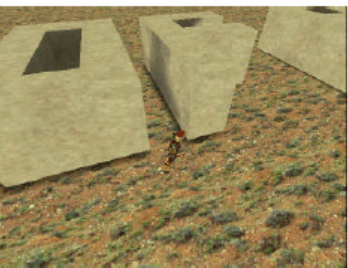
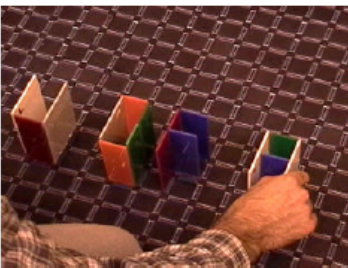
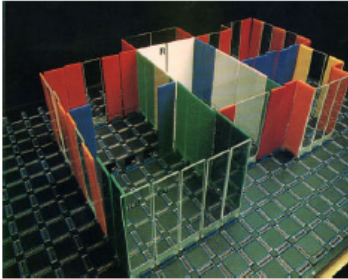
##### **2.3.1.1 Les interfaces visuo-spatiales**

Les interfaces tangibles pour le design formel sont souvent des cubes emboîtables. Classiquement, on attribue à Aish la création des premiers cubes d'interaction [3D input for CAAD Systems, 1979], mais à la même époque John Frazer, de la London Architectural Association a également créé des blocs électroniques pour faire ce qu'il appelait « intelligent physical modelling ». Contrairement aux dispositifs des années soixante qui déléguaient l'intelligence à l'ordinateur comme le dispositif Seek [Negroponte, 1969], ces cubes recentrent l'interaction et l'intelligence sur l'humain. Par des assemblages comparables aux kits de construction classiques, ces cubes électroniques permettent de créer des formes dans un

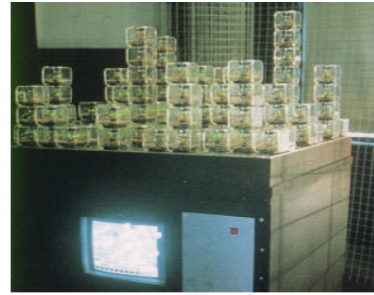
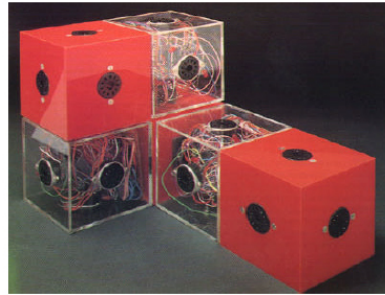


*Kelly HEATON*





système informatique. En favorisant la découverte et la mémoire motrice, les cubes sont sensés aider l'utilisateur à modéliser en 3D.



Quelques années plus tard, Frazer créera une version plus complexe de ses cubes, l'« universal constructor » qui permet de visualiser des compositions formelles directement en 3D, développant l'idée d'un espace d'information dans lequel l'écran serait lui aussi en trois dimensions. Cette idée de 3D display a été théorisée par Kelly Heaton [Physical Pixel, 2000], elle a montré comment passer d'un pixel en deux dimensions à une unité de display en trois dimensions générique. Ce concept constitue l'évolution ultime des cubes de construction de Frazer, elle a d'ailleurs produit des systèmes de cubes lumineux reconfigurables et tactiles [Peano, 2000].

Les cubes utilisés par ces derniers ne possédaient pas d'informatique embarquée. Les Navigational Blocks [Camarata & al, 2002] développés par Kenneth Camarata pour sa thèse d'architecture à l'université de Washington, possèdent chacun des capteurs d'orientation, un électro-aimant, un microprocesseur et des capacités de communication par infrarouge. Chaque face du cube possède une question permettant initialement d'interroger une base de données d'informations touristiques. Lorsqu'on manipule ces cubes, on interroge le système qui, par le retour haptique des électro-aimants valide ou non les requêtes. Il existe un projet similaire au Xerox PARC nommé DigitalClay [Homans, 2002].

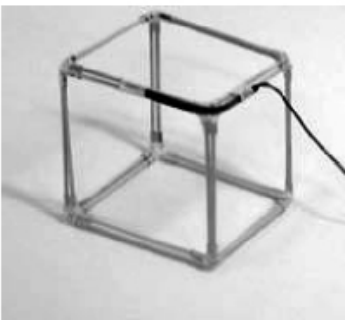
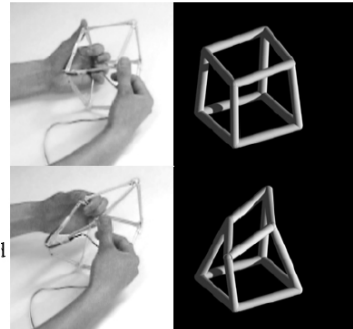
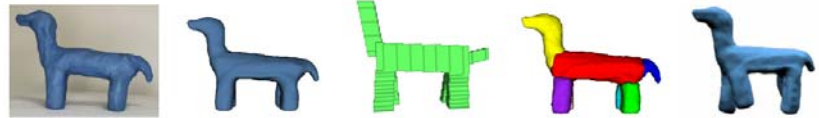
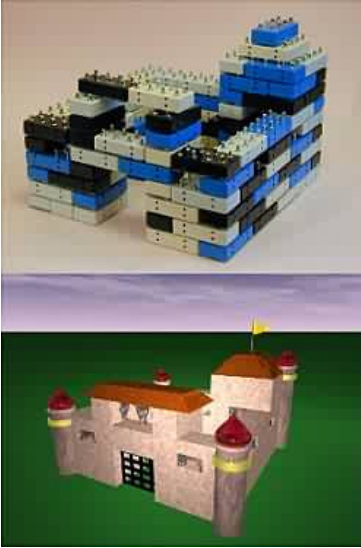
Ces blocs ont également été testés dans le domaine musical, vidéo ou encore pour contrôler des appareils ménagers, se transformant alors en « communication appliance » : de nombreuses recherches sont en cours pour programmer les appareils ménagers à l'aide de cubes ou d'environnements de construction similaires comme les MediaCubes [Blackwell et Hague, 2001] ou encore les télécommandes tangibles du projet Serendipity pour Hitachi [Paolantonio, 2003].



Sous l'impulsion de Steve Sutphen et d'Ehud Sharlin, les recherches de John Frazer ont été remises au goût du jour. Ils développeront les « cognitives cubes » qui serviront de base aux ActiveCubes [Kitamura, 2000]. Ces derniers cubes munies de connecteurs, de capteurs de lumière, de distance, d'orientation et d'effecteurs (vibreurs) sont reliés à un ordinateur. En les assemblant, on crée des formes dans l'espace 3D de l'interface et on reçoit également un retour haptique et lumineux. Développés spécifiquement pour les enfants, les ActiveCubes permettent de rechercher des formes par association visuelle.







Ce même principe est évalué dans le dispositif Ticle [Scarlatos, 2001] qui est une interface tangible pour jouer au Tangram, un petit peu comme dans le projet Triangles [Gorbet & al, 1998]. De très nombreuses recherches ont été faites dans ce domaine, on pourrait citer encore de nombreux dispositifs comme les Physical Blocks [Anderson & al, 2002] à l'interface graphique similaire aux ActiveCubes mais utilisant également de la vision par ordinateur et des modèles en argile (« clay models »), la CubicMouse [Fröhlich, Plate, 2000], les Cubik [Lertsithichai, Seegmiller, 2002], les E-CUBes [Dahiya, 2003], les Espresso Blocks [Weller, 2003->2005] ou encore les FlexM [Eng, 2004]. Ces derniers cubes sont construits avec des capteurs de flexion, ils permettent donc une plus grande expression plastique.

### 2.3.1.2 Les interfaces musicales

Alors que les cubes précédents créent des formes, il existe un certain nombre d'interfaces tangibles pour créer de la musique ou du son. Les « Speech-enabled Alphabet Blocks » ont été développés par K. Kaowthumrong, N. Lee, et W. Lovett lors d'un cours à l'université du Colorado sous la supervision de M. Eisenberg. Sur chaque cube est inscrit une lettre et à l'intérieur de chaque cube, une brique programmable (Cricket développé au LLK du Mit) permet la communication entre les divers éléments qui lorsqu'ils sont alignés entraînent la prononciation du mot correspondant par un ordinateur connecté aux cubes. Les MusicBlocks de Neurosmith permettent également aux enfants de produire des sons en emboîtant des cubes de couleur.



Très peu d'interfaces existent pour les bébés, l'une d'entre elles a été développée par Gil Weinberg [BabySense, 1999]. Ce compositeur a développé de nombreuses interfaces tangibles comme les Musical playPen [Weinberg, 1999] ou les Squeezables [Weinberg, 2001] qui permettent à plusieurs enfants de faire de la musique en même temps en serrant, tapant et en frottant une petite balle. L'Audiopad [Patten, 2002] permet aux enfants de créer de la musique électronique très simplement en manipulant des échantillons physiques. En manipulant des jetons sur une table de réalité augmentée, ils peuvent jouer à plusieurs et apprendre par imitation à faire des opérations musicales compliquées comme le mixage sur une dizaine de sources sonores ou manipuler des filtres.



Michael Wolf est un designer d'interaction allemand qui, pour son diplôme de fin d'études de l'université de Cologne en 2002, a travaillé en collaboration avec le MARS-lab/IMK du Fraunhofer Institute, un peu l'équivalent allemand de l'Ircam. Son projet consiste en une interface tangible pour l'éveil musical. Soundgarten permet aux enfants de créer leurs propres environnements sonores en manipulant des objets ludiques. Ils peuvent soit utiliser des sons pré-enregistrés dans l'appareil (véhicules, animaux, instruments de musique, sons de la nature), soit enregistrer leurs propres sons. Ils peuvent ensuite modifier les sons sur des critères morphologiques (volume, vitesse, pitch, écho) ou narratifs (séquençage). Le dispositif est destiné à des enfants entre 4 et 6 ans et même des enfants plus jeunes si l'on prend soin d'enlever les pièces les plus petites qui pourraient être dangereuses.



Si l'on regarde de plus près le Soundgarten, on s'aperçoit que chaque champignon se réfère à un échantillon sonore (qui peut durer au maximum une minute) identifié par une icône. Les enfants peuvent alors faire jouer les sons en les enfonçant dans la partie centrale. Ce mouvement intermodal (modalité haptique et sonore) répétitif exerce l'enfant à maîtriser des objets matériels et immatériels dans la même séquence. Comme dans le cas de l'enfant qui joue avec la bobine [Freud, 1920] ou de celui qui est attiré par le piano en le regardant [Koffka, 1924], le jeu sensori-moteur favorise les premières re-présentations symboliques, précédant le dessin et le discours [Anzieu, 2003]. Le terme de symbole étant ici entendu selon ses propriétés de lien, de relation entre un être et un étant [Heidegger, 1927].



Le Soundgarten possède également un petit micro sans-fil avec une portée d'un kilomètre, un enfant ou un groupe d'enfants peuvent donc aller collecter des sons de leur environnement familial sans difficulté comme par exemple leur maman qui joue du piano, leur papa qui fait la cuisine, ou d'ailleurs ce qu'ils veulent... Cet élément est à mon sens le point central de ce dispositif, il a été créé pour laisser une grande liberté d'utilisation aux enfants, il favorise le détournement, le « playing » de Winnicott, jeu libre où les seules règles sont celles qu'on se fixe soi-même.





### 2.3.1.3 Les interfaces de simulation

Depuis les langages Logo et Smalltalk dans les années soixante-dix, de nombreuses recherches ont été menées pour créer un langage pour enfants. Plus ou moins facile à apprendre, procédural ou visuel, les tentatives furent nombreuses et variées. Parmi celles-ci on peut retenir Squeak d'Alan Kay, ObjectLogo, Tortis (Toddler's Own Recursive Turtle Interpreter System), Agentsheets, ToonTalk (Ken Khan) et KidSim (appelé aussi Cocoa ou StageCast Creator).

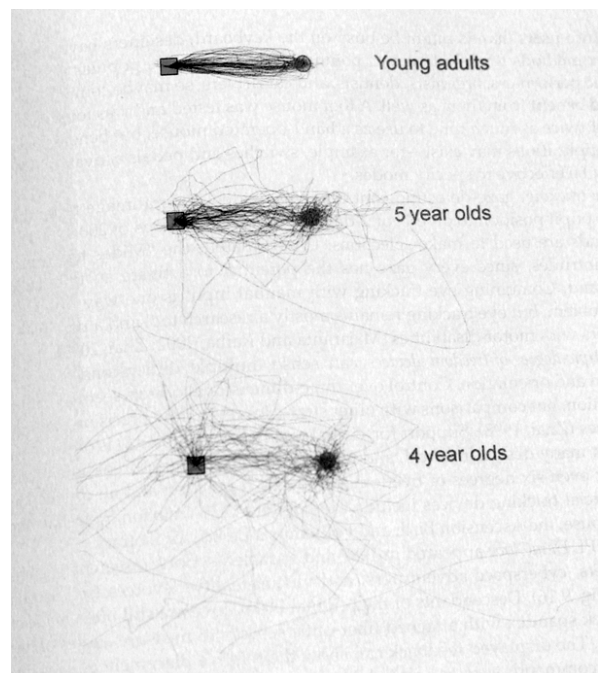
Programmer dans un contexte Wimp est souvent un exercice difficile pour les enfants. La manipulation de la souris est une activité qui demande une grande maîtrise du geste. Dans un excellent article intitulé « It's too small », Juan Pablo Hourcade montre que l'âge des enfants fait varier de manière très significative la précision, la vitesse et la trajectoire du curseur [Implications of Children's Developing Motor Skills on Graphical User Interfaces, 2001]. La tâche propose l'évaluation du périphérique à l'aide de la loi de Fitts, elle consiste en un clic alterné entre deux cibles. La loi de Fitts provient de la psychologie expérimentale et modélise le pointage unidimensionnel.

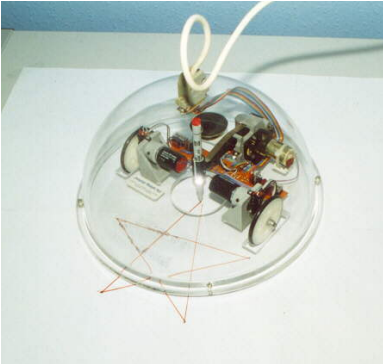
$$MT = a + b \log_2 (A/W + 1)$$

La durée du mouvement (MT) est donc le log de l'amplitude (A) sur la taille de la cible (W). Les résultats de Hourcade montrent que pour les enfants en bas âge (en dessous de cinq ans), passer d'une cible à l'autre est un exercice très compliqué pour la plupart des enfants comme le montre l'illustration ci-dessous. Le glisser-déposer (« Drag-and-drop ») a également été comparé au pointé-cliqué (« Point-and-Click ») [Inkpen, 2001].

Age	Fitts' Constant b (msec)
6	735
8	578
10	510

Source	Improvement in performance between ages		
	6 and 10	6 and 8	8 and 10
Jones [18]	44%	27%	13%
Salmoni & Mellwain [31]	39%	n/a	n/a
Sugden [36]	39%	17%	18%
Kail [19]	51%	26%	20%





De ces limitations est née rapidement l'idée qu'il faudrait trouver de nouvelles interfaces pour permettre aux enfants d'être en interaction avec la machine, et pourquoi pas des interfaces tangibles comme les premières tortues Logo (Physical Logo Turtle, 1968). Les Algoblocks [Suzuki, Kato, 1995] sont souvent cités dans la littérature IHM, ce sont les équivalents algorithmiques du Segal Model de John Frazer. En combinant des blocs d'aluminium possédant chacun une instruction de programmation, on peut programmer de manière tangible, un peu comme en jouant aux Legos. A croire d'ailleurs que ces derniers ont eu une influence particulière puisque les projets qui ont suivi utilisent souvent des Legos pour leurs prototypes comme les LogoBlocks [Begel, 1996] très limités mais l'idée de la programmation par l'exemple [Lieberman, 1990] est déjà là. Plus complexes les Tangible programming bricks [McNerney, 2000] ou les Electronic Blocks [Wyeth & Wyeth, 2001] construits avec des Lego Duplo permettent de réellement programmer. Dans cette lignée, de nombreux projets ont été alors réalisés comme les briques pour l'éducation de l'Artec, [Ernst, 1999], le Planar Modular Display de Nyu [Perlin, 2000], les Task Blocks [Terry, 2000], la SenseTable [Patten, 2001], et enfin les System Blocks [Zuckerman, 2003].

Le projet Tangible MouseHaus Table [Gross & al, 2003] a été réalisé par des étudiants de l'université de Washington (Huang et Do). Les étudiants en urbanisme se servent de cette interface tangible pour positionner différents éléments comme des parcs, des immeubles ou des places. Une caméra vidéo numérise cette configuration puis le système projette par exemple le flot d'activité des piétons. Les étudiants peuvent donc observer dynamiquement les changements que leurs choix entraînent. Le fait de mêler un input tangible avec un output projeté directement sur la table a été souligné par de nombreux auteurs comme [Anderson, 2000] ainsi que dans les contextes de réalité augmentée [Mackay & al, 1993]. De plus, ce projet montre encore une fois l'intérêt des interfaces tangibles pour visualiser des processus comme dans le Tabletop Process Modeling Toolkit [Gorton, 2002], dans SandScape [Sawney & Dodge, 1998] ou dans I/O Bulb et la Luminous Room [Ishii, 1998].

Dans l'intention d'être spécifiquement utilisés par des enfants on peut également citer les projets StoryRooms [Druin & al, 2002] utilisant des interfaces tangibles munies de capteurs Rfid comme le MagicWand, et qui permettent aux enfants de construire des histoires. Les travaux de l'ITD (Istituto Tecnologie Didattiche) à Genève et à Palerme ont également porté sur des cubes computationnels comme A cybernetic construction kit for young children [Askildsen & al, 2001] et les mindstorms modifiés du projet

CAB-la [Chiocciariello, 2002]. Enfin, le projet européen Webkit (IST-2001-34171) essaye également de comprendre les « Cognitive dimensions of tangible programming language » pour créer des « Intuitive Physical Interface to the Web » [Blackwell, 2003].

### 2.3.2 Les poupées et les robots

Je distingue dans cette section les poupées des robots. Les poupées décrites ci-dessous sont principalement des périphériques d'entrée (Input) reliés à des systèmes de représentation séparés (Output). Les robots sont des machines qualifiées d'autonomes, c'est-à-dire ayant plus de plus grandes compétences que les poupées, notamment en ce qui concerne leur expressivité « émotionnelle ». Cela étant dit, les poupées sont des dispositifs quasi-robotiques ayant un très haut niveau de sophistication notamment en ce qui concerne leur « corps » bardé de capteurs et d'effecteurs. Je décide donc d'appeler poupées les dispositifs qui n'incorporent (« embody ») pas les fonctions de représentations « affectives » [Picard, 97] complexes.

#### 2.3.2.1 Les poupées

En marge des produits commerciaux décrits au 2.2.3, de nombreux laboratoires ont utilisé des poupées comme élément d'interaction avec la machine. Une des premières fut Noobie [Druin, 1988], poupée géante avec un coeur en forme de pomme (elle contenait en son centre un ordinateur Apple complet). Dans le projet Sage [Umaschi, 1996], un lapin fut utilisé pour raconter des histoires à l'écran. Le projet Swamped ! [Blumberg, 1997] continue l'esprit de ces deux prédécesseurs en faisant encore évoluer l'interface graphique. En Europe, un projet similaire s'appelle Safira (IST-199-11683) et a produit une toolkit pour animer des personnages virtuels à l'aide d'une poupée composée de capteurs de flexions appelée SenToy [Höök, 2003]. Ces poupées ne sont pas des robots car elles sont très dépendantes d'un système de représentation visuelle qui n'est pas situé au même endroit que le corps de la poupée. Pour finir, il existe une poupée qui a été créée pour le design 3D et qui s'appelle Monkey [Esposito & al, 1995]. Cette poupée s'inspire des pantins de bois utilisés en art plastique pour apprendre à dessiner les postures humaines. En articulant le Monkey, on peut animer un personnage virtuel à l'écran. Un peu dans le même genre, il existe également des périphériques d'entrées comme le Phantom ou le Virtual Touch de la société française Haption qui permettent de dessiner en 3D avec un retour d'effort (« force feedback »). A ma connaissance, il n'existe pas encore de dispositifs de ce genre spécifiquement créés pour les enfants.



### 2.3.2.2 Les robots

Depuis quelques années, les robots sont de plus en plus performants, qualifiés parfois d'autonomes. Cet abus de langage exprime bien les intentions des leurs créateurs, à savoir produire des machines sur le modèle de l'homme, des automates humanoïdes capables de décrire (nommer) leur monde dans des termes propres. De nombreux robots domestiques sont en préparation comme ceux décrits en 2.1.10.

Le domaine de l'interaction enfant-robot est relativement récent, peu de chercheurs ayant les moyens pour travailler avec ce type de matériel mais il se profile comme un domaine de recherche futur pour l'IHM [Kiesler & Hinds, 2004]. Comme le rappelle Allison Druin dans son livre *Robots for Kids*, seuls quelques projets ont investigué l'interaction enfant-robot [Weir & Emanuel, 1997; Michaud et al., 2000; Plaisant et al., 2000] et elle cite seulement un projet de robot humanoïde utilisé comme médiation thérapeutique autistique [Kozima & Yano, 2001]. Je propose donc d'explorer certaines réalisations spécifiquement dédiées aux enfants ainsi que celles dont l'intention artistique souvent musicale permettent d'envisager les promesses de ce type de dispositifs pour des usages pédagogiques ou ludiques.



Le projet eMuu [Bartneck, 2002] est une collaboration entre l'ATR de Kyoto au Japon et Philips Research à Eindhoven en Hollande. Les robots développés sont très simples, possèdent un oeil, un sourcil et une bouche, l'auteur étant parti du constat que la symétrie n'était pas nécessaire pour le « visage » d'un robot. En fonction des inclinaisons de ces différents éléments, le robot manifeste certaines attitudes caractéristiques comme la joie, la peur ou le désagrément. Présenté au Robodex 2001, ce robot très simple (construit en Cricket Rcx) a reçu un très bon accueil de la part du jeune public japonais.

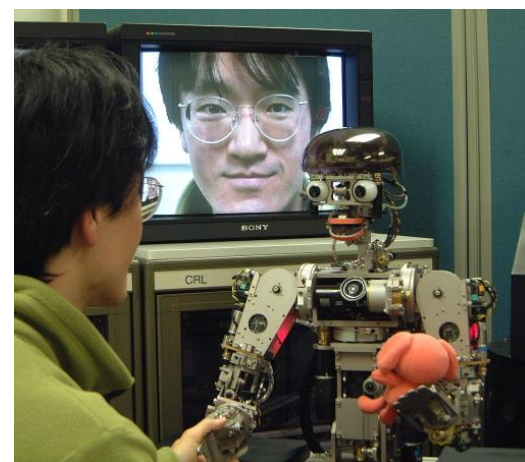
La firme française Wany, installée en Asie, mais d'origine Montpelliéraine, fabrique quand à elle des robots et des toolkits robotiques. Parmi ses produits, les Zig Zag Zog proposent aux enfants de jouer au chat et à la souris avec un petit robot autonome. Un peu plus évoluée, la Lucky LadyBug, développée par Nadine Piat au Lab de Besançon et commercialisée par Smoby est un bébé coccinelle qui suit sa mère à l'aide de capteurs visuels – des télémètres infrarouges – se met à pleurer s'il la perd de vue et la voit alors revenir vers lui. Egalement commercialisé par Wany, le Pekee, petit robot de recherche autonome est quand à lui fourni avec un



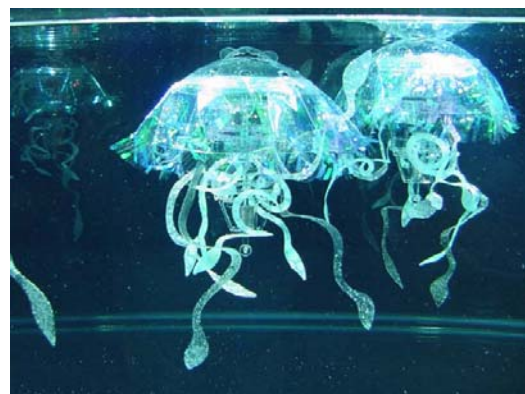


kit de développement complet, il intègre une connexion Wifi et de nombreux capteurs. Ce type de robots pourrait tout à fait servir de base pour étudier l'interaction entre les enfants et des robots autonomes.

Le projet Robota, mené par Aude Billard a été développé à l'université de Californie du sud et à l'EPFL de Lausanne. Similaire à une poupée pour enfants, Robota, peut imiter les enfants et même les filmer grâce à ses micro-yeux robots. Les enfants peuvent le programmer par imitation, par l'exemple. Ce robot est très inspiré des théories cognitivo-comportementalistes, il a également été utilisé avec des enfants autistes vivants avec le syndrome d'Asperger [Billard & Dautenhahn, 2002]. Dans cette recherche, c'est la communication et l'imitation entre les enfants et les robots qui a été étudiée. Un des autres grands challenges est celui de l'*attention-conjointe* [Kozima, 2002].



Le projet Pets (Personal Electronic Teller of Stories) a quant à lui exploré l'interaction enfant-robot pour la rééducation pédiatrique [Montemayor, Druin & al, 1999]. De nombreuses réalisations du Tangible media group comme CurlyBot ou Topobo sont également des dispositifs robotiques qu'on pourrait utiliser avec des enfants. Le projet RoBall, est un dispositif robotique qui a la forme d'une balle [Michaud, 2000]. Sa forme particulière le rend très mobile, équipé de capteurs il peut éviter les obstacles et on peut le programmer en le touchant, il reproduit ensuite nos mouvements. De nombreuses vidéos montrent l'interaction de cette balle robot avec des bébés. A Paris, le Sony computer Lab fait également de nombreuses recherches dans le domaine de la robotique développementale avec les chiens robots Aibo, on pourrait imaginer confronter leurs résultats à ceux de psychologues dans le cadre d'études avec des enfants.







Enfin, en collaboration avec l'Institut National de la Danse, et notamment le danseur Jacques d'Amboise, une équipe du groupe Epistémologie et Apprentissage du Mit a créé un ballet pour enfants avec des robots, des capteurs et des machines que les enfants portent sur eux. Les gestes des enfants contrôlent l'expression par le système de certaines « émotions ». Les angles aigus signifiant le conflit, les mouvements vifs la peur, les déplacements lents apaisent le dispositif qui peut produire des sons et des lumières. L'idée de RoBallet provient du fait que les filles qui utilisent depuis plus de vingt ans les dispositifs électroniques développés dans le laboratoire, créent souvent des objets dynamiques comme des robots qui dansent ou des animaux électroniques avec lesquelles elles peuvent à leur tour interagir. Cynthia Solomon et ses collègues ont réalisé une rencontre riche et prometteuse, celle de la chorégraphie avec la programmation, un peu comme celle initiée par Marc Downie et Bruce Blumberg avec Merce Cunningham [motor system representations and behavior-based music, 2002].

### 2.3.3 Les environnements d'interaction

#### 2.3.3.1 Les projets américains

Parallèlement aux développements de dispositifs, de nombreux laboratoires ont pu dans le cadre de grands projets (NSF, Darpa, Fonds privés) développer des *environnements d'interaction*. Mêlant de nombreuses technologies et incluant un très grand nombre de personnes, ces projets de laboratoire font de la prospective dans un cadre expérimental très riche.

Parmi les laboratoires qui créent ces environnements, on peut citer le Llk du Mit, mené par Mitchel Resnick qui reprend les théories constructionnistes de Papert. De nombreux dispositifs comme le Logo, les BitBalls, les DigitalManipulatives, les Crickets, les CodaChromes ou encore les Lego Mindstorms ont été créés à cet endroit. Le but des environnements créés au Mit comme la KidsRoom [Bobick, 1996] est de favoriser le passage du concept au concret, c'est à dire qu'il ne suffit pas de savoir faire mais qu'il faut faire l'expérience du savoir, il faut faire pour savoir.

A l'université du Maryland, les travaux de l'équipe d'Allison Druin, Jaime Montemayor, Juan Pablo Hourcade et Catherine Plaisant et de leurs collègues ont depuis plus de 15 ans créés de nombreux environnements numériques pour les enfants comme le projet StoryRooms, les expériences de design participatif [Children as Design Partners, 1998] ou encore KidPad (interfaces zoomables collaboratives). Leurs travaux portent sur tous les domaines de l'interaction enfant-machine, comme par exemple les capteurs/effecteurs, les robots, ou encore l'évaluation de l'interaction psychomotrice.

Le laboratoire Lifelong Learning Laboratory de Mike et Ann Nishioka Eisenberg à Boulder dans le Colorado a également créé de nombreux dispositifs d'interaction enfant –machine comme Hypergami et Javagami [Eisenberg, 1997], la Rototack [Wrensch & al, 2000] ou les cubes pour le design [Gross, Kaowthumrong & al, 2002]. Leurs travaux récents se concentrent sur l'étude des dispositifs de sortie (output) pour le prototypage rapide par les enfants, ils utilisent notamment des imprimantes 3D et des découpes au laser.

### **2.3.3.2 Les projets européens**

Le projet Interliving (voir 2.3.3.2) est un large projet européen qui a donné de nombreux résultats dans le domaine de l'enfance. Les nombreux dispositifs comme StoryTable, le Tokitok ou encore le MirrorSpace sont idéalement adaptés aux enfants car leur interface est simple, tangible et peut s'apprendre par imitation motrice. D'une manière plus générale, les communication appliances sont des objets très simple d'utilisation et très complexes dans leurs possibilités accessibles aux enfants tout en restant très riches de promesses. D'autres projet européen comme le projet Equator (Esprc GR-N15986-01) ou Pogo (Esprit LTR-29330) ont explorés les domaines de la réalité mixte et de l'interaction enfant-machine et enfant-machine-enfant. Parmi leurs résultats, les « tangibles » [Price & al, 2000], dispositifs tangibles d'interaction avec la machine et également dans le cadre de Pogo [Decortis & Rizzo, 2000], de nombreux dispositifs qui seront bientôt produits en série par Philips.

## 2.4 Synthèse

Les recherches en interaction enfant-machine sont très souvent la reproduction miniature des recherches pour les adultes. A l'exception du couple Papert/Kay, et quelques travaux issus de la psychologie des années cinquante (Gestalt, Epistémologie Génétique, Constructivisme, Information Pick-up Theory), les premiers appareils dédiés aux enfants s'appuyaient sur des modalités d'interaction faisant la part-belle au langage verbal, comme en atteste le terme de *dialogue* homme-machine très courant à cette époque. Aujourd'hui, grâce à la démocratisation d'un certain nombre d'éléments électroniques comme les capteurs, les processeurs et la mémoire, les courants actuels cherchent à développer des interfaces enactives, sensori-motrices, remplaçant l'acte d'interaction dans la dimension d'un corps et non pas d'un seul membre qui clique ou qui tape. Des dispositifs engageant le *corps* dans son intégralité, exploitant sa richesse d'actions et de perceptions.

Dans son excellent mémoire de Dea à propos des appareils d'expression audio-visuels, Golan Levin cite Joy Mountford, pour qui designer les interactions avec une souris, revient à traiter une personne comme si elle n'était qu'un doigt. Les modalités d'entrées avec un système machinique sont souvent limitées à l'interaction gestuelle, mais s'étendent peu à peu à toutes les compétences de l'homme grâce aux développements dans le domaine de la captation (sensors) et du traitement du signal. Ces deux disciplines, ou interdisciplines bénéficient en effet des progrès de la miniaturisation et de la recherche croisée en mathématique, informatique, électronique, transmission de données, bio-chimie, physique, etc.

Parmi ces nombreux dispositifs d'interaction machinique j'ai distingué arbitrairement plusieurs classes comme les objets techniques, les interfaces tangibles, les poupées, les robots et enfin les environnements complexes d'interaction proposés par les laboratoires spécialisés et les grands projets de recherche. Les préoccupations des chercheurs sont nombreuses et reflètent la richesse de leurs intérêts. Peu de projets cependant intègrent tous les types d'interaction possible, ce serait souvent trop coûteux à réaliser. Pourtant, si on compare la situation avec les années soixante, jamais la recherche en interaction enfant-machine n'a été aussi patente. Des conférences comme IDC (Interaction Design and Children), CSCL, CSCP, ainsi que de nombreux ateliers lors des conférences internationales en IHM renforcent chaque année les fondations de cette discipline naissante.

Si l'on regarde les thèmes de ces conférences et des projets actuels, on constate que s'il y a synchronicité sur les sujets étudiés, les moyens des recherches pour les enfants sont très faibles notamment pour les travaux consacrés à la réalité augmentée, à la réalité mixte et à la robotique où le matériel est très coûteux car ces technologies n'ont pas encore passée l'échelle industrielle et la production en masse (exception faite il est vrai de certains dispositifs comme la EyeToy ou les robots Aibo de Sony).

### 3. Expériences de design

#### 3.1 *Premières idées*

Lors de mon arrivée au projet In|Situ, j'ai effectué une petite sélection de dispositifs d'interaction pour enfants. J'ai proposé cette sélection à l'équipe afin de discuter avec eux des projets qui conviendrait le mieux avec les recherches déjà effectuées au labo. De plus, cette révision collaborative de mes recherches naissantes m'a confronté à l'expérience et à la critique constructive de professionnels de l'interaction homme-machine, à même de m'aider à trier parmi ce foisonnement d'idées et de concepts propres à tous les débuts.

#### **alphabet**

Le premier de ces projets est un *alphabet* électronique, avec des couleurs et du son. Inspiré par les recherches sur les alphabets pour les enfants synesthètes et les produits LeapFrog comme le tambour qui permet d'apprendre les lettres en faisant de la musique, j'ai réfléchi notamment à un set de lettres géantes contenant des tags Rfid qui pourraient par combinaison former des mots que les enfants entendent. Une sorte de jeu de l'oie géant, recombinaison avec des couleurs et du son. Ce dispositif peu onéreux peut être réalisé avec la technologie Phidgets que nous utilisons au laboratoire.

#### **balle**

Motivé par l'enthousiasme et l'intérêt toujours renouvelé des enfants pour la forme ronde et pour le caractère dynamique des balles rebondissantes, j'ai pensé à réaliser une balle robot intégrant un gyroscope ainsi qu'une multitude de capteurs (accélération, distance, position, orientation, pression, température, lumière, volumétrie, vitesse, flexion), un système simple de feedback (vibro-lumineux) ainsi que des possibilités de transmission sans-fil. Mue par un moteur gyroscopique, la balle pouvait dans mon fantasme se déplacer toute seule lorsqu'on la sifflait par exemple, un peu

comme dans les projets Roball [Michaud, 2000] ou Gyrover [Brown, 1999]. Constituée d'une structure à plusieurs couches, la balle pouvait aussi rebondir comme les super-balles constituées de polymère condensé. Equipée de capteurs, on aurait pu également se servir de cette balle comme dispositif d'input, jouer au tennis avec par exemple et ainsi produire du son et de la lumière sur la base des déplacements et de la position de la balle.

Inutile de préciser que mes ambitions concernant la balle ont été blessées rapidement par la confrontation avec la réalité. Réalité du design tout d'abord, car In|Situ est d'abord un laboratoire en informatique et pas en électronique ou en design industriel. Même si ces compétences se trouvent dans le labo, le manque d'infrastructure (atelier) et de matériel (machines de prototypage rapide) m'ont rapidement désillusionné.

La partie sans-fil notamment m'a posée le plus de problème, je me suis rendu compte rapidement qu'il était très difficile de concevoir des prototypes « autonomes », c'est à dire sans fil les reliant à un système informatique. Les toolkits tangibles utilisées au labo étant toutes avec des fils, je me suis orienté sans succès vers des projets de recherche comme les Smart-Its ou les Berkeley Motes: ces objets encore à l'état de prototypes ne m'auraient pas permis de réaliser un dispositif dans le temps imparti par mon stage.

### **cubes**

Grands classiques des objets pour enfants, les cubes ont pour moi une résonance particulière. Personnelle tout d'abord puisque mes plus vieux souvenirs me ramènent souvent à l'époque rassurante où ma vie était cubique : des journées entières à construire avec des duplos et des legos ne s'oublient pas comme ça ! Professionnelle ensuite puisque les cubes de Yoshifumi Kitamura ont été parmi les éléments décisifs dans ma motivation à faire de la recherche. Il y en a d'autres, mais les ActiveCubes m'ont montré toutes les dimensions de l'interaction avec la machine puisqu'ils sont tangibles, possèdent des capacités d'entrée et de sortie, permettent de donner forme à des objets puis d'associer ces formes ainsi créées avec celles contenues dans un corpus mécanique.

Leur utilisation nous fait retraverser en accéléré certaines étapes de notre propre construction, ils exaltent les transitions épistémologiques propres à notre développement corporel et psychique. Mon idée originale était de tisser un tapis avec des fibres optiques dépolies sur leur longueur (elles peuvent émettre de la lumière sur toute leur surface) pour fabriquer une sorte de tapis



écran peu onéreux et correspondant aux normes de sécurité pour les enfants. Ensuite, à l'aide de cubes captés (par des tags Rfid ou à l'aide de vision par ordinateur), ce tapis pourrait changer de couleur ou représenter des formes en fonction de la manipulation des cubes par les enfants. Par exemple, pour suivre l'exercice d'acquisition de la latéralisation (droite/gauche), le tapis pourrait s'illuminer et même produire un son lors des manipulations correctes des cubes. Cette correspondance entre plusieurs modalités a pour but de maximiser la cohérence perceptive de l'enfant tout en le plaçant dans un contexte ludique, de plaisir sonore et visuel pour situer cette expérience d'apprentissage dans un environnement *hédonique* [Freud, 1920].

### **le geste sonore**

J'ai été marqué par ma visite à l'Ircam en 2003 où j'avais pu voir et entendre des musiciens produisant des sons et des images avec leurs gestes, j'ai ainsi pensé à réaliser un dispositif d'apprentissage de l'écriture sur le principe suivant : on s'exerce à dessiner la forme correcte des lettres en étant guidé par des sons ou des images (réalité augmentée) validant ou non la justesse de notre production.

Si la forme correspond à l'empreinte dans la machine, un son continu ou mieux une musique en rythme nous indique si le tracé est correct. Des guides visuels peuvent également esquisser les traits naissants. J'ai pensé cette interface assistive en ayant à l'esprit l'apprentissage de certains sports ou arts martiaux avec un professeur qui guide notre geste, ici celui-ci est remplacé dans l'idéal par le feedback du système.

### **table/environnement augmenté**

Bien que de nombreux environnements de la sorte aient été réalisés, j'ai proposé également un dispositif d'ampleur intégrant de nombreux vidéoprojecteurs et objets trackés à l'aide de tags Rfid collés par les enfants eux-mêmes. Il existe en effet des dévidoirs similaires à des rouleaux de scotch permettant de marquer (« tagguer ») des objets divers. Cet environnement tangible de la dimension d'une salle de classe par exemple me semblait intéressant pour plusieurs raisons. Premièrement parce qu'il existe toujours très peu d'endroits de la sorte, l'étude et la conception dans la réalité me semblait donc intéressante.

Deuxièmement, dans l'hypothèse de la réalisation de cet endroit, j'aurai été très intéressé d'entendre les remarques des spécialistes de l'enfance comme les psychologues, les chercheurs en science de l'éducation ainsi que les spécialistes des interfaces pour enfants qui

méconnaissent ces dispositifs, privilégiant souvent, si ce n'est toujours, l'interface à l'interaction. Enfin, cet environnement aurait pu établir les fondations de recherches futures dans le domaine de la réalité augmentée, si difficile à mettre en pratique à cause du coût des vidéoprojecteurs, des écrans et des technologies de captation.

### **poupée**

Issu d'une famille travaillant dans le milieu de la santé, j'ai été rapidement intéressé à réaliser une poupée destinée à évaluer la douleur lors de la prise en charge d'enfants en milieu hospitalier. Evaluation se fondant sur une expression motrice et non verbale comme c'est le cas souvent avec les questionnaires. Equipée de capteurs de pression et d'un dispositif de feedback vibro-lumineux, on demande à l'enfant de presser le ventre de la poupée en fonction de la douleur qu'il ressent ou qu'il estime ressentir. L'implication de son corps dans l'expression de la douleur me semble être une hypothèse intéressante du point de vue de l'évaluation. En effet, certaines correspondances entre la réalité psychique ou physiologique (somatique) de la douleur pourraient peut-être apparaître à l'issue de croisements avec d'autres procédés de quantification de la douleur chez l'enfant. Celle-ci dépend en effet de beaucoup de facteurs, notamment l'âge ou l'environnement lors de la prise en charge. Une plus grande diversité dans l'évaluation pourrait peut-être nous renseigner d'une manière nouvelle sur la réalité de la douleur chez l'enfant.

### **autocommunication**

Ayant pour objectif de réaliser une communication appliance pour enfants, j'ai demandé à mes directeurs si la communication était forcément un acte me poussant vers l'autre ou pouvait aussi être un procédé réflexif, i.e. tourné vers soi comme dans la référence circulaire de la cybernétique ou les self-similarités des fractales. N'y voyant aucune objection, j'ai donc réfléchi à la réalisation d'une « autocommunication appliance » destinée à communiquer avec soi-même. Ce dispositif auto-narratif comparable au journal intime, à l'agenda ou aux différentes informations qu'on écrit pour soi était dans mon esprit relié au concept de miroir cognitif, de conscience de soi et de proprioception. Rapidement je me suis aperçu que depuis les années cinquante et les rêves de Bush et Licklider, cette idée était presque un lieu commun de l'IHM.

Pourtant, au regard de l'évolution des technologies tangibles et du concept de réalité augmentée, un dispositif permettant aux enfants de communiquer avec eux mêmes serait intéressant, notamment lors de l'activité ludique. Certains jeux sont en effet des moments d'expression liant la réalité interne et externe de l'enfant. Ce double mouvement est favorisé par le matériel de jeu comme dans les Sims par exemple, où les enfants peuvent mettre en scène des conflits interne puis les contempler. Un dispositif de communication avec soi même permet par exemple de s'envoyer des messages à plusieurs années d'intervalles, de se voir dans des positions originales comme les kaleidoscopes géants de Nicolas Schöffer ou encore de mettre en scène sa vie pour la comprendre.

### ***3.2 Balle Rfid***

A l'issue de la présentation de ces projets et devant les limites de beaucoup d'entre eux, la discussion avec l'équipe m'a fait m'orienter vers un dispositif de contrôle multimédia utilisant les Rfid et les phidgets. Cette balle de couleur possède différents tags et se positionne sur une table équipée d'une antenne spéciale. En tournant la balle de position, on peut déclencher l'enregistrement ou la lecture de séquences vidéos et sonores (captés à l'aide d'une webcam). Le logiciel qui pilote ce dispositif a été développé au départ en Java mais devant les difficultés à faire fonctionner les phidgets avec du Java (notamment avec les Rfid), j'ai ensuite réécrit le programme en C#, ce qui m'a facilité la tâche puisque les phidgets fonctionnent mieux dans un environnement Microsoft (Dot Net).



### ***3.3 Transition***

Moyennement satisfait par ma balle multimédia, je cherchais cependant des informations sur l'évaluation et la conception de cette classe de dispositifs par les enfants. J'ai rencontré à ce moment là les travaux de l'indien Rajesh Dahiya, étudiant à l'institut de design d'interaction d'Ivréa en Italie. Son projet E-CUBes se compose de cubes comprenant des leds sur une de leur face qui lorsque ils sont assemblés composent des mots. La conception a impliqué des enfants d'école primaire et maternelle. Cette étape a

montré que la forme cubique n'était pas la meilleure pour les enfants, ceux-ci préférant les poignées (« handles ») aux faces planes et lisses du cube. Différents types de poignées furent étudiées, correspondant plus ou moins aux mains des enfants ou à leur désirs, comme celui de tenir l'objet en même temps qu'un autre enfant par exemple.



Si on reprend ici le concept d'affordance [Gibson, 1977], on comprend l'intérêt de demander leur avis aux enfants lors du design : les affordances d'un objet sont différentes pour les enfants et les adultes. Sur la base de ces recommandations italiennes, j'ai donc remis en question mon idée initiale de balle et j'ai essayé de lui adjoindre des poignées. Au final, et à l'issue d'un rapide brainstorming avec moi-même, le cube à poignées m'a rapidement fait associer cette forme à celle des appareils photos pour enfants de chez Fisher-Price (modèle Photokid). Après quelques évolutions morphologiques, le cube a rapidement évolué vers celui d'un cercle conservant les deux poignées mais supprimant le corps nécessaire dans le cas d'un appareil classique mais superflu si l'on design un appareil numérique.



### 3.4 Tangicam

Cet appareil est un dispositif d'interaction tangible permettant de prendre des photos et des vidéos. Je le nomme Tangicam pour caméra tangible ou « tangible camera ». Sa forme ronde permet une manipulation à un ou plusieurs enfants qui visent le sujet à travers l'espace libre au centre de l'appareil.

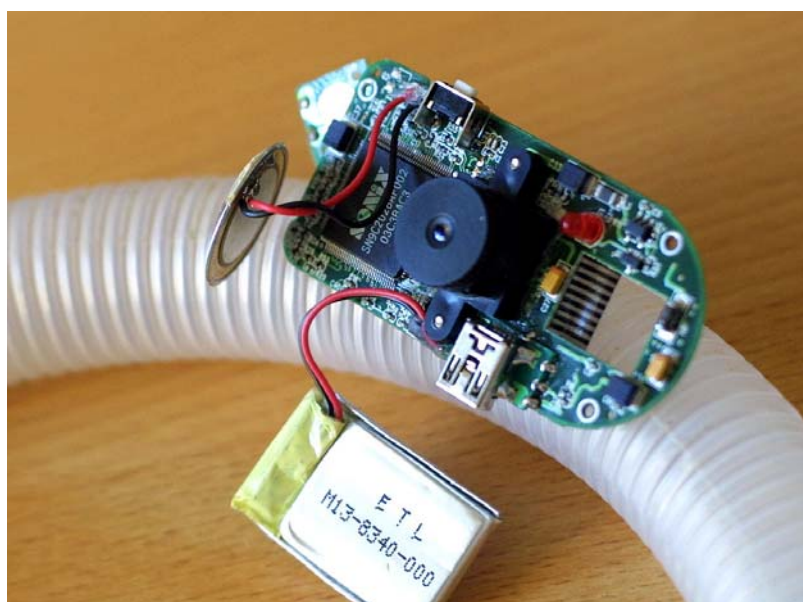
En appuyant sur les poignées, on déclenche l'enregistrement qui est confirmé par un signal sonore et un feedback lumineux qui parcourt le corps de l'appareil. Un retour haptique (surface tactile ou vibrante) serait l'idéal car il permettrait son utilisation dans toutes les conditions (lumière du jour, fort bruit) mais est plus compliquée à réaliser.







La Tangicam est avant tout un objet très robuste, étanche , insensible aux chocs et à la poussière, et surtout très simple puisqu'il suffit de presser ses poignées ou de la tordre pour l'utiliser. Un peu comme la lomographie qui privilégie le hasard, la rencontre avec l'image, la Tangicam est un dispositif qui favorise le détournement, le jeu libre, l'appropriation de l'environnement sous l'angle du corps, de l'interaction sensible. Conçu comme un jouet, l'appareil conserve toutes ses compétences ludiques en y ajoutant des fonctionnalités d'appareil photo et de caméra vidéo. Utilisée comme un frisbee, elle peut prendre des photos en l'air ou en mouvement (photos rotatives lors du lancer). Très solide, on peut l'attacher à une corde et prendre des photos dans des endroits inaccessibles ou la fixer sur son animal de compagnie et faire des films originaux.

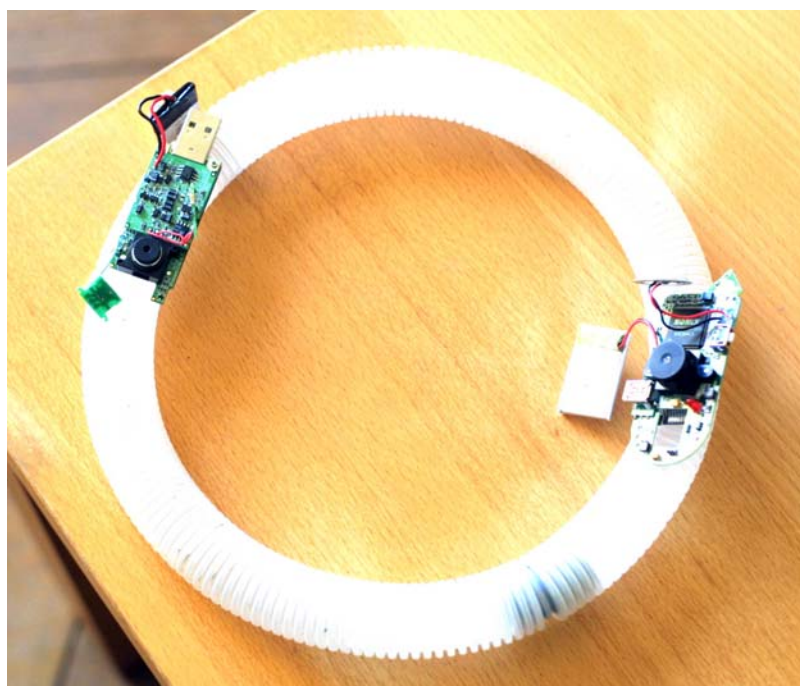


Ne présumant pas des contextes dans laquelle elle sera utilisée, la Tangicam est avant tout pensée pour compléter les idées variées des enfants, et essaye de dépasser les limites communes de ce type d'appareil. Si l'on regarde en effet les recommandations des fabricants de jouets, les précautions d'usage déconseillent si ce n'est interdisent le plus souvent de faire tomber, d'immerger ou de lancer les appareils. La Tangicam suit le chemin inverse et cherche plutôt à proposer aux enfants un dispositif s'inspirant des propriétés d'un objet comme un caillou ou un bout de bois. Disposant de crochets pour attacher des feuillets plastiques ou papier, la Tangicam permet de se familiariser au cadrage en découpant simplement des formes qu'on insère en son centre. Orientée plus particulièrement sur l'enregistrement de données audiovisuelles, la Tangicam a pour ambition de permettre l'association de données issues de capteurs avec les vidéos et les photos pour situer celles-ci dans le lieu et le moment de leur production, comme dans le projet Context-Aware Photography du Viktoria Institute [Jungblad, 2003] présenté à la conférence DUX (Designing User Experience).

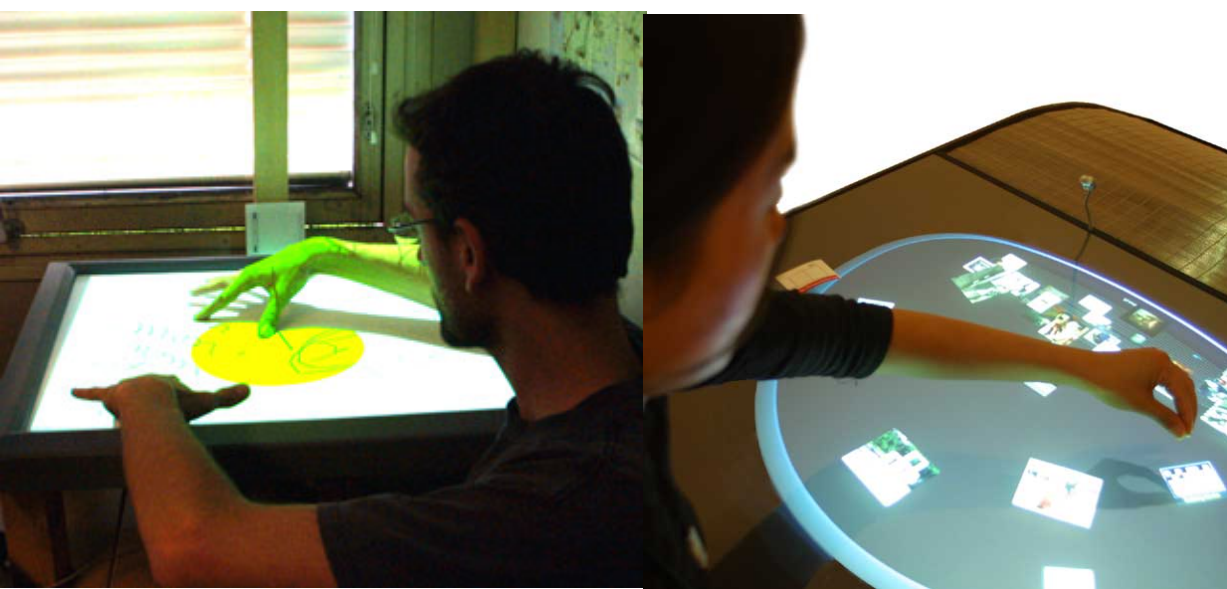
Cette approche *située* permet à l'enfant d'exploiter son environnement quotidien comme un réservoir d'images, de sons pour s'exprimer. Représenter son quotidien afin de le comprendre comme le fait de raconter sa journée le soir lors du repas familial permet de prendre une distance nécessaire à l'élaboration et à l'assimilation des événements de la journée. Mettre en scène des images pour ensuite communiquer avec les autres, construire ensemble des histoires composées d'éléments à la fois personnels et intersubjectifs.



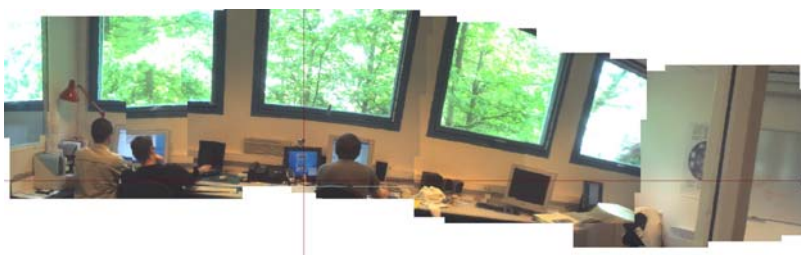
Cette narration audiovisuelle peut ensuite constituer un matériau de base pour discuter avec ses amis ou avec d'autres enfants à distance dans l'espace (co-présence) ou dans le temps (narration patrimoniale). Le but ultime de cet appareil étant de devenir un instrument *kénographique* au moyen duquel les enfants communiqueront avec la même aisance et la même richesse sémiotique que celle du langage verbal.



Pour réaliser les prototypes, j'ai utilisé des mini-caméras USB Philips (Keyo7, keyo19 et ToUCam) ainsi que les interfaces kits phidgets et des néons électroniques. La partie logicielle est développée à l'aide du langage *Java* pour de nombreuses raisons comme la portabilité (notamment en vue de l'intégration future d'un assistant personnel à la Tangicam) ou encore la nécessité de se relier au Toolkit DiamondSpin développée par Frédéric Vernier au MERL et qui permet d'utiliser la Tangicam dans un contexte de réalité augmentée.



Un des prototypes (munis de deux caméras) a également pour but de permettre la reconstruction 2D & 3D des images produites par les enfants et utilisera la JVT (Java Vision Toolkit). Enfin, grâce à la toolkit Java Infovis [Fekete,2000] je pourrai visualiser les photos prises par la Tangicam sous forme de graphes avancés (treemap rangés, fisheye sémantique). Dans le cadre d'essais d'utilisation de la Tangicam pour faire du montage vidéo tangible, j'ai également utilisé les toolkits Java du Guir de Berkeley (Denim, Satin) qui permettent de faire de la reconnaissance d'écriture et de mouvement.



Dans une perspective plus lointaine, j'aimerais également concevoir une version de la Tangicam intégrant des compétences computationnelles, i.e. un firmware libre du type Qnx (linux à microkernel), de publier des drivers pour les capteurs compatibles avec la Tangicam et ainsi publier les différents éléments qui permettront à n'importe qui de faire évoluer le *hardware* et le *software*. Il n'existe pas à ma connaissance de caméra vidéo libre, c'est à dire qui publie intégralement ces caractéristiques et le code source de son *firmware*. En rendant celui-ci disponible et en essayant de lui adjoindre une couche permettant aux enfants de programmer eux-mêmes, on maximiserait les possibilités de co-adaptation entre les enfants et la Tangicam.

### 3.5 Synthèse

A l'issue de quatre mois de stage au sein du projet In|Situ, j'ai pu faire une petite sélection de dispositifs d'interaction pour les enfants, et également proposer le développement d'un contrôleur tangible qui par une évolution naturelle s'est transformé en caméra. La Tangicam est un objet technique dont l'utilisation a été pensée pour accompagner l'enfant en interaction avec son monde. Interaction avec un objet donc, mais également interaction avec un milieu. Objet technique mais également instrument ludique, la Tangicam cherche à être le plus simple possible dans son utilisation et la plus riche et complexe dans les possibilités d'expression qu'elle donne aux enfants.



## 4. Contextes d'interaction et scénarii d'utilisation

### 4.1 Contexte Wimp

Les premiers prototypes de la Tangicam sont équipés d'une interface USB qui permet de rapatrier les photos et vidéos prises en extérieur dans un ordinateur classique. Dans ce contexte, les enfants doivent relier la Tangicam à un câble USB et disposer d'un ordinateur avec une souris. Posée sur son socle, la Tangicam peut également filmer et relayer l'image sur un réseau informatique, comme une webcam.



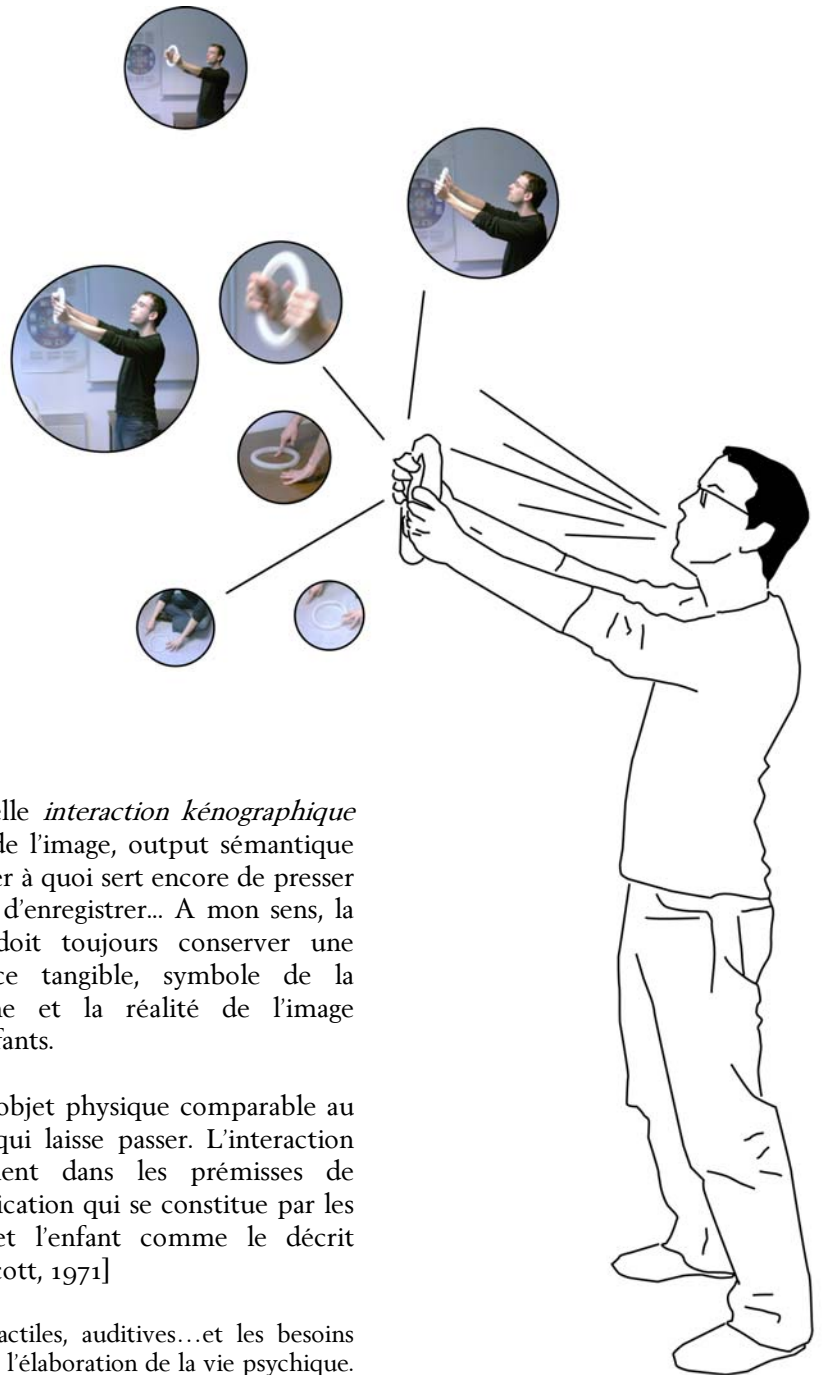
### 4.2 Contexte de Réalité Augmentée

Une version modifiée de la Tangicam intégrant un écran rétro-réfléctif lisible en lumière du jour permet de transformer celle-ci en un « see-through display » et ainsi permettre de surimprimer des informations digitales au monde réel. Posée sur un socle, elle peut devenir alors un mini-mediaspace tangible et tactile. Cependant ce genre d'écran est encore très peu répandu et coûteux. Si l'on dispose d'un environnement de réalité augmentée comme la iRoom ou comme le DiamondTouch on peut utiliser la Tangicam comme une fenêtre tangible (« physical window »). On pose simplement l'appareil sur la table et les photos apparaissent autour et en son centre grâce à un vidéoprojecteur situé au plafond. Prendre des photos ou des vidéos et les éditer revient donc à saisir la Tangicam, presser ses poignées, puis poser l'appareil sur la table. Ce schème d'interaction est à comparer avec son équivalent avec un caméscope et un logiciel d'édition vidéo.

### 4.3 Contexte de Réalité Mixte

Muni de lunettes à projection rétinienne (VRD) on peut se servir de la Tangicam comme d'un interface mixte. On peut par exemple souffler dans la Tangicam et voir les images sélectionnées flotter sous forme de bulles de savons autour de l'appareil comme dans l'illustration ci-contre. L'association de commandes vocales à l'interface physique ou la captation de mouvement permettrait également de pointer vers ces images comme dans le célèbre Put, That, There [Bolt, 1980] tout en détournant les imprécisions inhérentes à ces systèmes [Gaver, 2003].





Ce type de manipulation, que j'appelle *interaction kénographique* dématérialise totalement le support de l'image, output sémantique du système. On peut alors se demander à quoi sert encore de presser un dispositif pour signaler l'intention d'enregistrer... A mon sens, la machine, aussi évoluée soit elle, doit toujours conserver une composante physique, une interface tangible, symbole de la différence entre la réalité humaine et la réalité de l'image immatérielle, qui plus est pour des enfants.

Cercle et limite, la Tangicam est un objet physique comparable au corps: écran qui protège et fenêtre qui laisse passer. L'interaction kénographique trouve son fondement dans les prémisses de l'attention conjointe, subtile communication qui se constitue par les premiers échanges entre la mère et l'enfant comme le décrit Winnicott dans *Jeu et Réalité* [Winnicott, 1971]

" Tout comme les sensations tactiles, auditives...et les besoins alimentaires, le regard participe à l'élaboration de la vie psychique. Moyen émotionnel de communication, ses racines archaïques renvoient aux premiers échanges mère – nourrisson, au contact œil à œil pendant la tétée. "

En disposant d'une communication visuelle aussi performante que la communication verbale, on peut alors poser l'hypothèse que grâce à ces dispositifs on pourra peut-être augmenter certaines compétences créatives, notamment celles qui sont du registre de l'association visuelle et ainsi utiliser encore plus certaines aires cérébrales souvent sous exploitées.

## 4.5 Scénarii

A titre d'illustration, je propose ici quelques scénarios d'utilisation de la Tangicam pour l'éducation et le jeu.

### 4.5.1 Acquisition de compétences transmodales

Un modèle réduit de Tangicam peut être utilisé par des très jeunes enfants, idéalement à partir de 6 mois et ainsi être un outil d'éveil sensori-affectivo-moteur. Ses capacités musico-lumineuses ainsi que ses caractéristiques morphologiques sont adaptées au nourrisson qui peut s'en servir comme un jouet classique. Parmi les hypothèses à explorer : comment réagirait le bébé dans un contexte de réalité augmentée face à son image, à l'interaction sonore et lumineuse, décèlerait-il des invariants ? De plus, par simple manipulation, la Tangicam enregistrerait des séquences vidéos et des images, étendant par la même le concept de Personal Life Recorder de Don Norman dès le plus jeune âge [The Teddy, 1992].

### 4.5.2 Association libre visuelle

Dans un processus créatif, la Tangicam permet de sélectionner très rapidement des images et des objets issus de l'environnement pour ensuite les insérer dans un système informatique. Comme dans les ISMS de Engelbart ou les corpus d'image de Kitamura, l'interface pourrait permettre l'association visuelle avec d'autres images, d'autres objets, d'autres formes. On propose par exemple aux enfants de designer leurs couverts de cantine en s'inspirant des formes des plantes dans le jardin proche de leur école. Une dizaine d'entre eux part avec des Tangicams et prend très rapidement des photos de plantes aux formes intéressantes, ils peuvent même insérer les couverts dans les photos.

Ensuite, une fois revenu en classe, ils peuvent générer des formes par la technique du morphing en utilisant les images obtenues. Ils peuvent également s'inspirer des images créées par les élèves de l'année passée. En choisissant des plantes de *leur* environnement, ils favorise la valorisation patrimoniale, la spécificité de leur *situation*. Au final, les fourchettes du Limousin pourraient avoir la forme de châtaignes et les cuillères du bassin d'Arcachon la forme d'huître !

De telles expériences de design incluant les enfants ont déjà été réalisées notamment à l'université du Maryland où l'on a demandé à des enfants de dessiner les éléments d'un manège. Les formes et les thèmes relevés par les enfants ont ensuite servie de base pour la construction d'un vrai manège.

### 4.5.3 Découverte scientifique

Lors d'une colonie de vacances, on propose aux enfants de partir de nuit dans une ferme pour voir les animaux et les plantes. Chaque groupe possède une Tangicam et l'idée est de faire un reportage sur les aliments pour le bétail. Les Tangicams sont équipées de capteurs biochimiques (biocapteurs) leur permettant de détecter la présence de salmonelles dans l'alimentation des bêtes. Les enfants dégagent ainsi certaines propriétés des plantes, investissent le risque alimentaire par l'expérience concrète et non par la communication médiatisée du ministère de la santé.

Ils peuvent ensuite filmer les animaux de nuit car la Tangicam est équipée de Leds blanches qui font d'elle une torche géante ou un flash selon l'occasion. La Tangicam étant étanche et très solide, ils l'attachent au bout d'un bâton de bois pour l'approcher au plus près du bétail et ainsi réaliser des plans audacieux et récupérer des échantillons sonores de très bonne qualité. Le lendemain, ils pourront monter leur reportage mêlant des images, du son et des données issues des biocapteurs qu'ils pourront intégrer en surimpression à leur création. Cette oeuvre en copyleft pourra ensuite s'intégrer dans un corpus plus vaste disponible pour les autres enfants de leur centre de loisirs ou des écoles voisines.

### 4.5.4 Design participatif

Utilisée comme une probe, la Tangicam pourrait permettre aux enfants de se filmer entre eux lors de séances de design participatif ou de videobrainstorming [Mackay, 1999]. Dispositif de communication autonome, l'appareil peut suivre les déplacements des enfants lors de toutes leurs activités, et pourrait même filmer en continu une semaine d'activité en indexant automatiquement le contenu audiovisuel à l'aide des données de capteurs. Par exemple, ces marques (« cues ») peuvent être lumineuses, thermiques, d'accélération, sonores ou bien déterminées par l'utilisateur qui peut presser ou tordre l'appareil selon des indications préalables. Les données issues de ces enregistrements pourront être ensuite décortiquées par les enfants eux-mêmes et servir de base à une discussion ou à tout autre type d'activité de design. On peut par exemple leur demander comme dans le projet Interliving de prendre en photo les objets qu'ils estiment être « beaux », « effrayants » ou encore « rigolos ».

#### **4.5.5 Diriger un film**

L'échelle des plans distingue plusieurs types classiques dans le cinéma: plan d'ensemble, plan moyen, plan américain, plan rapproché, gros plan. En découpant des bouts de carton qu'on insère dans la Tangicam ou en dessinant au feutre velleda sur un bout de plexiglas transparent fixé en son centre on peut initier les enfants aux différents cadrages. Les caractéristiques de l'appareil permettent dans l'idéal de filmer en basse lumière, sous l'eau, en mouvement rapide, voire à plusieurs en tenant chacun l'appareil par une poignée et en demandant à une troisième personne de cadrer. De plus le faible coût de l'appareil permet de croiser les plans en multipliant les appareils et les points de vue. Encore une fois, c'est l'originalité du regard, de la situation au monde des enfants qui m'intéresse. Cet appareil de simulation permet de faire semblant (« pretend play ») tout en produisant réellement des images, du son.

#### **4.5.6 Ethnométhodologie pour enfants**

L'éthnométhodologie est une science sociale qui s'est construite en opposition à la sociologie des années soixante et qui s'intéresse aux petits groupes d'individus. Dans cet esprit d'investigation, on pourrait demander aux enfants munis de Tangicams d'utiliser certaines techniques appelées ethnométhodes pour étudier leur famille, leur cour d'école, leur club sportif ou encore certaines de leurs pratiques sociales plus privées. Même si le chercheur ne doit pas en théorie être membre de son village d'étude, on peut imaginer par exemple comme le faisait Garfinkel avec ses étudiants de pratiquer la technique du « breaching » dans un contexte familial. Il demandait en effet à ces élèves de se comporter chez eux comme des invités.

Des enfants munis de petites Tangicams pourraient par exemple faire cette expérience dans leur école. Une fois revenu en classe, ils pourraient discuter ensemble des réactions provoquées par leurs attitudes, de la renégociation des allants de soi (comportements inconscients), et également de l'investissement nécessaire du subjectif dans toute description de son terrain. Les problèmes de confidentialité et de droit à l'image (« privacy ») pourraient être réglés par des filtres simples comme des classificateurs Mpeg4 qui transforment les visages en aplats de couleurs, et des filtres audio qui changent les voix. Ainsi, on garderait simplement une vue structurelle des interactions sociales, suffisante pour les objectifs visés.

#### **4.5.7 Expérimentation socio-technique**

La Tangicam est un appareil photo qui pourrait trouver sa place dans les ateliers d'initiation à la photographie puisqu'elle exalte le cadre, la limite, métaphore de l'intention signifiante. Dans un contexte de réalité augmentée, l'interaction très simple avec l'appareil pourrait permettre par exemple à des élèves de CM2 de donner des cours de photo à des élèves de CP comme le préconisait Alan Kay dans les années soixante-dix pour l'apprentissage de la programmation par les enfants. L'inscription physique («*embodiment*») de l'interaction permet la réplique rapide des compétences nécessaires à l'utilisation de l'appareil, comme dans la programmation par l'exemple.

La circulation des affordances (forme ronde qu'on peut attraper, feedback lumineux et sonore, immédiateté de l'apparition de l'image en posant l'appareil) pourrait favoriser l'émergence des enfants prescripteurs technologiques. Ces profils particuliers qu'on retrouve dans les entreprises jouent un *rôle* essentiel dans la diffusion du savoir faire technologique au groupe. Le groupe pourra ensuite à son tour détourner, s'approprier la technologie : c'est le principe de *co-adaptation* [Mackay, 1990]

#### **4.5.8 Education aux médias**

Comme dans le projet Citizen Photojournalism [Annany, 2002] la Tangicam pourrait favoriser l'apprentissage informel («*informal learning*») et être ainsi un outil privilégié d'éducation aux médias. Utilisée par des collégiens, elle permettrait de réaliser des documentaires, des reportages qu'on pourrait ensuite critiquer, décortiquer une fois revenu en classe. Faire de la mise en scène journalistique pour défaire le flux médiatique omniprésent dans les grandes villes. La robustesse de l'appareil et son faible coût pourrait la rendre adéquat pour une utilisation scolaire. On pourrait même imaginer un lycée possédant une salle de réalité augmentée !

#### **4.5.9 Faire du son à partir d'images**

Avec ses deux caméras permettant de faire de la reconstruction 3D, la Tangicam pourrait être un outil d'expérimentation dans le domaine de la suppléance perceptive et de la communication entre enfants normaux et enfants handicapés. Si l'on se réfère à certains travaux en psychologie expérimentale (O'Regan, Lenay, Bach y Rita) la perception visuelle se constitue dans l'action. L'exemple type est celui du logiciel The Voice destinés aux aveugles.



Ce logiciel permet de produire du son à partir des images fournies par une caméra. Si cette caméra est fixe, les possibilités de discrimination d'objets sont beaucoup plus réduites que si l'on peut manipuler la caméra, c'est à dire changer de *point de vue* [Auvray, 2003]. On pourrait alors imaginer des activités collectives mêlant des enfants aveugles et des enfants valides tous en situation de perception sonore avec des Tangicams et des logiciels de substitution sensorielle. Des objectifs ludiques communs pourraient initier des zones d'expression partagées. On pourrait même s'amuser à parodier la zone de développement proximal de Lev Vygotsky pour créer le terme de perception proximale, qui nous entraînera peut être vers l'*interperception*.

Dans le domaine musical, et dans un contexte de réalité mixte, on pourrait utiliser la Tangicam comme un instrument de musique relié à un logiciel comme Metasynth [Wenger, 1997]. Ce logiciel permet de produire des sons à partir d'images. Il transforme les coordonnées de l'image dans le domaine fréquentiel et temporel. L'échelle de gris de chaque pixel contrôle le volume d'harmoniques spécifiques à des moments donnés. La position stéréo (« pan ») est déterminée par la couleur du pixel. En pointant la Tangicam sur des zones de l'environnement et en sélectionnant des parties de l'image vue par les caméras avec son doigt, on pourrait ainsi générer une multitude de son en explorant simplement l'environnement.

#### **4.5.10 Filmer sa vie, externaliser sa mémoire**

Lors de la conception de la Tangicam, j'ai testé plusieurs tailles, partant de celle d'une bague et allant jusqu'à celle d'un hula hoop. Des Tangicams miniatures sous forme de bijou évoquent les nombreuses recherches dans le domaine de la joaillerie numérique comme les StoryBeads [Barry, 2000], les CodaChrome [Dekoli, 2003] ou les Medallion de Nokia. Plus raisonnablement, on pourrait envisager d'utiliser la Tangicam comme une initiation à l'utilisation des appareils qui permettent d'enregistrer toute sa vie sur un support numérique comme décrit au 2.0.5.3.

Les adeptes de l'hypercontrôle auront en effet de quoi nourrir leur tendance obsessionnelle avec ces appareils. Afin de préserver les enfants de ces abus de surveillance, on peut imaginer comme Steve Mann de pratiquer la *sousveillance*, c'est à dire d'inverser la tendance. Pour ma part, je pense qu'il sera nécessaire de favoriser les débats autour de ces questions de liberté inter-individuelles. En ce qui concerne les enfants, on peut imaginer de proposer cette critique constructive en poussant à leur limite les technologies de surveillance pour en souligner les abus possibles.

En même temps, le fait de pouvoir filmer sa vie, c'est à dire externaliser un certain point de vue sur sa vie à destination des générations futures constitue un fantasme sans précédent pour les particuliers. Dans quelques générations, certaines familles pourront peut être regarder les vidéos de le rentrée en classe de sixième de leur arrière arrière grand père. La Tangicam pourrait alors servir de base à une réflexion sur ce genre de transmission patrimoniale que les américains appellent un « Life Log ». Par des activités ludiques sur ce thème, susciter un esprit critique des enfants face aux promesses et aux dangers de l'image.

#### 4.5.11 Jouer

La Tangicam est d'abord un jouet, conçue comme telle selon un cahier des charges privilégiant la robustesse, la forme ludique (c'est un frisbee) et les possibilités visuo-sonores. Les enfants peuvent s'en servir alors seulement comme un jouet pendant des années avant de réaliser ses possibilités en tant qu'appareil-photo ou caméra vidéo. C'est d'ailleurs un point important de cet appliance que de pouvoir suivre par sa forme et ses fonctions, l'évolution d'un enfant depuis son plus jeune âge jusqu'à son adolescence.

Peu de jouets nourrissent cette ambition si ce n'est des objets très simples comme les balles, les crayons. Ces jouets ont pour caractéristique d'être des supports *projectifs*, de posséder un espace libre que l'enfant pourra remplir avec sa *subjectivité*. La Tangicam a été pensé pour les activités ludiques de détournement, de jeu libre, de playing [Winnicott, 1971].

Dans un contexte de réalité mixte, on peut imaginer utiliser la Tangicam pour une multitude de jeux pervasifs. La Tangicam permet de viser, de s'accrocher, ou encore d'être utilisée comme un volant voire comme un projectile physique. Dans un contexte de réalité augmentée en lumière du jour, elle permettra de servir de lentille magique (« magic lens ») et de voir à travers les objets, de déceler des indices pour des jeux de ville ou de démasquer le vrai visage d'adversaires dans les futures générations de RTS (real time simulation games).

#### **4.5.12 Médiation thérapeutique**

L'observation et l'analyse du comportement par les psychologues et les médecins se pratique souvent au moyen de la vidéo. La Tangicam pourrait appuyer ces dispositifs existants pour donner une vue plus personnelle, située dans l'environnement immédiat des jeunes patients. Les enfants pourraient ainsi capter de manière ludique les séquences d'interaction entre eux et certains objets à l'aide de marqueurs vidéos et par ondes radio (Rfid).

Les thérapeutes pourraient par exemple se servir des descriptions de l'environnement faites par l'enfant, et peut être y déceler un discours, une expression que le langage verbal n'aurait pas mis à jour sous cet angle. Dans la mesure où certains symptômes s'étaient par un faisceau d'arguments, on peut poser l'hypothèse que la Tangicam pourrait être une médiation thérapeutique, comme il en existe de nombreuses notamment en ludothérapie. Dans des contextes limites comme la réalité augmentée ou la réalité mixte, on pourrait même y voir un instrument prometteur en ce qui concerne l'étude de certaines pathologies psychotiques.

#### **4.5.13 Montage vidéo tangible**

Ecrire en images avec la même souplesse et la même richesse qu'on s'exprime avec des mots. Ce fantasme propre à notre époque surinvestie par les images n'en est pas pour autant dénué d'intérêt. La communication non-verbale est en effet une réalité, elle est un terrain expressif spécifique, avec ses codes que décrivent depuis plus de cinquante ans les spécialistes de la sémiotique visuelle.

Imaginer un dispositif de montage tangible avec la Tangicam et une table de réalité augmentée est un exercice stimulant. Parmi mes recherches, j'ai été orienté très vite par Mme Mackay vers une solution utilisant des stylos en plus de la Tangicam. On pose l'appareil sur la table, les séquences apparaissent autour, puis avec un stylo, on peut réaliser toutes sortes de manipulation, d'effets, de réorganisation structurelles. Dans un esprit plus futuriste, on peut imaginer que le montage s'effectue directement lors du tournage.

Dans *Matière et Mémoire*, Henri Bergson explique comment toute conscience est déjà perception du passé

« Vous définissez arbitrairement le présent *ce qui est*, alors que le présent est simplement *ce qui se fait*. Rien n'est moins que le moment présent, si vous entendez par là cette limite indivisible qui sépare le passé de l'avenir. ... Dans la fraction de seconde que dure la plus courte perception possible de lumière, des trillions de vibrations ont pris place, dont la première est séparée de la dernière par un intervalle énormément divisé. Votre perception, si instantanée soit-elle, consiste donc en une incalculable multitude d'éléments remémorés, et, à vrai dire, toute perception est déjà mémoire. *Nous ne percevons, pratiquement, que le passé*, le présent pur étant l'insaisissable progrès du passé rongéant l'avenir. »

Ainsi, envisager un montage d'images en même temps que le tournage, que la captation ; nous permettrait de nous rapprocher de ce processus insaisissable, décrit également par Deleuze [*L'image-mouvement*, 1983].

#### 4.5.14 Ontologie pour enfants

Pris dans le sens de la catégorisation de l'être, l'ontologie peut être vue comme une sous-discipline de la métaphysique [Quine, 1948]. Apprendre à classer, faire des groupes, comme dans la méréologie et la méréotopologie [Smith, 1998] peut être passionnant pour les enfants avides de questions sur les propriétés et les frontières de l'être. Grâce à la Tangicam et à des logiciels de visualisation d'information, on pourrait initier les enfants à la classification, à la taxonomie, à la systématique [Von Linné, 1750]. Dans un contexte de réalité augmentée, on pourrait par exemple envisager que les classificateurs se superposent à l'image des caméras et proposent aux enfants des manières ludiques de structurer le monde qui les entoure.

#### 4.5.15 Synesthésie/Synopsie/Phonesthésie

Un peu comme dans le scénario 4.5.9, ce scénario propose d'utiliser la Tangicam comme un outil synesthétique. La synesthésie est une affection neurologique qui a pour propriété d'établir des correspondances (« mapping ») originales entre différentes modalités perceptives. La forme la plus courante est la perception de couleurs lors de l'écoute de sons, elle se nomme alors phonesthésie ou synopsie. De nombreux artistes connaissaient leur synesthésie comme Kandinsky, Messiaen, Baudelaire, Rimbaud ou encore l'écrivain Nabokov.

Mais la synesthésie peut également s'exprimer par un mapping visuo-moteur comme l'exploitent certains jeux expérimentaux comme Rez pour la Playstation 2. Dans cette même idée, je propose alors d'utiliser la Tangicam comme d'une interface transformant les sons en couleur sur la base de correspondances fréquentielles. On pourrait même imaginer un retour moteur voire thermique. Dans le cadre d'une visite en forêt, en dirigeant la caméra vers une rivière, on pourrait alors ressentir son débit de façon colorée et haptique. Dans un autre genre, la Tangicam pourrait servir pour faire de l'analyse spectrométrique afin de connaître l'état végétatif d'une plante (sa réponse dans le rouge est un bon indicateur de la qualité de sa photosynthèse).

En tant qu'instrument de musique, la Tangicam pourrait alors permettre éventuellement, sur la base de correspondance adéquat, permettre de faire de la musique dans un groupe constitué de sourds, d'aveugles et d'enfants valides. Chacun utiliserai une modalité particulière : acoustico-motrice pour les aveugles, chromato-motrice pour les sourds et toutes les modalités pour les valides. Ils pourraient ainsi s'accorder sur la même structure temporelle et s'exprimer dans le même élan. Dans un contexte de réalité augmentée ou même de réalité mixte, on peut même imaginer que leur composition influence directement leur milieu proche ou distant. L'architecture du bâtiment pourrait se modifier suivant la composition, des miroirs montés sur des moteurs pourraient faire varier l'éclairage, comme cela se pratique dans les mises en scène actuelles qui utilisent de plus en plus de capteurs, d'effecteurs et de systèmes informatiques comme éléments narratifs.



#### 4.4 Synthèse

Ce petit chapitre présentant différents contextes et scénarios d'utilisation peut paraître superflu dans un mémoire de DEA en informatique. Cependant, il me semblait important d'assumer ma subjectivité et mes fantasmes narratifs pour préciser mes intentions, présentes dans tout acte créatif. L'intention n'est pas le contexte, mais elle précise l'angle vers lequel pointe l'idée que je tente d'élaborer.

Appareil photo, caméra vidéo, ordinateur, robot immobile, la Tangicam peut sembler très *complexe* et donc inutilisable. Pourtant, ce n'est qu'un cercle *simple* en thermoplastique que l'on peut presser et qui nous répond par des couleurs et des vibrations. Bien sûr, j'ometts volontairement de parler du système informatique toujours nécessaire à son utilisation, c'est donc une *fausse* simplicité. Mais c'est pour mieux souligner la différence entre les parties explicites comme la Tangicam et les parties implicites (invisibles diraient certains) dans tout système d'interaction enfant-machine. L'implicite est un peu comme les allants-de-soi des ethnométhodologues, il est a-perçu et semble hors d'atteinte des utilisateurs comme le soulignent si souvent les spécialistes de la programmation par l'utilisateur.

Je propose donc d'étudier *les rapports entre narration et programmation*, de croiser les investissements conflictuels avec les techniques d'écritures informatique car si je ne m'abuse, programmer signifie littéralement écrire à l'avance, reste maintenant à prendre du plaisir lors de ce moment d'écriture. Nous ne sommes pas tous des écrivains informatiques, mais nous pouvons prendre du plaisir à lire et à écrire le système [Kay, 1972]. Peut être qu'en essayant de développer les utilisations créatives des objets, on motiverait les enfants à s'approprier les parties implicites du système puisque celui-ci deviendrait le complément nécessaire à l'expression de leurs joies, de leurs angoisses ou, comme le rappellent avec justesse les psychanalystes et les théoriciens du récit, de leurs *conflits*.

## 5. Evaluation de la Tangicam

L'évaluation des interfaces et de l'interaction homme-machine est un domaine très vaste, qui regroupe de nombreuses techniques et méthodes objectives comme la loi de Fitts, d'autres différentielles et depuis quelques années de plus en plus centrées sur l'utilisateur et sa subjectivité. Mais ces méthodes, initialement prévues pour évaluer l'interaction homme-ordinateur ne couvrent pas la diversité des machines et techniques d'interaction actuelles. De plus, l'interaction enfant-machine est différente de l'IHM classique. On peut donc se poser la question de la validité des méthodes d'évaluation classiques lorsqu'il s'agit d'évaluer une « communication appliance pour les enfants ». Lors de la dernière conférence IDC (Interaction Design and Children, août 2004), de nombreux panels avaient pour sujet l'évaluation des interfaces et de l'interaction, sujet déjà traité dans la littérature IHM [Hanna, 1997] mais très complexe et donc à préciser encore. Le panel intitulé : « Children's Online Interfaces : Is usability testing worthwhile ? » montre bien l'ambiguïté de l'évaluation des interfaces pour enfants.

Parmi les orateurs, Stuart MacFarlane et Janet Read ont montré la Fun Toolkit, un ensemble d'éléments d'évaluation composé du Fun-o-meter évaluation monovariante continue, du Smileyometer, monovariante discrète et le Fun-Sorter, évaluation matricielle avec des lettres. De plus ils montrent différentes méthodes d'observation des enfants comme la Again-Again Table mais soulignent en général la difficulté de l'évaluation in situ des dispositifs pour enfants. Comme eux, beaucoup d'auteurs mettent en avant les difficultés des enfants à pratiquer les méthodes dite de « think aloud » [Donker, Reitsma, 2004] ou lorsqu'il s'agit d'exprimer un commentaire verbal sur les objets qu'ils utilisent, surtout si l'évaluation se pratique en groupe [Van Kesteren & al, 2004].

Pour Yasmine Kafai, les pratiques socio-techniques des enfants sont encore mal connues. Même constat pour Allison Druin qui insiste cependant sur la nécessité absolue d'intégrer les enfants dans le processus de design. Un des thèmes récurrents portait d'ailleurs sur la construction de jeux vidéos par les enfants [Good, Robertson, 2004], mettant en avant que les enfants sont toujours considérés comme des *consommateurs* et jamais comme des *acteurs*. De nombreuses recherches tentent d'ailleurs de modéliser l'enfant-acteur [Stockhaus, 2003] moins dans la lignée d'un apprenant mais plus dans le courant *situé* (Suchman, Lave, Wenger).

En ce qui concerne la Tangicam, les prototypes fonctionnels encore en alpha-version et le temps imparti (stage de quatre mois) ne m'ont pas permis d'effectuer d'évaluation avec les enfants. Cependant, dans le cadre de la démonstration du dispositif lors de la fête de la science, je pratiquerai une évaluation se fondant sur des critères objectifs (mesures informatiques), descriptifs (vidéo) et subjectifs (questionnaire d'usability sous forme de jeu). De plus, j'aurais également impliquer plus les enfants lors du processus de construction de l'appareil, initialement prévu pour être réalisé selon des méthodes de design participatif [Mackay, 2000] mais qui, pour de multiples raisons n'a pas pu avoir lieu (période de vacances pour les enfants, manque de temps, autres obligations à respecter comme celle de rédiger ce mémoire :)

## 6. Conclusion

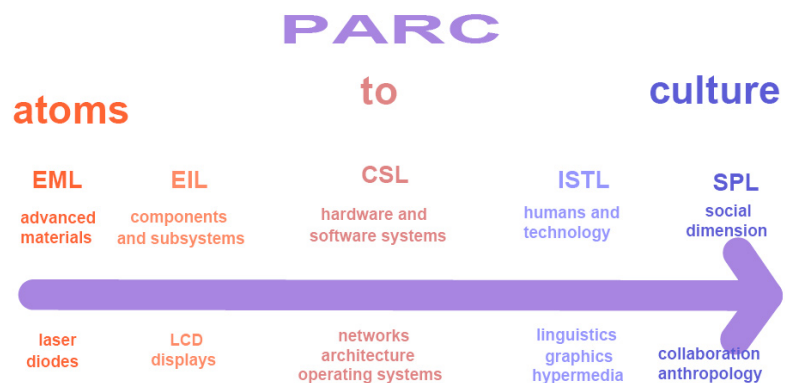
### 6.1 Synthèses

Dans ce mémoire, j'ai tenté d'esquisser les contours de l'interaction entre les enfants et les machines. Ce phénomène complexe peut s'aborder sous différents angles, j'en ai personnellement choisi trois :

- La forme symbolique
- L'écosémiotique
- La coadaptation

Ces trois hypothèses de départ m'ont permis de distinguer plusieurs classes d'objets techniques utilisés par les éducateurs et d'en extraire ceux qui correspondaient à mes angles d'approche. J'ai par exemple écarté les dispositifs d'acquisition de savoir pour privilégier les systèmes favorisant la *sémiogenèse*, la *créativité*. J'ai ensuite distingués des sous-classes d'objets en fonction de critères fonctionnels comme par exemple le fait de distinguer les poupées des robots. Enfin, j'ai proposé un prototype de dispositif : la Tangicam, ou caméra tangible qui essaye de correspondre au maximum aux recommandations entraînées par mes hypothèses.

La longue seconde partie qui décrit l'histoire de ma discipline m'a fait prendre conscience d'un certain nombre de fantasmes et de mythes partagés par les créateurs d'objets techniques pour les adultes et pour les enfants. Parmi ceux-ci, j'ai particulièrement observé ceux qui voient l'être comme un système d'interaction généralisé, d'une complexité surhumaine comme le résume très bien le schéma suivant [Weiser, 1994] qui décrit l'étendue des recherches du centre de recherche de Xerox au début des années quatre-vingt dix :



J'ai également tenté de spécifier la dématérialisation du support de l'image en proposant le terme de *kénographie*, et en montrant que les nouvelles techniques informatiques (Réalité augmentée, Réalité mixte) permettront bientôt de s'exprimer en images comme on s'exprime avec le son. Bien sûr, on m'argumentera que l'expression visuelle atteint déjà une telle richesse, notamment avec l'écriture, avec tous les arts visuels ou avec la métacommunication. Mon intention est autre, elle se fonde sur l'expression visuelle analysée sous l'angle de sa genèse, de sa poly-adaptation. Vu sous cet angle, le support rétinien et l'illusion d'un support vide (*kenos*) de matière présente des similitudes avec le médium aérien qui sous-tend la communication verbo-acoustique. Même si l'on dit qu'un bon dessin vaut mieux qu'un long discours, force est de constater que la plupart des gens en interaction communiquent consciemment par la parole. Je prétend que les nouvelles technologies de re-présentation visuelle vont provoquer un glissement de l'acoustique vers le visuel en tant que support des communications interpersonnelles. Mon ambition est donc d'étudier ce mouvement avec les enfants qui en seront les acteurs et de réfléchir avec eux aux promesses et aux limites de ce type de dispositifs.

En tant qu'adulte, je suis fortement imprégné par ma culture et l'histoire de mes expériences vécues. J'entends par là même rafraîchir mes propres *allants-de-soi* en me confrontant aux points de vue originaux des enfants, partager la richesse de leur *situation*. Inversement, je décide de conserver certaines valeurs intersubjectives comme par exemple l'importance du lien tangible à la signification qui se dégage de certains courants de ma discipline comme celui popularisé par Paul Dourish (« embodied interaction »). Les travaux des philosophes et des psychologues, notamment concernant les investissements psychotiques, ont de même souligné le risque d'exercice morbide des systèmes d'immersion : si l'image n'a plus de support matériel, comment la distinguerons-nous alors de la réalité ?



## *6.2 Perspectives*

A court terme, je souhaite effectuer ma thèse de doctorat en IHM sous la direction de Mme Mackay. Cette thèse a pour l'instant l'intitulé suivant : « Analyse exploratoire des flux d'activité des enfants lors du jeu libre ». Le lecteur trouvera en annexe une version plus détaillée de mon projet de thèse. Dans le cadre de ces trois années, je désire étendre certaines de mes expériences à la psychologie et réaliser des protocoles expérimentaux communs avec des psychologues et des médecins spécialistes de l'enfance.

A moyen terme, je souhaite construire avec mes pairs un cadre théorique cernant l'interaction enfant-machine et développer un vocabulaire spécifique à l'interaction avec des systèmes mécaniques, avec des objets techniques complexes. Sur cette base, je pense alors réaliser d'autres prototypes de dispositifs d'interaction en intégrant à ma démarche des chercheurs d'autres disciplines comme la psychologie ou l'électronique, et bien sûr, des enfants !

Parmi ces dispositifs, j'aimerais tout particulièrement essayer de donner corps à la relation entre l'enfant et la machine au moyen d'objets aux structures complexes capables de se déplier d'une échelle nanoscopique jusqu'à l'échelle humaine (un peu comme des sphères de Hoberman) ou capable de reconfiguration complexe comme les maillages de robots immobiles (« immobots »). Les assemblages robotiques de la matière constituent un bon point de départ à la tentative de compléter les possibilités kénographiques des systèmes informatiques actuels. La morphogenèse de l'information physique est un sujet qui passionnera peut-être autant que ne l'a fait la réalité virtuelle en son temps. Le couplage des atomes et des bits pourrait alors passer des potentialités économiques [Negroponte, 1995] à l'actualisation de la relation moderne entre l'homme et son monde, entre l'enfant et son locus.

Enfin, à plus long terme, j'aimerais me diriger vers des recherches appliquées dans le domaine de la clinique computationnelle, utiliser l'interaction comme une médiation thérapeutique, soit directe, soit comme élément d'un système de soin. Cette ambition pourrait se concentrer sur les pathologies physiologiques (création de dispositifs de suppléance fonctionnelle), mais également psychologiques (dispositifs de recherche fondamentale sur les psychopathologies). J'ai d'ailleurs commencé une collaboration dans ce sens avec Michael Stora, chercheur en psychologie et psychanalyste, qui étudie l'interaction vidéoludique avec des enfants autistes au Cmp de Pantin près de Paris.

Pour finir ce mémoire, j'emprunterai à la thermodynamique un de ses schémas, celui qui compare les différents états de la matière et à la psychanalyse l'un de ses plus célèbres patients, l'homme qui a fait sourire la Joconde.

Parmi les grands principes de circulation des molécules, il y en a un qui intéressait tout particulièrement Sigmund Freud : la *sublimation* [Un souvenir d'enfance de Léonard de Vinci, 1910]. Weiser disait qu'il aimerait que notre relation à la machine soit rafraîchissante, je souhaite à mon tour qu'elle soit *sublime* :

"Using a computer should be as refreshing as taking a walk in the woods." Weiser, 1994

Je propose que cette balade en forêt suive un chemin qui traverse tous les états de la matière, qu'elle permette de régresser jusqu'à ce stade gazeux où l'être n'est plus que particule pour retrouver alors, à travers tous les degrés de la signification, la solidité sublime du moi créateur.

## 7. Références Bibliographiques

### 7.1 IHM/IEM

Aish R. (1979) 3D input for CAAD systems. *Computer-Aided Design*, Vol. 11 No.2, pp. 66-70, March 1979

Aish, R, Noakes, P. (1984) Architecture without numbers - CAAD based on a 3D modeling system", *Computer-Aided Design*, Vol. 16 No. 6, pp. 321-328, Nov 1984.

Aish, R, Frazer, J, Frankel, J. L, Patera, A,T, Marks, J. (2001), Computational Construction Kits for Geometric Modeling and Design. Panel Abstract.

Anagnostou, G, Dewey D, et Patera, A. (1989) Geometry-defining processors for engineering design and analysis. *The Visual Computer*, 5:304-315, 1989.

Anderson, D, Frankel, J, Marks, J. (1999), Building Virtual Structures with PhysicalBlocks, in *Proceedings of UIST'99*.

Balakrishnan, R. (2001). Issues in bimanual interaction for computer graphics. Ph.D. Thesis. Department of Computer Science, University of Toronto.

Baumgart B.G. (1974) Geometric modeling for computer vision. Technical Report AIM-249, AI Laboratory, Stanford Univ., Oct. 1974.

Beaudouin-Lafon, M. & Mackay, W.E. (2000) Reification, Polymorphism and Reuse: Three Principles for Designing Visual Interfaces. *Proceedings of AVI 2000, Advanced Visual Interfaces*, Palermo, Italy. pp. 102-109.

Bier, E, Stone, M, Pier, K et al (1993). Toolglass and Magic Lenses : the See-Through Interface. *Computer Graphics (Siggraph'93 Proc)*, pp73-80.

Biocca, F., "The Cyborg's Dilemma: Progressive Embodiment in Virtual Environments ", *Journal of Computer Mediated Communication*, Vol. 3, N. 2, September 1997

- Blocher, K. H. (1999) Affective Social Quest (ASQ) Teaching emotion recognition with interactive media and wireless expressive toys, MSc Thesis, MIT
- Bly, S, A, Harrison, S, R, and Irwin, S. (1993) "Media spaces: Bringing people together in a video, audio, and computing environment", CACM, vol 36, no 1, January 1993.
- Bobick, A, Intille, S. S, Davis, J. W, Baird, F, Pinhanez, C. S, Campbell, L. W, Ivanov, Y. A, Schutte, A, Wilson, A. (1999) The Kidsroom: A perceptually-based interactive and immersive story environment. In PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments. 367-391.
- Bødker, S. (1996): Applying Activity Theory to Video Analysis: How to Make Sense of Video Data in Human-Computer Interaction. In B. Nardi (ed.) Context and Consciousness. MIT Press, pp. 147-174.
- Buxton, W. (1992) Telepresence: integrating shared task and person spaces. Proceedings of Graphics Interface 1992, 123-129.
- Card, S. K., Mackinlay, J. D. & Shneiderman, B. 1999. Readings in Information Visualization. San Francisco CA: Morgan Kaufmann.
- Costa-Cunha P (2003) Cahier de Laboratoire 'Augmenté', Rapport de Stage de DEA, Université d'Orsay Paris-Sud, septembre 2003.
- Costa-Cunha P, Mackay W.E. (2003) Papier Augmenté et Stylo Anoto, In Proceedings of IHM'03, Interaction Homme-Machine, pages 232-235, Caen, France.
- Dautenhahn, K. & Werry, I. (2000). Issues of Robot-Human Interaction Dynamics in the Rehabilitation of Children with Autism. Proc: From Animals To Animats 6 (SAB2000), 11 - 15 September 2000, Paris, France, MIT Press, pp. 519-528
- Dix, A. (2003), Being playful: learning from children. Proceeding of the 2003 conference on Interaction design and children.
- Drescher, G. L. (1987) Object-Oriented Logo, Artificial Intelligence and Education. Ablex Publishing, Norwood, NJ, pp. 153-165.
- Dreyfus, H.L. (1968), "A Critique of Artificial Reason", Thought.

Dreyfus, H.L. (1972) *What Computers Can't Do: A Critique of Artificial Reason*, Harper and Row, Flammarion 1984.

Dreyfus, H.L. (2001) "Phenomenological Description versus Rational Reconstruction," *Revue Internationale de Philosophie*, Vol. 55, No. 217, 181-196.

Dreyfus, H.L. (2002) "Intelligence without representation - Merleau-Ponty's critique of mental representation," *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, Vol 1, No.

Druin, A, Perlin, K. (1994) *Immersive environments: A physical approach to the computer interface*. In *Proceedings of Human Factors in Computing Systems*. Vol. 2. ACM Press, 325-326.

Druin, A, Montemayor, J, Hendler, J, Mcalister, B, Boltman, A, Fiterman, E, Plaisant, A, Kruskal, A, Olsen, H, Revett, I, Plaisant-Schwenn, T, Sumida, L, Wagner, R. (1999) *Designing PETS: A personal electronic teller of stories*. In *Proceedings of Human Factors in Computing Systems*. ACM Press, 326-329.

Druin, A, Hendler, J. (2000) *Robots for kids: New technologies for learning*, Eds. Morgan Kaufmann, San Francisco CA

Edwards, EK, Rolland, JP & Keller, KP (1993). *Video see-through design for merging of real and virtual environments*. Proc. IEEE Virtual Reality International Symposium (VRAIS'93), Seattle, WA, 223-233.

Engeström, Y. (1990): *When Is a Tool? Multiple Meanings of Artifacts in Human Activity*. In *Learning, Working, Imagining*. Helsinki: Orienta-Konsultit Oy, pp. 171-195.

Esposito, C, Paley, W. B, and Ong, J. (1995) *Of mice and monkeys: A specialized input device for virtual body animation*. In *Proc. of Symposium on Interactive 3D Graphics*, Monterey, California: 109-114, 213.

Feiner, S et Shamash, A. (1991) *Hybrid user interfaces: Breeding virtually bigger interfaces for physically smaller computers*. In *Proceedings of UIST'91, ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 9-17, November 1991.



- Feiner, S, MacIntyre, B, Haupt, M & Solomon, E (1993). Windows on the world: 2D windows for 3D augmented reality. Proc. AC (UIST'93), Atlanta, GA.
- Feiner, S., MacIntyre, B. and Seligmann, D. (1993). Knowledge-based augmented reality. Communications of the ACM. 36, 7 (1993), 52-62.
- Fisher, S. (2002) "An Authoring Toolkit for Mixed Reality Experiences," In Proc. IWEC '02 (Int. Workshop on Entertainment Computing), Makuhari, Japan, May 14-17, 2002, 487-494.
- Fitzmaurice, G.W. (1996) Graspable User Interfaces. PhD at the University of Toronto.
- Fjeld M., Bichsel M. and Rauterberg M. (1999) BUILD-IT: a brick-based tool for direct interaction. In D. Harris (ed.) Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics (EPCE), Vol. 4. Hampshire: Ashgate, pp. 205-212., 1999.
- Frazer, J, P. Frazer, P, (1980) Intelligent physical three-dimensional modelling system. In Proc. of Computer Graphics 80, pages 359{370. Online Publications.
- Frazer J. H. (1982) Three-Dimensional Data Input Devices". Computers/Graphics in the Building Process. National Academy of Sciences, Washington 1982.
- Frazer, J. (1991) Universal constructor. In W. van der Plas, editor, Proc. of the Second International Symposium on Electronic Art. SISEA.
- Frazer, J. (1994) An Evolutionary Architecture. Architectural Association, London.
- Fuchs, H., Bajura, M., Ohbuchi, R. (1993). Merging virtual objects with the real world: Seeing ultrasound imagery within the patient. Video Proceedings of IEEE Virtual Reality International Symposium (VRAIS'93), Seattle, WA..
- Furnas, G. (1981) The Fisheye View: new look at structured files. Bell Laboratories technical memorandum, #81-11221-9.
- Furnas, G. W. 1986. Generalized fisheye views. In Conference proceedings on Human factors in computing systems (CHI '86, Boston MA, Apr.), New York NY: ACM Press, 16-23.

Garreau L, Couture N. (2003) Study of Tangible User Interface for handling tridimensionnal Objects. In Proceedings of Workshop on Real World User Interfaces, conference proceeding in Fifth International Symposium on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services Physical Interaction (PI03), p. 64-68, September 8-11 2003, Udine, Italy

Gaver, W (1989) The sonic finder, an interface that uses auditory icons. *Human Machine Interaction*, 4.

Gaver, W (1991) Technology affordances, in Proceedings for Conference on Human Factors and Computing Systems, ACM CHI 1991

Gaver, W, Bowers, J, Boucher, A, Gellerson, H, Pennington, S, Schmidt, A, Steed, A, Villars, N, Walker, H (2004), The drift table: designing for ludic engagement. Extended abstracts of the 2004 Conference on Human Factors and Computing Systems [CHI 2004]

Gorbet, M., Orth, M. Ishii, H. (1998) Triangles: Tangible Interface for Manipulation and Exploration of Digital Information Topography, Proceedings of CHI '98, ACM Press.

Gorton, T. (2003) Tangible Toolkits for Reflective Systems Modeling. Masters Thesis, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA.

Gorton, T., Mikhak, B., Paul, K. (2002) Tabletop Process Modeling Toolkit: A Case Study in Modeling US Postal Service Mailflow. Demonstration at CSCW 2002.

Grudin, W. (1988) "Why CSCW applications fail: Problems in the design and evaluation of organizational interfaces", Proc. CSCW 1988, pp. 85-93, September 1988.

Güven, S, Feiner, S. (2003) Authoring 3D Hypermedia for Wearable Augmented and Virtual Reality. in Proc. ISWC '03 (Seventh International Symposium on Wearable Computers), White Plains, NY, October 21-23, 2003, 118-226.

Holmquist L. E., and Skog T. (2003) Informative Art: Information Visualization in Everyday Environments. In Proceedings of Graphite 2003.

Hoorn, J.F., and Konijn, E.A. (2002) Perceiving and experiencing fictional characters: Building a model. Work in progress. Free University, Amsterdam, 2002.

Igarashi, T, Matsuoka, S, and Tanaka, H. (1999), Teddy: a sketching interface for 3D freeform design. SIGGRAPH 99 Conference Proceedings, pages 409-416, 1999.

Ishii, H, Ullmer, B. (1997) Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In Proceedings of Human Factors in Computing Systems. ACM Press, 234-241.

Ishii, H. and Ullmer, B. (1997) Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. In Proc of CHI'97, ACM Press, 1997.

Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. Proceedings of CHI'97, pp. 234-241.

Ishii, H., Kobayashi, M., and Grudin, J. (1993). Integration of interpersonal space and shared workspace: Clearboard design and experiments. ACM Transactions on Information Systems (TOIS) (Special issue on CSCW'92), 11(4).

Jacob, R, Ishii, H, Pangaro, G, Patten, J. (2002) A Tangible Interface for Organizing Information Using a Grid," in Human Factors in Computing Systems CHI 2002. Minneapolis, USA: ACM, 2002.

Johanson B., Fox A., and Winograd T. (2002) The Interactive Workspaces Project: Experiences with Ubiquitous Computing Rooms. In IEEE Pervasive Computing 1(2).

Kafai, Y, Resnick, M., Eds. (1996) Constructionism In Practice: designing, thinking and learning in a digital world. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, New Jersey.

Kahn, K. (1996) Drawings on Napkins, Video-game Animation, and Other Ways to Program Computers. Communications of the ACM, vol. 39, no. 8, pp. 49-59, August 1996.

Kaneko, M., Kishino, F., Shimamura, K., Harashima, H. (1993). Toward the new era of visual communication. IEICE Transactions on Communications, Vol. E76-B(6), 577-591, June 1993.

- Kay, A (1987) Doing with images makes symbols. Stanford, Calif. University Video Communication. Disponible sur le site de Microsoft Research [murl.microsoft.com/](http://murl.microsoft.com/)
- Kirsch, D. (1999) The affective trigger: a study on the construction of an emotionally reactive toy. Technical Report TR-496, MIT, 1999.
- Kirsh D. and Maglio P. (1994) On Distinguishing Epistemic from Pragmatic Action, *Cognitive Science*, Vol. 18, pp. 513-549, (1994).
- Kitamura, Y, Itoh, Y, Masaki, T, Kishino, F. (2000) ActiveCube: a bi-directional user interface using cubes. In Proc. KES 2000: Fourth International Conference on Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies. Aug. 30 - Sep. 1, 2000: 99-102. Kitamura et al.
- Kreimeier, B. (2002) The Case For Game Design Patterns. In *Gamasutra*.
- Krueger, M.W. (1990) *Artificial Reality II*. Addison-Wesley.
- Kurtenback, G., Fitzmaurice, G., Baudel, T., and Buxton, W. (1997). The Design of a GUI Paradigm based on Tablets, Two-hands, and Transparency. Proceedings of the ACM CHI'97 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97), Atlanta, Georgia, ACM Press, 35-42.
- Kuzuoka, H, Greenberg, S. (1999) Mediating Awareness and Communication through Digital but Physical Surrogates. in Proc.CHI'99 Extended Abstracts, pp.11-12.
- Lave (1991). Lave, Jean. *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press. Cambridge. New York, NY. 1991.
- Lertsithichai, S. and Seegmiller, M. (2002) CUBIK: A bi-directional tangible modeling interface. In Proc. of the Conf. of Human Factors in Computing Systems, CHI 2002: 756-757.
- Mackay, W.E, Velay, G, Carter, K, Ma, C & Pagani, D (1993). Augmenting reality: Adding computational dimensions to paper. *Communications of the ACM*, 36(7), 96-97.

Mackay W.E, Pagani D.S., Faber L., Inwood B., Launiainen P, Brenta, L, et Pouzol V. (1995) Ariel: augmenting paper engineering drawings. In CHI'95 Conference Companion, pp. 420-422.

Mackay, W.E. (1999) Media Spaces: Environments for multimedia interaction. In M. Beaudouin-Lafon (Ed.), Computer-Supported Cooperative Work, Trends in Software Series. Chichester:Wiley and Sons, pp 55-82.

Mackay, W.E. (2000), In Situ Design. Master Class notes.Søderberg, Denmark.

Mackay, W.E. (2000) Augmented Reality: Dangerous Liaisons or the Best of Both Worlds? In Proceedings of ACM DARE 2000, Designing Augmented Reality Environments. pp 171-172.

Mackay, W.E, Pothier, G, Letondal, C, Bøegh, K, Sørensen, H. (2002) The Missing Link!: Augmenting Biology Laboratory Notebooks. In Proc. User Interface Software and Technology (UIST2002), Paris, France, ACM Press, p. 41-50.

Maddocks, R. (2000) Bolts from the blue: How large dreams can become real products. In Robots for kids: New technologies for learning, A. Druin, et J. Hendler Eds. Morgan Kaufmann, San Francisco CA, 111-156.

Mankoff, Jennifer, Anind K. Dey, Gary Hsieh, Julie Kientz, Scott Lederer, Morgan Ames, (2003). "Heuristic Evaluation of Ambient Displays." In Proceedings of CHI 2003. 8 pages. Paper (PDF)

Martin, F. (1988) Children, Cybernetics, and Programmable Turtles. S.M. Thesis, MIT Department of Mechanical Engineering.

Metzger, PJ (1993). Adding reality to the virtual. Proc. IEEE Virtual Reality International Symposium (VRAIS'93), Seattle, WA, 7-13.

Mikhak, B., Silverman, B., Berg, R. (2002) Logochip: A Playful Introduction to Electronics. Grassroots Invention Group internal memo. MIT Media Lab, Cambridge, MA.

Milgram, P, Takemura, H, Utsumi, A, Kishino, F. (1994) "Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum\*", SPIE Vol. 2351 Telem manipulator and Telepresence Technologies.

Mitra, S. (2000) Minimally Invasive Education and Mass Computer Literacy, CRIDALA 2000, June 20, 2000, Hong Kong.

Nadel, J., Guerini, C., Peze, A. Rivet, C. (1999) The evolving nature of imitation as a format of communication, In: J. Nadel and G. Butterworth (Eds.) Imitation in Infancy, Cambridge University Press, pp. 209-234

Nardi, B. (1996): Studying Context: A Comparison of Activity Theory, Situated Action Models, and Distributed Cognition. In B. Nardi (ed.): Context and Consciousness. MIT Press, pp. 85-86.

Nassi, I, Shneiderman, B. (1973) Flowchart Techniques for Structured Programming, SIGPLAN Notices 8, 8 (August, 1973).

Newell A., Simon H.A.(1972). Human Problem Solving. Englewood Cliffs, Prentice Hall

Papert, S. (1980) Mindstorms: Children, computers and powerful ideas. Basic Books, New York,

Papert, S. (1991) Situating constructionism. In Papert & Harel, Eds., Constructionism. MIT Press: Cambridge, MA.

Pedersen, E. and Sokoler, T. (1997) Aroma: Abstract Representation Of Presence Supporting Mutual Awareness. In Proceedings of CHI '97 (Atlanta GA, March 1997), ACM Press, 51-58.

Pedersen, E, Sokoler, T et Nelson, L. (2000) PaperButtons: Expanding a tangible user interface. In Proc of ACM Dis'00, 2000, pp, 216-223

Perlman, R. (1976) Using computer technology to provide a creative learning environment for preschool children. Logo Memo no. 24, AI Memo 260, MIT AI Lab, May 1976.

Plesniack, W.J. (2001) Haptic Holography : an early computational plastic. Phd Thesis, MIT Medialab.

Raibert, M.H. (1986) Legged Robots That Balance. MIT Press, Cambridge,

Raskar, R, Welch, G et Chen, W. (1999) Table-top spatially augmented reality: Bringing physical models to life with projected



imagery. Proc Second Int Workshop on Augmented Reality IWAR'99.

Repenning, A., Sumner, T. (1995) Agentsheets: A Medium for Creating Domain-Oriented Visual Languages, IEEE Computer, v. 28 no. 3, pp. 17-25, 1995.

Repenning, A., and Ambach, J. (1996) Tactile Programming: A Unified Manipulation Paradigm Supporting Program Comprehension, Composition, and Sharing, in Proceedings of Visual Languages 1996, IEEE Computer Society.

Resnick, M. (1993) Behavior Construction Kits, Communications of the ACM, v. 36, No. 7, pp. 64-71, July 1993.

Resnick, M. (1996) Planos not Stereos: creating computational construction kits. Interactions, vol. 3, no. 6 (Sep./Oct. 1996).

Resnick, M. (1996) Turtles, Termites, and Traffic Jams. MIT Press.

Resnick, M., Silverman, B. S., Begel, A., Martin, F., Welch, K., (1996) Logo Blocks.

Resnick, M, Berg, R, Eisenberg, M, Turkle, S, Martin, F. (1997) Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific Instruments, Research Proposal, 1997.

Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., Silverman, B. (1998) Digital Manipulatives: New Toys to Think With, Proceedings of CHI'98, ACM Press, 1998.

Resnick, M, Eisenberg, M, Berg, R, Martin, F. (1999) Learning with Digital Manipulatives: A New Generation of Froebel Gifts for Exploring "Advanced" Mathematical and Scientific Concepts. Research Proposal, 1999.

Rizzo, A., Marti, P., Decortis, F., Rutgers, J., Thursfield, P. (2003). Building narratives experiences for children through real time media manipulation : POGOworld. In M.A. Blythe, A.F. Monk, K. Overbeeke & P.C. Wright (eds). Funology : from usability to enjoyment, chapter 15, 1-12, Kluwer Academic Publishers, Amsterdam.

Robertson, G. G, Card, S, & Mackinlay, J. D. (1989) The cognitive coprocessor architecture for interactive user interfaces. In ACM

SIGGRAPH symposium on Userinterface software and technology (UIST'89, Williamsburg, USA). New York NY: ACM Press, 10-18.

Robinett, W (1992). Synthetic experience: A proposed taxonomy. *Presence*, 1(2), 229-247.

Roh, J. H, Wilcox, L. (1995) Exploring Tabla Drumming Using Rhythmic Input. In Proceedings of ACM CHI'95 Conference on Human Factors in Computing Systems, 310-311

Roschelle, J. M, Pea, R. D, Hoadley, C. M, Gordin, D. N, Means, B. (2000) Changing How and What Children Learn in School with Computer-Based Technologies. *The Future of Children: Children and Computer Technology*, 10(2).

Rubine, D. (1991) *The Automatic Recognition of Gestures*, PhD thesis, Carnegie Mellon

Scarlatos, L, Landy, S, Breban, J., Horowitz, R. and Sandberg, C. (2002) On the Effectiveness of Tangible Interfaces in Collaborative Learning Environments.

Scheirer, J and Picard, R. (1999) *Affective objects*. Technical Report TR-524, MIT, 1999.

Sharlin, E, Watson, B, Kitamura, Y, Kishino, F, Itoh, Y. (2003) *On Tangible User Interfaces, Humans and Spatiality*.

Sharlin, E., Itoh, Y., Watson, B., Kitamura, Y., Sutphen, S., Liu, L. (2002) *Cognitive Cubes: a tangible user interface for cognitive assessment*. In Proc. CHI 2002, Apr. 20-25, 2002, Minneapolis, Minnesota. 2002.

Shneiderman, B. (1983) *Direct Manipulation: A Step Beyond Programming Languages*. *IEEE Computer*, vol. 16, no. 8, August, pp. 57-69, 1983.

Sipitakiat, A., Blikstein, P., & Cavallo, D. (2002). *The GoGo Board: Moving towards highly available computational tools in learning environments*. Proceedings of Interactive Computer Aided Learning International Workshop. Carinthia Technology Institute, Villach, Austria.

Smith, J, Cassel, J. (1999) *The Victorian Laptop: Narrative Engagement through Place and Time*

- Stanton, D, Abnett, C, Bayon, V, Cobb, S. and O'Malley, C (2001) "The effect of tangible interfaces on children's collaborative behaviour." In Augmented Space for Shared Story Telling. KidStory: Esprit Project 29310, 235-246.
- Starner, T, Mann, S, Rhodes, B, Levine, J, Healey, J, Kirsch, D, Picard, R and Pentland, A. (1997) Augmented Reality Through Wearable Computing. *Presence*, 6(4), August 1997, 386-398.
- Streitz, N.A., Geibler, J., Holmer, T., Konomi, S., Müller-Tomfelde, C., Reischl, W., Rexroth, P., Seitz, P., & Steinmetz, R. (1999). i-LAND: An Interactive Landscape for Creativity and Innovation. In *Proceedings of CHI '99*, 120-127.
- Strommen, E. (1998), When the Interface is a Talking Dinosaur: Learning Across Media with ActiMates Barney. in *Proc. Human Factors in Computing Systems CHI'98* (Los Angeles, CA), ACM, New York.
- Suchman, L, Stefik, M, Foster, G, Bobrow, D, Khan, K, Lanning, S. (1987) Beyond the chalkboard: computer support for collaboration and problem solving in meetings. *Communication of the ACM*, Vol. 30, No. 1, pp. 32-47.
- Sutherland, I. (1963) Sketchpad : a Man Machine Graphical Communication System. in *actes de AFIPS Spring Joint Computer Conference*. pp. 329-346.
- Sutphen, S., Sharlin, E., Watson, B., Frazer, J. (2002) Reviving a Tangible Interface Affording 3D Spatial Interaction. What are the qualities of a successful tangible interface?
- Suzuki, H., Kato, H. (1995) Interaction-Level Support for Collaborative Learning: AlgoBlock—An Open Programming Language, *Proceedings of CSCL'95*, 1995.
- Suzuki, H., Kato, H., (1993) AlgoBlock: a Tangible Programming Language, a Tool for Collaborative Learning, *Proceedings of 4th European Logo Conference*, pp. 297-303, Athens, 1993.
- Tani, M, Yamaashi, K, Tanikohsi, K, Futakawa, M, Tanifuji, S (1992). Object-oriented video: Interaction with real-world objects through live video. *Proc. CHI '92 Conf on Human Factors in Computing Systems*, 593-598.

- ToyLab, (1999) "Tonka Workshop,"  
[Http://www.toylab.com/reviews/tonkaworkshop.html](http://www.toylab.com/reviews/tonkaworkshop.html).
- Turing, A. (1952). The chemical basis of morphogenesis. *Philo. Trans. Roy. Soc. Lond. Ser. B*237, 5-72.
- Ullmer, B. (1997) *Models and Mechanisms for Tangible User Interfaces*, S.M. Thesis, MIT MediaLab.
- Umaschi, M. (1997) Soft toys with computer hearts: Building personal storytelling environments. In *Proceedings of Human Factors in Computing Systems*. ACM Press, 20-21.
- Underkoffler, J., Ishii, H. (1998) Illuminating Light: An Optical Design Tool with a Luminous-Tangible Interface, *Proceedings of CHI'98*, pp. 452-549, ACM Press, 1998.
- Verplaetse, C (1996), *Intertial Proprioceptive Devices: Self Motion-Sensing Toys and Tools*. *IBM Systems Journal*, vol. 35, nos. 3&4, pp. 639-651.
- Wegner, P. (1997), *Why Interaction Is More Powerful than Algorithms*, *CACM*, May 1997
- Wegner, P. (2005), *Interactive Computation: the New Paradigm*. Book in progress, to be published by Springer-Verlag in 2005 (co-edited with Dina Goldin, Scott Smolka)
- Weiser, M. (1991) *The Computer for the Twenty-First Century*, *Scientific American*, September 1991. pp. 94-104.
- Weiser, M, Brown J. S. (1995) *Designing Calm Technology*. December 1995.
- Weller, M. (2003) *Espresso Blocks*. *Masters of Architecture*, Thesis at the University of Washington Department of Architecture. 2003.
- Wellner, P. (1991) The DigitalDesk calculator: Tangible manipulation on a desk top display. In *Proceedings of UIST'91*, *ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 27-34, November 1991.
- Wellner, P., Mackay, W.E. and Gold, R., Editors (1993) *Special Issue on Computer-Augmented Environments*, *Communications of the ACM*. New York: ACM July 1993.

Werry, I, Dautenhahn, K, Harwin, W. (2001) Investigating a Robot as a Therapy Partner for Children with Autism, Proc. AAATE 2001, 6th European Conference for the Advancement of Assistive Technology (AAATE 2001), Ljubljana / Slovenia

Williams, J. H. G, Whiten, A, Suddendorf, T, Perrett, D. I. (2001) Imitation, mirror neurons and autism. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 25(4), pp. 287-295

Winston, P. H. (1975) Learning structural descriptions from examples. In P. H. Winston, editor, *The Psychology of Computer Vision*. McGraw-Hill, New York.

Wisneski, C., Ishii, H., Dahley, A., Gorbet, M., Brave, S., Ullmer, B., and Yarin, P. (1998) Ambient Displays: Turning Architectural Space into an Interface between People and Digital Information. In *Proceedings of International Workshop on Cooperative Buildings (CoBuild '98)*.

Wyeth, P. Wyeth, G. (2001) Electronic blocks: Tangible programming elements for preschoolers. In *Human-Computer Interaction - INTERACT'01*. IOS Press, 496–503.

Wyeth P, Purchase C. H. (2002) Tangible programming elements for young children. *Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '02)*, ACM Press, p 774, 775.

Zelevnik, R.C, Herndon, K., and Hughes, J.F. (1996) Sketch: An interface for sketching 3D scenes. In *Proc. of SIGGRAPH 96*, pages 163–170, New Orleans, Louisiana, Aug. 1996.

Zeltzer, D (1992). Autonomy, interaction and presence. *Presence* 1(1), 127-132.

Zimmerman, T. G., *Personal Area Networks: Near-field intrabody communication*, IBM Systems Journal, Vol. 35, Nos. 3&4, 1996.

## ***7.2 Autres disciplines***

Bateson, G (1976) A theory of play and fantasy. In *Play: Its role in development and evolution*. Bruner, J.S., Jolly, A, et Sylva, K (eds) New York, Basic Books.

Bateson, G. (1972) *Steps to an Ecology of Mind*. New York, Ballantine Books.

- Berlyne, D.E. (1960) Conflict, arousal and curiosity. New-York, McGraw Hill.
- Brosterman, N. (1997) Inventing Kindergarten. Harry N. Adams Inc.
- Bruner J. (1983) Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire. PUF, Paris
- Casby M.W. (1997) Symbolic play of children with language impairment. In Journal of speech, language and hearing research n°40 (p.468-473)
- Cole, M (1996) Cultural Psychology: A once and future discipline. Cambridge, The Belknap Press of Harvard University.
- Crawford, C (1984) The Art of Computer Game Design. Version en ligne sur WSUV à Vancouver, Peabody re-Ed, 2003.
- Csikszentmihalyi, M. (1996) Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention. Harper Collins, New York.
- Csikszentmihaly, M. and Rochberg-Halton, E. (1981) The Meaning of Things: Domestic Symbols and the Self', Cambridge University Press, 1981.
- Daiute, C. (1989) Play as thought: thinking strategies of young writers. Harvard Educational Review, 59(1), 1-23
- De Weck, G. (1987) Modalités d'interaction dans des dialogues de jeu symbolique. In Glossa, 59, p.4-15
- Decroly, O, Monchamp, M (1978) Initiation à l'activité intellectuelle et motrice par les jeux éducatifs. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Dockett, S et Fler, M. (1999) Play and pedagogy in early childhood. Marrickville, NSW, Harcourt Brace.
- Ellis, M.J. (1973) Why do people play ? Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall
- Erikson, E. (1963) Childhood and Society, New York Norton.
- Fein, G. (1979) Imagination and play: some relationships in early development. Paper presented at the meeting of the American Psychological Association, Toronto



- Ferland, F. (1994) *Le modèle ludique*. Montréal : Les Presses de l'Université de Montréal
- Finke, R.A. (1990) *Creative Imagery: Discoveries and Inventions in Visualization*. Erlbaum, Hillsdale N.J.
- Freud, S. (1917) *Introduction à la psychanalyse*. Petite bibliothèque Payot. Trad (1922) par Jankélévitch, S in *Bibliothèque Scientifique Payot*, réédit 1961.
- Garvey, C. (1977) *Play*. Cambridge, MA: Harvard University Press. Johnson
- Gibson, J.J. (1977) *The theory of affordances*. In R.E. Shaw & J. Bransford (Eds). *Perceiving, Acting and knowing*. Hillsdale, NJ.
- Gibson, J.J. (1986) *The Ecological Approach to Visual Perception*. London: L. Erlbaum.
- Greenfield, P. M, Kaveri Subrahmanyama, Robert Kraut, Elisheva Grossba. (2001) *The impact of computer use on children's and adolescents' development*, *Applied Developmental Psychology*
- Greimas, A.J. (1970) *Du Sens, Essais Sémiotiques*, Seuil, Paris
- Groos, K (1898) *The play of animals*. New-York, Appleton and Co.
- Groos, K (1901) *The play of man*. New-York, Appleton and Co.
- Guiard, Y. (1987) *Asymmetric Division of Labour in Human Skilled Bimanual Action: The Kinematic Chain as a Model*. *Journal of Motor Behaviour*, vol. 19, pp. 486–517.
- Hall, G.S (1906) *Youth*. New-York, D. Appleton and Co
- Houssaye, J. (1996) *Quinze pédagogues, Leurs influences aujourd'hui: Rousseau, Pestalozzi, Fröbel, Robin, Ferrer, Dewey, Steiner, Montessori, Devroly, Ferrière, Cousinet, Neill, Makarenko, Freinet, Rogers* 256 p.
- Jackson, D, Watzlawick, P, Bevin-Bavelas, J. (1967) *Pragmatics of Human Communication: A Study of Interactional Patterns, Pathologies, & Paradoxes*.

Jessen, C (1999) Computer Games and Play Culture. An outline of an interpretative framework. Notes de recherches online.

Koffka K. (1935) Principles of Gestalt Psychology. New York: Harcourt, Brace & World.

Lave, J. (1988) Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life. Cambridge University Press, UK

Lévy, Pierre. (1990) Les technologies de l'intelligence : l'avenir de la pensée à l'ère informatique, La Découverte, Paris.

Libby, Powell, Messer, Jordan (1997) Pretend play in children with autism. Journal of autism and down syndrome. Journal of autism and developmental disorders

Lifter, K. (2000) Play and relationship with language and social behaviors, in youngchildren with and without pervasive development disorders. In Department of counseling and applied Educational Psychology Northeastern University, Boston

Mansour, S. (1994) L'enfant et le jeu. Paris : Editions Seyros

McCloud, S. (1994) "Understanding Comics." Kitchen Sink Press,.

Mead, G.H. (1934) Mind, Self and Society. Chicago, University of Chicago Press.

Millar, S (1972) La psychologie du jeu. Penguin Books.

Montessori, M. (1912) The Montessori Method. New York Frederick Stokes Co.

Nachmanovitch, S (1990) Free Play: Improvisation in Life and Art

Nicolich, L. (1981) Toward Symbolic functioning : Structure of Early PretendGames and potentials parallels with language, in Child Development, 52, 785-797

Ortony, A. (1979) The role of similarity in similes and metaphors. Metaphor and Thought. Cambridge University Press, New York.

Paulus, J. (1969) La fonction symbolique chez l'enfant. Bruxelles. Charles Dessart

- Pestalozzi, H. (1803) ABC der Anschauung, oder Anschauungs-Lehre der Massverhältnisse. Tübingen, Germany: J.G. Cotta.
- Piaget, J. (1946) La formation du symbole chez l'enfant. Paris . Editions Delachaux et Niestlé
- Richert-Boe, P. (1993) Virtual Reality in Education. Virtual Reality '93: Fall Special Report. AI Expert, pp. 15-19.
- Rieber, L (1996). Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games. Educational Technology Research & Development, 44(2), 43-58
- Simondon, G. (1989) Du mode d'existence des objets techniques, Paris, Aubier.
- Stamback, M, Sinclair, H. (1990) Les jeux de fiction entre enfants de 3 ans. Paris. Presses Universitaires de France.
- Sutton-Smith, B (1998) The ambiguity of Play, Harvard University Press
- Sutton-Smith, B. (1977) The ambiguity of Play. Cambridge, MA : Harvard University Press
- Thomas, J.R. (1980) Acquisition of motor skills: information processing differences between children and adults. Research Quarterly For Exercise and Sport, Vol. 51, No. 1, 158-173.
- Tisseron, S (2001) Quand les jeux vidéo apprennent le monde de demain, Revue Médiamorphoses n°3, Qui a encore peur des jeux vidéo ?, p 80
- Turkle, S, and Papert, S. (1990) Epistemological Pluralism. Signs, vol. 16, no. 1.
- Valéry, P. (1895) Introduction à la méthode de Léonard de Vinci, La nouvelle revue, 17e année, tome 95, p. 742-770.
- Vandroux, K (2001) Les jeux de construction. Jouet-Mag, in Musée du Jouet éd. 2001
- Verenikina, I, et Belyaeva, A. (1992) Sensitivity of preadolescents to complex activity in the computer mediated telecommunication

environment. East-West Human Computer Interaction Conference, St Petersburg, Russia.

Verenikina, I, Harris, P, Lysaght, P. (2003) Child's Play: Computer Games, Theories of Play and Children's Development. IFIP Working Group 3.5 Conferences: Young Children and Learning Technologies, UWS Parramatta [Wollongong], July 2003 | Australian Computer Society.

Vygotsky, L.S. (1978) *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge MA: Harvard University Press.

Vygotsky, L.S. (1977) Play and its role in the mental development of the child. In *Play: Its role in development and evolution*. Bruner, J.S., Jolly, A, et Sylva, K (eds) New York, Basic Books.

Wells, G (1981) *Language Through Interaction*, Cambridge, Cambridge University Press

Werner, H, Kaplan, B. (1963) *Symbolic formation*. New York.

Wilfred, T. (1948) Composing in the art of lumia. *Journal of Aesthetics and Art Criticism*, (VII) December 1948, 79-93

Winnicott, D.W. (1971) *Jeu et réalité. L'espace potentiel*. Gallimard, Paris

Wootton A. J. (1990) Pointing and interaction initiation : the behaviour of children with Down's syndrome when looking at books. In *Journal of Child language*, 17, 568-589

## 8. Annexes

# Sujet de thèse pour Jean-Baptiste LABRUNE :

## Analyse exploratoire des flux d'activité des enfants lors du jeu libre

Directrice de thèse : Wendy Mackay, INRIA, projet In Situ du PCRI

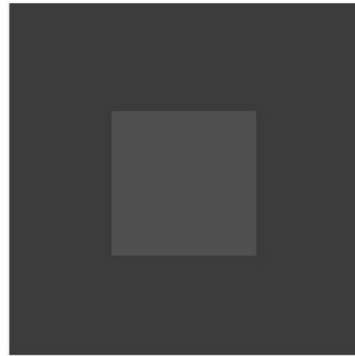
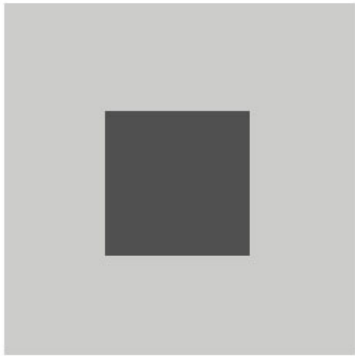
L'objet de cette thèse est d'étudier des dispositifs expérimentaux permettant de produire, de capturer et d'analyser des flux de données temporelles représentant l'activité d'enfants en situation de jeu libre. Ces dispositifs sont destinés non seulement aux spécialistes de l'étude des enfants, notamment les psychologues, mais également aux enfants eux-mêmes. En particulier, la possibilité pour les enfants de visualiser et de manipuler des représentations de leurs propres activités présente des perspectives intéressantes pour l'étude des processus d'apprentissage.

Le jeu libre est un type de jeu où les seules règles sont celles que l'enfant se fixe lui-même. Il est considéré comme très important pour le développement de l'enfant. Lors de cette activité, l'enfant produit des objets, physiques ou imaginaires, qui sont situés dans le temps. Or, très souvent, on dirige les enfants vers le développement de compétences dans le domaine spatial et on néglige celles du domaine temporel (avec l'exception notable de la musique) car elles sont plus difficiles à acquérir. Une hypothèse de cette thèse est que les nouvelles techniques d'interaction (réalité augmentée/mixte et interfaces tangibles notamment), peuvent être utilisées pour que l'enfant se représente et même puisse manipuler des objets spécifiés par leurs relations temporelles. En prototypant plusieurs dispositifs expérimentaux de jeux stimulant la perception des interactions temporelles chez les enfants, on pourra produire et capturer des flux d'activité. Concernant l'analyse, des techniques de visualisation permettant d'étudier ces flux, de les manipuler et, à un niveau d'abstraction plus élevé, de décrire l'interaction et de l'évaluer, par exemple à l'aide des Unités Sémiotiques Temporelles (UST).

Il s'agit d'une thèse pluridisciplinaire à l'intersection de l'interaction homme-machine, de la psychologie et du design, qui s'intègre à plusieurs thèmes de recherche du projet In Situ : conception participative, visualisation, interfaces tangibles. La contribution informatique de cette thèse sera d'une part la conception et le prototypage de systèmes interactifs novateurs mettant l'accent sur l'aspect temporel de l'interaction, d'autre part des techniques de visualisation et de manipulation de données temporelles permettant l'analyse et l'évaluation de l'activité.



| in|situ|



Jean-Baptiste LABRUNE - May 04

# A Communication Appliance for Children

- « Situated research »
- Research context ?
- Context synthesis
- 7 Ideas



# Lexicologic context

Awareness

Affective

Ambient

Amplified reality

Artificial reality

**Augmented reality**

Augmented physicality

Calm

**Communication Appliance**

Computational objects

Context aware(ness)

Disappearing

Embodied

Emotional

Graspable

Handles to virtual worlds

Intelligent

Manipulatives

Mixed reality

Natural interfaces

Organic computing

Palpable

Perceptual

Perceptive

Peripheral [ display, vision,  
sensor, meaning ]

Pervasive

**Physical** computing

Phidgets, Phicons

Presence, Co-presence  
technology

Plastic architectures

Probe

Proximity-based

Quiet interfaces

Real reality

Seamless media

Sense/ors

Sentient computing

**Situated** [ action,  
cognition, interaction ]

Smart

Surrogates

**Tangible, Tangibles**

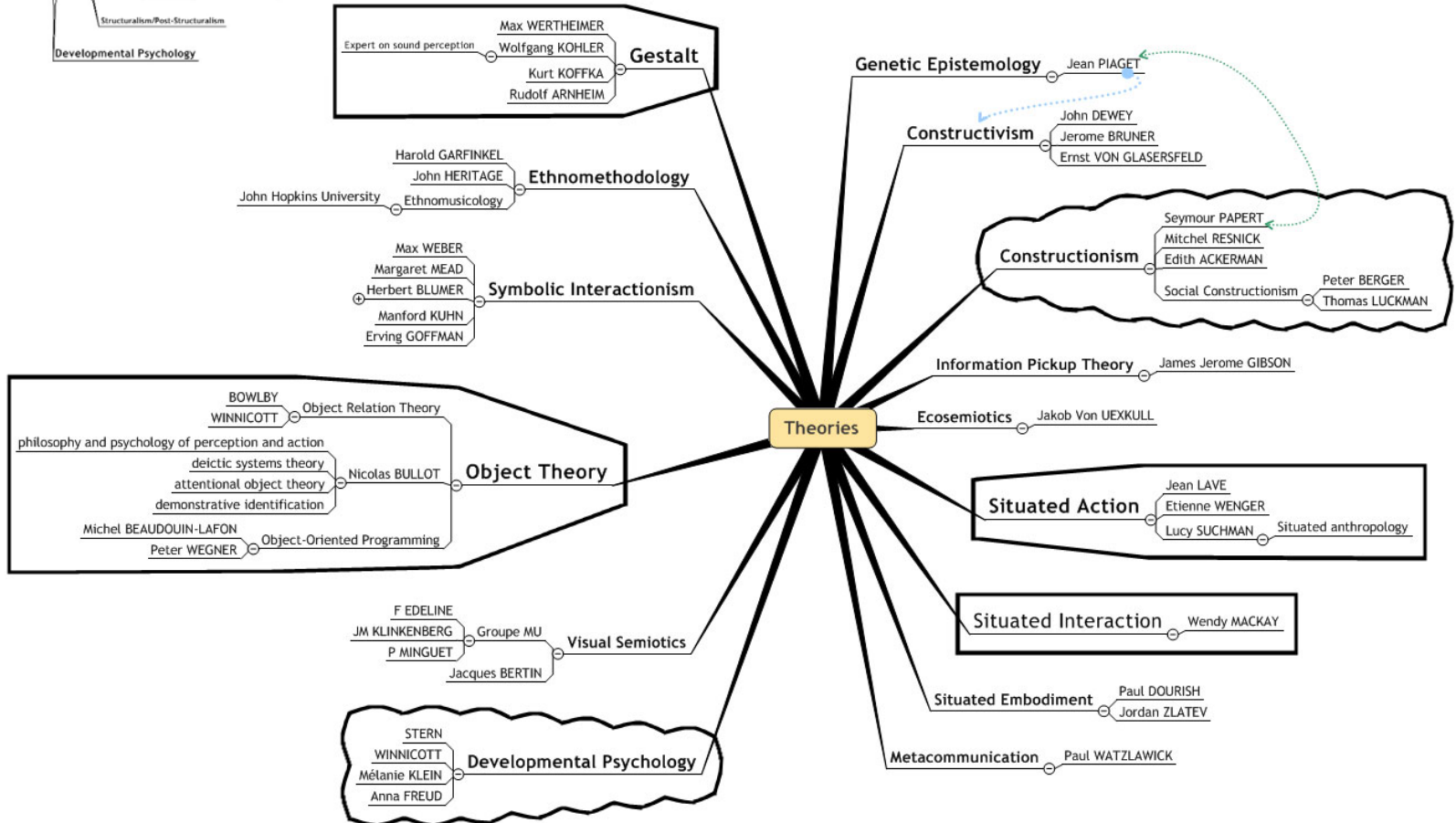
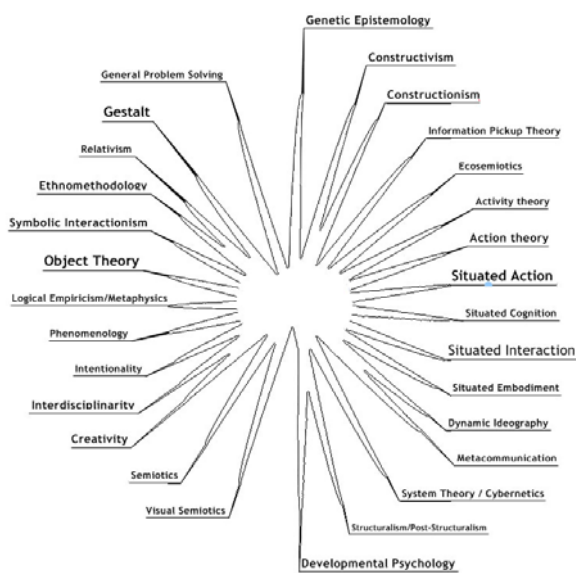
Ubiquitous, UbiComp,

UbiPlay

Umwelt

Virtual reality

# Theoretical context

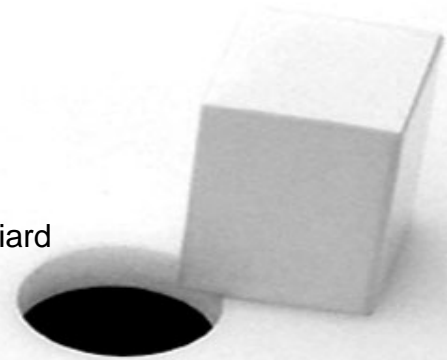


# Personal Context

- Computation
  - **Free Play**
  - Free Association
  - Transmodality
  - Therapeutic Play
  - Co-Design
  - Creativity
  - Interdisciplinarity
  - Visual Language
  - Object Theories in Humanities
- Write a master's thesis
- Program / code
- Create a physical object

# Context synthesis

- Lexicographic:
  - **Novelty** metaphors ( Smart, Intelligent...)
  - **Situated** (Embodiement, Awareness, Ambient, Calm, Disappearing, Ubiquitous)
    - Wellner, Mackay, Weiser, Suchman, Dourish
  - **Enactive** (Physical, Tangible, Palpable, Graspable)
    - Piaget schemes, Bruner, Varela
- Theoretical
  - Children theories
    - **Situated contructionism** (Ackermann)
  - Action/Perception Paradigm
    - **Ecological + Psychophysical**  
Dewey > Kohler > Gibson > Suchman > Mackay / Beaudouin-Lafon / Guiard
- Personal
  - **Free-Play** (Inkpen, Mandrik, Rydenhag)
  - **Transmodality / Synesthesia** (Vajpeyi, Weinberg)
  - **Free Association / Visual association**





# 7 Ideas

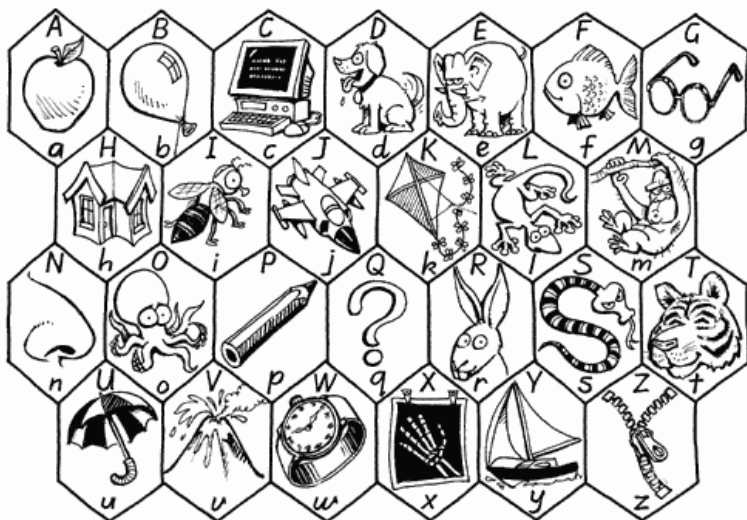
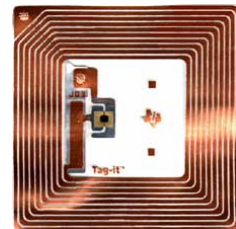
- Alphabet
- Ball / Distributed Ball Environment
- Cubes
- Gestural + Sonic
- Interactive Table / Environment
- Puppet
- Intrapersonal Communication App

# Alphabet



RFID + SOUND ?

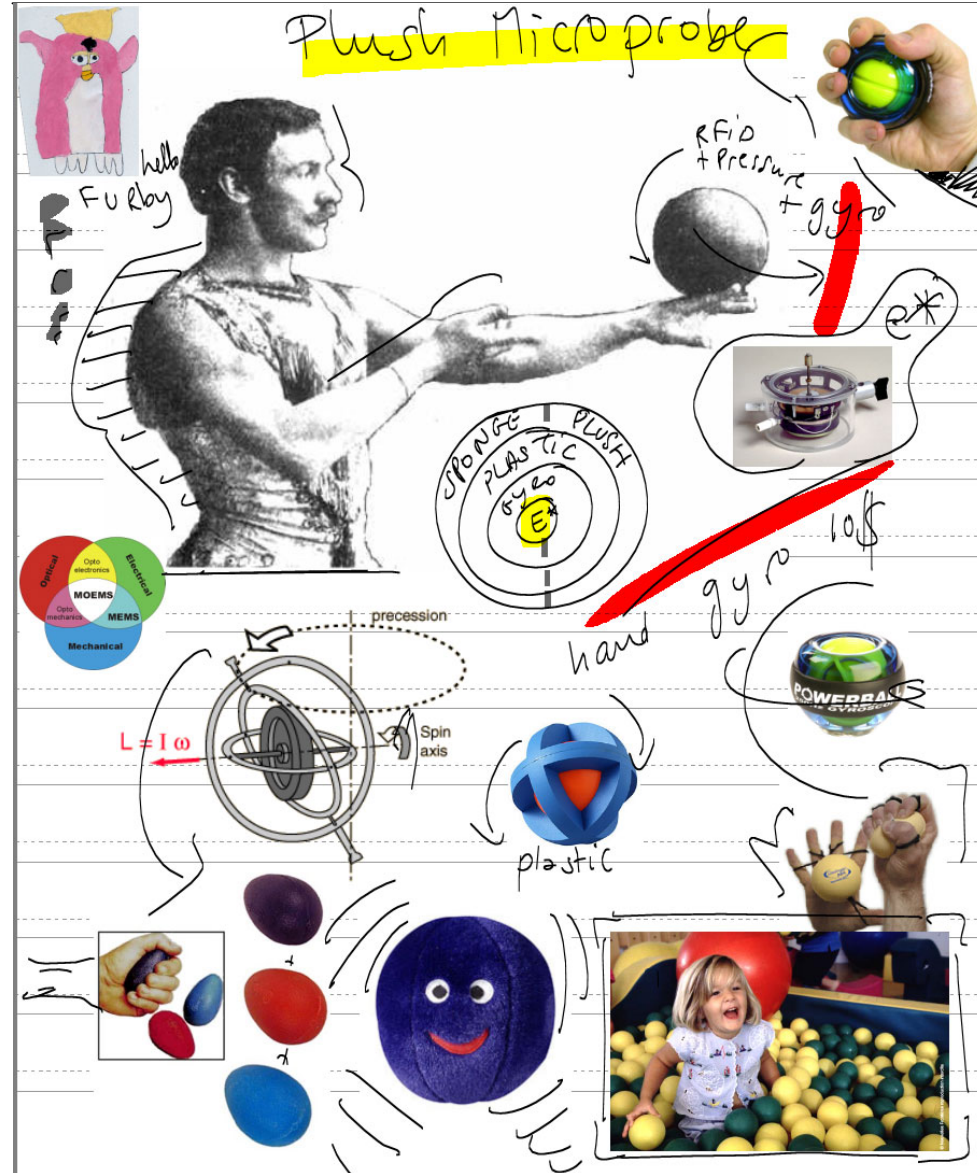
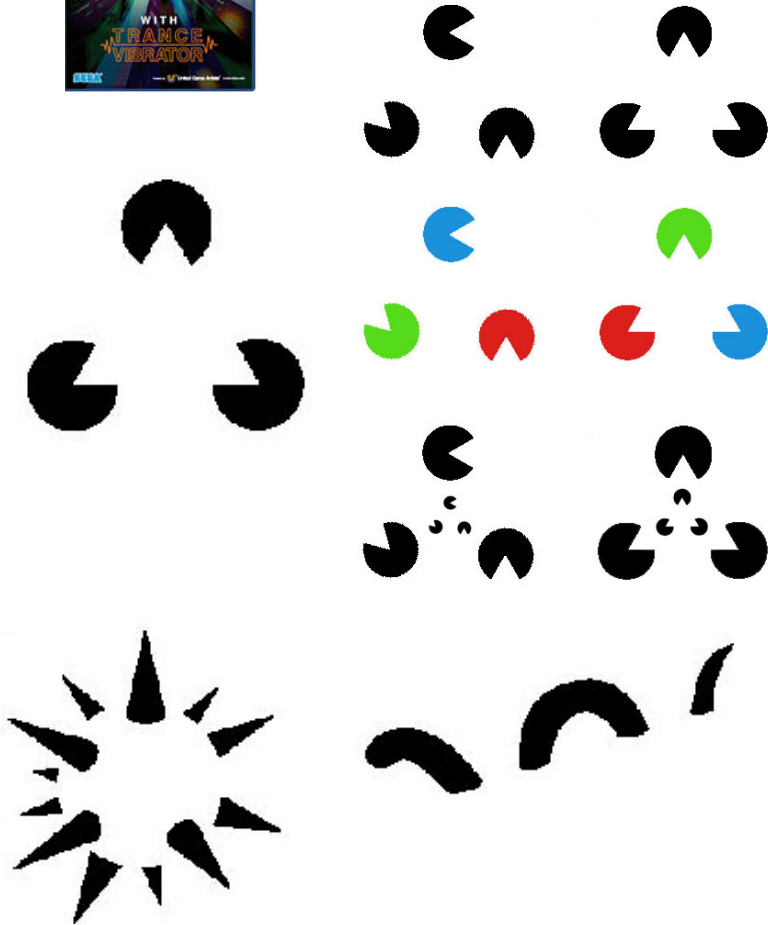
abcdefghijklmnopqrstuvwxy



# Ball / Distributed Ball Environment



∴ Interaction sequencer  
sonic+viz output ∴

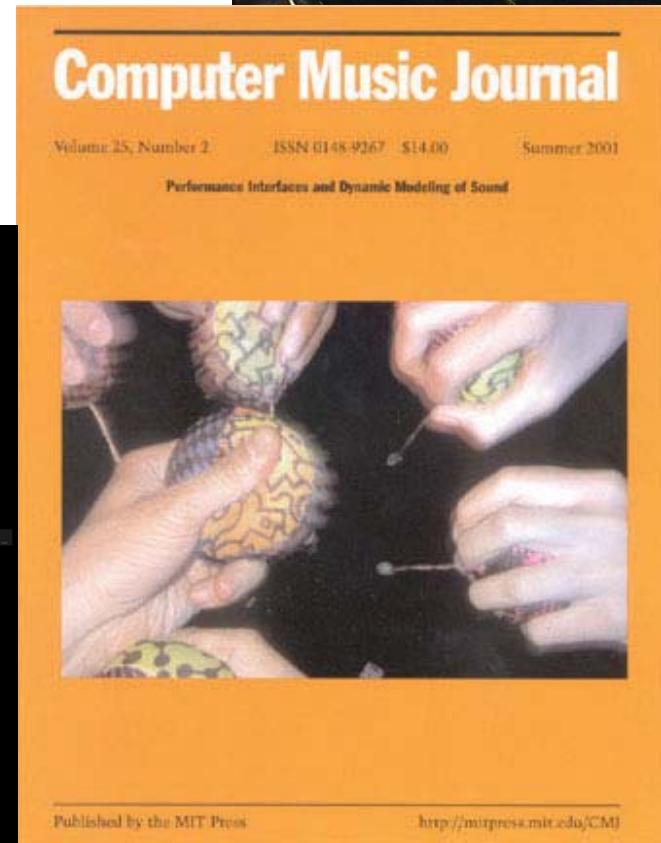
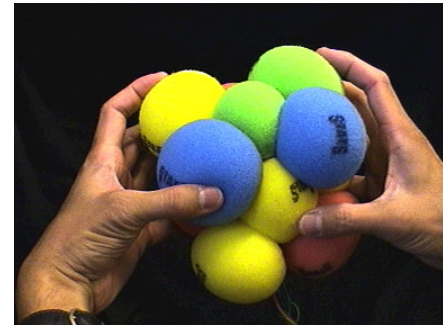


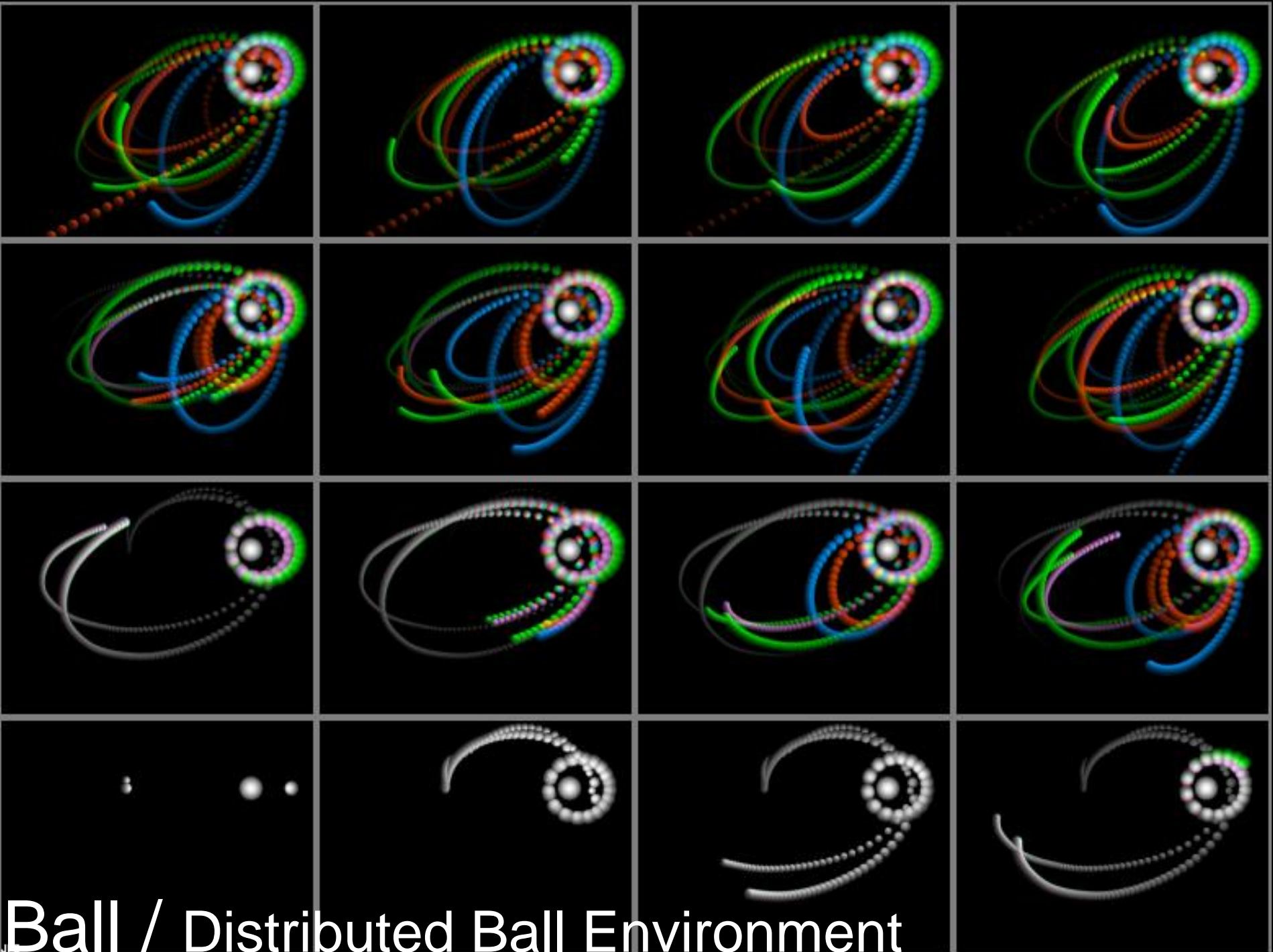


# Ball / Distributed Ball Environment



Playpen, Squeezables  
Digital Manipulatives  
BabySense...



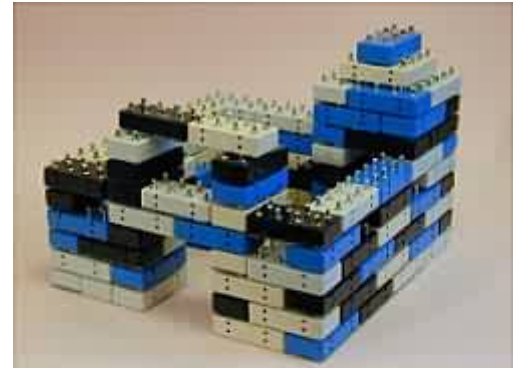


Ball / Distributed Ball Environment

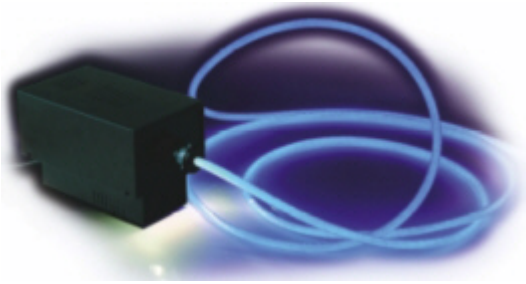




# Cubes





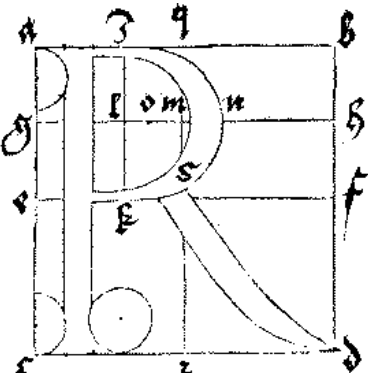
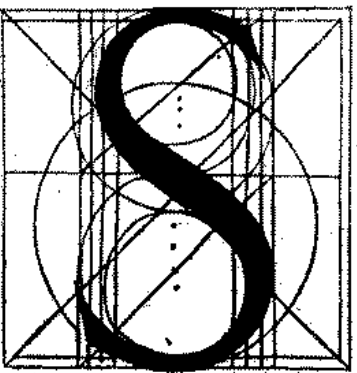


# Cube+Rug

Lateral emitting optic fiber  
3d tracked object



# Gestural + Sonic: learn how to write with a sonic guide



— geste musical

— dessin musical

Soundbox, ?

geste musical

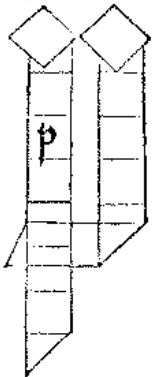
particul



chemin

poste (track)

time line (drawing)



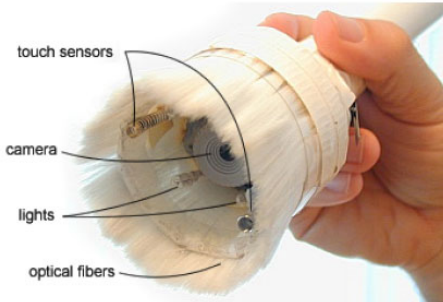


# Gestural + Sonic: draw a musical story

Anoto ?

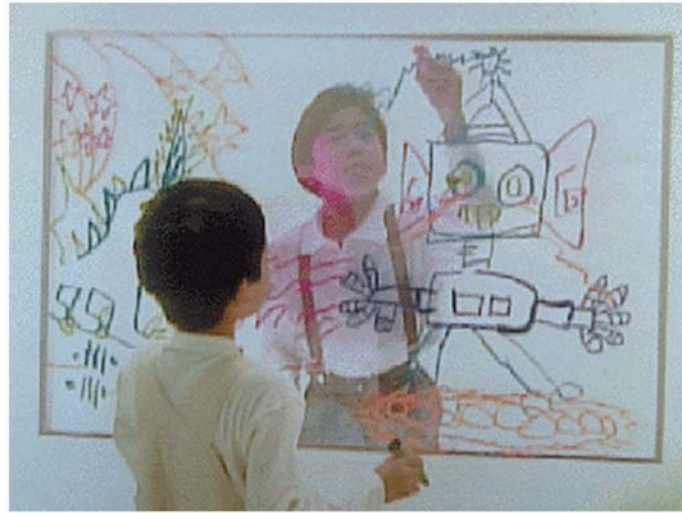
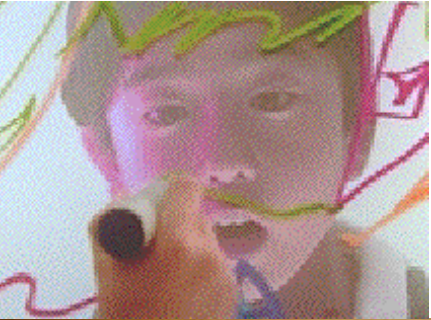
Kimiko Ryokai

I/O Brush





# Interactive Table/Environment



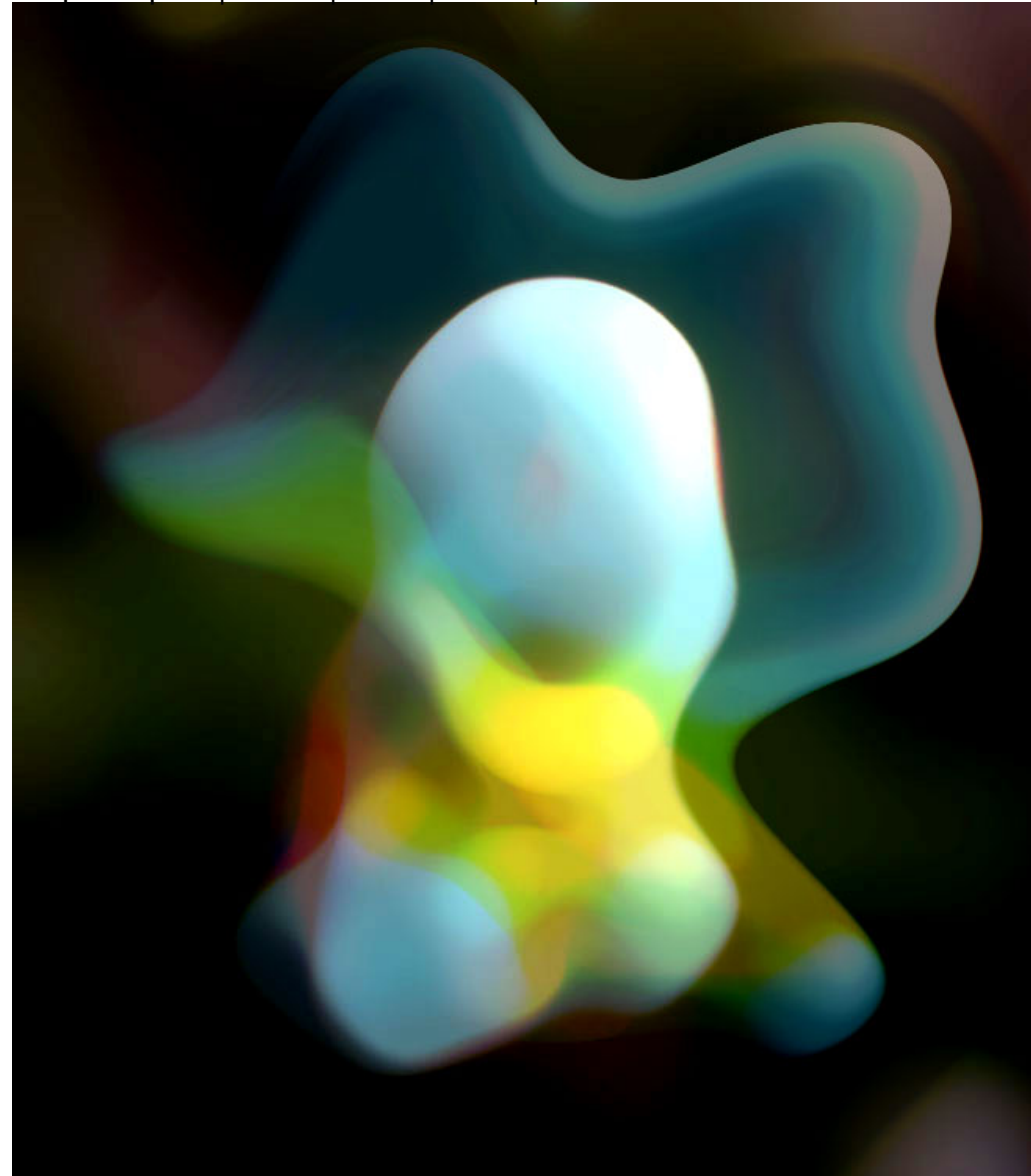
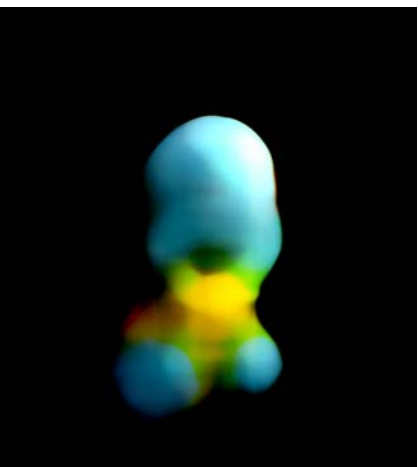
# Interactive Table/Environment





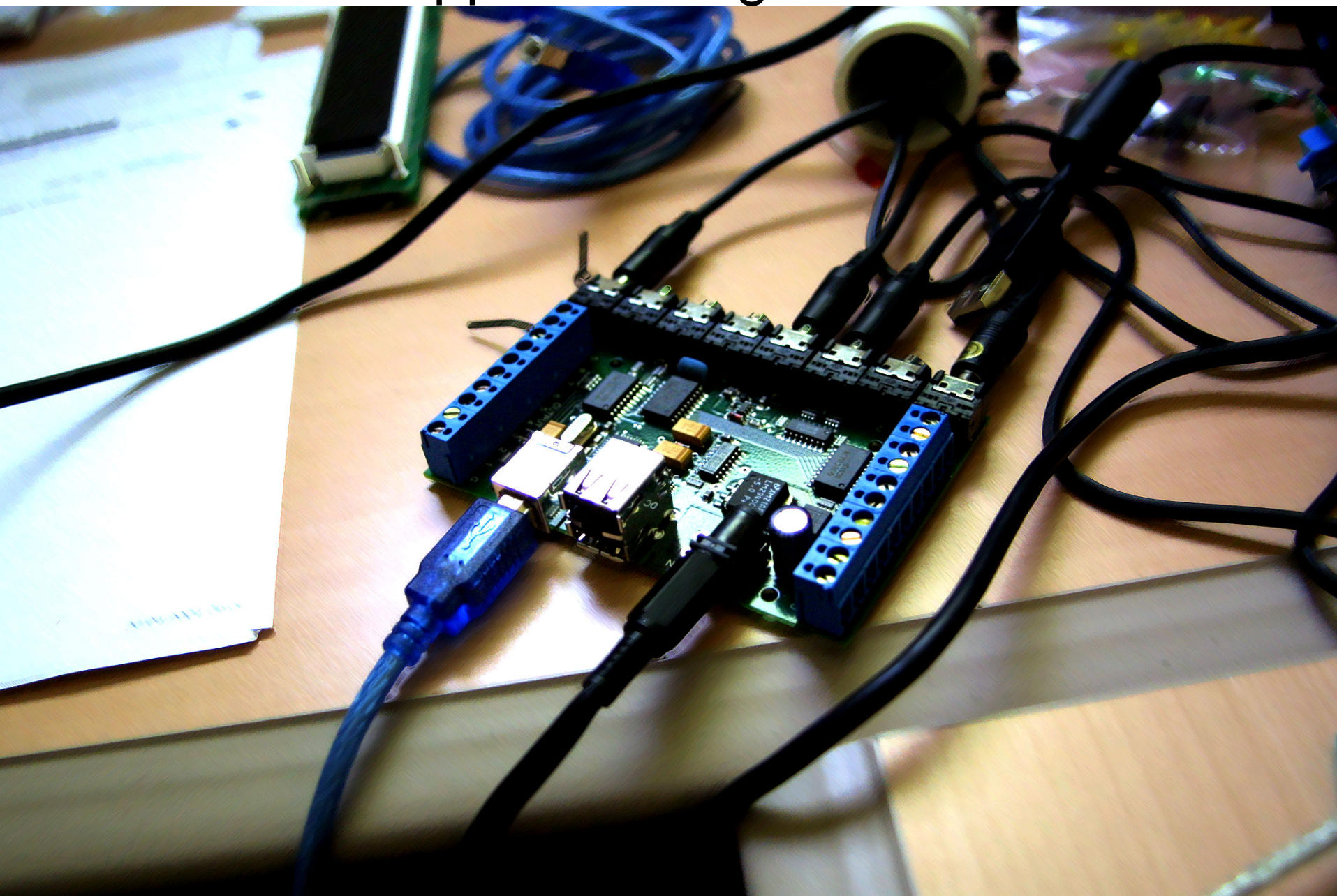
# Puppet

Proprioception|Control|Power|Mouse|Sensors





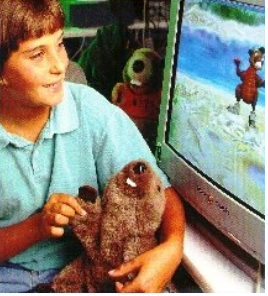
# Puppet + Phidget + Pressure sensor



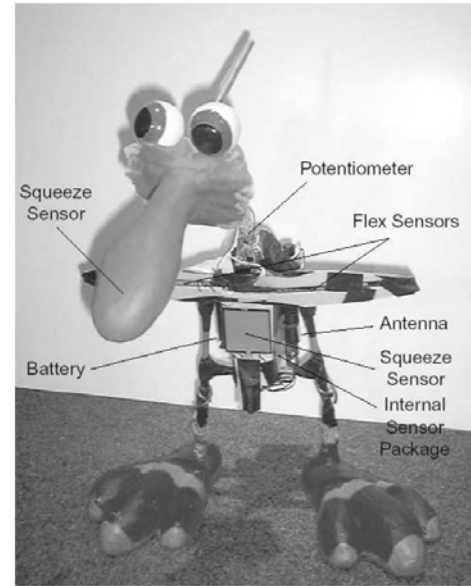


# Puppet

- Noobie (Druin 88)
- Swamped (Blumberg 97)
- Microsoft Barney Hack (Dourish 99)
- Disney Sulley (Hapted 03)
- Sentoy (Höök 03)



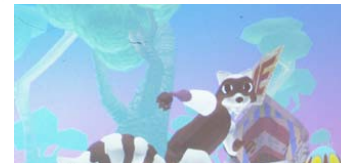
## Noobie



## Swamped!



## SenToy



# Intrapersonal Communication App



« Both sender and receiver occupy the same body »

**IPC**, Intrapersonal, Intrapsychic communication

Digital Self



## Verbal

Self-talk  
Diary  
Sntp :]

## Non-Verbal

Mirror  
Video  
Digicam  
Proprioception  
Vestibular perception

