

# Utilisation de la distance comme interface à un système de communication vidéo

Nicolas Roussel, Helen Evans & Heiko Hansen

Laboratoire de Recherche en Informatique & INRIA Futurs\*  
Bât 490, Université Paris-Sud XI  
91405 Orsay Cedex, France  
roussel@lri.fr, helen@hehe.org, heiko@hehe.org

## RESUME

La proximité physique entre individus est une forme de communication non-verbale que nous utilisons tous les jours sans même en être conscient. Pourtant, les systèmes de communication vidéo ne la prennent que très faiblement en compte. Dans cet article, nous présentons MirrorSpace, un nouveau système de communication vidéo qui utilise la distance comme interface pour permettre des transitions continues entre des situations de perception périphérique et des formes de communication plus intimes.

**MOTS CLES :** Communication vidéo, proxémique, miroir, perception périphérique, communication intime.

## ABSTRACT

Physical proximity between people is a language for non-verbal communication that we all employ everyday, although we are barely aware of it. Yet, existing systems for video-mediated communication fail to fully take it into account. In this paper, we present MirrorSpace, a new video communication system that uses proximity as an interface to provide smooth transitions from general visual awareness to very close and intimate forms of communication.

**KEYWORDS :** Video communication, proxemics, mirror, visual awareness, intimate communication.

## INTRODUCTION

La proxémique est l'étude de l'utilisation de l'espace par des individus dans différentes cultures et situations. Le terme a été inventé par l'américain E.T. Hall en 1963 alors que celui-ci s'intéressait à la notion d'espace personnel, à sa perception et à son utilisation. Hall décrit quatre niveaux de distance que les nord-américains utilisent pour structurer leur espace personnel [7]: *intime* (moins de 30cm), *personnel* (entre 45cm et 1,2m), *social* (entre 1,2m et 3,65m) et *public* (plus de 3,65m). À chaque situation de communication correspond une distance jugée appropriée en fonction de critères culturels et du contexte particulier de la situation. Lorsque la distance perçue est inappropriée, nous nous sentons mal à l'aise et nous ajustons généralement celle-ci en nous approchant,

en nous éloignant ou encore en tournant la tête dans une autre direction.

La proximité physique entre individus est un des éléments régulateurs du langage corporel que nous utilisons tous les jours, sans même en être conscient. Nous utilisons constamment l'espace et la distance pour définir ou négocier la frontière entre affaires publiques et privées, particulièrement pendant les phases de contact. En ajustant la distance qui nous sépare d'autres personnes, nous communiquons des messages subtils comme la volonté d'engager la conversation, le désir d'intimité partagée ou au contraire le manque d'intérêt.

Les systèmes de communication vidéo existant ne prennent que très faiblement en compte ces aspects liés à la proxémique. Bien que certains des concepteurs de ces systèmes en aient compris l'importance, ils n'ont pas su créer les conditions permettant de profiter pleinement de cette forme de communication non-verbale. Dans cet article, nous présentons MirrorSpace, un nouveau système de communication vidéo qui utilise la distance comme interface pour permettre des transitions continues entre des formes de communication allant de la perception périphérique à des formes très intimes de communication.

## TRAVAUX ANTERIEURS

La plupart des systèmes de communication vidéo reposent sur la métaphore de la communication à travers une surface vitrée. VideoWindow [4] illustre parfaitement ce concept, affichant les images des personnes distantes en taille réelle sur une large surface verticale et créant ainsi l'illusion de n'être séparé de celles-ci que par une fenêtre virtuelle. Cette métaphore de la fenêtre crée un sentiment d'espace partagé et permet la communication gestuelle. Toutefois, les auteurs de VideoWindow font remarquer que même avec un affichage en taille réelle, la distance psychologique à une personne vue à travers le système est toujours plus grande qu'en face à face.

L'un des problèmes liés à la communication vidéo est que le caractère commutatif de l'interaction face à face (je vous vois si vous me voyez) est difficile à préserver. La caméra étant généralement placée au-dessus ou sur le côté de l'écran, le contact visuel est souvent difficile et les personnes distantes ne semblent jamais complètement engagées dans la communication. Un certain nombre de solutions ont été proposées pour résoudre ce problème. En plaçant un écran derrière un miroir et un miroir semi-réfléchissant, Smith et Newman ont pu déplacer l'axe de

---

\* projet In Situ, Pôle Commun de Recherche en Informatique (PCRI) du plateau de Saclay, CNRS, Ecole Polytechnique, INRIA, Université Paris-Sud

vision de la caméra au centre de l'écran [1]. ClearBoard [8] utilise une technique similaire pour mettre virtuellement la caméra derrière un écran et permettre ainsi le contact visuel dans des situations de collaboration basées sur du dessin partagé. MAJIC [11] utilise un large écran de projection semi-transparent qui permet cette fois de placer réellement la caméra derrière l'écran.

À travers divers récits de la culture occidentale comme le mythe de Narcisse, *Blanche Neige* ou *Alice au pays des merveilles*, le miroir a été associé à différents sens dont la vanité, l'identité ou le passage vers un autre monde. Naturellement, de nombreuses installations artistiques interactives ont tiré parti de ces différents sens et de l'universelle et irrésistible fascination pour l'image de soi. Parmi ces installations, on peut citer Videoplace [9], Liquid Views [5] ou Mass Hallucinations [3].

Plusieurs systèmes de communication vidéo ont également choisi une métaphore basée sur le miroir. Ainsi, HyperMirror [10] affiche les images des participants locaux et distants sur un unique écran, créant ainsi l'illusion qu'ils sont dans la même pièce et se voient à travers un miroir. Reflexion [2] est un système similaire qui analyse en outre l'image et le son pour singulariser l'image du dernier participant ayant pris la parole. Le Puits [13] associe la métaphore du miroir à une projection vidéo horizontale pour permettre des discussions informelles entre petits groupes répartis sur plusieurs sites. Comme le montrent Morikawa et Maesako [10], la métaphore du miroir aide à réduire la distance psychologique entre les participants locaux et distants en les affichant côte à côte.

Quelle que soit la métaphore choisie, vitre ou miroir, la distance interpersonnelle perçue par les participants détermine en grande partie l'adéquation entre un système de communication et une situation particulière. ClearBoard, par exemple, donne l'impression de se trouver à environ un mètre de l'autre personne, ce qui le place dans l'espace *personnel* de Hall. Bien qu'appropriée pour une utilisation avec des amis ou des collègues, cette distance peut sembler trop petite pour une utilisation avec une personne de rang supérieur [8]. Une autre conséquence est que si ClearBoard facilite le contact visuel, il le rend également très difficile à éviter.

Les auteurs de ClearBoard suggèrent qu'il serait bon que le système de communication fournisse aux utilisateurs un moyen de contrôler la distance interpersonnelle perçue [8]. Les auteurs de MAJIC font eux remarquer que de nombreux facteurs influent sur cette distance, comme la distance réelle entre la personne et l'écran, la nature du décor, la taille et la qualité des images ou la qualité du son [11]. Grayson et Anderson ont montré que la modification du zoom de la caméra change la distance perçue [6]. Toutefois, très peu d'autres travaux ont exploré les moyens de contrôler cette distance.

### MIRRORSPACE CONCEPT

MirrorSpace est un système de communication vidéo conçu dans le cadre du projet européen interLiving. Une première maquette illustrant le concept de ce système fut présentée à Göteborg, en octobre 2002, lors d'une mini-conférence réunissant les projets de l'initiative *Disappearing Computer*. Deux prototypes furent ensuite présentés au public à travers deux expositions en région parisienne : *Jeune Création* (Figure 1) et *Hehe* (Figure 2).



Figure 1 : Installation présentée à *Jeune Création* (Grande Halle de la Villette, Paris, février 2003).



Figure 2 : Installation présentée à *Hehe!* (Mains d'Oeuvres, Saint-Ouen, avril 2003).

MirrorSpace est un système de communication vidéo original 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. Nous nous intéressons 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.

En plus d'une caméra et d'un écran, le dispositif comporte un capteur de proximité qui mesure en continu la distance le séparant de la personne ou de l'objet le plus proche. Cette distance est utilisée par MirrorSpace pour modifier les images des dispositifs connectés : un effet de flou est appliqué sur chacune des images, calculé à partir des différentes distances mesurées. Cet effet de flou a pour but de situer de façon intuitive les personnes ou objets perçus à travers le système de communication dans un espace virtuel partagé : les personnes ou objets proches de moi m'apparaissent nets tandis que ceux qui sont éloignés se fondent dans le décor.

Le miroir est intuitivement perçu comme une surface de communication avec ses propres règles et protocoles. Ainsi, établir un contact visuel avec un étranger à travers un miroir est considéré comme moins intrusif que le contact direct. MirrorSpace s'inscrit dans cette perspective, introduisant ses propres règles. L'effet de flou permet de percevoir le mouvement d'une personne éloignée

avec un minimum d'implication. Il offre également un moyen naturel et intuitif pour initier ou éviter une transition vers un mode de communication plus engagé en se déplaçant simplement vers le dispositif ou au contraire en s'en éloignant.

### MIRRORSPACE MISE EN ŒUVRE

Deux dispositifs MirrorSpace ont été créés pour l'exposition *Jeune Création* où ils furent montrés au public pendant 11 jours. Ces prototypes furent ensuite légèrement modifiés avant d'être présentés une nouvelle fois au public pendant 23 jours lors de l'exposition *Hehe*

Chaque dispositif se compose d'un écran plat Samsung TFT 19", d'une caméra Philips ToUcam Pro, d'un capteur de proximité Devantech SRF04 et d'un ordinateur PowerMac Cube d'Apple sur lequel tourne un logiciel spécifique. L'écran et les capteurs sont placés dans un boîtier en bois fermé par une vitre et les différents câbles sont attachés ensemble (Figure 1). Suite à la première présentation au public, un film réfléchissant a été posé sur le pourtour de la vitre afin de masquer les câbles et les divers éléments de contrôle de l'écran et celui-ci a été pivoté de 90°, ce qui accentue encore la ressemblance du dispositif avec un miroir traditionnel (Figure 2).

La caméra utilisée est une caméra USB désassemblée dont le capteur d'image et l'objectif ont été placés au centre de l'écran. Le capteur est connecté au circuit intégré de la caméra placé sur le côté de l'écran à l'aide de fins fils gainés courant sur sa surface. Dès les premiers tests, il apparut clairement que l'ensemble capteur+objectif était suffisamment petit pour se faire oublier, l'attention des utilisateurs se portant plutôt sur les images affichées que sur la surface de l'écran elle-même. La grande profondeur de champ de la caméra fait que l'image capturée reste nette même lorsque l'on est très proche de celle-ci. La taille de l'écran permet un affichage des personnes filmées en taille réelle.

Le capteur de proximité utilisé est un capteur à ultrasons capable de mesurer des distances de 3cm à 3m. Placé en bas de l'écran, il est connecté à un microcontrôleur lui-même connecté à l'ordinateur par une interface série. Le microcontrôleur est programmé pour envoyer sur l'interface série une valeur normalisée entre 0 et 255 à chaque changement de la distance mesurée par le capteur à ultrasons.

Durant les deux expositions, les deux dispositifs utilisés étaient connectés par un réseau Ethernet à 100 Mbits/sec. Développé en C++, le logiciel utilise les technologies du groupe de travail Zeroconf de l'IETF pour connaître en permanence toutes les autres instances exécutées sur le même réseau. D'autres dispositifs peuvent ainsi être ajoutés ou retirés à tout moment du réseau sans qu'il soit nécessaire de spécifier leur adresse IP. Le logiciel utilise la librairie videoSpace [12] pour capturer les images en temps réel. Les distances mesurées ainsi que les images sont transmises entre les différents dispositifs par un protocole basé sur UDP multicast.

L'effet de flou est implémenté par un filtre box en deux passes (horizontale et verticale). La taille de ce filtre détermine le niveau de flou : plus il est grand, plus l'image sera floue. La complexité de l'algorithme ne dépend toutefois que de la taille de l'image, et non de celle du filtre. Les distances mesurées par les capteurs de proxi-

mité sont utilisées par chaque dispositif pour calculer la taille du filtre à appliquer sur chaque image à afficher. Trois modes de calcul ont été implémentés. Le premier mode (1) ne prend en compte que la distance mesurée par le dispositif face à l'objet ou la personne filmée. Les deux autres modes (2 et 3) prennent également en compte la distance mesurée par le dispositif qui affiche cette image, introduisant la notion de distance relative entre individus. En s'approchant ou en s'éloignant du dispositif, il devient ainsi possible de modifier l'image des autres personnes, en plus de sa propre image. :

- (1)  $s = f(d)$
- (2)  $s = f(d_{loc} + d)$
- (3)  $s = f(\text{abs}(d_{loc} - d))$

$s$  est la taille du filtre

$d$  est la distance mesurée par le capteur du dispositif d'où provient l'image à traiter

$d_{loc}$  est la distance mesurée localement

Après application de l'effet de flou sur chaque image (Figure 3), celles-ci sont inversées pour produire l'effet miroir puis superposées en transparence grâce à l'*alpha-blending* de la librairie OpenGL (Figure 4). La composition affichée correspond donc à une fusion des images des différents dispositifs connectés, quel que soit leur nombre.



Figure 3 : Exemples d'application de l'effet de flou.



Figure 4 : Exemples de superpositions d'images.

Lors des deux expositions, les deux dispositifs utilisaient le même mode de calcul (le premier) plaçant ainsi les visiteurs dans une situation de type WYSIWIS strict (*What You See Is What I See*). Le logiciel permet de spécifier un mode de calcul différent pour chaque dispositif. Toutefois, jusqu'à présent, nous n'avons pas exploré cette possibilité.

### PREMIERES REACTIONS D'UTILISATEURS

Plusieurs dizaines d'heures de vidéo montrant l'utilisation des dispositifs et les images affichées ont été enregistrées pendant les expositions *Jeune Création* et *Hehe*. Bien que le contexte de ces expositions ne soit pas représentatif d'une situation de communication à distance (les visiteurs pouvaient s'entendre et ceux de *Jeune Création* pouvaient même arriver à se voir), un certain nombre d'observations méritent d'être rapportées. Nous pensons en effet que ces observations sont intrinsèquement liées à la nature de MirrorSpace plutôt qu'à ce contexte particulier.

MirrorSpace est tout d'abord perçu comme un miroir. Les visiteurs se retournent pour essayer de trouver derrière eux les personnes qu'ils y voient. Ce n'est qu'après quelques minutes qu'ils demandent où est placée la caméra. Beaucoup pensent que le flou est lié à l'optique de la caméra et sont très surpris lorsqu'on leur décrit l'ensemble du matériel nécessaire pour faire fonctionner l'installation.

Les modestes performances des ordinateurs utilisés introduisent un léger délai (moins de 500 millisecondes) entre la capture et l'affichage des images. Alors que nous avions tout tenté pour réduire ce délai, la plupart des visiteurs de l'exposition n'y firent pas attention et certains lui trouvèrent un côté pratique, courant d'avant en arrière pour observer l'effet de flou sur leur propre image. Quelques-uns pensèrent même que le délai avait été introduit à cet effet.

Tous les visiteurs s'accordent pour dire que l'interaction avec MirrorSpace est plaisante, voire amusante. De nombreuses personnes ont joué à travers le dispositif, n'hésitant pas à danser ou à faire des grimaces. La superposition d'images permet à plusieurs personnes de fusionner leur visage, ce que certains utilisèrent pour s'embrasser, montrant ainsi que le système peut servir de support à une communication intime. Plusieurs personnes furent surprises de pouvoir se trouver si proche d'un étranger et reculèrent. Leur image devint alors floue et finit par disparaître, ce qui montre qu'une partie au moins du langage corporel naturel peut être utilisé pour contrôler le système.

## CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté MirrorSpace, un système de communication vidéo qui utilise la distance entre l'utilisateur et le dispositif matériel pour modifier les caractéristiques de la communication. Nous avons présenté le concept à l'origine de ce système et nous avons fourni quelques détails concernant sa mise en œuvre. Les premières réactions d'utilisateurs sont encourageantes. Convaincus que l'utilisation de la distance comme interface à des systèmes de communication médiatisée est une direction de recherche prometteuse, nous poursuivrons à l'avenir ce travail sur la vidéo. Nous envisageons également l'application des idées présentées dans cet article à d'autres formes de communication.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Buxton, W. and Moran, T. EuroPARC's Integrated Interactive Intermedia Facility (IIIF): Early Experiences. In *Multi-User Interfaces and Applications*, pages 11-34. S. Gibbs and A.A. Verrijn-Stuart, North-Holland, September 1990. Proceedings of IFIP WG8.4 Conference.

2. Cullinan, C. and Agamanolis, S. Reflexion: a responsive virtual mirror. Poster presented at ACM UIST 2002, Paris. ACM Press, October 2002.
3. Darrell, T., Gordon, G., Harville, M. and Woodfill, J. Integrated person tracking using stereo, color, and pattern detection. In *Proceedings of the 1998 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pages 601-609. IEEE Computer Society, June 1998.
4. Fish, R.S., Kraut, R.E. and Chalfonte, B.L. The VideoWindow system in informal communication. In *Proceedings of ACM CSCW'90 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pages 1-11. ACM Press, October 1990.
5. Fleischmann, M., Strauss, W. and Bohn, C. Liquid views: rigid waves. In *Electronic art and animation catalog of ACM SIGGRAPH 1998*, page 21. ACM Press, 1998.
6. Grayson, D. and Anderson, A. Perceptions of proximity in video conferencing. In *extended abstracts of ACM CHI 2002 Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 596-597. ACM Press, 2002.
7. Hall, E.T. *La dimension cachée*. Collection Points, n°89. Seuil, Paris, 1971.
8. Ishii, H., Kobayashi, M. and Grudin, J. Integration of interpersonal space and shared workspace: ClearBoard design and experiments. *ACM Transactions on Information Systems*, 11(4):349-375, October 1993.
9. Krueger, M., Gionfriddo, T. and Hinrichsen, K. Videoplace - an artificial reality. In *Proceedings of ACM CHI'85 Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 35-40. ACM Press, 1985.
10. Morikawa, O. and Maesako, T. HyperMirror: toward pleasant-to-use video mediated communication system. In *Proceedings of ACM CSCW'98 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pages 149-158. ACM Press, 1998.
11. Okada, K-I., Maeda, F., Ichikawaa, Y. and Matsushita, Y. Multiparty videoconferencing at virtual social distance: MAJIC design. In *Proceedings of ACM CSCW'94 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pages 385-393. ACM Press, October 1994.
12. Roussel, N. Exploring new uses of video with videoSpace. In R. Little and L Nigay, editors, *Proceedings of EHCI'01, the 8th IFIP International Conference on Engineering for Human-Computer Interaction*, volume 2254 of Lecture Notes in Computer Science, pages 73-90. Springer, 2001.
13. Roussel, N. Experiences in the design of the well, a group communication device for teleconviviality. In *Proceedings of ACM Multimedia 2002*, pages 146-152. ACM Press, December 2002.