

GROUPE + VIDÉO + AUDIO + INFORMATIQUE = MEDIASPACE

ÉTAT DE L'ART ET REVUE DE PROBLÈMES

Daniel Salber et Joëlle Coutaz
Laboratoire de Génie Informatique-IMAG
B.P. 53X, F-38041 Grenoble Cedex
Tél.: +33 76 51 44 40, Fax: +33 76 44 66 75
E-mail: salber@imag.fr, coutaz@imag.fr

Résumé

Le terme générique de MediaSpace (littéralement “espace de médias” ou “espace médiatique”) recouvre des installations combinant des réseaux audio et vidéo et des réseaux informatiques. Un MediaSpace est un outil de collaboration entre individus au sein d’un groupe et à ce titre constitue une forme particulière de collectif. Nous décrivons d’abord les principales installations MediaSpace existantes et mettons en évidence leurs similitudes et leurs différences. Nous passons ensuite en revue les problèmes nouveaux que posent les MediaSpaces, liés à la protection individuelle et à la complexité de la communication humaine, mais aussi à la conception et à la réalisation des interfaces homme-machine adaptées.

Introduction

Un MediaSpace est un dispositif permettant à un groupe géographiquement dispersé de communiquer par l’intermédiaire de moyens audiovisuels et informatiques. Techniquement, un MediaSpace repose sur un réseau audio/vidéo piloté par des moyens informatiques ; chaque utilisateur dispose d’une station de travail, ainsi que d’un moniteur vidéo, d’une caméra, de haut-parleurs et d’un microphone. A l’aide de logiciels adaptés, tout utilisateur peut établir une connexion audio/vidéo avec n’importe quel autre membre du groupe.

Depuis quelques années, plusieurs laboratoires ont développé des systèmes MediaSpace à titre expérimental. Nous décrivons les services offerts par les quatre principaux systèmes de ce type, en mettant en évidence leurs différences et leurs similitudes et nous mentionnons quelques expériences originales réalisées à l’aide de ces systèmes. Par sa complexité technologique et surtout parce qu’il ajoute une dimension nouvelle—la communication audiovisuelle à distance dans un groupe de travail—, le MediaSpace pose des problèmes nouveaux. Nous passons en revue quelques-uns des problèmes humains et d’interface homme-machine liés au MediaSpace.

Les systèmes MediaSpace

Même si l’on peut trouver quelques références antérieures, l’expérimentation des MediaSpaces a vraiment commencé dans la deuxième partie des années 80 au Rank Xerox PARC dans le but d’explorer les possibilités de l’informatique interpersonnelle, et

comme une aide au travail d'un groupe géographiquement dispersé. Le MediaSpace du PARC [Stults 86] visait à l'origine à faciliter la collaboration entre deux équipes de chercheurs du même laboratoire, mais dans deux villes différentes. Plusieurs bureaux de chaque site, ainsi que des parties communes publiques (cafétéria, salle de conférence) sont équipés de moyens de communication audiovisuels. Chaque utilisateur peut établir une connexion audio/vidéo permanente avec n'importe quel autre utilisateur, ainsi qu'avec les parties communes. De plus, une connexion fixe est en service entre les parties communes des deux sites. Lorsque, après quelques années, les deux sites furent rassemblés dans le même lieu géographique, le MediaSpace fut cependant jugé utile et conservé.

EuroPARC est un autre laboratoire de Rank Xerox situé en Grande-Bretagne ; le MediaSpace RAVE y a été développé, à la fois pour communiquer à l'intérieur du laboratoire et avec le MediaSpace du PARC en Californie [Gaver 92a]. Plusieurs aspects de RAVE sont différents du système originel du PARC :

- tous les membres de EuroPARC (direction, chercheurs, personnel administratif) ont accès à RAVE et disposent donc de l'équipement nécessaire dans leur bureau,
- le son est utilisé systématiquement pour donner à l'utilisateur des retours d'information sur les connexions qu'il reçoit ou sur certaines activités du groupe, mais l'utilisation du son est entièrement configurable par l'utilisateur qui peut, s'il préfère un environnement de travail plus silencieux, en désactiver certains voire tous,
- plusieurs types de connexions audio/vidéo sont disponibles, "glance" (jeter un coup d'œil), vidéophone, "office-share" (bureau partagé), et "background" (connexion en arrière-plan). Le "glance" est une connexion très brève, de quelques secondes, qui n'est pas interrompible. Ce type de connexion permet de "jeter un coup d'œil" dans le bureau d'un autre utilisateur ; celui-ci est prévenu par des messages sonores non-verbaux du fait que quelqu'un est sur le point d'établir, puis a établi, une connexion avec lui et un message vocal annonce le nom du correspondant qui va "jeter un coup d'œil". Le vidéophone est une connexion réciproque entre deux utilisateurs ; l'un est appelant, et l'appelé doit donner son accord pour que la communication s'établisse ; la communication est interrompue à l'initiative de l'un quelconque des deux correspondants. Le "office-share" est une connexion réciproque de longue durée entre deux bureaux. Enfin la connexion "background" est une connexion permanente qui ne peut être établie qu'avec une partie commune publique, et uniquement vidéo (sans audio). Le MediaSpace RAVE comporte aussi un service original, "Portholes" [Dourish 92], qui permet à chaque membre du groupe d'être au courant de l'activité des autres membres du groupe ("awareness"). Ce système prend des clichés de chaque participant à intervalles réguliers, et visualise sur l'écran de la station de travail de chacun les clichés pris. Là encore, un

retour d'information sous forme audio non verbale est fourni à l'utilisateur à chaque fois qu'un cliché est pris (par exemple le son de l'obturateur d'un appareil photographique). En offrant un espace partagé entre les membres du groupe, ce service renforce la cohésion du groupe, et rend chacun conscient de l'activité des autres participants et du groupe lui-même.

CAVECAT [Mantei 91] est un MediaSpace développé à l'Université de Toronto à partir de RAVE. Il offre des services analogues, mais intègre en plus des outils de travail coopératif (dessin partagé, et édition de textes partagée). De plus, des connexions multiples entre utilisateurs sont possibles (analogues à la conversation téléphonique à plusieurs) ; l'écran du moniteur de chaque correspondant montre tous les autres correspondants simultanément. Par exemple, pour une connexion à cinq personnes, l'écran de chacun est divisé en quatre images qui montrent les quatre autres correspondants. Ces trois systèmes (PARC, EuroPARC et Toronto) sont interconnectés et permettent des connexions inter-sites.

Cruiser^{TM1}, développé et utilisé aux laboratoires Bellcore, est un MediaSpace dont le but premier est différent [Fish 92]. A l'origine, Cruiser est un moyen de stimuler les communications informelles au sein d'un groupe. Dans ce dessein, toutes les connexions sont réciproques, et l'utilisateur peut demander au système de choisir un correspondant au hasard ; Cruiser comporte même un service où le système prend l'initiative des connexions entre deux utilisateurs choisis au hasard. Les types de connexion disponibles sont les suivants :

- le "glance" est une connexion très brève avec un autre utilisateur choisi par l'appelant ou, à défaut, choisi au hasard par le système,
- les "cruises" sont des connexions du type vidéophone qui doivent être confirmées par l'appelant pour être établies : là encore, l'utilisateur peut laisser au système le choix aléatoire du correspondant,
- les "autocruises" sont des connexions effectuées à l'initiative du système qui choisit au hasard deux correspondants, mais qui ne sont établies que si les deux correspondants donnent leur accord.

L'originalité de Cruiser par rapport aux systèmes décrits ci-dessus provient de ce que toutes les connexions sont réciproques (même des connexions très brèves comme les "glances"), et du fait que des initiatives peuvent être laissées au système dans le choix des correspondants. D'autres systèmes comme TeleCollaboration de US West Advanced Technologies ([Bulick 89], cité dans [Bly 93]) offrent des services analogues aux systèmes décrits ci-dessus.

¹ Cruiser est une marque déposée de Bellcore.

Tous ces systèmes expérimentaux sont utilisés au sein de groupes de chercheurs collaborant étroitement autour d'un ensemble de projets et dont tous les membres se connaissent bien. Comme le remarque [Gaver 92a], le succès d'un MediaSpace tel que RAVE repose sur l'existence d'une relation de confiance mutuelle entre les membres du groupe. D'autre part, du point de vue technique, ces systèmes utilisent un réseau audio/vidéo analogique contrôlé par des moyens informatiques.

Un travail récent [Pagani 93] décrit deux utilisations de MediaSpace dans un environnement industriel avec une installation entièrement numérique. Dans une première expérience, un MediaSpace est installé entre deux ingénieurs géographiquement distants et travaillant en étroite collaboration sur un projet commun : le MediaSpace est utilisé pour l'échange d'informations techniques, mais il sert aussi à renforcer la relation humaine entre les deux participants, le fait de voir l'image de l'autre jouant un rôle de réconfort mutuel, en particulier dans les périodes de travail tendues. La seconde expérience a consisté à établir un MediaSpace entre des concepteurs et l'usine de fabrication, toujours géographiquement distants. Dans ce cas, le MediaSpace est utilisé pour des consultations techniques sur des points précis de fabrication et, grâce à une caméra miniature, des détails de fabrication peuvent être expliqués à distance aux concepteurs. Ces expériences montrent que le MediaSpace est un outil de communication apprécié et jugé utile par ses utilisateurs. Les problèmes techniques liés à l'utilisation de communications longue distance audio/vidéo numériques, tels la faible qualité du son et des images, sont considérés comme secondaires par les utilisateurs au regard des avantages de l'outil.

Ces expériences dans le "monde réel" sont prometteuses mais il ne faut pas perdre de vue que le MediaSpace pose de nouveaux problèmes. Certains de ces problèmes sont étroitement liés à la communication humaine : la protection de l'espace privé de chacun, par exemple, doit absolument être prise en compte ; on peut aussi se demander si, comme avec tout moyen de communication sophistiqué, "trop de communication ne risque pas de tuer la communication" ou, en d'autres termes, si les utilisateurs du MediaSpace ne risquent pas de l'utiliser comme substitut de la communication directe entre individus. Pour les concepteurs et réalisateurs d'interfaces homme-machine, les systèmes MediaSpace posent également des difficultés particulières de conception d'interfaces et d'architecture de systèmes.

Communication humaine et protection de l'espace privé : le syndrome "Big Brother"

L'évocation des MediaSpaces suscite souvent l'association avec le célèbre roman de George Orwell, *1984*. Il y est décrit une société totalitaire, dans laquelle tout individu est surveillé par un pouvoir central personnifié par "Big Brother". Cette surveillance

s'effectue avec l'aide de moyens technologiques sophistiqués, principalement le "télécran", une sorte de télévision fonctionnant à double sens ; voici comment Orwell décrit ce dispositif dans les premières pages de *1984* : "Le télécran recevait et transmettait simultanément. Il captait tous les sons émis par Winston [le héros du roman] au-dessus d'un chuchotement très bas. De plus, tant que Winston demeurait dans le champ de vision de la plaque de métal, il pouvait être vu aussi bien qu'entendu. Naturellement, il n'y avait pas moyen de savoir si, à un moment donné, on était surveillé." [Orwell 50]. Cette description inquiétante dégage très bien ce qui rend le dispositif insupportable et dangereux : on ne sait pas si l'on est vu, ni par qui, ni quand, et surtout il n'y a pas réciprocité ; on est vu mais l'on ne peut pas voir. Ces caractéristiques du télécran peuvent nous aider à définir a contrario les conditions minimales à satisfaire pour qu'un système MediaSpace soit acceptable :

- réciprocité : tout utilisateur qui peut voir doit pouvoir être vu et tout utilisateur qui peut être vu doit pouvoir voir ; on ne peut accepter par exemple qu'un utilisateur ait un moniteur mais pas de caméra,
- retour d'information à l'utilisateur qui est vu : par qui est-il vu et quand ?

On notera que ces deux principes sont appliqués dans les exemples de MediaSpace décrits plus haut : il y a toujours réciprocité, au moins potentiellement, puisque tous les utilisateurs disposent du même équipement audiovisuel ; le retour d'information peut prendre différentes formes, par exemple audio dans RAVE et vidéo dans Cruiser.

Les systèmes MediaSpace offrent également des services de contrôle d'accès variés. Le contrôle d'accès le plus simple est manuel : l'utilisateur peut mettre un cache sur l'objectif de la caméra, voire la débrancher ainsi que le micro ; mais le contrôle peut être plus élaboré. Dans Cruiser, les utilisateurs peuvent choisir un mode "private" dans lequel toute demande de connexion est automatiquement refusée par le système ; cette protection de l'espace privé fonctionne en tout ou rien. Dans RAVE, chaque utilisateur a un contrôle beaucoup plus sophistiqué, configurable à la fois par type de connexion et par correspondant : pour chaque type de connexion ("glance", vidéophone, etc.), l'utilisateur peut autoriser ou interdire ce type de connexion à chacun des autres utilisateurs du système. En fait, dans ce cas, le contrôle d'accès peut rentrer en contradiction avec le principe de réciprocité : même si toute connexion est potentiellement réciproque, le jeu du contrôle d'accès peut limiter les connexions à un seul sens (par exemple, si A a interdit le "glance" à B, A peut voir B par "glance" mais B ne peut pas voir A).

Ces questions montrent qu'un MediaSpace doit inclure des mécanismes de protection de l'espace privé de l'utilisateur. Mais on peut aussi s'interroger sur l'utilisation même du MediaSpace. Comme le note [Bly 93], le MediaSpace ne vise pas à remplacer la communication humaine directe ; il offre des possibilités de communication

supplémentaires. Cet aspect est particulièrement évident dans Cruiser : la possibilité de déléguer au système le choix du correspondant et ainsi de rentrer en contact avec quelqu'un que l'on n'aurait peut-être pas spontanément contacté est probablement discutable dans ses détails, mais il montre bien que l'objet du système est de stimuler la communication dans le groupe. Dans RAVE, le service Portholes, qui donne la possibilité de voir à tout instant des clichés des autres membres du groupe et d'être ainsi conscient de l'activité du groupe, apporte une nouvelle dimension qui n'a pas vraiment d'équivalent dans la communication directe.

Le MediaSpace favorise la communication humaine, mais au travers d'un artefact technologique. Comme avec tout artefact de ce type, certaines particularités de la communication humaine ne peuvent être transmises par le système. Le contact visuel direct en est l'exemple le plus flagrant : pour croiser le regard de son interlocuteur, il faudrait regarder l'objectif de la caméra, ce qui empêche de regarder en même temps l'écran du moniteur. Même si la caméra est par exemple juste au-dessus du moniteur, l'angle entre l'objectif de la caméra et l'image du visage du correspondant sur le moniteur est suffisant pour empêcher le contact visuel. [Sellen 92] décrit un dispositif combinant écran et caméra où la caméra est intégrée à un écran suffisamment petit pour que le contact visuel soit possible. [Ott 93] propose un système dans lequel l'image de l'utilisateur vu de face est calculée numériquement à partir des images de deux caméras situées l'une en-dessous et l'autre au-dessus de l'écran et pointées vers l'utilisateur. Cette approche est intéressante car elle ne nécessite pas de matériel spécifique et peut s'intégrer naturellement à un MediaSpace entièrement numérique, où le moniteur est remplacé par une fenêtre vidéo sur l'écran de la station de travail de l'utilisateur. Il ne faut cependant pas se faire d'illusions : les MediaSpaces resteront des béquilles pour la communication humaine et ne remplaceront pas la communication face à face, pour reprendre une partie de la très juste métaphore de [Hollan 92]. Ces problèmes liés à la protection de l'espace privé et à la complexité de la communication humaine directe ne sont que les plus représentatifs (d'autres sont détaillés dans [Gaver 92b]) ; mais ils laissent déjà deviner que la conception d'une interface utilisateur qui propose des solutions adaptées au MediaSpace est également difficile. L'utilisation de métaphores peut faciliter le travail de conception ; une des difficultés est l'intégration du MediaSpace avec des outils de travail partagé ; mais comme dans toute application de type collectif, l'écoute et la compréhension des besoins du groupe reste la meilleure aide à la conception de l'interface homme-machine.

Conception d'interface homme-machine pour le MediaSpace : métaphores, collectif et "group-centered design"

Les métaphores sont un outil efficace pour la conception d'interface : en calquant le fonctionnement d'une application sur celui d'un élément courant du monde réel, on décharge l'utilisateur de la phase d'apprentissage [Erickson 90]. Les MediaSpaces utilisent des métaphores du monde réel : par exemple, le "glance", connexion très brève de quelques secondes repose sur un comportement du monde réel : jeter un coup d'œil en passant devant la porte entrouverte d'un bureau pour voir si la personne est disponible. Cruiser et RAVE utilisent cette métaphore de deux façons complètement différentes : là où le système Cruiser implémente scrupuleusement la métaphore (la connexion "glance" est réciproque), le système RAVE la transforme quelque peu : lorsque l'utilisateur "glance", le correspondant n'est prévenu que par audio (le nom de la personne, suivi par exemple du bruit d'une porte qui s'ouvre, puis du bruit d'une porte qui se referme). Le choix fait dans RAVE répond à une autre contrainte : rendre le système le moins intrusif possible [Gaver 92a]. On trouve un autre exemple de métaphore dans Cruiser : les connexions établies aléatoirement simulent les rencontres au hasard que chacun peut faire en passant dans un couloir devant des bureaux dont les portes sont ouvertes ou entrouvertes. La métaphore des salles virtuelles est souvent bien adaptée au collectif et a été utilisée dans le contexte du MediaSpace. Polyscope et Vrooms [Borning 91] sont les précurseurs dans l'environnement RAVE du service Portholes décrit plus haut ; dans ces systèmes, les clichés des membres du groupe sont rassemblés dans une salle virtuelle. De plus, dans Vrooms, les utilisateurs peuvent "rentrer" dans les salles virtuelles et communiquer avec les autres utilisateurs qui s'y trouvent.

Les MediaSpaces sont un bon outil pour faciliter la communication informelle au sein d'un groupe. A ce titre, ils peuvent être d'une aide précieuse au collectif, et en particulier ils sont un bon candidat pour répondre aux besoins de méta-communication dans un travail collaboratif [Collectif 92]. C'est l'approche utilisée dans Cruiser, mais aussi dans des systèmes comme VideoWhiteboard [Tang 91] ou ClearBoard [Ishii 92] qui ne sont pas à proprement parler des MediaSpaces, mais qui intègrent des moyens de communication audiovisuels autour d'un outil de dessin partagé. On peut alors se demander quelle forme doit prendre l'apport du MediaSpace au collectif : le MediaSpace doit-il précéder les outils de travail collaboratifs et jouer un rôle intégrateur des outils de communication du groupe ? Ou bien doit-il n'être qu'un support dans le cadre d'une tâche précise, par exemple en permettant la méta-communication dans le cadre d'un outil de dessin partagé ?

La conception d'une interface utilisateur pour un MediaSpace doit prendre en compte le plus tôt possible les besoins du groupe, et évoluer en fonction de nouveaux

besoins suscités par l'utilisation du MediaSpace et découverts au fur et à mesure de l'utilisation. Cette méthode de conception "en spirale" et de manière incrémentale a été utilisée dans les principaux MediaSpaces décrits plus haut. Le système d'origine a été progressivement modifié et enrichi. De ce point de vue, un MediaSpace peut être un formidable terrain d'expérimentations sur le fonctionnement d'un groupe. Mais comme le souligne [Grudin 89], l'apport de la psychologie sociale et de l'anthropologie est capitale pour la compréhension des interactions au sein d'un groupe, et l'évaluation des interfaces homme-machine pour les collecticiels est encore balbutiante. Le MediaSpace requiert une attention d'autant plus particulière de la part des concepteurs d'interfaces qu'il donne à ses utilisateurs la possibilité d'interagir librement entre eux, et non autour d'une tâche bien définie comme dans la majorité des collecticiels. Pour paraphraser l'expression de Donald Norman, la conception doit être "group-centered".

Mais le développement d'interfaces homme-machine pour le MediaSpace ne se heurte pas qu'à des problèmes de conception. Les performances actuelles des réseaux de télécommunications rendent difficile la transmission d'images numérisées, et encore plus celle de la vidéo et de l'audio numériques synchronisés. Souvent, un réseau audio/vidéo analogique est le seul moyen d'obtenir des résultats satisfaisants. Mais la combinaison de moyens de transmissions analogiques et de réseaux informatiques soulève de nouvelles difficultés pour la réalisation d'un système MediaSpace et de son interface homme-machine.

Architecture d'interface homme-machine pour le MediaSpace : architecture centralisée ou distribuée ?

Nous ne rentrerons pas dans le détail des difficultés de conception d'architecture logicielle d'un MediaSpace. Nous noterons cependant que le MediaSpace partage certaines de ces difficultés avec le collecticiel, mais qu'il pose aussi des problèmes spécifiques. L'architecture logicielle de trois des MediaSpaces détaillés dans cet article est très similaire : le MediaSpace du PARC, RAVE et CAVECAT partagent à quelques détails près la même architecture logicielle. L'architecture est organisée en couches autour d'un serveur (IIF) qui gère les connexions (il joue un rôle analogue à celui d'un standard téléphonique) ; une couche logicielle au-dessus de IIF gère le contrôle d'accès (Godard) et une autre couche (Khronika) gère les retours d'information. Cette décomposition en couches adhère au principe de distinction entre mécanisme (IIF) et politique d'utilisation (Godard et Khronika) que X-Window illustre dans le domaine des interfaces graphiques. En revanche, Cruiser est également construit autour d'un serveur, mais celui-ci est organisé en agents qui communiquent à travers d'autres agents de plus haut niveau. Ces architectures sont organisées autour d'un serveur qui gère de façon centralisée les

commutations du réseau audio/vidéo analogique. Il serait intéressant de se demander si un MediaSpace entièrement numérique ne gagnerait pas à adopter une architecture distribuée.

Conclusion

Cet article n'est en aucun cas exhaustif. Nous avons essayé de mettre en lumière quelques-uns des problèmes nouveaux liés aux MediaSpaces en nous appuyant sur les exemples d'installations existantes. Les MediaSpaces sont non seulement un nouveau moyen de communication interpersonnelle ainsi qu'une aide au travail d'un groupe, mais ouvrent aussi un vaste champ d'expérimentation. Il nous semble que les problèmes évoqués pourraient nourrir la réflexion d'un atelier de travail sur le collectif pendant les Journées IHM'93.

Remerciements

Nous remercions Wendy Mackay, Victoria Bellotti, Paul Dourish et Allan MacLean de Rank Xerox EuroPARC (Grande-Bretagne) ainsi que Michel Beaudouin-Lafon du Laboratoire de Recherche en Informatique d'Orsay qui nous ont fait partager leurs expériences de MediaSpace. Ce travail a reçu le soutien financier du projet ESPRIT BRA 7040 AMODEUS 2 (Assaying MODELS of DESIGNERS, USERS and SYSTEMS).

Références

- [Borning 91] A. Borning, M. Travers : *Two Approaches to Casual Interaction over Computer and Video Networks*, Proceedings of the CHI'91 Conference on Human Factors in Computing Systems, Nouvelle-Orléans, 1991, p. 13.
- [Bulick 89] S. Bulick, M. Abel, D. Corey, J. Schmidt, S. Coffin : *The US WEST Advanced Technologies Prototype Multi-media Communications System*. GLOBECOM'89 : Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference, Dallas, 1989.
- [Bly 93] S.A. Bly, S.R. Harrison, S. Irwin : *Media Spaces: Bringing People Together in a Video, Audio, and Computing Environment*, Communications of the ACM, Janvier 1993.
- [Collecticiel 92] Rapport de l'atelier Collecticiel des Journées IHM'92, Paris, 1993.
- [Dourish 92] P. Dourish, S.A. Bly : *Portholes : Supporting Awareness in a Distributed Work Group*, Proceedings of the CHI'92 Conference on Human Factors in Computing Systems, Monterey, 1992, p. 541.
- [Erickson 90] T.D. Erickson : *Working with Interface Metaphors*, in The Art of Human-Computer Interface Design, Brenda Laurel, ed., Addison-Wesley, 1990.
- [Fish 92] R.S. Fish, R.E. Kraut, R.W. Root, R.E. Rice : *Evaluating Video as a Technology for Informal Communications*, Proceedings of the CHI'92 Conference on Human Factors in Computing Systems, Monterey, 1992, p. 37.
- [Gaver 92a] W. Gaver, T.Moran, A. MacLean, L. Lövstrand, P. Dourish, K. Carter, W. Buxton : *Realizing a Video Environment: EuroPARC's*

- RAVE System*, Proceedings of the CHI'92 Conference on Human Factors in Computing Systems, Monterey, 1992, p. 27.
- [Gaver 92b] W. Gaver : *The Affordances of Media Spaces for Collaboration*, Proceedings of the CSCW'92 Conference on Computer-Supported Cooperative Work, Toronto, 1992, p. 17.
- [Grudin 89] J. Grudin : *Why groupware applications fail: problems in design and evaluation*, in Office: Technology and People, Elsevier Science Publishers, 1989, p. 245.
- [Hollan 92] J. Hollan, S. Stornetta : *Beyond Being There*, Proceedings of the CHI'92 Conference on Human Factors in Computing Systems, Monterey, 1992, p. 119.
- [Ishii 92] H. Ishii, M. Kobayashi, J. Grudin : *Integration of Inter-Personal Space and Shared Workspace: ClearBoard design and experiments*, Proceedings of the CSCW'92 Conference on Computer-Supported Cooperative Work, Toronto, 1992, p. 33.
- [Mantei 91] M. Mantei, R.M. Backer, A. Sellen, W. Buxton, T. Milligan, B. Wellman: *Experiences in the use of a Media Space*, Proceedings of the CHI'91 Conference on Human Factors in Computing Systems, Nouvelle-Orléans, 1991, p. 203.
- [Ott 93] M. Ott, J.P. Lewis, I. Cox : *Teleconferencing Eye Contact Using a Virtual Camera*, Adjunct Proceedings of InterCHI'93, Amsterdam, 1993, p. 109.
- [Pagani 93] D. Pagani, W.E. Mackay : *Bringing Media Spaces into the Real World*, à paraître in Proceedings ECSCW'93, Milano, September 1993.
- [Orwell 50] George Orwell : *1984*. Editions Gallimard, 1950.
- [Sellen 92] A. Sellen, B. Buxton : *Using Spatial Cues to Improve Videoconferencing*, Proceedings of the CHI'92 Conference on Human Factors in Computing Systems (Video), Monterey, 1992, p. 651.
- [Stults 86] R. Stults : *MediaSpace*, rapport technique Xerox PARC, 1986.
- [Tang 91] J.C. Tang, S.L. Minneman : *VideoWhiteboard: Video Shadows to Support Remote Collaboration*, Proceedings of the CHI'91 Conference on Human Factors in Computing Systems, Nouvelle-Orléans, 1991, p. 315.