

## Vers un support multimédia à la collaboration directe

Stéphane Chatty\* — Patrick Girard\*\* — Stéphane Sire\*

\* Centre d'Études de la Navigation Aérienne  
7 avenue Edouard Belin  
31055 Toulouse cedex

\*\* Laboratoire d'Informatique Scientifique et Industrielle  
ENSMA  
86960 Futuroscope

---

*RÉSUMÉ.* Les collecticiels synchrones, qui permettent à plusieurs utilisateurs de collaborer en temps réel, sont encore à la recherche d'applications. Une explication à ce problème est la séparation pratiquée entre les activités de manipulation des données et celles de communication entre participants réalisées à travers des outils différents, ce qui introduit des coûts de manipulation pour les utilisateurs. Nous décrivons ici trois exemples de situations mettant en œuvre une forme de négociation autour de documents ou de données et où ce coût est pénalisant : la conception technique, la coordination entre contrôleurs aériens et la négociation entre un banquier et son client. Nous proposons ensuite une définition des services du collecticiel synchrone prenant en compte ces nouvelles applications. Nous décrivons enfin un serveur téléphonique qui constitue le début d'un environnement multimédia pour la collaboration synchrone, en permettant d'intégrer les communications orales dans les applications interactives.

*ABSTRACT.* Synchronous groupware, which permits real-time collaboration among users, still misses applications. One reason for this situation is the artificial distinction made between data manipulation tasks and communication tasks, both of them being implemented through different tools which creates manipulation overhead for users. We describe here three negotiation tasks around data and documents where these overheads are penalizing: computer-aided design, air traffic controller coordination, and a commercial negotiation for a loan. Then we present a classification for synchronous groupware services taking into account the specifications of such tasks. Finally, we describe a phone server which has been successfully used to integrate oral communication with interactive applications and which foreshadows a future synchronous multimedia collaborative environment.

*MOTS-CLÉS :* collecticiel, TCAO, communication, coordination, négociation, médias

*KEYWORDS :* groupware, CSCW, communication, coordination, negotiation, medias

---

## 1. Introduction

Les collecticiels, environnements informatiques permettant les activités collectives, font l'objet de recherches depuis plus de dix ans. Cependant, leurs applications professionnelles sont encore limitées. C'est particulièrement le cas des collecticiels synchrones, qui permettent de participer en même temps à une activité commune : production de document ou réunion à distance, par exemple. Malgré les travaux des laboratoires et les démonstrations commerciales des constructeurs informatiques, éditeurs partagés et vidéoconférence individuelle restent peu utilisés. Seuls les services asynchrones les plus simples se popularisent, à l'image des messageries électroniques et des systèmes de "workflow management" tels que Lotus Notes, qui permettent de faire évoluer les systèmes d'information vers des systèmes de *circulation* de l'information au sein des entreprises.

Cette situation peut paraître surprenante. En effet, les collecticiels synchrones s'apparentent à l'informatique personnelle et aux outils de productivité individuelle : ils aident les utilisateurs à mener leur tâche à bien, sans modifier leur position dans une organisation. Ils semblaient donc prédisposés à une popularisation plus rapide que le "workflow management", qui remet parfois en cause l'organisation des entreprises. Qui plus est, les services synchrones s'adressent potentiellement à tous et pas seulement aux entreprises : jeux électroniques partagés, négociation d'un achat ou encore échange de photos de famille font partie des applications potentielles. Il nous semble donc important d'analyser les raisons de ce relatif insuccès et de proposer des directions de recherche pour y remédier.

Deux exemples fournissent des éléments d'explication. Considérons tout d'abord la rédaction commune de documents. Cet article a été rédigé et corrigé sur une période de plusieurs mois, par des auteurs vivant à Toulouse et à Poitiers. Bien que les éditeurs partagés fassent des progrès incontestables, il a été écrit en utilisant une combinaison de courrier électronique, de fax et de téléphone. On peut y voir un simple problème technique, mais cela nous semble une explication incomplète. Le fait est qu'un appel téléphonique résout une grande partie des problèmes, sans nécessiter une totale synchronisation entre les auteurs. À l'opposé, l'utilisation d'un éditeur partagé imposerait certaines contraintes et manquerait cruellement d'un canal sonore de qualité pour les échanges verbaux.

Le monde des jeux fournit un autre exemple, dans des situations où la rapidité est importante. Doom est un jeu guerrier très populaire, où le joueur se trouve plongé dans une simulation de labyrinthe peuplé de monstres et doit les exterminer. Le réalisme des images et l'utilisation du son stéréophonique contribuent à l'efficacité des joueurs et leur permettent de réagir très vite aux menaces. Il est possible de jouer à Doom en équipe, à travers un réseau. Le problème est alors de se coordonner. Le jeu propose pour cela une interface textuelle permettant d'envoyer des messages à travers le réseau. Hélas, cette interface est totalement inadéquate, et l'on voit les joueurs s'interpeller bruyamment lorsqu'ils sont dans la même pièce et devenir inefficaces lorsqu'ils sont séparés. Cet exemple est significatif d'un manque de moyens de communication entre humains dans les applications partagées. Par la suite, nous verrons que cette situation se produit dans des domaines beaucoup plus sérieux que les jeux.

Cet article est consacré à une analyse des problèmes du collecticiel synchrone, tels qu'ils sont ébauchés dans ces deux exemples. Face à la rigidité des moyens de communication proposés par les outils informatiques et à la difficulté d'échanger des données avec les outils de vidéoconférence, il plaide pour une meilleure intégration de ces fonctions. Des environnements de travail permettant aux utilisateurs de se coordonner par la voix et l'image tout en échangeant et en manipulant en commun des données, rendraient possible une collaboration à distance plus efficace. Nous les nommons des environnements de *collaboration directe*.

L'article est organisé comme suit. Après avoir rappelé l'état des recherches dans le domaine du collecticiel synchrone, nous examinons trois exemples concrets d'activité synchrone où la communication, voire la négociation, entre humains est aussi importante que le partage des données. De ces études de cas, nous tirons les conséquences en termes de besoins à prendre en compte et de recommandations pour réaliser des applications coopératives. Nous présentons enfin de premiers développements permettant de combiner plusieurs canaux de communication dans des applications interactives, et leur utilisation dans le domaine du contrôle aérien.

## **2. Collecticiel synchrone : état de la recherche**

Les définitions du collecticiel (de même que celles du TCAO, Travail Collaboratif Assisté par ordinateur) sont multiples, et aucune ne s'est véritablement imposée entre toutes. Nous retenons la définition suivante [PAL 94] :

“Un collecticiel est un système qui intègre le traitement de l'information et les activités de communication dans le dessein d'aider les utilisateurs à travailler ensemble au sein d'un groupe.”

Au sein des collecticiels, les deux classifications les plus courantes sont la classification espace-temps [ELL 91] et la classification fonctionnelle (voir [SAL 95, KAR 94b]). La première répartit l'ensemble des applications selon deux dimensions : la temporalité de la coopération et la localisation des participants. Suivant cette classification, le collecticiel synchrone peut se décliner en collecticiel réunissant des personnes dans un même lieu et collecticiel rassemblant des personnes géographiquement séparées. Dans la première catégorie on trouve les applications de type salle de conférence [NUN 93] ou salle de contrôle aménagée [FIL 93]. Dans la deuxième catégorie, on trouve les systèmes de vidéoconférence, les éditeurs partagés et les jeux multi-utilisateurs sans bien distinguer les différents services qu'ils représentent.

Dans les classifications fonctionnelles, on identifie différents services autour desquels s'accomplit la coopération. Le modèle du trèfle fonctionnel [SAL 95] découpe l'espace-problème du collecticiel en trois dimensions : la production, la communication et la coordination. La production recouvre tous les services orientés vers la création d'un artefact (texte, livre, plan, etc.). La communication concerne les services permettant aux participants d'établir des relations personnelles. Enfin la coordination permet au groupe de définir la répartition dans le temps des tâches et des ressources entre les acteurs du collecticiel.

L'intérêt de ces classifications pour la réalisation d'applications est qu'elles permettent de définir un certain nombre de services à mettre en œuvre. Malgré tout cet inventaire n'est pas exhaustif et d'autres approches ont permis de le compléter. Parmi celles-ci une autre approche pour identifier les services consiste à analyser le processus de coopération en tant que tel, ainsi que les raisons des échecs et des succès du collectif [GRU 90]. C'est ainsi qu'a été identifiée la notion de travail d'articulation [ROB 91], c'est-à-dire l'ensemble des conflits et des négociations qui marquent l'histoire du groupe et expliquent l'ensemble de ses productions et de ses décisions. De cette notion découlent les concepts de conscience mutuelle et de mémoire de groupe. La conscience mutuelle représente l'image que chacun se fait de l'état du groupe à un instant donné. La mémoire de groupe représente l'historique des décisions qui ont été prises et la manière dont elles l'ont été. De ce point de vue la séparation entre collectif synchrone et asynchrone devient difficile à établir car on peut voir la conscience mutuelle comme l'aboutissement d'un processus qui se déroule dans le temps et dont la trace est la mémoire de groupe. Par exemple une réunion (synchrone) peut avoir été provoquée par un échange de courrier électronique (asynchrone) pour fixer l'ordre du jour. Au début de la réunion, chacun s'appuie sur le souvenir qu'il a de ces échanges passés (la mémoire du groupe) pour se faire une image du groupe (la conscience mutuelle) et entamer les discussions.

Dans la suite de cette section, la classification que nous utilisons repose sur la distinction que l'on peut faire parmi les réalisations actuelles entre celles qui s'articulent autour des données manipulées (le quoi) et celles qui essaient d'augmenter le degré de coopération et de participation par l'utilisation de nouveaux médias (le comment). Nous présentons dans un premier temps les éditeurs partagés qui sont les applications les plus représentatives du premier genre. Dans un deuxième temps, nous présentons les applications et les outils qui ont été élaborés à partir de l'utilisation de nouveaux médias. Enfin nous montrons la complémentarité de ces deux approches dont la fusion préfigure l'avenir du collectif.

### **2.1. Les éditeurs partagés**

Si l'on considère que l'objet central de la coopération est l'artefact produit par le groupe plutôt que la communication autour de cet artefact, alors le collectif devient un outil de production. Les applications correspondantes appartiennent à la famille des éditeurs partagés. Parmi les différents types d'objets édités, les plus courants sont à base de texte et de graphique [KAR 94a, PAC 94, SHU 92, DEC 95], dans le but de produire un livre, un article ou un plan par exemple. Dans ces systèmes plusieurs auteurs éditent de manière synchrone ou asynchrone un même document, et les modifications apportées sont observées en temps réel par tout ou partie du groupe.

Cependant, bien que les recherches se soient concentrées sur l'édition de documents, on peut élargir cette notion à une multitude de types de données, même s'il n'y a pas toujours de produit final. Par exemple, on peut considérer que dans un système de contrôle du trafic aérien, les plans de vol constituent l'objet édité [BEN 92]. Dans un jeu, il s'agit de l'état du jeu. Dans les systèmes d'aide à la décision, l'objet manipulé est un réseau hypertexte de documents. Dans les systèmes d'argumentation, les

documents expriment des idées qui possèdent un type (synthèse, concept, réfutation, etc). Ces idées et leurs relations sont représentées sous la forme d'un graphe dont la lecture permet de suivre un raisonnement [YAK 90, NEU 90]. Dans les systèmes de réunion, l'écran partagé peut servir à éditer collectivement un tel réseau de concepts en temps réel.

Le point commun entre tous ces éditeurs est qu'ils reposent sur des mécanismes de partage et d'échange de données. Ces mécanismes s'appliquent à une unité minimale d'information qui peut être partagée et mise à jour en temps réel. La taille de cette unité minimale est appelée la granularité. Une fois la granularité choisie, les techniques mises en œuvre pour la réalisation des éditeurs partagés s'inspirent souvent des problèmes posés aux concepteurs de systèmes distribués. Parmi ceux-ci on peut citer le contrôle d'accès concurrent, la gestion de la cohérence et la réplication des données [COU 95]. Or dans les systèmes distribués l'accent est mis sur la transparence dans la transmission et le partage des données qui échappent ainsi au contrôle des utilisateurs. Pourtant ce problème du partage des données peut aussi être simplifié en augmentant le niveau de communication entre les utilisateurs. De cette manière une meilleure répartition des tâches peut éviter les conflits. Dans la section suivante nous passons en revue de quelle manière la communication par la vue, le son et le geste contribue au travail de groupe.

## ***2.2. Les outils d'aide à la communication et à la coordination***

Nous avons vu que le collecticiel peut être vu comme un outil de production. On peut aussi le considérer comme un nouveau média pour communiquer, ce qui correspond à un autre axe de recherche. De ce point de vue, le stade de développement actuel du collecticiel correspond à la phase de réécriture des anciens médias suivant le processus décrit par Mac Luhan [MAC 77]. On trouve donc différentes catégories d'applications suivant le ou les médias qui sont réécrits dans la forme du collecticiel.

### *2.2.1. Les médias audiovisuels*

Les moyens de communication audiovisuels les plus courants sont le téléphone et la vidéo. Bien qu'il soit très répandu et que l'industrie se penche sur son intégration avec l'informatique, le téléphone a été peu étudié sous l'angle des collecticiels. En revanche, l'usage de la vidéo est l'objet de beaucoup d'attentions. Les premiers systèmes apparus sont les systèmes de vidéoconférence point-à-point. Ceux-ci peuvent être construits sur un réseau analogique séparé et des écrans vidéo séparés, ou bien ils peuvent utiliser le réseau informatique et l'incrustation d'images sur l'écran de la station de travail. Par la suite, avec l'ajout d'une matrice vidéo commandée par informatique, sont apparus les médiaspace [DOU 93, MAN 91, TAN 94]. Dans un médiaspace, chacun possède un accès à un ensemble de caméras avec lesquelles il peut mettre en place différents types de connexions : communication visiophonique, "coup d'œil", ou encore mode continu. Le coup d'œil est une connexion vidéo très brève et unilatérale qui permet de vérifier la disponibilité d'un correspondant. Il est accompagné d'un signal sonore pour prévenir la personne observée. Le mode continu est une connexion unilatérale permanente généralement employée en arrière-plan pour surveiller l'activité ou vérifier

la présence d'autres personnes.

Les caméras dans un médiaspace peuvent se trouver dans des bureaux, mais aussi dans des lieux publics comme auprès de la machine à café, ou dans des couloirs. Un médiaspace peut relier des lieux très éloignés. Parmi les objectifs du médiaspace on peut citer le renforcement des liens sociaux et la création d'une sensation de continuité physique entre des lieux séparés. La tendance actuelle dans l'usage de la vidéo est de créer une sensation de présence physique (ou téléprésence). À cette fin diverses stratégies sont employées. Pour obtenir une inclinaison du visage identique à celle du face à face, par exemple, différentes techniques permettent de créer une sorte de "tunnel vidéo" [BUX 92]. Dans le cas des conférences à plusieurs, l'objectif est de respecter la continuité du regard entre les participants. Ceci peut être réalisé en simulant la présence des personnes autour d'une table imaginaire. Pour cela l'image est restituée de sorte que si une personne se retourne vers une autre, une troisième verra réellement le regard de la première se diriger vers celle-ci [OKA 94].

### 2.2.2. Le son et les animations

Les sons synthétisés, échantillonnés ou bien captés par un micro sont utilisés dans le collectif pour renforcer la perception des processus en cours. Parmi les avantages du son, on peut citer sa capacité à représenter des événements que l'on ne peut pas voir, car ils sont éloignés, abstraits, ou hors du champ d'attention. Le son permet d'alléger la charge visuelle. Ceci peut être utilisé à des fins de surveillance d'un processus industriel [GAV 91]. Dans le cas d'un éditeur de dessin partagé comme *GroupDesign* [KAR 94a], un écho sonore permet de représenter les opérations de dessin effectuées par les autres en dehors de la zone affichée. Le volume sonore indique la distance à laquelle elles ont lieu. Le son permet également d'entendre l'arrivée d'un objet en mouvement et d'anticiper son apparition.

Le son donne aussi une indication sur la disponibilité de chacun, de manière non intrusive. Il permet de structurer les rencontres et d'assurer le passage en douceur du travail individuel au travail collectif. Cette utilisation, conjointement avec la spatialisat-ion du son peut servir à rendre crédible un environnement virtuel où les voix et les activités de chacun sont localisées dans l'espace. Le système *Virtual Meeting Room* [SEL 95] utilise la métaphore des pièces virtuelles complétée par une représentation graphique animée des différents flux d'information. Une personne en train de saisir du texte au clavier produit un son de clavier qui provient de sa position. Si deux personnes sont en vidéoconférence, un flux animé représente le lien entre celles-ci. De plus la manipulation directe de ce flux permet de prendre part à la vidéoconférence. Ce type de représentation animée et interactive d'un processus communicationnel en cours est une carte interactive [BAR 94].

L'animation dans les éditeurs partagés sert aussi à cacher aux autres certaines phases de l'interaction pour ne leur en montrer que le résumé. Par exemple dans *GroupDesign* la création d'un objet avec la souris est représentée par une animation qui le fait apparaître puis grossir progressivement. Cette méthode évite la surprise de voir l'objet apparaître de manière instantanée, tout en masquant les hésitations auxquelles sa création donne lieu.

### 2.2.3. *Le geste*

L'importance du geste dans les conversations entre individus est bien connue. Les collecticiels tentent donc de reproduire certaines capacités gestuelles. Ainsi, un élément commun à de nombreuses applications collectives est la nécessité de disposer d'outils de co-référenciation : télépointeurs ou télémarqueurs. Les télépointeurs permettent d'indiquer la zone d'attention de chacun, ou de désigner des objets. Les télémarqueurs permettent de mettre en évidence des objets en les entourant ou en les soulignant.

Les télépointeurs les plus simples dupliquent le curseur de souris de chacun en le complétant par des informations suffisantes pour l'identifier (couleur, étiquette avec un nom, etc). Selon les cas, ils sont capables d'ajuster leur position aux différences de vues. En effet, au cours d'une session collaborative les vues de chacun peuvent avoir des échelles différentes, ne pas représenter la même partie du document ou encore ne pas utiliser la même représentation.

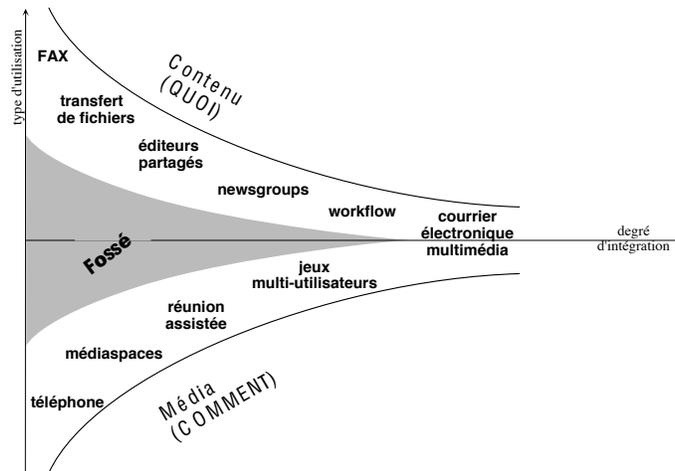
L'usage du télépointeur en tant que moyen de désignation est l'adaptation au bureau électronique du geste de la main utilisé dans le monde réel. Au lieu d'utiliser un substitut électronique de la main, une autre démarche consiste à utiliser directement dans le monde électronique des projections du corps humain. Dans le VideoDesk de Krueger [KRU 90], les mains d'un enseignant et de son élève situés dans deux endroits différents sont filmées par le dessus, et leurs images sont incrustées dans l'image projetée sur leur écran partagé. Ils peuvent ainsi se désigner mutuellement des parties de l'écran et faire des signes de la main.

### 2.3. *Vers une collaboration directe*

Les différentes techniques que nous venons d'examiner sont encore souvent étudiées de manière séparée. Il semble cependant que le collecticiel sera amené à évoluer vers une meilleure intégration de ces techniques. En effet, nombre de problèmes techniques posés par les éditeurs partagés seraient simplifiés par une meilleure utilisation des moyens de communication. Dans bien des cas, l'application de règles sociales usuelles compléterait ou remplacerait avantageusement les mécanismes de coordination mis en place par le système informatique. Ce retour vers des règles sociales, implicites dès qu'une communication humaine a lieu mais absentes des outils informatiques, ne sera possible qu'avec l'intégration des outils d'articulation et des outils de production.

Par ailleurs, une telle intégration permettrait de réduire le coût de la collaboration pour les personnes concernées. En effet, l'utilisation d'outils distincts implique un ensemble de manipulations nécessaires pour passer d'un outil à l'autre. Ces manipulations rendent la collaboration moins naturelle, et lui associent un coût supplémentaire par rapport à une tâche individuelle. Dans le cas d'une conversation téléphonique menant à l'envoi d'un fax, ce coût correspond au délai induit et à l'effort à accomplir pour raccrocher le téléphone, composer le numéro de fax et envoyer la page en question. En revanche si l'on utilise le courrier électronique pour la même tâche, il est possible au cours de l'échange de courriers de joindre en attachement le document en question sans changer d'outil. Pour être efficace, un environnement de collaboration devrait

combiner la qualité de communication du téléphone avec les facilités d'échange de documents du courrier électronique.



**Figure 1.** *Évolution des collecticiels*

À notre sens c'est l'un des objectifs du collecticiel que de réaliser ce rapprochement entre les outils utilisés, pour les fondre dans un même environnement. À l'image des interfaces graphiques à manipulation directe, nous parlerons dans ce cas d'environnement de *collaboration directe*. La manipulation directe [SHN 83] n'impose pas de dialogue rigide mais propose un accès rapide aux objets et aux fonctions du logiciel. De la même manière, la collaboration directe n'impose pas de protocole de communication entre humains, mais doit offrir un support efficace à l'échange et aux manipulations conjointes d'objets. Dans les deux cas, le rôle du système est celui d'un média discret et efficace, et non celui d'un intermédiaire rigide. La figure 1 représente cette évolution depuis des outils isolés vers des environnements de collaboration directe. Elle représente différentes technologies et applications en fonction de leur usage prépondérant plutôt orienté vers le traitement d'un contenu (le "quoi") et la réalisation de la tâche associée, ou bien vers l'obtention d'un consensus sur la manière de réaliser la tâche (le "comment"). Le fossé figurant au milieu de l'image représente le coût associé à l'utilisation conjointe de ces deux types d'outils.

Le système Clearboard de Ishii et Kobayashi [ISH 92] réalise une telle intégration. Clearboard combine un espace de contact visuel et de communication avec une zone de dessin partagée, en utilisant la métaphore de la vitre. Grâce à l'incrustation d'une image vidéo visible en transparence derrière l'image graphique manipulée par deux utilisateurs, ces derniers ont l'illusion de se trouver de part et d'autre d'une vitre où sont tracés les dessins. Il est alors possible de dessiner sur l'écran tout en conservant le contact visuel et en commentant le dessin.

Clearboard est un exemple d'une intégration réussie entre communication et manipulation conjointe de données dans le cas d'une tâche relativement simple. Il nous semble que les collecticiels doivent évoluer de manière à réaliser cette intégration dans des cas plus complexes : tâches communes plus riches, ou collaborations à plus de deux partenaires. Les études de cas suivantes sont consacrées à de telles situations, issues de domaines d'application concrets. Elles permettent d'identifier des services à offrir pour favoriser la collaboration directe entre utilisateurs, ce qui fait l'objet de la suite de cet article.

### **3. Étude de cas réels**

Les études de cas qui suivent représentent trois types de situations dans lesquelles un processus de prise de décision se déroule autour d'un ensemble de données échangées ou manipulées en commun. De telles situations sont fréquentes et les outils collecticiels présentés dans la partie précédente sont encore insuffisants pour tenir pleinement compte des caractéristiques humaines et sociales qu'implique la négociation. Chacune de ces études s'attache à identifier quelques-unes de ces caractéristiques.

#### **3.1. La conception technique**

La conception technique regroupe toutes les activités qui consistent à prévoir, préparer, lancer puis superviser le processus de réalisation d'un objet. L'objectif est la fabrication d'un objet conforme à un cahier des charges défini entre plusieurs partenaires techniques, économiques et sociaux.

##### *3.1.1. Description du processus de conception*

La modélisation d'un objet technique en Conception Assistée par Ordinateur (CAO) est un processus complexe et itératif, qui se scinde en de multiples phases. Celles-ci vont du prototypage jusqu'au lancement en pré-série, en passant par la conception proprement dite, la fabrication des outillages, la gestion de production, la réalisation de la documentation, etc. Une schématisation des différentes phases peut se décrire ainsi :

- une phase de spécification où l'on précise, dans un cahier des charges, les exigences auxquelles l'objet technique doit répondre.
- une phase de prototypage où l'on définit une représentation schématique de la cinématique permettant de décrire comment doit être immobilisé ou comment doit se mouvoir cet objet.
- la phase de construction où, à partir des objets standard disponibles en catalogue, l'objet est réellement conçu.
- une phase de fabrication où l'on affine l'objet technique dans ses moindres détails. C'est à ce niveau que des vérifications concernant la faisabilité sont effectuées.
- une phase de contrôle de la qualité où l'on vérifie les conditions d'aptitude à l'emploi de l'objet qui vient d'être réalisé.

Chacune de ces étapes est du ressort d'un expert qui exprime des règles de savoir-faire très différentes. Mais le passage d'une étape à la suivante requiert l'établissement d'un compromis de faisabilité acceptable par tous. La collaboration des différents experts est ainsi indispensable à la conception des objets techniques. Leur coordination optimale est un enjeu majeur de la maîtrise des coûts.

Compte-tenu de leurs cultures différentes, la communication entre les experts n'est pas sans poser problème. Durant plusieurs décennies, le dessin technique a été le meilleur moyen de communication et de partage d'information entre eux. Il correspondait à un langage commun entre la conception, les méthodes, la fabrication et la gestion de production. Comme tout document écrit dans un langage, les dessins sont régis par un ensemble de règles non transgressables mais dont l'interprétation peut varier selon le lecteur. Par exemple, la cotation d'un dessin peut être évaluée différemment selon que l'on appartient bureau d'étude (conception) ou au bureau des méthodes (fabrication). Du point de vue de la conception, elle représente des exigences à prescrire pour le bon fonctionnement, tandis que vis-à-vis de la fabrication, elle correspond aux imprécisions inévitables des procédés d'usinage.

### 3.1.2. *La notion de modèle*

Depuis l'apparition de nombreuses applications de CAO dédiées à l'analyse des mécanismes, au calcul de structure ou à la simulation des procédés d'usinage, la conception d'un objet technique a évolué. Elle emprunte désormais une démarche plus scientifique, fondée sur des simulations à travers des "modèles" de l'objet. On appelle modèle d'un objet une représentation qui permet à un observateur de répondre à une certaine classe de questions qu'il se pose sur cet objet [MIN 86]. Si l'on considère que les observateurs sont les experts d'un domaine particulier, on trouve autant de modèles différents que de phases dans le processus d'élaboration d'un objet. La spécialisation de ces systèmes a imposé la recherche de solutions satisfaisantes pour l'échange des modèles d'objets. Au-delà de langages de description tels EXPRESS [ISO 94], la notion de bibliothèque d'objets techniques semble la plus prometteuse, car elle permet de fédérer autour d'elle l'ensemble des systèmes permettant de concevoir un objet technique.

L'existence de vues différentes sur un même objet a une conséquence importante sur le plan des interfaces homme-machine. Chaque expert manipule des concepts qui lui sont propres, avec des habitudes particulières. De ce fait il s'exprime, selon le domaine couvert, dans un langage qui lui est propre. Il s'agit d'une sorte de langage orienté métier qui lui permet de se focaliser sur des caractéristiques bien spécifiques d'un objet. La collaboration entre experts, décrite à la section précédente, passe par la communication au niveau des représentations. Elle est donc influencée par les langages d'interaction qui permettent de manipuler ces dernières.

### 3.1.3. *Spécificité de la conception : l'hypothèse*

La grande spécificité de la conception réside dans la notion d'hypothèse et son exploration. « Que se passerait-il si... ? Ne serait-il pas judicieux de... ? » Tout concepteur est enclin à se poser de telles questions. Dans le cadre de la conception

technique, et en vertu de ce que nous avons établi ci-dessus, toute hypothèse sur le modèle géométrique est lourde de conséquences sur les études qui s'effectuent sur ce modèle. La gestion de ces hypothèses n'est donc pas simple. De plus, l'hypothèse se révèle souvent inintéressante et un retour à la situation initiale s'impose alors.

Si l'usage d'un collecticiel encourage l'exploration de ces hypothèses, un mécanisme adapté doit permettre de faciliter la gestion de la cohérence, tout en autorisant le retour en arrière. Un mécanisme de type gestion de variantes peut ainsi être adapté, étant entendu qu'un des défis essentiels des collecticiels de conception technique sera de permettre de réutiliser dans les différentes variantes les études communes.

### ***3.2. Le contrôle aérien***

Le contrôle aérien est une activité complexe, mettant en œuvre de nombreux types de collaborations. Il fait intervenir les agents au sol des compagnies aériennes, des pilotes, des contrôleurs et des techniciens de supervision des systèmes, tous engagés dans des transferts d'information, des négociations ou du travail partagé. Après avoir rappelé les grandes lignes de l'activité de contrôle aérien, nous présentons plusieurs types de collaboration, et nous étudions plus particulièrement la coordination entre contrôleurs.

Le but du contrôle aérien est de prévenir les rapprochements dangereux entre avions et de leur assurer des trajets les plus économiques possibles, de préférence aux horaires demandés par les compagnies aériennes. Cette tâche est remplie par les contrôleurs aériens qui gèrent et surveillent l'espace aérien. En raison de l'ampleur de la tâche, l'espace aérien est divisé en secteurs géographiques, chacun confiés à une équipe de contrôleurs. Au cours d'un vol, un avion transite successivement par plusieurs secteurs de contrôle, gérés depuis l'une des cinq salles de contrôle réparties à travers la France. Au sein d'un secteur, le travail est réparti entre un contrôleur radar, qui assure la surveillance des avions et la communication avec les pilotes, et un contrôleur "organique", qui prépare le travail de son collègue et gère la coordination avec les autres secteurs. Pour effectuer leur travail, les contrôleurs disposent des plans de vol, des informations transmises par les radars, des indications données oralement par les pilotes et de celles données par les autres contrôleurs lors des transferts entre secteurs. Le bon fonctionnement de leur environnement de travail est garanti par une équipe de supervision technique qui répond en temps réel à leurs besoins. Au cours de cette activité, les cas de communication ou de collaboration sont nombreux et variés. Si l'on s'en tient aux collaborations synchrones, on peut mentionner entre autres :

- la communication entre le contrôleur radar et les pilotes qui est un point crucial. De nombreuses raisons poussent à introduire des liaisons de données entre le sol et le bord. Mais il semble difficile d'abandonner toute liaison vocale. En effet, la communication orale est plus souple que tout autre protocole et elle se prête à la transmission d'émotions, ce qui n'est pas négligeable : un ordre donné par un contrôleur tendu est rarement discuté.
- la collaboration au sein d'une équipe de contrôle, entre contrôleurs assis côte à côte. Cette collaboration utilise de nombreux supports : le système informatique partagé, la voix, le geste, etc. Les travaux récents sur les postes de contrôle ont montré à quel

point cette collaboration était fragile et pouvait être perturbée par un système mal conçu [BRE 95]. Encore une fois, la principale leçon tirée de ces travaux est le rôle capital des canaux de communications purement humains : voix et gestes nécessitent peu d'attention pour être perçus efficacement.

– la coordination entre secteurs intervient lorsqu'un avion doit quitter un secteur. Dans certains cas, le lieu et l'heure du transfert font l'objet d'une négociation entre contrôleurs en fonction de la situation dans leur secteur respectif.

Parmi ces diverses situations, la coordination entre secteurs est très représentative des problèmes de la collaboration synchrone. Lorsqu'un transfert pose problème à un contrôleur, il doit entrer en communication avec le secteur concerné, lui nommer l'avion et entamer une négociation sur les conditions du transfert. Actuellement, cette communication s'effectue le plus souvent par téléphone. Les appels sont passés à travers une platine téléphonique, c'est-à-dire un ensemble de boutons qui établissent automatiquement des communications. Lorsque les secteurs sont gérés dans la même salle de contrôle, l'appel est souvent précédé d'un coup d'œil vers le secteur concerné pour évaluer sa charge de travail, ou même remplacé par une discussion de vive voix. Au cours de la conversation, le premier problème est l'identification de l'avion concerné. Localiser un avion à partir de son indicatif prend un certain temps. Il arrive parfois que des confusions se produisent.

Dans la mesure où la plupart des négociations sont simplement composées d'une proposition suivie d'une acceptation, il a été imaginé d'utiliser une communication purement informatique pour éliminer ces problèmes. Cette solution, sous la forme de boîtes de dialogue apparaissant près des avions, a été testée par des contrôleurs lors de simulations. L'expérience a prouvé que les boîtes de dialogue étaient trop rigides pour remplacer la communication orale. Tout d'abord, l'échange par boîtes de dialogue n'évite pas la communication téléphonique lorsque le problème est compliqué ; il la retarde seulement. Ensuite, certains contrôleurs ont regretté la disparition des informations implicites transmises lors des conversations orales : la demande est plus facilement prise en compte si l'on perçoit que l'interlocuteur a un problème grave. Certains avouent même modifier leur attitude en fonction de l'identité de leur interlocuteur. Il semble difficile de prendre en compte dans un logiciel tous les cas de figure d'une négociation entre humains. La solution est sans doute à rechercher dans une combinaison de médias, avec un environnement logiciel n'imposant aucun protocole sauf lorsque la sécurité l'impose.

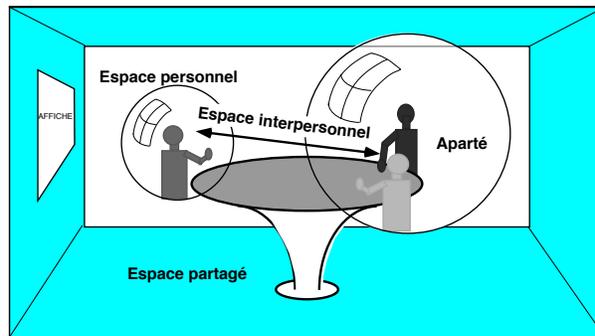
### ***3.3. Négociation de prêt bancaire***

La négociation d'un prêt bancaire peut se faire au cours d'une réunion en face à face entre un banquier et ses clients (un couple par exemple). Dans ce type de négociation, le but à atteindre est un compromis sur les conditions du prêt. Cependant les objectifs individuels sont antagonistes : le banquier cherche le taux le plus élevé possible, tandis que le client cherche à le diminuer. Nous pouvons imaginer dans un avenir plus ou moins proche que cette activité de négociation se déroule dans un environnement électronique où les participants sont à leur domicile ou bureau respectif et utilisent un

service télématique élaboré.

### 3.3.1. Organisation fonctionnelle de l'espace

L'espace partagé, notion courante en collectif, n'est pas suffisant pour représenter les possibilités d'apartés dans le cas d'une réunion à trois. Il faut affiner cette notion pour tenir compte de la diversité des espaces qui naissent des interactions du groupe. Ces espaces se différencient selon leur durée de vie, mais aussi selon leur visibilité.



**Figure 2.** Les différents lieux de la coopération

On peut distinguer au moins quatre types d'espaces suivant leur durée de vie. Le premier, celui de la table de négociation, est l'espace partagé. Il se caractérise par son aspect durable. Les murs et la pièce toute entière en font également partie. Les trois autres au contraire se caractérisent par une durée de vie limitée qui peut aller de la durée de la réunion à un instant. L'espace personnel est la place dont chacun dispose autour de lui où il lui est possible d'éditer ses propres documents. Le banquier, par exemple, peut y consulter les variations de taux laissées à sa discrétion sans les dévoiler aux clients. Pour tenir compte des apartés, il faut introduire la notion d'espaces communs qui apparaissent et disparaissent au cours de la réunion. De même, des espaces interpersonnels nés du contact visuel entre participants se créent temporairement.

Ces espaces ne sont pas isolés les uns des autres. En effet, durant la réunion il est possible à chacun d'observer des portions des espaces qui lui sont extérieurs. Même les personnes extérieures à un aparté sont capables de percevoir une partie de ce qui s'y déroule. On peut considérer que dans tous les espaces, il existe des points visibles en dehors de ceux-ci et d'autres au contraire visibles seulement au prix d'un effort. Par exemple l'espace personnel qui se situe au-dessus des genoux mais sous la table est protégé. Par contre la partie située devant chacun sur la table est visible de tous bien que située dans un espace personnel. Cette différence entre parties observables ou non permet de cacher ou de rendre publiques des informations. Le va et vient des informations et des documents entre ces différents espaces donne à chacun les moyens d'influencer les autres.

### 3.3.2. *Transmission de l'information et influence mutuelle*

Dans le monde réel, la manière dont l'information est transmise influence l'interprétation qui lui est donnée et oriente le déroulement de la communication. Cela a été largement mis en évidence par les recherches de l'école de Palo Alto sur la communication [WIN 81]. Ainsi pour adresser implicitement des suggestions au client, le banquier dispose des affiches sur les murs et des brochures d'information dans des présentoirs. Au cours de la conversation, celui-ci est susceptible à tout moment de laisser son regard errer sur ces affiches, voire même de se saisir d'une brochure pour la consulter dans son espace personnel.

À l'opposé, si le client est occupé à rechercher une information dans une brochure, le banquier peut attirer son attention sur le paragraphe où elle se trouve de manière plus ou moins intrusive. Il amènera parfois le document directement sous les yeux du client, soit parce que celui-ci a signifié son accord, soit parce qu'il ne répond pas lorsque son attention est sollicitée. C'est ce que nous appelons "brandir de l'information". Une autre manière moins intrusive pour partager de l'information consiste à désigner par des gestes de la main ou à souligner des parties de documents. Là encore différentes nuances de politesse et de persuasion s'obtiennent en désignant directement dans l'espace personnel de l'autre ou bien dans l'espace partagé.

Dans le cas où le client parvient à lire par-dessus l'épaule du banquier une information qu'il ne désirait pas montrer, il s'agit d'espionnage ou d'indiscrétion. Ce mode se caractérise par son caractère asymétrique entre les points de vue des partenaires. Inversement si le banquier désire reprendre un dossier laissé sur la table sans que les clients ne le remarque, il s'agit d'escamotage. Bien sûr la question se pose de savoir si de tels comportements participent de la négociation ou non, et dans ce cas s'il convient de les conserver dans le collectif.

Enfin, pour donner un document celui-ci peut-être échangé de la main à la main (éventuellement contre un autre document). Dans ce cas une certaine coordination passe par le geste et le document donné, sauf s'il a d'abord été photocopié, est perdu pour une des deux personnes. Le document peut également être donné puis rendu par la suite. C'est le cas lorsqu'il s'agit de remplir un formulaire. Au cours de la négociation les clients peuvent encore s'échanger des mots par-dessous la table en secret.

Pour chacun des moyens ci-dessus (suggérer, brandir, désigner, surveiller, escamoter, donner) il est possible de jouer sur la forme sous laquelle les documents sont transmis. Ainsi un dossier peut-être donné fermé ou ouvert à la bonne page pour être lu tout de suite. La disponibilité des informations transmises est aussi un facteur à considérer. Par exemple, s'il manque un justificatif aux clients, le banquier peut leur demander de l'envoyer par la poste ultérieurement.

Cette étude de cas montre la richesse d'une situation réelle en termes d'espaces physiques et de moyens de présentation et d'échange de l'information. Cette richesse autorise toutes les subtilités des rapports humains en jouant sur des registres presque affectifs comme la politesse ou l'autorité.

#### **4. Vers une définition de nouveaux besoins**

Les études précédentes illustrent des applications potentielles du collecticiel. Pour les mettre en œuvre, il faut disposer d'une connaissance fine des processus humains et techniques employés au cours de l'activité de négociation. À partir des études de cas, nous présentons dans cette partie quelques besoins à considérer dans les collecticiels et nous établissons quelques recommandations pour en tenir compte. Ces recommandations sont aussi des ébauches de solutions pour le concepteur d'applications.

Cette analyse est décomposée en trois niveaux qui sont : la stratégie, la dynamique et la communication du groupe. La stratégie concerne toutes les décisions à prendre à propos du choix des protocoles de collaboration. La dynamique du groupe correspond à l'utilisation des espaces disponibles et des processus d'arrière plan pendant la négociation. Enfin, la communication concerne tous les moyens par lesquels se construit peu à peu la subjectivité du groupe, en particulier la notion d'influence mutuelle.

##### **4.1. Les stratégies du travail de groupe**

Le travail de groupe abordé sous l'angle des collecticiels part souvent de la notion de but commun pour parvenir à définir un bon protocole de collaboration. Nous montrons dans ce paragraphe que cette notion est à nuancer suivant les groupes. Le besoin qui en découle est qu'il faut supporter différents types de groupes. Pour y parvenir, les protocoles de coordination sont une solution intervenant à tous les niveaux du logiciel et de son utilisation.

Avant tout le collecticiel s'intéresse à des groupes d'utilisateurs qui poursuivent des buts finals éventuellement antagonistes. Les études de cas ont montré que cette notion de but final est à nuancer suivant le type de négociation. Pour une œuvre commune comme dans le cas de la conception, on parle de coopération ; pour une action commune, on parle de co-action ou de collaboration. Enfin si l'objectif à atteindre est un compromis comme dans le cas du prêt, on parle alors de conjonction entre utilisateurs. Ainsi, on peut définir un collecticiel comme un système permettant d'aider des individus à être en coopération, collaboration ou conjonction. La négociation en elle-même intervient dans tous les cas.

Il est de plus en plus admis que la limite entre application multi-utilisateurs et collecticiel se situe autour de la notion de conscience de groupe. Pour être qualifiée de collecticiel, une application doit permettre à ses utilisateurs d'avoir une certaine conscience de la présence et de l'activité du groupe, et donc de gérer au moins partiellement la communication entre les différents participants. Une typologie des groupes peut être appliquée, identifiant les groupes fortement ou faiblement couplés et les groupes homogènes ou non.

Le couplage est une notion technique correspondant à l'association d'entités en vue de leur fonctionnement simultané. Dans le cadre de la notion de groupe, le degré de couplage reflète l'habitude qu'ont les membres du groupe à travailler de concert, ainsi que la cohérence entre leurs vues de la tâche à effectuer. Ainsi, les concepteurs techniques, qui ont des points de vue différents sur la tâche de conception, ont un couplage faible. Il en va de même entre contrôleur aérien et pilote. À l'opposé, deux

contrôleurs aériens ont un couplage fort dans leur collaboration.

Si l'on ajoute la notion de buts antagonistes définie ci-dessus, nous pouvons étendre la notion de couplage avec les qualificatifs de positif et négatif. Ainsi, un groupe dont les individus sont concernés par un même but ont un couplage positif, et un couplage négatif sinon (figure 3). C'est le cas du banquier et de son client.

couplage	POSITIF	NEGATIF
FAIBLE	Conception	Banquier/Client
FORT	Contrôleurs aériens	Jeux vidéos

**Figure 3.** *Couplage entre participants*

Pour parvenir à supporter la diversité des stratégies de collaboration découlant de la typologie du groupe, le collecticiel doit appliquer des protocoles de coordination. Ces protocoles sont de deux types selon qu'ils sont imposés par le système ou par des contraintes sociales. Au niveau du système nous pouvons établir un ensemble de recommandations concernant les protocoles qui s'appliquent : aux données, à l'interface homme-machine et au contrôle de l'interaction.

Au niveau des données, le collecticiel doit assurer la cohérence des informations manipulées, définissant pour cela la notion de contexte partagé, ou ensemble d'objets accessibles par le groupe des participants. On retrouve cette coordination par les données lorsque le centre majeur d'intérêt est l'objet produit, comme dans les cas de conception. C'est également le cas lorsqu'un vaste contexte de travail est partagé, comme l'espace aérien entre les contrôleurs et les pilotes.

Au niveau de l'interface homme-machine, le collecticiel doit assurer la cohérence des vues. Une vue correspond à une représentation du contexte partagé. Pour chaque participant, les vues qu'il possède sont plus ou moins semblables aux vues des autres membres du groupe. Cette ressemblance ou ce couplage entre les vues peut varier d'une indépendance totale à une complète similitude. Le couplage maximal est obtenu en appliquant strictement la notion de WYSIWIS (What You See Is What I See) [STE 87]. Tous les éléments de l'interaction sont alors partagés, et chaque utilisateur voit exactement ce que voient les autres ainsi que leurs pointeurs éventuels. Cette notion, très utile en vidéoconférence ou en télé-enseignement, doit être adaptée pour couvrir les cas étudiés. On peut à ce sujet s'inspirer du modèle SLICE [KAR 94a], qui permet une modulation fine de ce concept. En décomposant les vues en plusieurs couches superposées, un peu à l'image du papier calque, il devient possible d'organiser ces couches selon le degré de couplage exigé par les objets qu'elles représentent.

Au niveau du contrôle de l'interaction, le collecticiel doit assurer la cohérence des interactions. Celle-ci peut-être obtenue par l'application de protocoles stricts comme l'attribution de tours de rôle, ou par la définition de rôles et de droits associés pour les utilisateurs. Les droits sur les objets sont les classiques droits d'accès, avec les notions de protection en lecture ou écriture. Les droits sur les communications sont eux aussi des droits d'accès, mais également des droits sur la communication elle-même. Le cas de l'autorisation de la préemption (on dit plutôt interruption en communication

humaine) est particulièrement sensible, comme dans le cas du contrôle aérien, où le degré d'urgence peut amener à des décisions radicales. Enfin, les droits sur la coordination définissent pour chaque participant des droits pouvant être qualifiés de droits de décision. Il découlent de l'organisation en groupes et sous-groupes, alliée à l'organisation sociale (hiérarchique généralement).

Il est plus difficile d'établir des recommandations au niveau des protocoles sociaux. Les utilisateurs d'un collecticiel appliquent des règles et des conventions sociales en même temps qu'ils manipulent le logiciel. Suivant la manière dont le collecticiel est écrit, ces règles sont plus ou moins proches de celles de la communication humaine. Un des objectifs, pour diminuer le coût de la coopération, est donc de les rendre applicables avec le moins de modifications possible. C'est une des justifications de l'intérêt croissant porté au téléphone, à la vidéo et aux autres médias.

#### ***4.2. Aspects dynamiques du travail de groupe***

Les choix qui ont été fait au niveau stratégique ne sont pas suffisants pour assurer un bon déroulement de la négociation. Comme le montrent les situations étudiées, la négociation ne se déroule pas dans un espace et dans un temps déconnectés du reste du monde. Au contraire il faut tenir compte des nombreuses interruptions temporelles et des ruptures d'espaces qui influencent le cours de la négociation.

Nous avons jusqu'à présent fait l'hypothèse selon laquelle toutes les situations étudiées étaient synchrones. Cependant de nombreux besoins tendent à développer conjointement un aspect asynchrone. C'est le cas de la CAO pour lequel le temps se compte en jours, voire en mois. Au cours de toute activité synchrone se déroule un ensemble de processus asynchrones pouvant venir interrompre à tout moment le processus principal ou l'infléchir. Par exemple le contrôleur aérien qui maintient une conversation radio avec un pilote continue d'entendre l'imprimante signaler l'arrivée de nouveaux avions dans son secteur. Cet aspect asynchrone du travail de groupe constitue le contexte ou l'arrière-plan tandis que l'aspect synchrone constitue le premier plan (et le centre de l'attention) [BUX 92]. D'autre part cet aspect temporel se retrouve également dans la dynamique au niveau des espaces de la coopération. Une vision trop statique de l'organisation de l'espace n'est pas adaptée aux situations qui réclament la création de nombreux apartés, comme c'est le cas pour les groupes de plus de deux personnes.

Ces différents centres de l'attention constituent autant de contextes de travail. À chaque contexte correspondent également des outils de communication variés entre lesquels jonglent les utilisateurs. Pour assurer la cohésion de ces contextes le collecticiel doit permettre d'effectuer à tout moment des transitions entre ceux-ci. Pour y parvenir, nous identifions trois moyens. Le premier consiste à utiliser des espaces différents, éventuellement temporaires, pour représenter les différents contextes où l'attention peut se porter. Le second est d'utiliser la notion de mémorisation et d'historique pour faciliter les transitions. Celle-ci peut d'ailleurs consister dans le simple rappel du plan de vol d'un avion dans le cas du contrôle aérien. Pour la négociation bancaire, le banquier peut être tenté de conserver l'historique de la négociation pour pouvoir s'y référer ultérieurement. C'est le cas s'il traite plusieurs négociations en

même temps. Enfin, le troisième moyen est d'assurer un fort degré d'intégration entre les outils de l'environnement. Il s'agit notamment de minimiser le nombre de manipulations pour parvenir à un résultat (transmission d'un document, changement d'outil de communication, etc).

Le cas de la CAO permet d'introduire une nouvelle notion, celle de scénario. Souvent, lors de la conception d'un objet, des hypothèses sont formulées. C'est le cas par exemple en CAO pour la matière dans laquelle est réalisé un objet. Cette matière peut engendrer des contraintes particulières dans beaucoup d'applications ultérieures. La mise en œuvre d'un système de scénarios permet d'explorer ces hypothèses tout en autorisant le travail simultané sur d'autres hypothèses, ou le retour en arrière pour cause d'impasse. Cette notion de scénario s'applique de la même manière au génie logiciel mais également à la négociation aérienne, avec toutefois des contraintes de temps, ainsi qu'à la négociation bancaire.

### **4.3. La communication Homme-Homme médiatisée**

Le troisième aspect de la négociation concerne la communication. Par communication, nous entendons tous les moyens par lesquels les utilisateurs vont tenter de s'influencer mutuellement afin de faire émerger la subjectivité du groupe et de prendre des décisions.

Même si les choix au niveau stratégique et au niveau des aspects dynamiques impose des contraintes sur l'utilisation des moyens de communication, ceux-ci peuvent encore être abordés dans une catégorie séparée. En effet en modifiant leurs caractéristiques il est encore possible de modifier l'environnement de coopération. Nous décomposons ces caractéristiques en trois classes : le vecteur, la modalité et l'intention.

#### *4.3.1. Vecteurs de communication*

Dans l'environnement de travail où existent des ordinateurs connectés par un réseau, en plus de tous les canaux traditionnels de communication (téléphone, face à face, etc), toutes les applications informatiques sont elles-mêmes des canaux potentiels (éditeur de texte, etc). C'est ce que nous appelons les vecteurs de communication.

Il ne faut pas que l'environnement impose des comportements trop stéréotypés aux utilisateurs. Pour cela il doit leur laisser la liberté quant au choix des canaux de communication et de leurs interactions mutuelles. Le choix des canaux peut varier des instruments de la communication (téléphone, micros et haut-parleurs des stations, moniteurs vidéo séparés ou non) jusqu'au choix des objets même de la communication (texte, formulaire, dessin) et des moyens de représentation utilisés (texte brut ou formaté, 3D ou projections 2D, etc.). Dans le cas de la conception technique, la même remarque s'applique, si l'on considère que chaque expert possède le choix entre autant d'instruments de communication qu'il désire de vues de nature différentes sur l'objet.

Les interactions entre canaux permettent de construire rapidement un contexte commun entre les individus. Par exemple un télépointeur couplé avec une conversation téléphonique et un éditeur de texte permet l'emploi de gestes et de déictiques (des mots tels que "ça" ou "celui-là") pour désigner des éléments du texte. À ce titre on

peut considérer les applications mono-utilisateurs permettant de créer ou de visualiser des données comme autant de vecteurs potentiels de communication. Il est dès lors envisageable de les utiliser dans un environnement de travail de groupe, en les liant entre elles. On respecte ainsi un principe d'économie qui est de ne pas multiplier le nombre d'applications nécessaires pour parvenir à un nouveau résultat.

#### 4.3.2. *Modalités de communication*

Une fois décidé des vecteurs employés et de leurs règles d'interaction, il convient de fixer leurs règles d'utilisation et l'interface proposée. C'est ce que nous appelons les modalités. Celles-ci sont de deux types suivant qu'elles organisent l'utilisation des vecteurs dans le temps ou dans l'espace.

En ce qui concerne le temps, il s'agit de laisser les utilisateurs décider de l'instant auquel ils prennent connaissance du contenu de la communication pour chaque vecteur particulier. En ce qui concerne l'espace, il s'agit de permettre aux activités de démarrer et de se poursuivre dans des lieux différents, voire dans des applications différentes en utilisant les mêmes données. L'étude du prêt bancaire met en évidence l'existence de plusieurs espaces au sein desquels s'élaborent les données et les décisions. La partie publique de ces espaces correspond à des espaces "d'exposition" qui peuvent servir à influencer les autres. Cette notion, née d'une intention de persuasion, est encore à développer.

Une modalité particulière est nécessaire pour rendre possible les apartés dans le cas où plus de deux intervenants coopèrent. Elle correspond à la possibilité pour deux acteurs de communiquer à l'insu, ou simplement à part, des autres participants. Elle est naturelle dans le cas des contrôleurs aériens. Plusieurs points peuvent être relevés à ce propos : doit-on autoriser l'intrusion dans un aparté ? Oui pour l'urgence dans le cas du contrôle aérien, non dans le cas du prêt bancaire. Doit-on permettre "d'observer" un aparté ? Les deux interlocuteurs de l'aparté ont-ils la même vision du problème ?

La mise en place d'une communication efficace nécessite la prise en compte dans l'interface homme-machine de ces notions de modalités. En particulier cette prise en compte nécessite la mise en œuvre de métaphores adaptées à leur représentation, métaphores qu'il reste en partie à inventer.

#### 4.3.3. *L'intention de communication*

Enfin dans le traitement des vecteurs de communication, il faut tenir compte des raisons pour lesquelles les participants les utilisent. Parmi celles-ci, et particulièrement importante pour le résultat de la négociation, est leur volonté de produire des effets sur les autres et sur leur environnement. C'est ce que nous appelons l'intention de la communication. Parmi ces effets les plus habituels sont : informer (de façon libre), démontrer ou convaincre. À chacune de ces intentions correspondent des moyens de communication adaptées. L'information suppose un partage d'information, au moins en lecture, mais pas forcément d'interaction associée. Convaincre nécessite au contraire de pouvoir "montrer" en brandissant un objet dans l'espace perceptif de l'autre. Démontrer peut se traduire par l'exécution d'un scénario de démonstration, voire dans

le cas de l'enseignement, par un assistantat avec surveillance des actions du partenaire-élève.

De manière non exhaustive, on peut compléter les quelques intentions précédentes par la notion d'influence ou d'intention cachées. C'est le cas si l'un des acteurs veut, en quelque sorte, abuser son interlocuteur, en "oubliant" volontairement un dossier confidentiel, ou en affichant des informations prétendues telles.

Dans l'étude de cas du prêt bancaire, plusieurs variantes dans la manière de transmettre des documents ont été montrées. Celles-ci correspondent à des variations dans la perception de l'échange entre les individus. La figure 4 les reprend en fonction des espaces d'origine et de destination du document.

de → vers	Interpersonnel	Partagé	Personnel
Interpersonnel	suggérer influencer	partager	saisir
Partagé	désigner montrer	partager	prendre/ copier escamoter
Personnel	brandir espionner	partager	donner en secret emprunter/ rendre prendre/ copier

**Figure 4.** *Différents modes de transmission de documents*

Une des clefs de l'acceptation des collecticiels est sans doute dans leur capacité à donner suffisamment de moyens à chacun pour réaliser ses intentions de communication. Cependant une grande liberté doit être laissée aux utilisateurs dans la manière dont ils expriment leurs intentions, en particulier pour que même des intentions non prévues à l'origine puissent se développer. La figure 5 récapitule les besoins et les recommandations que nous avons identifiés.

besoin	recommandation	s'applique à
autoriser des stratégies multiples	gérer le degré de cohérence	données vues et interactions canaux de communication
dynamicité	utiliser l'avant et l'arrière plan	espaces d'apartés mise en contexte des communications
communication interpersonnelle	ne pas imposer de protocole rigide	choix des canaux interactions entre canaux modalités d'utilisation des canaux

**Figure 5.** *Récapitulation des besoins et des recommandations pour le collecticiel synchrone*

## **5. Vers de nouveaux outils pour la collaboration**

Sur la base de quelques études de cas, nous avons identifié des caractéristiques de l'interaction entre utilisateurs à prendre en compte pour produire des environnements de collaboration directe. Ces caractéristiques sont à adapter ou à choisir en fonction du domaine d'application. C'est le cas de la modalité de communication qui doit faire l'objet de choix de conception au même titre que les modalités de représentation et de manipulation des données dans une interface. Toutefois, la plupart de ces caractéristiques sont associées à des services de base, qu'il faut combiner pour mettre en œuvre un collecticiel : gestion des vecteurs de communication, gestion de la dynamique des communications, ou encore primitives et modalités d'échange d'objets informatiques. Des boîtes à outils logicielles proposant ces services de base font l'objet de recherches en cours [EDW 95].

Parmi ces services de base, ceux qui intègrent les moyens de communication dans les environnements de collaboration sont essentiels. Nous avons vu en effet qu'ils apportent la souplesse nécessaire dans les stratégies de collaboration. L'usage de la voix est particulièrement précieux à cet égard. Dans cette dernière partie de l'article, nous décrivons un outil permettant d'intégrer les communications téléphoniques dans des collecticiels. Nous montrons comment il a été utilisé pour mettre en œuvre un prototype d'environnement de collaboration directe entre contrôleurs aériens.

### **5.1. Téléphone et informatique**

La gestion des communications orales dans un collecticiel peut s'envisager de deux manières. Dans un avenir plus ou moins proche, la voix numérique pourra être transmise par le réseau informatique grâce à des protocoles multimédia et sera donc gérée de la même manière que les données. Mais il existe déjà une infrastructure gérant efficacement la transmission de la voix et les problèmes de synchronisation associés : le réseau téléphonique. À ce titre, on peut considérer le téléphone comme l'outil de collaboration le plus accessible et le plus efficace. De plus, l'introduction du téléphone numérique (RNIS) permet d'envisager de multiples formes d'intégration entre informatique et téléphonie. De nombreuses entreprises fondent actuellement des espoirs sur cette intégration qui peut leur apporter des gains de productivité grâce aux services suivants :

- archivage des appels et des informations associées. Les appels passés par RNIS transportent le numéro du poste où est passé l'appel. En utilisant ce numéro comme clé dans une base de données, le système informatique peut alors présenter à l'opérateur des informations sur les appels précédents depuis ce poste. On peut ainsi mettre en œuvre un service de maintenance informatique où les opérateurs voient s'afficher le parc matériel de leur client et la nature de leur contrat de maintenance au moment où un appel est passé. De la même manière, le système informatique d'une compagnie aérienne peut éviter à ses hôtesses de rechercher le dossier de leur client qui souhaite modifier une réservation.
- les annuaires électroniques et les systèmes de gestion des appels téléphoniques. Ces services correspondent à ce que fournissent aujourd'hui certains autocommutateurs

locaux (PABX), mais ils utilisent les moyens informatiques classiques et l'expérience accumulée en matière de logiciels interactifs. On peut ainsi imaginer diverses interfaces graphiques ou hypertextuelles permettant à un utilisateur de gérer son annuaire personnel ou l'annuaire de l'entreprise. Passer un appel revient alors à un clic de souris sur la photographie du correspondant, par exemple. De la même manière, les services tels que mise en attente ou transfert d'appel pourraient bénéficier d'une interface graphique. À l'échelle supérieure, on peut imaginer une gestion centralisée des liaisons téléphoniques d'un site. De tels systèmes, outre une plus grande facilité d'utilisation que les PABX, pourraient offrir des services plus évolués. Par exemple, de nombreux systèmes informatiques "savent" à tout instant quel poste de travail une personne utilise ; le système de gestion du téléphone pourrait utiliser cette information pour rediriger automatiquement les appels vers le poste téléphonique le plus proche. De tels services font partie du concept d'informatique ubiquitaire (ubiquitous computing, en anglais) [WEI 91, WEI 93], selon lequel l'informatique et les réseaux doivent se fondre dans notre environnement habituel et non nous en couper.

– la transmission conjointe de données. Cette technique, qui fonctionne avec une liaison téléphonique classique, permet de transmettre des données tout en poursuivant une conversation sur la même liaison. Le transfert de données est ainsi accessible à tous et très souple, puisqu'utilisable dès que les correspondants le décident, sans rupture de la communication orale. Les données peuvent être des tableaux, des textes, ou encore des bons de commande. Elles peuvent aussi être des informations graphiques ou la position d'un curseur sur l'écran, remise à jour en permanence. On peut ainsi construire des éditeurs partagés ne nécessitant pas de réseau informatique.

Parmi les techniques que nous venons de décrire, on peut distinguer celles qui s'intéressent au contenu de la communication (messageries et transmission de données) et celles qui facilitent l'établissement des communications (traitement des appels et annuaire électronique). Nous allons voir comment des techniques de la seconde catégorie ont été utilisées pour favoriser la collaboration directe. Nous décrivons tout d'abord le serveur DuoPhone, qui permet la gestion des communications téléphoniques depuis une application interactive. Nous présentons ensuite DuoCoord, un prototype d'interface utilisant DuoPhone pour intégrer visualisation du trafic aérien et support aux négociations entre contrôleurs.

## **5.2. DuoPhone**

DuoPhone est un logiciel de base développé au CENA et destiné à servir de support à des expérimentations sur l'usage du téléphone dans les collecticiels. De la même manière que X Window System [SCH 86] utilise le modèle client-serveur pour permettre à plusieurs applications d'utiliser l'écran graphique d'une station, DuoPhone est un serveur qui permet à des applications clientes d'accéder à la ressource que représente une liaison RNIS. En fait, comme nous l'avons mentionné plus haut, DuoPhone est plus orienté vers l'établissement des communications que vers leur contenu. Une liaison RNIS est composée de trois canaux : deux canaux, dits B, d'un débit de 64 kbits/s, utilisés pour transmettre la voix ou des données et un canal D de

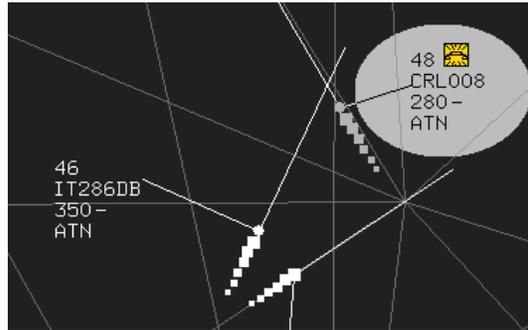
débit plus faible, utilisé pour la signalisation (appels, demandes de conversation à trois, etc.). DuoPhone offre une interface de programmation simple pour les échanges sur le canal D et se contente de donner accès aux canaux B une fois les communications établies. En fait, dans les cas qui nous intéressent ici, les canaux B transmettent de la voix numérisée et DuoPhone permet de les connecter à un casque et un micro. Comme pour les autres serveurs, les services que propose DuoPhone sont de deux types :

- des requêtes émises par les clients vers le serveur, par exemple pour émettre ou transférer un appel, demander à être notifié de certains types d'événements, ou demander de basculer une communication sur le micro et le casque de la station de travail.
- des événements émis par le serveur à destination des clients intéressés, pour les prévenir d'un appel, du fait qu'un autre poste sur la même ligne a été décroché, etc. Ces événements contiennent des informations utiles telles que la référence de l'appel, le numéro de l'appelant ou un texte transmis avec l'appel.

Tout comme le serveur X, DuoPhone peut être utilisé en parallèle par des applications très variées. Ainsi, des clients de DuoPhone ont été développés à titre expérimental pour améliorer le confort d'utilisation du téléphone au CENA. L'un de ces clients, DuoNotify, donne un signal visuel sur l'écran lorsqu'un appel est reçu. Ensuite, si l'utilisateur est absent, DuoNotify enregistre l'heure et la provenance de l'appel dans une liste visualisée à l'écran. L'absence de l'utilisateur est en première approximation déterminée par le fonctionnement de son économiseur d'écran. Un autre client, DuoCall, permet de lancer des appels depuis une fenêtre textuelle à l'écran, ce qui permet à chacun de créer et d'utiliser son propre annuaire électronique. DuoCall peut aussi être utilisé pour rappeler les numéros indiqués par DuoNotify. DuoNotify et DuoCall sont encore au stade expérimental. Cependant, ils permettent déjà d'envisager d'autres applications de DuoPhone ; en particulier, on peut imaginer que des applications déjà existantes soient modifiées pour tenir compte des informations fournies par DuoPhone. Par exemple, l'économiseur d'écran pourrait éviter de se déclencher quand l'utilisateur est au téléphone devant son écran. De même, le niveau sonore de certaines applications pourrait être diminué, ou amplifié, selon les cas. Ainsi, DuoPhone pourrait devenir l'un des constituants de base d'un système d'informatique ubiquitaire.

### **5.3. Contrôle aérien et téléphone : DuoCoord**

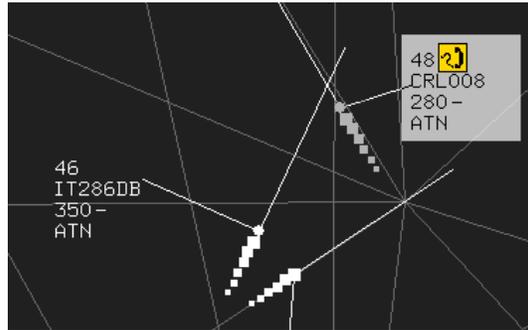
Nous avons utilisé DuoPhone pour développer DuoCoord, une image radar expérimentale offrant un support à la coordination entre contrôleurs. Grâce à l'emploi du téléphone, DuoCoord offre une grande flexibilité quant aux stratégies de collaboration utilisées par les contrôleurs. L'utilisation de DuoPhone permet une gestion efficace de la dynamique de la collaboration. En effet, DuoCoord permet aux contrôleurs de passer des appels directement depuis l'image radar. On évite ainsi l'utilisation d'une platine téléphonique (voir section 3.2) et le système informatique peut transmettre des informations avec l'appel. Les coordinations entre contrôleurs étant très brèves, le temps gagné sur l'établissement de la communication et le début de la collaboration est important.



**Figure 6.** Un téléphone est associé à chaque avion et permet d'appeler le secteur intéressé. À la réception d'un appel, l'icône change d'aspect (en haut à droite).

En ce qui concerne l'interface proposée aux contrôleurs et les modalités de communication, nous avons dû choisir entre la reproduction d'une platine téléphonique à l'écran et l'intégration totale, l'interaction se faisant avec les représentations graphiques des avions. Nous avons choisi la seconde possibilité. Cela permet de simplifier le circuit visuel des contrôleurs et de recueillir facilement l'indicatif de l'avion qui fait l'objet de l'appel. Nous avons donc ajouté une commande accessible depuis l'étiquette des avions, sous la forme d'un bouton supplémentaire représentant un téléphone. Lorsqu'on l'enfonce, le système détermine automatiquement le secteur à appeler et tente d'établir la communication. Comme nous l'avons mentionné plus haut, le fait de cliquer dans l'étiquette d'un avion nous permet de savoir quel avion est concerné. L'appel vers l'autre secteur transporte donc non seulement l'origine de l'appel, mais aussi l'indicatif de l'avion. Ainsi, le contrôleur appelé entend une sonnerie téléphonique et voit l'avion concerné changer d'aspect (figure 6). Il peut répondre en cliquant sur l'icône-téléphone de cet avion. L'aspect du téléphone change alors, mais l'avion est toujours mis en valeur, pendant la durée de la conversation (figure 7). Les deux contrôleurs peuvent rompre la communication en cliquant de nouveau sur l'icône-téléphone.

DuoCoord a été présenté à environ 20 contrôleurs en provenance des cinq centres de contrôle français, ainsi qu'à quelques contrôleurs étrangers. Bien qu'il n'ait pas été utilisé en conditions réalistes ni fait l'objet d'évaluations formelles, quasiment tous les contrôleurs se sont accordés sur le fait que DuoCoord apporterait une amélioration à leurs conditions de travail. En particulier, ils apprécient le fait que les avions concernés soient immédiatement connus du système informatique et visualisés, dans la mesure où cela leur fait gagner du temps et diminue les risques d'erreur. Certains contrôleurs ont spontanément demandé des extensions de DuoCoord. Par exemple, une des extensions souhaitée est la possibilité de mettre en attente des appels le temps d'un autre appel ou d'un échange radio avec un pilote, avec une visualisation des appels en attente. Un autre contrôleur a réclamé la visualisation de la charge de travail et des activités de communication des secteurs adjacents. Ces deux demandes confirment la nécessité d'un lien fort entre l'environnement logiciel et les vecteurs de communication et d'une



**Figure 7.** *L'avion est mis en valeur pendant la conversation téléphonique*

gestion plus élaborée de la dynamique des communications.

Forts de ces leçons, nous prévoyons d'étendre DuoCoord pour utiliser des liaisons vidéos, afin d'étudier l'apport du contact visuel entre contrôleurs. Nous développons par ailleurs un environnement collecticiel centré autour de la communication téléphonique, que nous considérons comme un pilier de toute situation de négociation dans le contrôle aérien. Ainsi, des agents de téléprésence y informent les utilisateurs de l'activité présente de leurs correspondants potentiels et de leur disponibilité pour une communication. De la même manière, l'établissement d'une communication s'y accompagne de la mise en place de canaux logiciels de communication, permettant aux correspondants d'échanger des données selon les différents modes décrits à la section 4, fournissant ainsi un environnement de collaboration directe adapté au contrôle aérien.

## 6. Conclusion

Dans cet article, nous avons décrit le fossé qui existe au sein des collecticiels synchrones entre les applications de manipulation conjointe de données et les médias de communication. Sur la base de cas concrets, nous avons expliqué en quoi ce fossé empêche d'offrir un support satisfaisant à des situations de collaboration rencontrées dans les milieux professionnels, voire dans la vie courante. À partir de ces cas concrets, nous avons identifié de nouveaux besoins en matière de support au collecticiel synchrone et décrit des développements allant dans ce sens. Le point qui nous semble crucial est la souplesse que les moyens logiciels doivent offrir en matière de protocoles de collaboration. Plutôt que d'imposer des formes de dialogue, les moyens logiciels doivent offrir des services souples, tels que la gestion des communications téléphonique, ou la gestion dynamique des processus de collaboration.

À l'image de la notion de manipulation directe, qui propose à l'utilisateur une palette de services lui permettant de gérer son dialogue avec le système, nous considérons qu'il est utile de permettre une collaboration directe entre utilisateurs, le système informatique se comportant alors comme un média plus que comme un agent. Pour

cela, il nous faut désormais identifier des métaphores d'interaction qui permettent aux utilisateurs de percevoir l'ordinateur comme un média : comment se donner un document ou une clé d'accès, par exemple. Il faut ensuite élaborer des modèles logiciels permettant de construire de tels systèmes, à l'image des boîtes à outils pour interfaces à manipulation directe. Enfin, il faut imaginer des modèles et des outils pour combiner dynamiquement plusieurs médias dans le cadre d'une collaboration. C'est à travers la réalisation de ces objectifs que nous espérons obtenir des environnements de collaboration directe utilisables dans de véritables situations de travail.

## 7. Remerciements

Cet article est le fruit d'une collaboration née au sein d'un groupe de travail (GT-SCOOP) du GDR-PRC Communication Homme-Machine. Les développements de DuoPhone et DuoCoord ont été effectués par François-Régis Colin, du CENA.

## 8. Bibliographie

- [BAE 93] BAECKER R, editor. *Readings in Groupware and Computer-Supported Cooperative Work*. Morgan Kaufman, 1993.
- [BAR 94] BARTLETT J. Ramonamap - an example of graphical groupware. *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST'94*, pages 83–84. ACM Press, Novembre 1994.
- [BEN 92] BENTLEY R., RODDEN T., SOMMERVILLE I., et SAWYER P. An architecture for tailoring cooperative multi-user displays. *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work - CSCW'92*, pages 187–191. ACM Press, Novembre 1992.
- [BRE 95] BRESSOLLE M.C., PAVARD B., et LEROUX M. The role of multimodal communication in cooperation and intention recognition: the case of air traffic control. *CMC'95 International Conference on Cooperative modal Communication*, Mai 1995.
- [BUX 92] BUXTON W. Telepresence: Integrating shared task and person spaces. *Proceedings of Graphics Interfaces'92*, 1992.
- [COU 95] COULOURIS G., DOLLIMORE J., et KINDBERG T. *Distributed Systems, Concepts and Design*. Addison-Wesley, 1995.
- [DEC 95] DECOUCHANT D., QUINT V., et ROMERO M. Structured cooperative editing and group awareness. ANZAI Y. et OGAWA K, editors, *6th International Conference on Human-Computer Interaction*, pages 403–408. Elsevier Science, Juillet 1995.
- [DOU 93] DOURISH P. et BLY S. *Portholes: supporting awareness in distributed work group*, pages 809–815. in [BAE 93].
- [EDW 95] EDWARDS K. *Coordination Infrastructure in Collaborative Systems*. Thèse de Doctorat, Georgia Institute of Technology, Novembre 1995.
- [ELL 91] ELLIS C., GIBBS S., et REIN G. Groupware: some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34(1):38–58, Janvier 1991.
- [FIL 93] FILIPPI G. et THEUREAU J. Analyzing cooperative work in an urban traffic control room for the design of a coordination support system. *Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Cooperative Work - ECSCW'93*, pages 171–186. Kluwer Academic, Septembre 1993.
- [GAV 91] GAVER W. Sound support for collaboration. *Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Cooperative Work - ECSCW'91*, pages 293–324. Kluwer Academic, Septembre 1991.

- [GRU 90] GRUDIN J. *Groupware and Cooperative Work: Problems and Prospects*, pages 171–185. in [LAU 90].
- [ISH 92] ISHII H. et KOBAYASHI M. Integration of inter-personal space and shared workspace: Clearboard design and experiments. *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work - CSCW'92*, pages 33–42. ACM Press, Novembre 1992.
- [ISO 94] ISO . *The EXPRESS language reference manual (Norme ISO 10303-11)*, 1994.
- [KAR 94a] KARSENTY A. *GroupDesign : un collecticiel synchrone pour l'édition partagée de documents*. Thèse de Doctorat, Université de Paris Sud, Février 1994.
- [KAR 94b] KARSENTY A. Le collecticiel : de l'interaction homme-machine à la communication homme-machine-homme. *Technique et Science Informatiques*, 13(1):105–127, 1994.
- [KRU 90] KRUEGER M. *VideoPlace and the interface of the future*, pages 417–422. in [LAU 90].
- [LAU 90] LAUREL B, editor. *The art of human-computer interface design*. Addison-Wesley, 1990.
- [MAC 77] MACLUHAN M. *Pour comprendre les médias (traduction française)*. Éditions du Seuil, 1977.
- [MAN 91] MANTEI M., BAECKER R., SELLEN A., BUXTON W., et MILLIGAN T. *Experiences in the use of a Media Space*, pages 803–808. in [BAE 93].
- [MIN 86] MINSKY M. *The society of mind*. Simon & Schuster, New York, 1986.
- [NEU 90] NEUWIRTH C., KAUFER D., CHANDHOK R., et MORRIS J. Issues in the design of computer support for co-authoring and commenting. *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work - CSCW'90*. ACM Press, Octobre 1990.
- [NUN 93] NUNAMAKER J.F., DENNIS A.R., VALACICH J.S., VOGEL D.R., et GEORGE J.F. *Electronic meeting systems to support group work*, pages 718–739. in [BAE 93].
- [OKA 94] OKADA K., MAEDA F., ICHAKAWAA Y., et MATSUSHITA Y. Multiparty videoconferencing at virtual social distance: Majic design. *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work - CSCW'94*. ACM Press, Octobre 1994.
- [PAC 94] PACULL F., SANDOZ A., et SCHIPER A. Duplex: A distributed collaborative editing environment in large scale. *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work - CSCW'94*. ACM Press, Octobre 1994.
- [PAL 94] PALMER J. et FIELDS N. Guest editors' introduction: Computer-supported cooperative work. *IEEE Computer*, 27(5):15–18, 1994.
- [ROB 91] ROBINSON M. CSCW: Cases and concepts. HENDRIKS P.R, editor, *Groupware'91: The potential of team and organisational computing*, pages 59–76. SERC, 1991.
- [SAL 95] SALBER D., COUTAZ J., DECOUCHANT D., et RIVEILL M. De l'observabilité et de l'honnêteté : le cas du contrôle d'accès dans la communication homme-homme médiatisée. *Actes d'IHM95*. Cépaduès, 1995.
- [SCH 86] SCHEFLER R.W. et GETTYS J. The X Window System. *ACM Transactions on Graphics*, 5(2):79–109, 1986.
- [SEL 95] SELIGMANN D., MERCURI R., et EDMARK J. Providing assurances in a multimedia interactive environment. *Conference on human factors in computing systems - CHI'95*, pages 250–256, 1995.
- [SHN 83] SHNEIDERMAN B. Direct manipulation: a step beyond programming languages. *IEEE Computer*, pages 57–69, Août 1983.
- [SHU 92] SHU L. et FLOWERS W. Groupware experiences in three-dimensional computer-aided design. *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work - CSCW'92*, pages 179–196. ACM Press, Novembre 1992.
- [STE 87] STEFIK M., BOBROW D., FOSTER G., LANNING S., et TATAR D. WYSIWIS revisited: early experiences with multiuser interfaces. *ACM Transactions on Office Information*

*Systems*, 5(2):147–167, 1987.

- [TAN 94] TANG J., ISAACS E., et RUA M. Supporting distributed groups with a montage of lightweight interactions. *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work - CSCW'94*. ACM Press, Octobre 1994.
- [WEI 91] WEISER M. Les réseaux de l'an 2000. *Pour la Science*, pages 64–72, Novembre 1991.
- [WEI 93] WEISER M. Some computer science issues in ubiquitous computing. *Communications of the ACM*, Juillet 1993.
- [WIN 81] WINKIN Y. *La nouvelle communication (recueil de textes)*. Éditions du Seuil, 1981.
- [YAK 90] YAKEMOVIC K.B. Report on a development project use of an issue-based information system. *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work - CSCW'90*. ACM Press, Octobre 1990.