

SUPPORT MULTIMÉDIA POUR LE TRAVAIL DE GROUPE : L'EXEMPLE DU CONTRÔLE AÉRIEN

Stéphane Chatty

Centre d'Études de la Navigation Aérienne
7 avenue Édouard Belin
31055 TOULOUSE CEDEX, FRANCE
chatty@cena.dgac.fr

Résumé

Après la révolution provoquée par les micro-ordinateurs et les logiciels interactifs, la prochaine étape semble être celle des réseaux de données. Ces réseaux seront utilisés pour l'accès à des bases de données multimédias, mais ils ouvrent aussi la voie à des systèmes facilitant le travail ou la collaboration à distance. Le travail coopératif assisté par ordinateur combine les techniques logicielles et les médias de communication tels que téléphone ou vidéo. Le contrôle aérien est un domaine d'application exemplaire pour ces nouvelles technologies. Il met en jeu diverses collaborations entre opérateurs humains, et est ainsi candidat à l'utilisation de divers types de support informatique. Nous décrivons ici les caractéristiques de ces nouveaux outils, et les illustrons par leur application possible au contrôle aérien. Nous présentons en particulier un exemple concret d'intégration entre informatique et téléphonie, destiné à aider les contrôleurs aériens dans l'une de leurs tâches les plus critiques□: la coordination lors du transfert d'avions d'un secteur à l'autre.

1. Introduction

Au cours des années 80, l'industrie informatique a subi une révolution. D'une part, les ordinateurs ont vu leurs performances et leurs coûts de production s'améliorer considérablement. D'autre part, on a vu apparaître de nouveaux types de logiciels, à la fois plus abordables par leurs utilisateurs, et orientés vers des tâches plus courantes. Les ordinateurs, qui étaient réservés aux spécialistes dans les entreprises et les centres de recherche, se sont alors répandus à grande vitesse. Désormais, la plupart des bureaux sont équipés de micro-ordinateurs, avec des logiciels tels que traitements de texte, outils de dessin ou tableurs.

Le phénomène qui s'est produit dans les années 80 pour l'informatique individuelle est en voie de se produire pour l'informatique de groupe. De la même manière, les réseaux locaux ou à grande distance sont d'un accès de plus en plus courant. De même, un intérêt croissant est porté aux logiciels offrant un support au travail de groupe, et plus généralement à l'utilisation de l'informatique pour la communication et la collaboration entre individus. Un nouveau domaine de recherche, connu sous le nom de Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur¹, se développe depuis quelques années. Outre le courrier électronique, répandu dans les centres de recherche depuis plus de dix ans, de nouveaux types de logiciels font leur apparition. Ces logiciels, souvent dénommés *collecticiels*², permettent à des utilisateurs de se coordonner dans leurs tâches, de communiquer

¹ en anglais, Computer Supported Cooperative Work ou CSCW

² en anglais, groupware

plus efficacement, de négocier à distance sur la base d'informations contenues dans leurs ordinateurs, ou encore de travailler en commun sur des documents. Certains collecticiels reposent uniquement sur les échanges de données informatiques. D'autres, profitant des nouvelles capacités des ordinateurs, combinent échange de données informatiques et médias de communication tels que téléphonie ou vidéo, fournissant ainsi un support multimédia au travail de groupe. Cet article présente l'état des recherches dans le domaine du Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur, et identifie différentes catégories de collecticiel et les techniques associées. Ces techniques sont ensuite illustrées par leur application potentielle dans un domaine concret : le contrôle du trafic aérien. Nous décrivons plus particulièrement le cas de la négociation entre contrôleurs aériens, qui a servi de support à une recherche sur l'intégration entre moyens de communication et logiciels interactifs. La fin de l'article est consacrée à DuoPhone, un système d'intégration entre informatique et téléphonie développé au CENA à Toulouse, et à son utilisation dans un système de coordination pour contrôleurs aériens.

2. Collecticiel : état de la technique

Le terme "collecticiel" recouvre un nouveau type de systèmes logiciels, issus de l'apparition d'ordinateurs personnels connectés par des réseaux locaux [Kar94, EGR91, Bae92]. La caractéristique de ces systèmes est qu'ils sont conçus pour un groupe d'utilisateurs dans le but d'augmenter leur productivité. Il s'agit donc de permettre aux utilisateurs de communiquer, et de leur offrir des moyens de partager facilement leur travail, leurs connaissances ou leurs opinions, selon les cas. Bien qu'il soit issu du domaine de l'interaction homme-machine, le collecticiel est en fait un support à la communication homme-homme, par l'intermédiaire d'un système informatique. Il concerne donc aussi bien les chercheurs en sciences humaines que les chercheurs en informatique. Sont concernées des disciplines aussi différentes que l'ingénierie des réseaux informatiques, les systèmes distribués, la sociologie, ou la psychologie cognitive. Par ailleurs, certains auteurs considèrent que le collecticiel est l'aspect logiciel d'un domaine plus grand : celui du Travail Coopératif Assisté par Ordinateur, qui fait appel au logiciel, mais aussi à des moyens de communication comme le son (téléphone) ou l'image (vidéoconférence).

On trouve de nombreux types de collecticiels. Historiquement, le premier est sans doute le courrier électronique. Son utilisation, répandue depuis maintenant plus de 10 ans, a permis d'identifier un style de communication particulier à ce média, intermédiaire entre le téléphone et l'expression écrite. D'un point de vue technique, le courrier électronique se rapproche toutefois du courrier, dans la mesure où il est constitué de textes écrits (même si c'est avec un clavier), et surtout parce qu'il est *asynchrone* : les messages sont stockés dans la boîte aux lettres du destinataire en attendant qu'il soit prêt à les lire. À l'autre extrémité du spectre, divers laboratoires ont développé des éditeurs de texte ou de dessin, destinés à être utilisés en parallèle par plusieurs utilisateurs : les éditeurs partagés. Il s'agit là d'une activité totalement *synchrone*, deux ou plusieurs utilisateurs travaillant en même temps sur un même document (compte-rendu de réunion, article, plan, etc.) [EG89, GRW92].

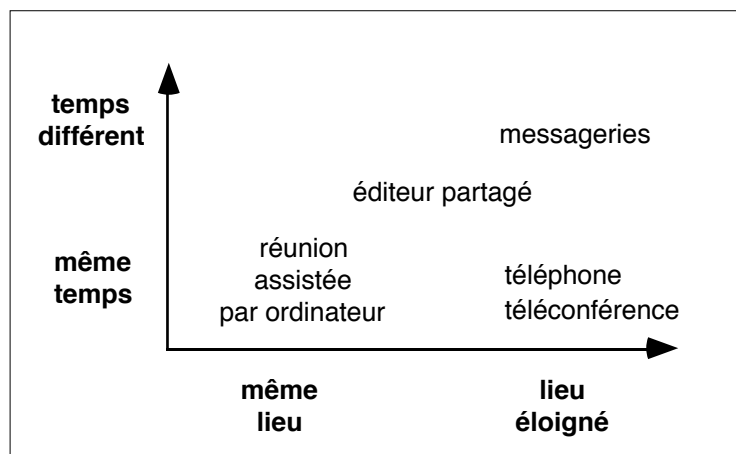


Figure 1 : Une taxonomie des services collecticiels.

On peut compléter cette distinction entre activités synchrones et asynchrones par une distinction selon que l'activité se déroule en un même endroit ou non, ce qui fait appel à des technologies différentes. Ces distinctions mènent à la taxonomie de la figure 1, dans laquelle sont situées les diverses fonctions assurées par les collecticiels. Nous allons maintenant examiner ces fonctions, qui généralement sont assurées par des logiciels différents, mais qui pourraient être intégrées dans des collecticiels d'usage général.

- les messageries électroniques. Ce sont les systèmes les plus simples à réaliser et les plus utilisés. L'utilisateur compose un message, et le diffuse (panneau d'affichage électronique) ou indique une liste de destinataires (courrier électronique). On voit actuellement apparaître deux types de phénomènes. D'une part, le courrier électronique se popularise au sein des entreprises, qui doivent apprendre à gérer son impact sur leur organisation. Par exemple, le courrier électronique favorise l'échange d'idées à travers les échelons de la hiérarchie, mais augmente le risque que les échelons intermédiaires se sentent contournés [SK91]. D'autre part, dans les milieux où il est déjà répandu, le courrier électronique prend une place considérable dans les méthodes de travail, et des phénomènes de surcharge se produisent, perturbant l'organisation de certains utilisateurs. Des systèmes de priorité de messages ont été imaginés, avec peu de succès. La solution la plus répandue semble être le filtrage automatique des messages à l'arrivée, l'utilisateur décrivant le sort à réserver aux messages reçus par des règles du type SI ... ALORS, portant sur le sujet des messages, leur auteur, voire leur contenu [MGT87].

- les éditeurs de documents partagés. Cette notion recouvre deux catégories de systèmes. D'une part, les éditeurs de documents comme Microsoft Word prennent en compte depuis peu le fait que les documents sont souvent écrits par plusieurs personnes, ou à tout le moins annotés et corrigés par des tiers. Ils offrent donc des mécanismes d'annotations, qui permettent à plusieurs personnes de travailler successivement sur le même document. L'autre catégorie est celle des systèmes qui permettent la manipulation synchrone des documents. Ces systèmes sont utiles tels quels dans certaines situations particulières, comme celle de chercheurs devant écrire un article en commun à la dernière minute. Mais leur principal intérêt est de fournir un support à la réflexion sur ce que doivent être des collecticiels synchrones et des interfaces multi-utilisateurs. Ces éditeurs ont permis d'identifier un certain nombre de problèmes techniques à résoudre, tels que gestion des conflits d'accès, ou architecture logicielle [KB93]. Ils ont aussi introduit des notions permettant de classer et de concevoir des systèmes multi-utilisateurs. Ainsi, la notion de *WYSIWIS* (What You See Is What I See) s'inspire de celle de *WYSIWYG*, popularisée par les traitements de texte

et éditeurs de dessins. Cependant, cette caractéristique, qui dépeint les systèmes offrant exactement la même vue à tous leurs utilisateurs, n'est pas toujours considérée comme une excellente chose [SBF87]. La *conscience mutuelle* permet aux utilisateurs d'être informés de l'activité des autres participants. Ainsi, dans le cas de l'édition de texte, on évitera de travailler sur un paragraphe si ce dernier est entouré d'un nuage gris, indiquant que quelqu'un travaille déjà dessus. Le *télépointeur* permet à un utilisateur de montrer des objets sur l'écran de son interlocuteur en utilisant sa propre souris. Le *niveau de granularité* de la collaboration détermine avec quelle fidélité les actions d'un utilisateur seront retransmises aux autres : avec un niveau très fin, deux personnes peuvent modifier en même temps le même mot, mais les moindres fautes de frappe sont retransmises ; avec un niveau plus gros, les phrases, les lignes ou les actions sur les objets sont retransmises lorsqu'elles sont terminées.

- les systèmes de téléconférence et de réunion assistée par ordinateur. Les premiers se popularisent dans les entreprises : audioconférence ou vidéoconférence permettent d'économiser des déplacements. Cependant, ces systèmes sont souvent frustrants lorsque les participants veulent manipuler ensemble un document. Cette considération est prise en compte par les logiciels de réunion assistée par ordinateur. À l'origine, ces logiciels étaient destinés à équiper des salles de cours ou de réunion, afin de permettre aux participants de consulter ou d'annoter les documents informatiques utilisés par l'orateur (support de cours, graphiques, tableaux de chiffres, etc.). De tels logiciels ont été étendus pour permettre l'utilisation à distance, mais l'absence de proximité physique est souvent considérée comme gênante. Afin de résoudre ces problèmes, des approches mixtes ont été étudiées. Ainsi, les *media-spaces* [MBS91] généralisent l'utilisation de la vidéo, en permettant aux utilisateurs de contrôler leurs connections vidéo depuis leur ordinateur, ce qui leur permet de continuer à échanger des données s'ils le désirent. D'autres systèmes comme ClearBoard [IK92] intègrent complètement l'image vidéo et l'écran informatique grâce des techniques ingénieuses, de sorte que les utilisateurs ont l'impression d'être à proximité les uns des autres. De manière générale, les solutions proposées pour ce type de problème utilisent la vidéo, et ont été testées dans le cadre du travail de bureau. Nous verrons à la section 4 de cet article comment on peut intégrer la téléphonie et l'informatique, et utiliser cette intégration dans d'autres cadres, comme celui du contrôle aérien.

3. Le travail de groupe dans le contrôle aérien

La section précédente nous a permis d'étudier les notions mises en œuvre lors de la réalisation de collecticiels. Nous allons maintenant illustrer ces notions avec le cas du contrôle aérien. Celui-ci est à de nombreux titres une activité de groupe. Il fait intervenir des acteurs aussi variés que des pilotes, des contrôleurs, ou des techniciens de supervision des systèmes, tous engagés dans des transferts d'informations, des négociations, ou du travail partagé. Après avoir présenté l'organisation du contrôle, nous étudierons ces différentes collaborations, et nous les relierons aux notions présentées plus haut.

3.1 Le contrôle aérien

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 avec les horaires demandés par les pilotes. Le contrôle est généralement assuré par les États, et l'espace aérien utilisé par les avions de ligne est découpé en zones de contrôle, dont les frontières suivent celles des pays. Un pays comme la France comporte 5 zones, dont chacune est confiée à un centre de contrôle. Les

centres de contrôle sont éloignés les uns des autres□: par exemple, les centres français les plus proches de celui de Barcelone sont à Bordeaux et Aix-en-Provence. À l'intérieur d'une zone gérée par un centre, l'espace est divisé en *secteurs de contrôle*, qui constituent l'unité de base du contrôle. Chaque secteur est géré par une équipe de deux contrôleurs, dont l'un (le contrôleur radar) assure la séparation des avions présents dans le secteur, tandis que l'autre (le contrôleur planning) prépare le travail de son collègue et assure la coordination avec les autres secteurs.

Pour effectuer leur travail, les contrôleurs disposent de plusieurs types d'informations. Tout d'abord, ils connaissent la route et les horaires initialement assignés à chaque avion. Ceux-ci sont déterminés de la manière suivante. Les pilotes communiquent leurs intentions sous la forme de *plans de vol*. Ces derniers sont soumis à un organisme de régulation, qui en Europe est situé à Bruxelles. L'organisme de régulation, en fonction des capacités annoncées et négociées la veille par les centres de contrôle, décide d'accepter les demandes des pilotes ou de leur attribuer d'autres horaires, voire d'autres routes. L'information est retransmise aux pilotes juste avant leur décollage, ainsi qu'aux systèmes informatiques des centres de contrôle. Par ailleurs, une fois les avions dans leur secteur, les contrôleurs disposent d'informations retransmises en temps réel par les radars. Ces informations sont visualisées sur de grands écrans graphiques, qui contiennent aussi des informations sur les routes aériennes, les zones interdites, etc. Enfin, les contrôleurs sont en communication avec les pilotes par radio VHF, une fréquence étant associée à chaque secteur. Cette liaison vocale permet au contrôleur radar de donner des ordres aux pilotes si nécessaire, mais elle lui permet aussi de recueillir des informations de dernière minute telles que pannes, changements d'intentions, ou contacts visuels entre avions.

Enfin, le contrôle aérien est une activité qui est effectuée sans interruption, et l'entretien et la supervision de matériel y tiennent une place importante. Dans chaque centre de contrôle, une équipe assure en permanence la supervision des radars, des liaisons de données et des matériels informatiques. Les incidents sont détectés automatiquement ou signalés par les contrôleurs, par l'intermédiaire du chef de salle. Les problèmes mineurs sont réglés immédiatement par l'équipe de supervision. Dans le cas d'incidents plus sérieux, tels que la panne d'un écran, une réorganisation de la salle de contrôle est négociée avec le chef de salle, et le matériel est confié à des équipes d'entretien.

3.2 Types de collaborations

La description du contrôle aérien que nous venons de donner permet d'identifier de nombreux cas de communication ou de collaboration entre ses acteurs□:

- La transmission des plans de vol. En France, les plans de vol des compagnies sont transmis au système de contrôle par liaison informatique, et ceux des pilotes indépendants par un réseau spécialisé de type télex, grâce à des terminaux disponibles dans les aérodromes. La possibilité de déposer des plans de vol par Minitel a récemment été introduite, et facilite notablement la tâche des pilotes.

- les négociations entre les centres de contrôle, et avec l'organisme de régulation. Ces négociations, sans avoir de caractère d'urgence immédiate, doivent être menées à bien chaque jour. Elles portent sur le nombre d'avions que chaque centre va transférer aux centres voisins dans un créneau horaire donné, et sont fonction des routes aériennes, des capacités des centres en personnels, et des procédures de coordination aux frontières entre secteurs. Les négociations se

font actuellement par conférence téléphonique. Ce média est tel que peu d'informations sont utilisées pendant la négociation, et les contraintes de sécurité font que le trafic accepté est très inférieur à l'optimum. Si plus de paramètres étaient disponibles, des décisions plus fines pourraient être prises. Par exemple, si les participants pouvaient visualiser sur une carte les capacités annoncées par leurs collègues sur chaque route aérienne, ils pourraient adapter leur organisation du trafic et ainsi augmenter leur propre capacité. On espère donc que des réunions assistées par ordinateur, où le téléphone serait complété par une représentation de la situation, permettront d'augmenter la capacité du système de contrôle.

- la communication entre le contrôleur radar et le pilote. C'est à travers ce canal, actuellement vocal, que transitent les ordres des contrôleurs, les comptes-rendus des pilotes, et les éventuelles négociations. Ce canal, qui est indispensable au contrôle, est aujourd'hui proche de la saturation. En effet, il est fréquent qu'un secteur contienne 20 avions à la fois, et les ordres de contrôle deviennent complexes, donc longs. De plus, la phraséologie, mise en place pour éviter les confusions et les accidents, est parfois ignorée pour gagner du temps. Il est donc prévu d'utiliser des liaisons de données entre le système de contrôle et les avions. Ces liaisons de données permettront de soulager le canal vocal en transmettant des informations de routine, et d'éviter l'imprécision du langage parlé. On peut considérer que de telles liaisons permettraient de transformer la collaboration entre contrôleurs et pilotes en une tâche d'édition partagée de documents. Le document manipulé serait alors une représentation de l'espace et de la trajectoire des avions. Cependant, d'importantes difficultés doivent être prises en compte. D'une part, contrôleurs et pilotes n'ont pas la même représentation mentale de la situation : l'un a une vue globale de la situation, tandis que l'autre se concentre sur la trajectoire de son avion. D'autre part, les liaisons de données prochainement mises en service auront des débits très faibles (moins de 500 bits par seconde) et surtout des temps de transmission très longs (entre 5 et 10 secondes) ; cela complique singulièrement l'utilisation conjointe avec la voix, car les messages émis en même temps arriveront décalés. L'utilisation des liaisons de données entre contrôleurs et pilotes est donc délicate, et fait l'objet de nombreuses études.

- la collaboration entre le contrôleur radar et le contrôleur planning, qui se partagent les tâches liées à la gestion d'un secteur. Cette collaboration repose actuellement sur des gestes, des explications brèves, une disposition particulière des bandes de papier représentant les plans de vol des avions, ou des signes inscrits sur ces bandes de papier. Avec l'apparition de nouvelles positions de travail utilisant des interfaces graphiques, les bandes de papier doivent disparaître, et les contrôleurs seront plus qu'avant concentrés sur leur écran. Il s'agit donc, pour ce qui est en fait de la manipulation partagée de document, de trouver un substitut électronique aux conventions parfois implicites utilisées par les contrôleurs. La conscience mutuelle sera indispensable, pour que le contrôleur radar tire parti des actions effectuées par le contrôleur planning. Le télépointage permettra d'accompagner les explications orales. Il sera cependant instructif d'étudier comment les flux d'informations se répartiront entre les canaux informatiques et les canaux purement humains, dans la mesure où les deux contrôleurs sont assis côte à côte.

- les communications entre contrôleurs situés dans différentes salles, voire différents pays. Ce type de communication intervient lorsque l'un des deux contrôleurs désire sortir du cadre strict des protocoles de transfert d'avions d'un secteur à l'autre. Le contrôleur décroche alors son téléphone, et enfonce un bouton sur une platine téléphonique, composée d'environ 20 boutons qui correspondent aux secteurs et aéroports environnants. La communication téléphonique ainsi initiée sert principalement à proposer, puis négocier des conditions de transfert particulières pour un

avion donné. Bien que ces communications soient réduites autant que possible par des procédures automatiques, il en subsiste suffisamment pour constituer une charge de travail importante. Nous décrirons dans la suite de cet article les moyens qui ont été imaginés pour alléger cette charge de travail, en fournissant un support informatique à la coordination entre contrôleurs.

- les communications entre les techniciens de supervision et le chef de salle. Ces communications reposent aujourd'hui sur le téléphone, et les intervenants ont des représentations mentales très différentes. En pratique, les techniciens sont amenés à se déplacer pour se rendre compte de la situation. L'utilisation de media-spaces pourrait permettre aux techniciens d'avoir en permanence une vue précise de la situation dans la salle.

- Les communications entre l'équipe de supervision et les techniciens chargés de l'entretien, qui travaillent avec des horaires normaux. Les communications entre les deux types de techniciens sont essentiellement asynchrones, et reposent aujourd'hui sur la communication écrite, en particulier lorsque les incidents se produisent la nuit. L'introduction d'un outil du type messagerie électronique pourrait permettre un meilleur suivi des incidents, par exemple en assurant que les messages seront présentés tant qu'une solution n'aura pas été apportée, et en permettant une consultation rapide des messages archivés.

Les collaborations rencontrées dans le contrôle aérien nous ont fourni des exemples d'applications possibles des techniques collectives. Nous allons maintenant examiner en détail le cas de la coordination entre contrôleurs de différents secteurs, ce qui nous permettra d'approfondir la notion d'intégration entre l'informatique et les médias de communication.

4. Support à la coordination entre contrôleurs

Parmi les types de collaboration que nous venons de décrire, la coordination entre contrôleurs de différents secteurs est un cas particulièrement intéressant. En effet, les communications entre contrôleurs interviennent dans des situations critiques, qui constituent un test décisif pour les techniques mises en œuvre : si les ingénieurs ou chercheurs qui testent les éditeurs de documents partagés peuvent faire preuve d'indulgence vis-à-vis des outils qui leur sont proposés, les contrôleurs aériens sont prompts à rejeter ce qui leur paraît inadapté.

À l'heure actuelle, la coordination est effectuée par communication téléphonique. Certains contrôleurs estiment que ces communications sont inefficaces, d'une part parce que certaines informations (identité de l'appelant, indicatif de l'avion concerné) doivent être transmises, puis interprétées à chaque appel, et d'autre part parce que l'utilisation de la platine téléphonique mobilise l'énergie des contrôleurs pendant de précieuses secondes. De plus, les échanges préliminaires d'informations sont parfois entachés d'erreurs (confusion quant à l'identité de l'appelant, erreur sur l'avion concerné), ce qui a déjà été cause d'incidents sérieux. Dans la mesure où ces informations sont connues du système informatique, on peut envisager de les transmettre par ce canal. De plus, la plupart des communications ont une structure simple□: une proposition suivie d'une acceptation. Il a donc été imaginé de remplacer les communications par des échanges purement informatiques, à travers l'écran graphique des contrôleurs.

Cette solution, sous la forme de boîtes de dialogue, a été expérimentée dans les prototypes de position de contrôle Hegias et Swift, développés au CENA, et testée par des contrôleurs d'origines diverses (Brest, Reims, Barcelone, Athènes, etc.) Mais l'expérience prouve que les échanges par boîtes de dialogue sont trop rigides pour remplacer la conversation orale. D'une part, il est

impossible de prendre en compte tous les types de négociations, et les cas particuliers correspondent généralement aux situations les plus critiques. Le moyen de communication proposé est alors considéré comme un handicap plutôt qu'une aide. D'autre part, certains contrôleurs déclarent qu'ils utilisent beaucoup les informations implicites contenues dans les conversations orales : s'ils décèlent que leur interlocuteur est tendu, ils auront tendance à accepter sa demande, quitte à pénaliser les avions de leur secteur. Il semble donc que le canal vocal soit indispensable, ce qui n'empêche pas les contrôleurs de demander la transmission automatique d'informations.

Un support efficace pour la coordination entre les contrôleurs passe donc par une meilleure intégration entre les services de communication et les services informatiques qui leur sont offerts. Le CENA mène des études sur divers médias de communication, et de premiers résultats ont été obtenus avec l'utilisation du téléphone.

4.1 Intégration entre informatique et téléphonie

L'intégration entre téléphonie et informatique fait actuellement l'objet de nombreux espoirs, et les revues spécialisées en font un de leurs thèmes favoris. À l'origine de ces espoirs se trouvent deux constatations. D'une part, les réseaux téléphoniques sont universellement répandus, et les réseaux numériques peuvent facilement servir de support aux liaisons entre ordinateurs. D'autre part, le téléphone est l'un des outils de travail les plus utilisés dans le monde, malgré son interface limitée reposant sur un clavier de 12 ou 13 boutons ; en ajoutant des services et des interfaces plus modernes, on espère d'importants gains de productivité dans les entreprises. La première constatation incite les constructeurs d'ordinateurs à fournir des périphériques permettant de se connecter au réseau téléphonique numérique, le Réseau Numérique à Intégration de Services (RNIS)³. Elle permet d'envisager le développement de base de données et de services multimédias, utilisables à distance par les entreprises ou même les particuliers. Mais c'est la seconde constatation qui est la plus fertile en gains de productivité. Différentes techniques ont ainsi été imaginées pour améliorer l'efficacité du téléphone :

- l'archivage des appels et des informations associées. Les appels passés à travers le réseau RNIS transmettent automatiquement le numéro du poste d'où est passé l'appel. Ainsi, en utilisant ce numéro comme clé, on peut automatiquement rechercher et présenter des informations associées à l'identité de la personne qui appelle. Par exemple, lorsqu'un client appelle son banquier, on peut imaginer que l'ordinateur présente automatiquement au banquier l'historique de son compte. Client et banquier gagneraient ainsi le temps passé à annoncer le numéro de compte et à le saisir. De la même manière, le système informatique d'une compagnie aérienne pourrait éviter à ses hôtesses de rechercher le dossier de leur client, et même de saisir la date de son appel, qui est utile pour confirmer la réservation.

- les messageries vocales, qui sont déjà largement répandues. Ces versions modernes du répondeur téléphonique ajoutent au téléphone l'asynchronisme qui lui manque. Mais le faible pouvoir d'expression du clavier téléphonique, ainsi qu'une conception parfois douteuse, rend leur utilisation complexe et décourage bien des utilisateurs. La gestion de la messagerie vocale par un ordinateur permettrait à des concepteurs de logiciels interactifs de développer des systèmes plus simples d'emploi. Des techniques d'interrogation améliorant l'utilisation des interfaces vocales et du clavier téléphonique sont à l'étude [RV92]. Si l'utilisateur dispose d'un poste de travail

³ en anglais, Integrated Standard Digital Network (ISDN)

graphique tel qu'un micro-ordinateur, on peut aussi imaginer des interfaces graphiques permettant d'utiliser facilement, voire de programmer son répondeur. Une interface commune avec la messagerie électronique est aussi réalisable.

- les annuaires électroniques graphiques, et systèmes de gestion des appels téléphoniques. Ces services correspondent à ce que fournissent aujourd'hui les autocommutateurs locaux (PABX), mais utilisent les moyens informatiques actuels et l'expérience accumulée en matière de logiciels interactifs. On peut imaginer toutes sortes d'interfaces graphiques ou d'hypertextes 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 de "réalité augmentée" [Wei91, ACM93], 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 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 à moindre frais des éditeurs partagés.

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). Dans le cas de la coordination entre contrôleurs aériens, c'est surtout la seconde catégorie de services qui est utile. Nous allons donc voir comment ces techniques ont été utilisées, avec tout d'abord la réalisation de DuoPhone, un système permettant la gestion des communications par RNIS depuis une application logicielle sous Unix, puis avec DuoCoord, un prototype d'écran radar utilisant DuoPhone pour intégrer visualisation du trafic aérien et support aux négociations entre contrôleurs.

4.2 DuoPhone

DuoPhone est un logiciel de base développé au CENA, et destiné à servir de support à des expérimentations utilisant RNIS. Actuellement, les programmeurs d'interfaces homme-machine sur station de travail utilisent couramment X Window System, un logiciel utilisant le modèle client-serveur pour permettre à plusieurs applications d'utiliser l'écran graphique d'une station□[SG86]. Ce système a permis le développement de nombreuses applications graphiques dans des environnements professionnels autres que le travail de bureau, et entre autres dans le domaine du contrôle aérien. À l'image de X Window System, 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 l'opération la plus utile consiste à les connecter à un haut-parleur et un micro, ce que permet DuoPhone.

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 depuis toutes sortes d'applications à la fois. 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 (c'est-à-dire si son économiseur d'écran est en fonctionnement) DuoNotify enregistre l'heure et la provenance de l'appel dans une liste visualisée à l'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. Des versions graphiques de DuoCall, et en particulier une version utilisant des photographies numérisées, sont en cours de développement. Outre l'économie de temps qu'il apporte à certains de ses utilisateurs, DuoCall est aussi apprécié parce qu'il permet au chef de service de fixer des règles très précises concernant les droits d'utilisation du téléphone. Dans la mesure où les utilisateurs sont connus nommément par le système informatique, les droits d'utilisation peuvent être associés aux personnes, et non plus aux numéros de postes comme auparavant. Ainsi, les personnels du CENA peuvent appeler un collègue aux USA en pleine nuit, sans que l'on craigne d'utilisation abusive par des personnes extérieures.

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 de réalité augmentée.

4.3 Image radar et téléphone : DuoCoord

Nous avons utilisé DuoPhone pour développer DuoCoord, une image radar expérimentale intégrant des capacités de coordination entre contrôleurs. DuoCoord permet aux contrôleurs de passer des appels directement depuis l'image radar. Ainsi, on évite l'utilisation d'une platine

téléphonique et le système informatique peut transmettre avec l'appel les informations qu'il connaît. De plus, en utilisant le protocole d'appel RNIS pour transmettre ces informations, on conserve la possibilité d'appeler des centres de contrôle ne disposant pas du même équipement informatique, ces centres ayant la possibilité d'utiliser ou non les informations transmises.

En ce qui concerne l'interface proposée aux contrôleurs, 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, d'une part pour simplifier le circuit visuel des contrôleurs, et d'autre part pour recueillir facilement l'indicatif de l'avion qui sera le sujet de l'appel.

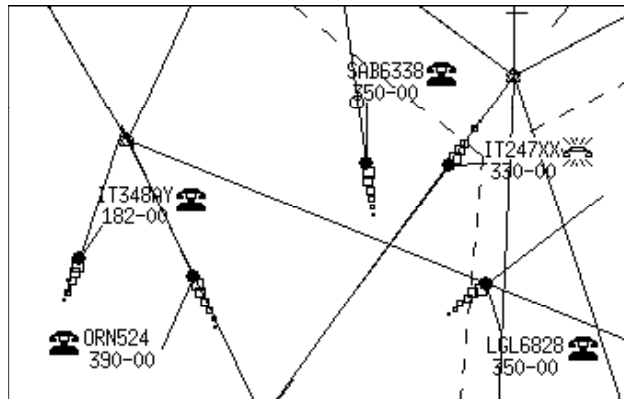


Figure 2. Un téléphone est associé à chaque avion, et permet d'appeler le secteur intéressé. À la réception d'un appel, l'icône change d'aspect (en haut à droite).

Nous avons donc ajouté un bouton à l'étiquette des avions, qui contient déjà leur indicatif, leur vitesse et leur altitude. Ce bouton représente un téléphone (figure 2). 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 transportera donc non seulement l'origine de l'appel, mais aussi l'indicatif de l'avion. Ainsi, le contrôleur appelé entend toujours une sonnerie téléphonique ; mais il voit aussi l'avion concerné changer d'aspect (figure 2). 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 3). Les deux contrôleurs peuvent rompre la communication en cliquant de nouveau sur l'icône-téléphone.

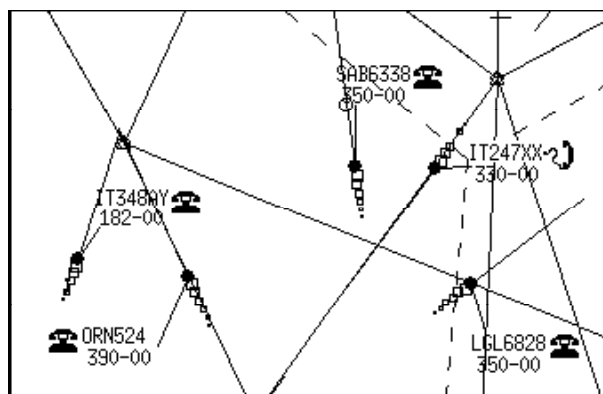


Figure 3. L'avion est mis en valeur pendant la conversation téléphonique.

DuoCoord a été présenté à environ 20 contrôleurs en provenance des cinq centres de contrôle français. Bien qu'il n'ait pas été utilisé en conditions réalistes, tous sauf un s'accordent 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, l'un d'entre eux a demandé la possibilité de mettre des appels en attente le temps d'un autre appel ou d'un échange radio avec un pilote, avec une visualisation des appels en attente. Un autre a réclamé la visualisation de la charge de travail des secteurs adjacents. Ces deux demandes, qui correspondent à des services collecticiels déjà identifiés (l'archivage des appels et la conscience mutuelle), confirment à quel point les techniques de collecticiel peuvent être adaptées à des activités pour lesquelles elles n'ont pas été prévues à l'origine. Forts de ces leçons, nous étendons actuellement DuoCoord pour utiliser des liaisons vidéos, afin d'étudier l'apport du contact visuel entre contrôleurs.

5. Conclusion et perspectives

Nous avons présenté dans cet article les services et techniques qui ont été imaginés pour offrir un support informatique aux divers types de collaboration que l'on peut rencontrer dans les activités professionnelles. Nous avons montré à quel point une activité critique comme le contrôle du trafic aérien peut bénéficier de tels services. Il est très probable que la productivité de nombreuses autres activités pourrait en bénéficier. Pour cela, il faudra que les producteurs de logiciels s'orientent vers ces nouveaux services, ce qu'ils sont en voie de faire. Mais il faudra surtout que les infrastructures soient présentes, et à un coût raisonnable pour les entreprises. Mis à part l'Internet, qui est encore réservé aux centres de recherche et aux entreprises de haute technologie, les seules infrastructures actuellement disponibles (RNIS, TRANSPAC) sont utilisables pour des conversations ou des échanges de données de durée limitée. Pour que des services comme l'édition partagée ou la téléconférence assistée par ordinateur se développent, de plus hauts débits et d'autres types de facturation seront nécessaires. Alors seulement on pourra espérer que sur les futures autoroutes de l'information se côtoient non seulement des images numériques et des informations à destination du grand public, mais aussi les échanges de données des entreprises et des services publics.

Remerciements

L'auteur tient à remercier Michel Beaudouin-Lafon, Alain Karsenty et Christophe Tronche de l'Université de Paris-Sud, qui ont été parmi les pionniers du collecticiel en France, et à qui il est redevable de nombreuses informations contenues ou utilisées dans ce texte. Les réalisations techniques du CENA qui y sont décrites sont l'œuvre de François-Régis Colin. Le travail de l'auteur sur le sujet a été soutenu par le GDR-PRC Communication Homme-Machine.

Bibliographie

- [ACM93] Augmented reality. Numéro spécial de *Communications of the ACM*. Juillet 1993.
- [Bae92] Ronald Baecker. *Readings in Groupware and Computer Supported Cooperative Work*. Morgan-Kaufmann, 1992.
- [EG89] Clarence Ellis et Simon Gibbs. Concurrency control in groupware systems. In *Proceedings of the ACM SIGMOD'89 Conference on the Management of Data*, 1989.

- [EGR91] Clarence Ellis, Simon Gibbs, and Gail Rein. Groupware: some issues and experiences. *Communications of the ACM*. 34(1):38-58, 1991.
- [GRW92] Saul Greenberg, Mark Roseman, Dave Webster, et Ralph Bonnet. Issues and experiences designing and implementing two group drawing tools. In *Proceedings of the 25th Hawaii International Conference on the System Sciences*, 1992.
- [IK92] Hiroshi Ishii et Minoru Kobayashi. ClearBoard: A seamless medium for shared drawing and conversation with eye contact. In *Proceedings of the ACM SIGCHI '92 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1992.
- [Kar94] Alain Karsenty. Le collectifiel : de l'interaction homme-machine à l'interaction homme-machine-homme. *Technique et Science Informatique*, 13(1):105-127, 1994.
- [KB93] Alain Karsenty et Michel Beaudouin-Lafon. An algorithm for distributed groupware applications. In *Proceedings of the 13th IEEE Conference on Distributed Computing Systems*, 1993.
- [MBS91] Marilyn Mantei, Ronald Baecker, Abigail Sellen, William Buxton et Thomas Milligan. Experience in the use of a media space. In *Proceedings of the ACM SIGCHI '91 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1991.
- [MGT87] Thomas Malone, Kenneth Grant, F.Turbak, S.Brobst et M.Cohen. Intelligent information-sharing systems. *Communications of the ACM*. 30(5):390-402, 1987.
- [RV92] Paul Resnick et Robert Virzi. Skip and Scan: cleaning up telephone interfaces. In *Proceedings of the ACM SIGCHI '92 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1992.
- [SBF87] Mark Stefik, Daniel Bobrow, Gregg Foster, Stan Lanning et Deborah Tatar. WYSIWIS revisited: early experiences with multiuser interfaces. *ACM Transactions on Office Information Systems*. 5(2):147:167, 1987.
- [SG86] Robert Scheifler et Jim Gettys. The X Window System. *ACM Transactions on Graphics*. 5(2):79-109, 1986.
- [SK91] Lee Sproull et Sara Kiesler. *Connections: new ways of working in the networked organization*. MIT Press, 1991.
- [Wei91] Mark Weiser. Les réseaux de l'an 2000. *Pour la Science*. Novembre 1991.