SYNTHESE

Le collecticiel: de l'interaction homme-machine à la communication homme-machine - homme

Alain Karsenty

Laboratoire de Recherche en Informatique (CNRS URA 410)
Université de Paris-Sud - Bâtiment 490
91405 ORSAY Cedex - FRANCE
(33) 1-69-41-65-91, ak@lri.fr

RÉSUMÉ. Le collecticiel, domaine récent des applications de groupe, révèle un changement du paradigme de l'interaction homme-machine vers la communication homme-homme au travers de l'ordinateur. Le collecticiel met ainsi en rapport le domaine des Sciences Humaines avec les différentes branches de l'Informatique. Cet article fait le point sur l'état courant des recherches et présente aussi bien les aspects liés à l'Informatique que ceux liés aux Sciences Humaines afin de présenter l'étendue des disciplines recouvertes par le collecticiel et leurs influences mutuelles. Nous montrons ainsi que le succès du collecticiel dépend fortement d'une coopération entre les chercheurs des différents domaines.

ABSTRACT. The recent field of groupware represents a paradigm shift from human-computer interaction to human-human communication through computers. Thus groupware brings together research from behavioural sciences and computer science. This paper is a state of the art of ongoing research and aims at presenting the results from both computer science and behavioural sciences as well as how they relate to each other. We show that groupware's success will depend on a strong cooperation between researchers from the different fields.

MOTS-CLÉS : Collecticiel, interface homme-machine, travail coopératif assisté par ordinateur, messageries électroniques, conférences et réunions assistées par ordinateur, systèmes d'aide à la décision, éditeurs partagés.

KEY WORDS : Groupware, human-computer interaction, Computer-Supported Cooperative Work, electronic mail, computer conferencing, group decision support systems, teleconferencing, shared editors.

(Article paru dans Technique et Science Informatique)

1. Introduction

Le collecticiel est un domaine récent de l'Informatique dont l'objet est l'étude des logiciels de groupe. Ce domaine attire un nombre croissant de chercheurs d'horizons variés. Le nombre de conférences, journaux et livres dédiés au collecticiel dans les dix dernières années montrent que ce domaine est plus qu'un phénomène de mode mais une discipline à part entière. Bien qu'il ait pris naissance principalement dans le domaine de l'interaction homme-machine, l'objet du collecticiel est plutôt la communication homme-homme par l'intermédiaire d'un système informatique et concerne par conséquent aussi bien des chercheurs en Sciences Humaines que des Informaticiens. La pluridisciplinarité et la nouveauté du domaine ne facilitent pas l'approche par un néophyte. Cet article fait le point sur l'état courant des recherches et présente aussi bien les aspects liés à l'Informatique que ceux liés aux Sciences Humaines afin de montrer l'étendue des disciplines recouvertes par le collecticiel et leurs influences mutuelles.

En premier lieu, nous présentons une taxonomie du collecticiel fondée sur ses principales applications : messageries électroniques, éditeurs partagés, conférences et réunions assistées par ordinateur, systèmes d'aide à la décision et coordinateurs. Puis, nous comparons les architectures logicielles (centralisée, répliquée et hybride), ainsi que les techniques d'implémentation (système de fenêtrage partagé, boîtes à outils). Une dernière section, axée sur l'influence des Sciences Humaines montre l'aspect pluridisciplinaire du collecticiel.

1.1. Définition

L'origine essentiellement anglo-saxonne des recherches sur le collecticiel ont conduit les quelques chercheurs français à adopter soit la terminologie américaine CSCW (Computer-Supported Cooperative Work) et "groupware" dans leur langage courant soit à inventer leurs propres traductions. Si les américains ne se sont toujours pas entendus sur une définition du collecticiel, les français ne sont pas encore d'accord sur la terminologie. Ainsi, "groupware" est traduit aussi bien par collecticiel, collectique, logiciel de productivité de groupe ou logiciel coopératif. Nous empruntons à Pierre Lévy [LEV 90] le terme *collecticiel* comme traduction de "groupware", choix motivé par sa

consonance avec logiciel, didacticiel, etc. Quant à CSCW, nous le traduisons par *TCAO* (Travail Coopératif Assisté par Ordinateur). Les deux termes TCAO et collecticiel sont souvent utilisés de façon équivalente bien que le terme TCAO soit plus général que le terme collecticiel qui fait plutôt référence au seul aspect logiciel.

Le domaine étant particulièrement récent, la définition du collecticiel génère régulièrement un débat. Faut-il inclure des systèmes comme les messageries électroniques dans la définition du collecticiel ? Qu'en est-il des systèmes multi-utilisateurs comme UNIX ou les bases de données ?

Cette absence de consensus est résumée sur la figure 1. La définition du collecticiel s'étend de l'application conçue au niveau du système d'exploitation, tel ISIS [BIR 90], aux applications récentes comme les éditeurs partagés. Chaque chercheur a sa propre vision sur ce qu'est le collecticiel. Crowley [ENS 90] écrit que "dans le monde des PC, les systèmes de fichiers partagés sont clairement considérés comme des outils pour permettre le travail de groupe", et donne ainsi une définition des plus larges du collecticiel. Un niveau au-dessus, Grudin [GRU 88] inclut les systèmes multi-utilisateurs comme les bases de données. La raison est que ces systèmes sont largement utilisés par les organisations et nous fournissent des informations importantes sur la façon dont le travail de groupe s'organise autour d'un logiciel. Ellis [ELL 91] n'adhère pas à cette opinion. Selon lui, une base de données n'est pas un collecticiel car les utilisateurs n'ont aucun outil pour coopérer ou pour être conscient les uns des autres. Pour considérer une base de données comme un collecticiel, il faudrait par exemple que la modification d'un enregistrement alerte les utilisateurs concernés par le changement. De même, un système multi-utilisateur comme UNIX fournit à un utilisateur le moyen de connaître l'identité des autres utilisateurs connectés au système mais cette information reste insuffisante pour considérer UNIX comme un collecticiel. Dans UNIX, les utilisateurs travaillent séparément dans leur répertoire, si un utilisateur se déplace dans le répertoire d'un autre utilisateur ou édite le même fichier, ce dernier n'est pas averti par le système. Ellis [ELL 91] inclut les messageries et les applications comme les éditeurs partagés dans le domaine du collecticiel. Cette classification met l'accent sur les systèmes qui favorisent la coopération, la collaboration et la coordination au sein du groupe. Une autre définition du collecticiel donnée par Bannon [BAN 89] n'inclut pas les messageries électroniques comme collecticiel car ces applications ne définissent aucun rôle au-delà de celui d'émetteur et récepteur du message. Par contre, les systèmes construit à partir des messageries électroniques comme Information Lens [MAL 87] ou The

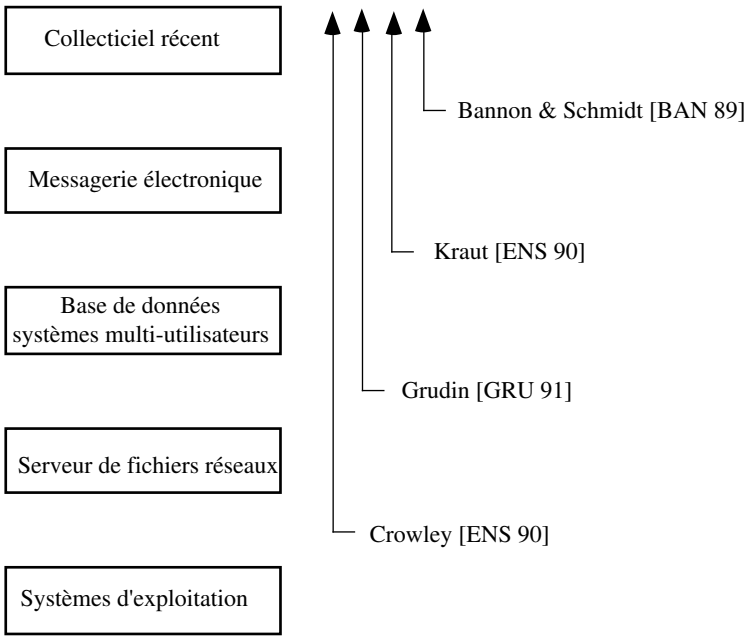

Figure 1. *Définitions du collecticiel, d'après* [GRU 88].

Coordinator [FLO 88] sont des collecticiels car ils permettent un traitement "intelligent" des messages.

De cette confusion, nous retenons les deux définitions suivantes :

> "Computer-based systems that support groups of people engaged in a common task (or goal) and that provide an interface to a shared environment"[1] [ELL 91]
>
> "CSCW should be conceived as an endeavour to understand the nature and characteristics of cooperative work with the objective of designing

[1] Systèmes informatiques qui assistent un groupe de personnes engagé dans une tâche commune (ou but commun) et qui fournissent une interface à un environnement partagé

adequate computer-based technologies"[2] [BAN 89]

Ces deux définitions révèlent l'aspect pluridisciplinaire du collecticiel, qui est probablement la raison pour laquelle les chercheurs ne se sont toujours pas entendus sur une définition. Ellis donne une définition plus axée sur l'informatique tandis que Bannon et Schmidt ont une approche plus sociale.

Cependant, l'absence de consensus quant à la définition du collecticiel ne s'explique pas seulement par la pluridisciplinarité, qui implique différentes approches, mais aussi par la nouveauté du domaine.

1.2. Historique

La naissance du collecticiel coïncide avec les récents développements du matériel informatique. Les années 80 ont vu l'arrivée des ordinateurs personnels/portables, puis le développement des réseaux et des écrans couleur haute résolution. Du point de vue logiciel, le développement d'interfaces conviviales à manipulation directe [SCH 83], facilement réalisable sur les écrans graphiques, ont facilité l'accès à l'ordinateur par des utilisateurs non informaticiens. L'ordinateur devient ainsi omniprésent au bureau, dans les foyers et entre le lieu de travail et le foyer grâce aux ordinateurs portables. Ce n'est pas l'idée du collecticiel mais la technique qui est nouvelle. Ainsi, plus de vingt ans auparavant, G. Weinberg écrivait dans "The Psychology of Computer Programming" [WEI 71] : "Nous n'avons pas de terminaux adaptés pour que deux utilisateurs ou plus puissent travailler, et sans les terminaux, nous n'avons ni les logiciels ni même les idées de logiciel pour permettre ce travail". Il faut cependant noter qu'il existe en Scandinavie des systèmes qui ont été développés de façon interne dans de grandes entreprises depuis près de vingt ans. L'approche Scandinave est beaucoup plus sociale, axée sur les besoins des utilisateurs [EHN 87], et les systèmes développés, très spécialisés, sont trop coûteux pour être commercialisés [FRI 89].

Le terme TCAO a été utilisé la première fois par les chercheurs Irene Greif et Paul Cashman en 1984, comme titre pour un workshop. Deux ans plus tard a eu lieu la première conférence bisannuelle sur le TCAO à Austin, Texas [ACM 86]. C'est donc au milieu des années 80 que le collecticiel est considéré comme domaine de recherche à part

---

[2] Le TCAO devrait être considéré comme une tentative pour comprendre la nature et les caractéristiques du travail coopératif, avec comme objectif la conception d'une technologie informatique adéquate

entière, bien que les termes TCAO et collecticiel ne soient apparus dans la classification officielle de la Computing Reviews qu'en 1991. Aujourd'hui, il existe deux conférences bisannuelles qui attirent un large public, CSCW aux États-Unis et EC-CSCW en Europe [WAY 89]. De plus, les conférences qui relèvent des domaines liés au collecticiel ont fréquemment une session sur le collecticiel. Enfin, le collecticiel fait l'objet de dossiers spéciaux dans les magazines d'informatique grand public et attire l'attention des éditeurs de logiciels.

2. Taxonomie

La classification espace-temps du collecticiel [ELL 91] est une des plus répandues (figure 2). La première dimension, l'espace, correspond à la distance entre utilisateurs tandis que la deuxième dimension, le temps, correspond aux applications synchrones / asynchrones. Ainsi, les messageries électroniques sont utilisées par un grand nombre d'utilisateurs selon un mode asynchrone et sont donc situées en haut à droite sur la figure 2.

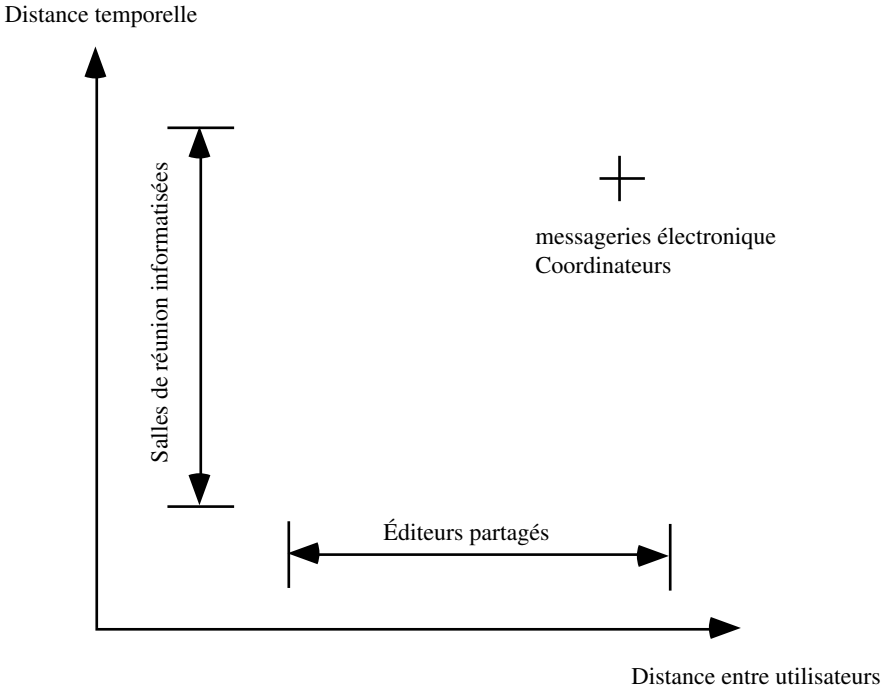

Figure 2. *Taxonomie espace-temps.*

Cependant, l'évolution rapide des recherches, en particulier dans le sens d'une fusion des différents modes de travail [BAE 91], rend cette classification inadéquate. Ainsi, on remarque sur la figure 2 que les applications tendent de plus en plus à couvrir toutes les dimensions afin de permettre aux utilisateurs de passer d'un mode de travail à un autre sans changer d'application.

Dans la section suivante nous présentons une taxonomie selon les fonctions que proposent les collecticiels : messageries électroniques, éditeurs partagés, conférences et réunions assistées par ordinateur, systèmes d'aide à la décision, et coordinateurs. Cette taxonomie, comme la précédente, doit être entendue comme une classification souple qui donne néanmoins une idée plus structurée de l'état courant des recherches.

2.1. Messagerie électronique

La messagerie électronique, considérée par certains comme le premier collecticiel, est une des applications de groupe les plus utilisées. Elle est l'équivalent du courrier postal sous forme

électronique. L'exemple le plus courant de messagerie électronique est le courrier électronique et les forums électroniques (*bulletin board* en anglais). La facilité et la rapidité de l'envoi de messages a créé un style de communication qui est propre aux messageries : le style est intermédiaire entre le langage parlé et le langage écrit et la fréquence d'utilisation est beaucoup plus importante que pour le courrier postal. Il en découle un problème de surcharge de l'information qui a fait l'objet de nombreux travaux [HIL 85]. Les solutions actuelles consistent à rendre le système "intelligent" [LUT 90, MAL 87, POL 88, GOL 92]. Information Lens [MAL 87] fait partie des systèmes qui visent à alléger la tâche de l'utilisateur surchargé par le nombre de messages électroniques. L'utilisateur spécifie sous la forme de règles "IF-THEN" les actions à prendre suivant le type de message reçu. Par exemple, si l'en-tête d'un message indique la date d'une réunion, l'utilisateur qui reçoit ce message peut spécifier de mettre à jour automatiquement son agenda électronique et d'effacer le message de la boîte aux lettres. Un filtrage excessif peut cependant devenir un inconvénient et ralentir la circulation de l'information au sein des organisations.

2.2. Éditeurs partagés

Les éditeurs de texte/graphiques partagés sont une extension naturelle des éditeurs mono-utilisateurs existants. Plutôt que de travailler séquentiellement sur un document par échange de fichiers ou bien simultanément par fusion de fichiers, un éditeur partagé permet de travailler simultanément sur le même document sans passer par l'étape de fusion de fichiers.

Un premier type d'application sont les éditeurs asynchrones qui séparent clairement le texte du commentaire écrit par les relecteurs. Un exemple est ForComments [OPP 88] et Word 5.1[MIC 92]. D'autres systèmes visent à faciliter la tâche de fusion des fichiers correspondants aux différentes versions d'un même document modifié par plusieurs utilisateurs. Ainsi Prep [NEU 92] est un prototype de traitement de texte qui compare intelligement les différentes versions et montre à l'utilisateur ce qui a été ajouté ou retiré au document.

Plus récemment, des prototypes d'éditeurs de texte (GROVE [ELL 91], SASSE [BAE 92]) et d'éditeurs de graphiques structurés et d'images (GROUPDRAW et GROUPSKETCH [GRE 92], GroupDesign [BEA 92a], CaveDraw [LU 91]) permettent l'édition synchrone de documents par plusieurs utilisateurs. Avec ces éditeurs il est possible de modifier simultanément les données avec une granularité fine. Par exemple, deux utilisateurs peuvent modifier le

même mot en même temps. Les modifications du document partagé par un utilisateur sont immédiatement visibles par les autres participants. La réalisation d'éditeurs synchrones soulève des difficultés d'implémentation en particulier pour la mise en œuvre d'une architecture et d'une gestion de la concurrence adaptées [ELL 89, KAR 93]. D'autres applications comme CES (Collaborative Editing System) [GRE 86], Shared Book [LEW 88] et Quilt [LEL 88] implémentent une granularité moins fine : les utilisateurs ont accès en lecture à tout le document mais un seul utilisateur a l'autorisation d'accéder en écriture à un paragraphe donné.

Les études qui ont été menées sur l'utilisation aussi bien de GROVE [ELL 91] que de GROUPDRAW [GRE 92] ont montré que les utilisateurs évitent inconsciemment les conflits et tendent à se répartir dans le document de façon à ne pas travailler simultanément sur les mêmes données. Cependant, construire des éditeurs à granularité fine ne consiste pas simplement à réaliser une prouesse technique, mais a pour objectif de ne pas imposer de contraintes au niveau de l'interface utilisateur. Par cette approche, les conventions sociales viennent naturellement se mettre en place plutôt que d'êtres imposées par le logiciel. Par exemple, Aspects [GRO 91], un produit commercial qui permet notamment d'éditer des graphiques structurés, verrouille l'objet couramment sélectionné, ce qui facilite la gestion des accès concurrents mais peut occasionner une gêne pour les utilisateurs. Il en est de même pour les systèmes utilisant le tour-de-rôle[3], mode d'interaction où un seul utilisateur a accès à l'édition du document, les autres utilisateurs devant "demander la main" pour pouvoir modifier le document. Ce mode d'interaction n'est cependant utile que dans le cadre limité des conférences où l'interaction entre participants doit être séquentielle.

2.3. Conférences et réunions assistées par ordinateur

Si l'ordinateur s'est totalement intégré dans l'environnement du bureau, il est encore pratiquement absent des réunions de travail ou conférences, lieu où l'outil le plus courant reste le tableau ou le rétroprojecteur. Il pourrait être par exemple utile d'avoir accès directement aux fichiers préparés sur l'ordinateur de son bureau et de pouvoir les partager avec les autres membres de la réunion. Les recherches dans ce domaine procèdent d'approches diverses qui tendent à se fusionner.

---

[3] "floor-control" en anglais

Approche audio/vidéo - Parfois appelé téléconférence [JOH 84], cette approche utilise les moyens de télécommunication pour établir une connexion audio/vidéo. La téléconférence assistée par ordinateur simplifie le processus de connexion : on sélectionne dans un menu les utilisateurs auxquels on veut se connecter, et un programme se charge d'établir la connexion.

Le principal inconvénient de cette approche est la difficulté technique de mise en œuvre de ces systèmes et l'absence d'intégration avec l'environnement informatique. IIIF [BUX 90] et CAVECAT [MAN 91] sont des exemples d'approches vidéo dans lesquelles le système se présente à l'utilisateur sous la forme d'un terminal vidéo adjacent à un ordinateur. VideoDraw [TAN 90] et Commune [MIN 91] utilisent une configuration différente en positionnant l'écran de l'ordinateur horizontalement, ce qui se rapproche de la position de travail habituelle sur un bureau.

L'approche audio consiste à utiliser le son dans le travail coopératif. ARKola [GAV 91] est une expérience où un ensemble d'utilisateurs simulent la gestion d'une usine de boissons, les sons fournissent des informations sur le fonctionnement de l'usine. ARKola montre que les sons facilitent le travail coopératif et diminuent de plus la charge visuelle.

Approche informatique - Plus axée sur l'ordinateur, cette approche est appelée Conférence temps-réel par ordinateur [SAR 85] : les participants sont situés dans la même salle ou répartis géographiquement et l'ordinateur sert d'outil pour la conférence. Dans le cas où les participants ne sont pas situés dans la même salle, un lien audio est fréquemment utilisé. Les logiciels sont le plus souvent des outils de partage d'écran qui permettent d'utiliser des applications mono-utilisateurs sans les modifier. D'autres systèmes comme Colab [STE 87a] ou les éditeurs partagés décrits précédemment fournissent des outils spécialement adaptés aux besoins de la conférence. Cette approche, parce qu'elle est basée sur l'informatique, nécessite de bonnes connaissances dans ce domaine pour pouvoir être utilisée sans que la communication au sein du groupe ne soit affectée. C'est la raison pour laquelle Colab limite les utilisateurs à des informaticiens. Au contraire, Capture Lab [ELW 90] est un système conçu pour être employé par des utilisateurs novices en informatique, comme des hommes d'affaires, et s'attache à concevoir une interface adaptée à ces situations. Dans le cadre d'une conférence distribuée géographiquement, on constate que l'absence de présence physique est un frein à l'utilisation de ces systèmes.

Approche mixte - La conférence par ordinateur (*desktop conferencing* en anglais) présente les avantages des deux approches précédentes. La conférence se déroule entièrement à travers l'ordinateur, ce qui signifie que les participants peuvent à la fois visualiser les autres participants sur la console tout en partageant des outils informatiques comme support de la conférence. TeamWorkstation [ISH 91] et une partie du système CAVECAT permettent ce type d'interaction. L'absence de contact visuel, plus difficile à réaliser que pour les systèmes utilisant la vidéo, est un inconvénient que le système ClearBoard [ISH 92] a résolu dans le cas limité à deux personnes (voir la section Influence des Sciences humaines pour plus de détails).

Les diverses approches que nous avons présentées ne visent pas uniquement à se réunir à distance à travers l'ordinateur et les moyens audio/vidéo. À plus long terme c'est la notion de téléprésence et d'*espace médiatique*[4] qui devient importante. Un espace médiatique est une nouvelle forme d'interaction humaine, différente de l'interaction physique car moins formelle, combinant les techniques audio/vidéo/informatique afin d'augmenter la coopération entre personnes géographiquement éloignées. Les principales recherches dans ce domaine proviennent de Xerox PARC, de Rank Xerox EuroPARC, de l'Université de Toronto et de Bellcore [MAN 91, GAV 92, ACM 93].

2.4. Systèmes d'aide à la décision

Les systèmes d'aide à la décision[5] permettent l'exploration de problèmes non-structurés par un groupe d'utilisateurs. Ces applications sont fréquemment utilisées dans les réunions assistées par ordinateur pour accélérer et faciliter le processus de décision. Les réunions se passent généralement dans une même salle et les ordinateurs sont intégrés au bureau afin de ne pas gêner la visibilité entre participants. Le Planning and Decision Laboratory à l'Université d'Arizona [NUM 87] et Colab à Xerox PARC [STE 87a]sont deux exemples d'environnements qui intègrent l'ordinateur dans les salles de réunions. Les chercheurs visant à intégrer l'ordinateur aux salles de réunions partent de la constatation que les responsables d'entreprises passent la majorité de leur temps en réunion. Par conséquent, toute

---

4 "media space" en anglais

5 "Group Decision Support System" ou GDSS en anglais

application développée pour être utilisée au bureau personnel sera inutile, par manque de temps pour en tirer un avantage.

Les systèmes d'aide à la décision sont utiles à la fois pour produire, structurer et analyser l'information. GROVE [ELL 91] est un outil qui permet de produire des squelettes de document : plusieurs utilisateurs peuvent simultanément éditer un plan en communiquant parallèlement par voie audio. Cognoter [STE 87a] permet de structurer les idées générées pendant une réunion sous forme graphique : les idées peuvent êtres regroupées et les liens entre les textes correspondent à l'ordre de la présentation. gIBIS [CON 88] est un système hypertexte qui permet comme Cognoter de structurer les idées générées pendant une conversation et de les analyser ensuite. Les outils de vote sont aussi fréquemment utilisés conjointement à ces systèmes.

Plus récemment, le Planning and Decision Laboratory concentre ses recherches sur des systèmes d'aides à la décision pouvant être utilisé par des groupes de grande taille [ROB 91a]. Leur but est de porter la capacité des ces systèmes à 64 personnes. Dans l'état courant des recherches, les systèmes d'aide à la décision se révèlent d'une plus grande utilité dans le contexte de groupes importants, en partie parce qu'ils facilitent l'intervention parallèle de plusieurs personnes.

2.5. Coordinateurs

Le but des coordinateurs est de faciliter le travail de coordination au sein d'un groupe. Pour cela, différentes techniques sont mises en œuvre : un utilisateur peut visualiser son état par rapport à la tâche à réaliser par le groupe, ce qui lui permet de prévoir ses actions futures. Cela permet également d'informer les utilisateurs de leur état et des tâches en attente.

On distingue deux approches pour construire des outils de coordination. La première consiste à construire une représentation graphique interne des interdépendances entre activités. Elle peut être utilisée pour modéliser les procédures d'organisation. DIPLAN [HOL 88] est un langage de coordination graphique qui part de ce principe. Une autre approche [FLO 88, CIN 88] s'appuie sur un modèle de communication appelé Speech Act Theory [SEA 69]. Un exemple est The Coordinator [FLO 88] qui utilise une représentation de la conversation sous forme de requêtes et promesses, une requête devant être émise avant qu'une promesse puisse être donnée. Les échanges conversationnels se font à travers une messagerie électronique et The Coordinator enregistre les requêtes/promesses et les redistribuent afin de coordonner les actions du groupe.

3. Architectures Logicielles et Techniques d'Implémentation

L'implémentation de systèmes interactifs mono-utilisateurs pose encore de nombreux problèmes, malgré les outils qui existent déjà. L'implémentation de collecticiels est encore plus difficile car il s'agit de gérer non plus un mais plusieurs utilisateurs agissant en parallèle sur des données partagées.

À partir du modèle d'architecture traditionnel qui sépare une application en un noyau fonctionnel et une interface, on distingue trois approches pour l'architecture des systèmes collecticiels, résumées schématiquement sur la figure 3 :

- *Architecture centralisée* : un seul processus gère plusieurs fenêtres sur les terminaux des differents utilisateurs ;
- *Architecture répliquée* : un processus correspond à chaque utilisateur, et les processus communiquent entre eux pour garder la cohérence des données qui sont répliquées sur chaque site ;
- *Architecture hybride* : un processus central gère la cohérence des données et un processus par utilisateur gère les actions non sémantiques de l'utilisateur sur l'interface.

Chaque architecture a ses avantages et inconvénients suivant le type de collecticiel que l'on veut développer. L'architecture centralisée a l'avantage de la simplicité d'implémentation, au prix de deux inconvénients non négligeables pour un système interactif. D'une part, le temps de réponse de l'interface est fortement ralenti puisqu'un seul processus traite les actions des *n* utilisateurs. On imagine facilement la perte de performance d'un tel système pour un grand nombre d'utilisateurs répartis sur un réseau longue distance. D'autre part, un système centralisé n'est pas robuste : si le processus central est bloqué, tous les utilisateurs sont bloqués.

L'architecture répliquée ne présente pas les inconvénients de l'architecture centralisée mentionnés ci-dessus. Son principal inconvénient est la difficulté d'implémentation : la modification simultanée des données partagées introduit la possibilité de conflits, d'où la nécessité d'implémenter un algorithme pour gérer la concurrence [ELL 89, KAR 93].

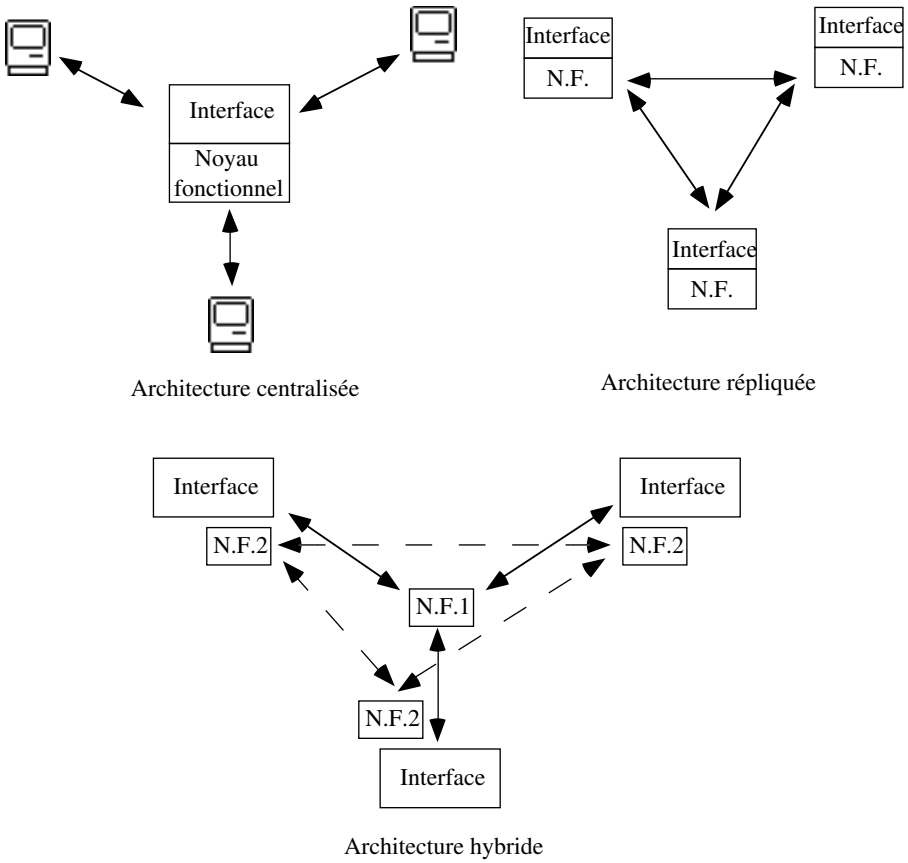

Figure 3. *Les différentes architectures.*

L'architecture hybride résout partiellement un des inconvénients de l'architecture centralisée : la dégradation du temps de réponse de l'interface. En introduisant un processus qui gère l'interaction homme-machine, les actions non sémantiques des utilisateurs (déroulement d'un menu, boîtes de dialogues, etc.) sont traitées localement et les actions sémantiques non-conflictuelles peuvent êtres propagées sans passer par le processus central (N.F.2 sur la figure 3). Néanmoins, les actions sémantiques (modification des données partagées) sont toujours plus lentes à être exécutées puisqu'il faut attendre la réponse du processus central (N.F.1 sur la figure 3), qui assure le séquencement des opérations.

Quelle que soit l'architecture utilisée, la tâche d'implémenter un système collecticiel n'en reste pas moins ardue. Un collecticiel est à la fois un système interactif et un système distribué, or ces domaines ont

peu de choses en commun. Par conséquent les développeurs de collecticiel font appels à diverses méthodes dont aucune n'est vraiment satisfaisante. D'autre part, les outils de mise au point pour collecticiel sont peu répandus et doivent être développés localement, comme cela a été fait pour Colab [STE 87a]. Les développeurs de Colab utilisent un outil qui enregistre l'activité du réseau et permet de visualiser les files d'attentes de messages sur chaque machine. Cet outil permet de détecter si un message non valide a été envoyé. Un autre outil propage les modifications du programme sur chaque machine afin d'éviter d'effectuer ce travail répétitif manuellement.

La technique d'implémentation la plus simple consiste à utiliser un système de partage d'écrans ou de fenêtres. Cela ne nécessite aucune modification pour transformer une application mono-utilisateur en collecticiel. Un des outils pionniers est NLS [ENG 75] qui permet à deux participants de partager une vue sur un objet (code, graphique) et de contrôler cet objet à tour de rôle. De même, Timbuktu [FAR 88], un produit commercial pour Macintosh, permet le contrôle d'écran à distance aussi bien à travers un modem que sur un réseau local.

Construits au-dessus de systèmes de fenêtrage mono-utilisateurs existants, des outils de partage de fenêtres comme SharedX [GUS 88], VConf [LAN 86], Rapport [ENS 88] et MMConf [CRO 90] permettent à un programme client d'afficher plusieurs copies d'une fenêtre aux différents utilisateurs du programme. Ces outils utilisent aussi bien l'architecture répliquée que centralisée. Les collecticiels créés avec ces outils sont totalement transparents, c'est-à-dire que l'application interagit avec plusieurs utilisateurs sans le savoir. Ceci permet d'utiliser directement une application mono-utilisateur puisqu'il n'est pas nécessaire d'ajouter du code pour transformer une telle application en collecticiel.

Ces systèmes de fenêtrage partagé présentent l'avantage de la simplicité d'implémentation et permettent de réutiliser toutes les extensions de plus haut-niveau. Par exemple, une version partagée du système de fenêtrage X [SCH 86] peut utiliser des boîtes à outils comme Motif. L'inconvénient de cette approche est que la transparence des systèmes ne permet pas de construire des collecticiels qui nécessitent l'implémentation de fonctions plus sophistiquées comme la gestion de fenêtres publiques et privées. De plus, il n'est pas possible d'étendre un système de fenêtrage partagé avec des primitives de haut-niveau puisque les seuls objets manipulés sont les pixels, fenêtres et écrans. Ainsi, une barre de défilement est un objet de haut-niveau qui sera forcément partagé par tous les

utilisateurs. L'implémentation d'une interface WYSIWIS[6] non stricte [STE 87b] est pour les mêmes raisons impossible à réaliser, ce qui limite les collecticiels que l'on peut implémenter avec cette méthode.

Afin de faciliter la construction de collecticiels, divers travaux de recherche visent à développer des boîtes à outils spécialisées. Les principales boîtes à outils sont GroupKit [ROS 92], Suite [DEW 92], Colab [STE 87a], Rendezvous [PAT 90] et DistEdit [KNI 90]. GroupKit utilise une architecture répliquée et permet d'implémenter des outils pour conférences temps-réel. Une des particularités est l'incorporation dans la boîte à outils d'un système multicouche qui permet de superposer une fenêtre transparente au-dessus de la fenêtre de l'application principale, ce qui permet de gérer les curseurs multiples et l'annotation de documents. Suite, contrairement à GroupKit, utilise le modèle de données de l'application et est implémenté suivant une architecture hybride. Une de ses caractéristiques principales est la possibilité d'implémenter un collecticiel tout en variant la transparence du système. Ceci permet de conserver à la fois l'avantage des systèmes de fenêtres partagés et celui des boîtes à outils de haut-niveaux. Colab et Rendezvous sont basés sur des systèmes d'objets partagés. Un programme est implémenté comme un ensemble d'objets communicants, la boîte à outils gérant la cohérence des objets. Spécialement conçue pour la construction d'éditeurs de texte, DistEdit est une boîte à outils qui permet de construire un éditeur de texte hétérogène multi-utilisateur par des modifications minimales d'un éditeur mono-utilisateur existant. Le peu de modifications à ajouter au code du programme et la possibilité pour chaque utilisateur d'éditer un document avec son propre éditeur sont des caractéristiques importantes respectivement pour les concepteurs que pour les utilisateurs. Le principal défaut de DistEdit est que le seul mode d'interaction est le tour-de-rôle.

Ces différentes solutions ne sont pas suffisantes pour implémenter des éditeurs qui nécessitent la manipulation fréquente d'objets partagés avec une granularité fine et une réponse rapide de l'interface aux actions des utilisateurs. C'est la raison pour laquelle des systèmes comme GROVE et GroupDesign n'utilisent pas de boîtes à outils collecticielles mais implémentent leur propre gestion du contrôle de

---

6 "What You See Is What I See", se dit d'une interface dont les utilisateurs ont exactement la même vue. "WYSIWIS non stricte" signifie que les utilisateurs n'ont pas *exactement* la même vue. Cette indépendance sur la vue du document se réalise généralement par des systèmes dont les barres de défilement ne sont pas partagées ce qui permet aux utilisateurs de se déplacer dans le document indépendamment les uns des autres.

l'accès concurrent aux données par des algorithmes appropriés fondés sur la sémantique de l'application [ELL 89, KAR 93].

4. Aspect pluridisciplinaire

La section précédente sur l'architecture nous montre que le collecticiel soulève des problèmes techniques qui ne sont pas simples à résoudre. Néanmoins, ces problèmes ne doivent pas occulter les autres aspects liés au collecticiel. Une des composantes essentielles en est la pluridisciplinarité (voir figure 4). Cette pluridisciplinarité existe déjà dans le domaine des interfaces homme-machine, notamment avec la psychologie et l'ergonomie. Le collecticiel ajoute les domaines suivants des Sciences Humaines :

- *Psychologie* : cette discipline traite de l'effet psychologique de l'utilisation d'un collecticiel au sein d'un groupe, c'est une discipline qui était déjà liée aux interfaces homme-machine, et qui s'étend à la psychologie de groupe.
- *Linguistique* : ce domaine est riche en connaissance sur la structure des conversations et dialogues qui peuvent être réutilisées pour construire des outils de communication [WIN 86]. Un exemple d'approche linguistique est le langage à double niveau décrit dans la section suivante.
- *Sociologie* : le collecticiel affecte notre société et en particulier les organisations. Un collecticiel conçu pour être utilisé dans une organisation ne peut ignorer les lois qui gouvernent cette organisation.
- *Anthropologie* : l'interaction au sein d'un groupe varie suivant les cultures, d'où la nécessité d'adapter le collecticiel aux besoins des différentes cultures. On notera par exemple les approches très différentes des Scandinaves, qui construisent des systèmes "sociaux", et des Américains, plus portés sur les systèmes "individualistes" tels que les éditeurs partagés.

Bien que chacun de ces domaines présente une approche propre, ils ont en commun de traiter de la dimension humaine. Du point de vue de l'Informatique, le collecticiel s'inspire des recherches de domaines variés dont les principaux sont les suivants :

- *Réseaux et télécommunication* : les systèmes collecticiels dépendent souvent directement des capacités des réseaux sous-jacents. Ainsi, le collecticiel évolue de pair avec les progrès en réseaux et télécommunication. Actuellement, c'est

plutôt l'évolution des réseaux à haut-débit qui motive les concepteurs de collecticiel et non l'inverse. Les possibilités des réseaux à haut-débits posent un problème de rentabilisation puisqu'il existe peu d'applications hormis la téléphonie.

- *Intelligence artificielle* : certaines applications comme LIZA [GIB 89] ou Information Lens [MAL 87] font appel à des agents "intelligents". Ces agents interviennent dans le groupe, parfois comme participants, pour jouer des rôles particuliers. Dans la boîte à outils LIZA, un agent nommé Liza peut joindre une session, sa présence signifie qu'un certain nombre de règles entrent en jeu. Un agent peut ainsi représenter le modérateur d'un groupe ou un participant supplémentaire dans un jeu qui nécessiterait un nombre minimal de joueurs. Ces agents font souvent appel à l'Intelligence Artificielle afin de simuler des comportements humains dits "intelligents".
- *Interfaces homme-machine* : la conception d'une interface multi-utilisateurs nécessite la création de nouvelles métaphores ainsi que de nouveaux modes d'interaction. Il est intéressant de voir les interfaces mono-utilisateurs comme un cas particulier des interfaces multi-utilisateurs, ce qui dans certain cas enrichit cette interaction.
- *Systèmes distribués* : un collecticiel est avant tout un système distribué mais dont les caractéristiques particulières permettent rarement de profiter des résultats des systèmes distribués existants. Le besoin de réponse rapide de l'interface aux actions des utilisateurs nécessite un contrôle de la concurrence fondé sur la sémantique de l'application, ce qui n'est pas l'approche adoptée par les bases de données réparties. Le collecticiel vient ainsi enrichir le domaine des systèmes distribués par une nouvelle approche.

Le large éventail des domaines liés au collecticiel ne signifie pas que les chercheurs doivent être pluridisciplinaires, mais plutôt qu'ils doivent coopérer. La recherche dans ce domaine est une synergie entre les recherches dans le domaine informatique qui sont créatrices de nouveaux problèmes pour les sciences humaines et les recherches en sciences humaines qui éclairent les chercheurs en informatique sur les raisons de l'échec d'un collecticiel et les aiguillent sur de nouvelles pistes. Ce processus est le même dans chaque discipline : les progrès des réseaux permettent de créer de nouvelles applications collecticielles et inversement génèrent de nouveaux problèmes dans le domaine des réseaux.

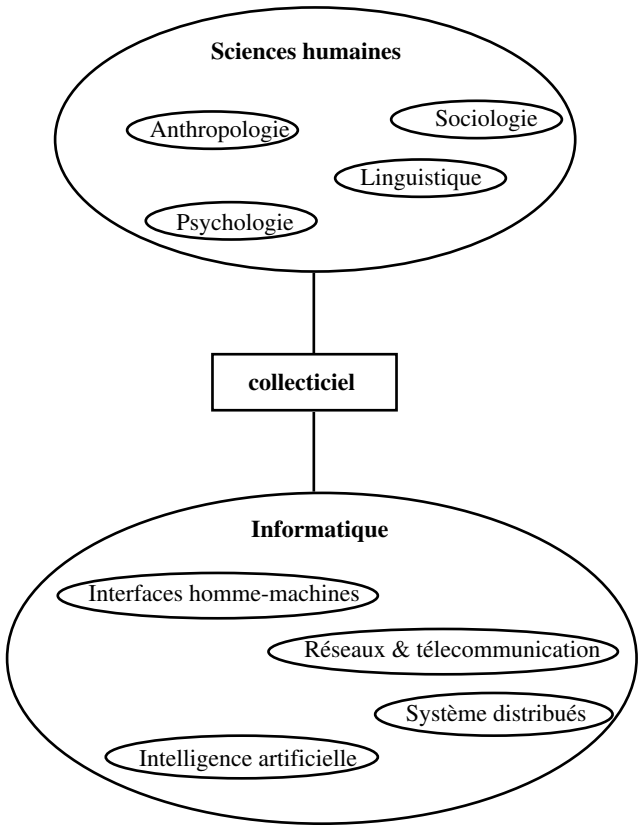

Figure 4. *Pluridisciplinarité du collecticiel*

4.1. Influence des Sciences Humaines

Afin d'illustrer les problèmes liés à la pluridisciplinarité, nous montrons dans les exemples suivants comment les sciences humaines influencent le collecticiel.

Un exemple qui fait référence est l'analyse de l'échec des applications d'agenda électronique de groupe par Jonhatan Grudin [GRU 88]. Le principe de l'agenda de groupe est simple : chaque employé tient à jour son agenda sur ordinateur ; lorsqu'une personne veut prévoir une réunion, elle spécifie la liste des employés avec lesquels elle veut se réunir et l'agenda électronique prévoit automatiquement l'heure de la réunion en fonction des disponibilités de chaque personne. Cependant les agendas électroniques n'ont pas été adoptés par les entreprises. La raison avancée par Grudin est

l'inégalité entre ceux qui fournissent le travail, les employés, et ceux qui en bénéficient, les dirigeants. On remarque en effet que les employés de haut niveau dans la hiérarchie de l'entreprise ont souvent une secrétaire qui s'occupe de gérer leur agenda électronique alors que les employés situés plus bas dans la hiérarchie n'ont pas de secrétaire et doivent par conséquent fournir du travail supplémentaire sans contrepartie directe.

L'échec de l'agenda électronique aurait pu être évité par l'approche plus réaliste de Kyng [KYN 91]. Issue de l'"école Scandinave", il met en avant la conception d'un collecticiel comme produit d'une coopération étroite entre les concepteurs et les utilisateurs. La conception d'un collecticiel se fait graduellement par apprentissage mutuel par les concepteurs des besoins des utilisateurs et par les utilisateurs des possibilités techniques. L'introduction d'un collecticiel dans une organisation ne se résume pas à l'ajout d'un nouvel outil mais introduit une modification de la répartition du travail et par conséquent de toute la structure sociale. Ainsi, dans le domaine du journalisme, l'introduction de l'ordinateur à posé un problème en voulant en résoudre un autre. Il s'agissait de permettre aux journalistes de saisir directement leurs textes sur ordinateur afin d'éliminer la phase de correction orthographique effectuée par des spécialistes, grâce à un logiciel de correction orthographique. Cependant les auteurs d'articles passaient finalement plus de temps à mettre au point la version finale de l'article plutôt qu'à réfléchir dessus. Ceci a eu pour conséquence un déclin de la qualité des articles. Une étude plus poussée sur l'organisation du travail aurait montré que le travail d'un correcteur orthographique ne se limite pas à vérifier l'orthographe, mais aussi la syntaxe, la cohérence et la lisibilité de l'article et qu'ainsi l'élimination des correcteurs de l'organisation impliquait un travail de mise en forme supplémentaire pour les journalistes.

De la linguistique, Robinson [ROB 91b], inspiré entre autres par les recherches célèbres de Gregory Bateson [BAT 72] sur la communication humaine, nous montre l'influence du *langage à double niveau* sur le collecticiel. Toute tâche collective non-triviale nécessite une communication qui permette d'osciller entre l'ambiguïté et la clarté. Ces deux notions sont vues comme l'aspect *formel* et *culturel* d'un langage. Pour réussir à s'implanter, le collecticiel doit faciliter la séparation et l'interaction entre les niveaux formel et culturel. Un collecticiel qui favorise un aspect au détriment d'un autre est voué à l'échec. Par exemple, dans GROVE, le niveau formel est l'éditeur de texte sur lequel les participants agissent simultanément, alors que le niveau culturel est le lien audio qui permet de converser sur le texte. Cette distinction est bien réalisée dans ClearBoard [ISH 92], un outil qui permet à deux personnes de dessiner tout en gardant le contact

visuel. La métaphore suivante est utilisée : deux personnes sont assises face à face et une vitre transparente, sur laquelle ils peuvent dessiner, est interposée entre eux. Cette métaphore est réalisée astucieusement par des moyens informatiques : la surface commune de dessin est superposée à l'image vidéo de l'utilisateur distant, et un système de miroir renverse l'image afin de garder le contact visuel. De cette façon, si un utilisateur regarde un objet sur la surface de dessin commune, l'autre utilisateur le perçoit grâce au contact visuel. ClearBoard, grâce à la superposition des deux images, permet d'osciller très rapidement du niveau formel (la surface de travail partagée) au niveau culturel (le contact audiovisuel entre les deux personnes) et ne favorise pas un niveau au détriment d'un autre : au niveau formel, l'utilisateur peut aussi bien utiliser des logiciels informatiques qu'un tableau physique avec des marqueurs alors qu'au niveau culturel les deux utilisateurs ont une interaction très riche puisqu'ils ont un lien audio/vidéo qui conserve le contact visuel.

5. Conclusion

Nous avons volontairement mis en opposition des considérations purement techniques d'architecture logicielle avec les aspects liés aux sciences humaines afin de mettre en avant la pluridisciplinarité du collecticiel. En résumé, nous avons montré qu'une des clés de la réussite du collecticiel se trouve dans le mot *coopération* : coopération entre les chercheurs des différents domaines, qui prends la forme d'un va-et-vient productif des résultats d'un domaine vers un autre; coopération entre les concepteurs et les utilisateurs de collecticiels afin d'éviter certains des échecs déjà survenus. Par ses caractéristiques particulières, le collecticiel reste difficile à définir : à l'intersection de plusieurs disciplines, il appartient à toutes sans en être aucune. Bien qu'il soit associé maintenant au domaine des interfaces homme-machines, il semble s'en détacher pour opérer un glissement du paradigme de l'interaction homme-machine vers la communication homme-homme. L'ordinateur est ainsi considéré non plus comme outil pour réaliser des tâches personnelles mais comme moyen de communication (voire un média [BEA 92b]) puissant. Cette nouvelle forme d'interaction reste largement inexploré bien que certaines réalisations donnent une idée des possibilités. Avec TeamWorkstation [ISH 91], Iroshi Ishi montre que le collecticiel peut être un outil pédagogique intéressant. Par une technique de superposition d'image, TeamWorkstation présente une méthode d'enseignement de la calligraphie japonaise unique et irréalisable sans le collecticiel. Les

applications pédagogiques ouvrent des voies prometteuses pour les applications du collecticiel.

À une échelle supérieure, le collecticiel est un acteur du changement dans les modes de travail. Comme cela a été noté avec les premières applications, l'introduction d'un collecticiel dans une organisation modifie radicalement la répartition et la méthode de travail. Plus généralement, comme l'analyse Shumpei Kumon [KUM 92], le collecticiel est un des outils qui transforme non seulement les organisations mais aussi notre société d'une phase industrielle à une phase dominée par l'information.

6. Bibliographie

[ACM 86] Proceedings of the 1986 Conference on Computer Supported Cooperative Work, ACM Press, Austin, Texas, December 3-5 1986.

[ACM 93] Communications of the ACM, vol. 36, no. 1, Janvier 1993.

[BAE 91] BAECKER, R., "New Paradigmes for Computing in the Nineties," in *Proc. Graphics Interface,* Calgary, Alberta, June 1991, pp. 224-229.

[BAE 92] BAECKER, R.M., NASTOS, D., POSNER, L.R., and MAWBY, K.L., "The user-centred iterative design of collaborative writing software," in *Proceedings of the Workshop on Real Time Group Drawing and Writing Tools held at CSCW'92,* Toronto,Ontario, October 31 1992.

[BAN 89] BANNON, L. and SCHMIDT, K., "CSCW: Four Characters in Search of a Context," in *Proceedings of the First European Conference on Computer Supported Cooperative Work (EC-CSCW'89),* London, September 1989, pp. 13-15.

[BAT 72] BATESON, G., *Steps to an Ecology of Mind*. Chandler, 1972.

[BEA 92a] BEAUDOUIN-LAFON, M. and KARSENTY, A., "Transparency and Awareness in a Real-Time Groupware System," in *Proc. ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST),* November 1992.

[BEA 92b] BEAUDOUIN-LAFON, M., "Le Collecticiel : vers un Nouveau Media Informatique," in *Actes Informatique'92, l'Interface des mondes réels et virtuels,* March 1992, pp. 48-51, conférence invitée.

[BIR 90] BIRMAN, K., COOPER, R., JOSEPH, T., MARZULLO, K., MAKPANGOU, M., KANE, K., SCHMUCK, F., and WOOD, M., *The ISIS System Manual*, The ISIS Project, Cornell University, September , 1990.

[BUX 90] BUXTON, W. and MORAN, T., "Europarc's Integrated Interactive Intermedia Facility (IIIF): Early Experiences," in *Multi-User Interfaces and Applications*, Gibbs, S. and Verrijn-Stuart, A.A., Eds. North Holland, 1990, pp. 181-188.

[CIN 88] CINDIO, F.D., MICHELIS, G.D., and SIMONE, C., *The Communication Disciplines of CHAOS*. Springer-Verlag, 1988, pp. 115-139.

[CON 88] CONKLIN, J. and BEGEMAN, M.L., "gIBIS: a hypertext tool for exploratory policy discussion," in *Proceedings of the ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW),* Portland, Oregon, September 26-28 1988, pp. 140-152.

[CRO 90] CROWLEY, T., MILAZZO, P., BAKER, E., FORSDICK, H., and MOLINSON, R., "MMConf: An Infrastructure for Building Shared Multimedia Applications," in *Proceedings of the ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW),* October 1990, pp. 329-342.

[DEW 92] DEWAN, P. and CHOUDHARY, R., "A High-Level and Flexible Framework for Implementing Multiuser User Inerfaces," *ACM Transactions on Information Systems*, vol. 10, no. 4, 345-380, October 1992.

[EHN 87] EHN, P. and KYNG, M., "The collective resource approach to system design," in *Computers and democracy - a Scandinavian Challenge*, Bjerknes, G., Ehn, P., and Kyng, M., Eds. Aldershot, UK: Avebury, 1987, pp. 17-57.

[ELL 89] ELLIS, C.A. and GIBBS, S.J., "Concurrency Control in Groupware Systems," in *Proceedings of the ACM SIGMOD'89 Conference on the Management of Data,* Seattle Wash., May 1989, May 2-4.

[ELL 91] ELLIS, C.A., GIBBS, S.J., and REIN, G.L., "Groupware, Some Issues and Experiences," *Communications of the ACM*, vol. 34, no. 1, 38–58, January 1991.

[ELW 90] ELWART-KEYS, M., HALONEN, D., HORTON, M., KASS, R., and SCOTT, P., "User Interface Requirements for Face to Face Groupware," in *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems,* April 1990, pp. 295–301.

[ENG 75] ENGELBART, D.C., "NLS Teleconferencing Features," in *Proceedings of Fall COMPCON,* September 1975, pp. 173-176.

[ENS 88] ENSOR, J.R., AHUJA, S.R., HORN, D.N., and LUCO, S.E., "The Rapport Multimedia Conferencing System: A Software Overview," in *Proceedings of the 2nd IEEE Conference on Computer Workstations,* March 1988, pp. 52-58.

[ENS 90] ENSOR, B., "How can we make groupware paractical? (Panel)," in *Proc. CHI'90 Human Factors in Computing Systems,* Seattle, April 1-5 1990, pp. 87-89.

[FAR 88] *Timbuktu user's guide*, Farallon, 1988.

[FLO 88] FLORES, F., GRAVES, M., HARTFIELD, B., and WINOGRAD, T., "Computer sytems and the design of organizational interaction," *ACM Transactions on Office Information Systems*, vol. 6, no. 2, 153-172, April 1988.

[FRI 89] FRIEDMAN, A.L., *Computer systems development: History, organization and implementation*. Chichester, UK: Wiley, 1989.

[GAV 91] GAVER, W.W., SMITH, R.B., and O'SHEA, T., "Effective Sounds in Complex Systems: the Arkola Simulation," in *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems,* May 1991, pp. 85–90.

[GAV 92] GAVER, W.W., "The Affordances of Media Spaces for Collaboration," in *Proceedings of the ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW),* November 1992, pp. 17-24.

[GIB 89] GIBBS, S.J., "LIZA: An Extensible Groupware Toolkit," in *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems,* Austin, TX, May 1989, pp. 29–35.

[GOL 92] GOLDBERG, D., NICHOLS, D., OKI, B.M., and TERRY, D., "Using collaborative filtering to weave an information tapestry," *Communications of the ACM*, vol. 35, no. 12, 61-70, December 1992.

[GRE 86] GREIF, I., SELIGER, R., and WEIHL, W., "Atomic Data Abstractions in a Distributed Collaborative Editing System," in *Proc. ACM Symposium on Principles of Programming Languages (POPL),* Jannuary 1986, pp. 160–172.

[GRE 92] GREENBERG, S., ROSEMAN, M., and WEBSTER, D., "Human and Technical Factors of Distributed Group Drawing Tools," *Interacting with Computers*, vol. 4, no. 3, 364-392, December 1992.

[GRO 91] *Aspects: The first simultaneous conference software for the Macintosh, Version 1*, Group Technologies Inc, Arlington, 1991, Group Technologies, User's manual.

[GRU 88] GRUDIN, J., "Why CSCW Applications Fail: Problems in the Design and Evaluation of Organizational Interfaces," in *Proceedings of the ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW'88),* Portland, OR, September 26-29 1988, pp. 85-93.

[GUS 88] GUST, P., "Shared X: X in a distributed group word environment," in *The Second Annual X Technical Conference,* MIT, Jan. 1988.

[HIL 85] HILTZ, S.R. and TUROFF, M., "Structuring computer-mediated communication systems to avoid information overload," *Communications of the ACM*, vol. 28, no. 7, 680-689, July 1985.

[HOL 88] HOLT, A.W., "Diplans: A New Language for the Study and Implementation of Coordination," *ACM Transactions on Office Information Systems*, vol. 6, no. 2, 109-125, April 1988.

[ISH 91] ISHII, H. and MIYAKE, N., "Towards an open shared workspace: computer and video fusion approach of TeamWorkstation," *Communications of the ACM*, vol. 34, no. 12, 37-50, December 1991.

[ISH 92] ISHII, H. and KOBAYASHI, M., "ClearBoard: A seamless medium for shared drawing and conversation with eye contact," in *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems,* Monterey, California, May 3-7 1992, pp. 525-532.

[JOH 84] JOHANSEN, R., *Teleconferencing and Beyond: Communications in the Office of the Future*. McGraw-Hill, New York, 1984.

[KAR 93] KARSENTY, A. and BEAUDOUIN-LAFON, M., "An Algorithm for Distributed Groupware Applications," in *Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems ICDCS'93 ,* Pittsburgh, Pennsylvania, May 25-28 1993.

[KNI 90] KNISTER, M.J. and PRAKASH, A., "DistEdit: A Distributed Toolkit for Supporting Multiple Group Editors," in *Proceedings of the Third Conference on Computer-Supported Cooperative Work ,* Los Angeles, CA, October 1990.

[KUM 92] KUMON, S., "From wealth to wisdom: A change in the social paradigm," in *Proceedings of the ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW),* November 1992, pp. 3.

[KYN 91] KYNG, M., "Designing for cooperation: cooperating in design," *Communications of the ACM*, vol. 34, no. 12, 65-73, 1991.

[LAN 86] LANTZ, K.A., "An experiment in integrated multimedia conferencing," in *Proceedings of the ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW),* December 1986, pp. 267-275.

[LEL 88] LELAND, M.D.P., FISH, R.S., and KRAUT, R.E., "Collaborative Document Production Using Quilt," in *Proc. ACM Conference on Computer Supported Collaborative Work (CSCW),* September 1988, pp. 206–214.

[LEV 90] LEVY, P., *Les technologies de l'intelligence*. Ed. La découverte, 1990.

[LEW 88] LEWIS, B.T. and HODGES, J.D., "Shared Books: Collaborative publication management for an office information system," in *Proceedings of the Conference on Office Information Systems,* Palo Alto, CA, March 1988, pp. 197-204.

[LU 91] LU, I.M. and MANTEI, M.M., "Idea Management in a Shared Drawing Tool," in *Proceedings of the Second European Conference on Computer-Supported Cooperative Work,* September 25-27 1991, pp. 97-112.

[LUT 90] LUTZ, E., KLEIST-RETZOW, H.V., and HOERNING, K., "MAFIA - An active mail-filter agent for an intelligent document processing support," in *Multi-User Interfaces and Applications*, Gibbs, S. and Verrijn-Stuart, A.A., Eds. North Holland, 1990, pp. 16-32.

[MAL 87] MALONE, T.W., GRANT, K.R., TURBAK, F.A., BROBST, S.A., and COHEN, M.D., "Intelligent Information-Sharing Systems," *Communications of the ACM*, vol. 30, no. 5, 390–402, May 1987.

[MAN 91] MANTEI, M., BAECKER, R., SELLEN, A., BUXTON, W., and MILLIGAN, T., "Experience in the Use of a Media Space," in *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'91),* 1991, pp. 203-208.

[MIC 92] *Microsoft Word User's Guide*, Microsoft Corporation, 1992.

[MIN 91] MINNEMAN, S.L. and BLY, S.A., "Managing a trois: a study of a multi-user drawing tool in distributed design work," in *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'91),* 1991, pp. 217-224.

[NEU 92] NEUWIRTH, C.M., CHANDHOK, R., KAUFER, D.S., ERION, P., MORRIS, J.., and MILLER, D., "Flexible DIFFing in a Collaborative Writing System," in *Proc. ACM Conference on Computer Supported Collaborative Work (CSCW), ,* 1992, pp. 147-154.

[NUM 87] NUNAMAKER, J.F., APPLEGATE, L.M., KONSYNSKI, B.R., "Faciliting group creativity: Experience with a Group Decision Support System," *Journal of Management Information Systems,* vol. 3, no. 4, 1987.

[OPP 88] OPPER, S., "A groupware toolbox." *Byte*, December 1988.

[PAT 90] PATTERSON, J.F., HILL, R.D., ROHALL, S.L., and MEEKS, W.S., "Rendezvous: An Architecture for Synchronous Multiuser Applications," in *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work,* October 1990, pp. 317-328.

[POL 88] POLLOCK, S., "A rule-based message filtering system," *ACM Transactions on Office Information Systems*, vol. 6, no. 3, pp. 232-254, July 1988.

[ROB 91a] ROBINSON, M., "Computer Supported Co-operative Work: Cases and Concepts," in *Groupware 1991 The Potential of Team and Organisational Computing,* Hendriks, P.R.H., SERC, Utrecht, The Netherlands, 1991.

[ROB 91b] ROBINSON, M., "Double level languages and co-operative working," *AI & Society*, vol. 5, 34-60, 1991.

[ROS 92] ROSEMAN, M. and GREENBERG, S., "GroupKit: A GroupwareToolkit for Building Real-Time Conferencing Applications," in *Proceeding of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work,* November 1992, pp. 43-50.

[SAR 85] SARIN, S. and GREIF, I., "Computer-Based Real-Time Conferencing Systems," *IEEE Computer*, vol. 18, no. 10, pp. 33-45, 1985.

[SCH 83] SCHEIDERMAN, B., "Direct Manipulation: a Step Beyond Programming Languages," *IEEE Computer*, pp. 57-69, August 1983.

[SCH 86] SCHEIFLER, R.W. and GETTYS, J., "The X Window System," *ACM Transactions on Graphics*, vol. 5, no. 2, 79–109, April 1986.

[SEA 69] SEARLE, J.R., *Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language*. Cambridge University Press, 1969.

[STE 87a] STEFIK, M., FOSTER, G., BOBROW, D.G., KAHN, K., LANNINGAND, S., and SUCHMAN, L., "Beyond the Chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings," *Communications of the ACM*, vol. 30, no. 1, 32–47, Jannuary 1987.

[STE 87b] STEFIK, M., BOBROW, D.G., FOSTER, G., LANNING, S., and TATAR, D., "WYSIWIS Revisited: Early Experiences with Multiuser Interfaces," *ACM Trans. on Office Information Systems*, vol. 5, no. 2, 147–167, April 1987.

[TAN 90] TANG, J.C. and MINNEMAN, S.L., "Videodraw: A Video Interface for Collaborative Drawing," in *ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems,* ACM Press, April 1990, pp. 313-320.

[WAY 89] Proceedings of the 1st European Conference on Computer Supported Cooperative Work, Way, B., Computer Sciences Company, Computer Sciences Houses, Gatwick, London, UK, September 13-15 1989.

[WEI 71] WEINBERG, G.M. *Psychology of computer programming*. New-York: Van Nostrand Reinholt, 1971.

[WIN 86] WINOGRAD, T. and FLORES, F., *Understanding Computer and Cognition*. Addison-Wesley, 1986.

Biographie

Alain Karsenty termine sa thèse à l'Université Paris-Sud dont le sujet porte sur le collecticiel et plus particulièrement sur l'édition de graphiques partagés. Il a obtenu des résultats à la fois sur les interfaces collecticiels ainsi que sur les algorithmes distribués.