

Saadi Lahlou, Valery Nosulenko et Elena Samoylenko

Un cadre méthodologique pour le design des environnements augmentés

Résumé. Etudier l'interaction et le travail quotidien dans des environnements augmentés par l'intégration de technologies de l'information et de communication pose des problèmes théoriques, méthodologiques, éthiques et techniques. On décrit ici le cadre de "réalité expérimentale" mis en place au Laboratoire de Design Cognitif pour développer de tels environnements à partir de l'analyse de situations réelles sur le long terme à une échelle jusqu'ici inédite. Cet article décrit les fondements théoriques, les outils d'observation, les méthodes d'analyse utilisés, et présente quelques résultats et premières conclusions après une période d'observation de deux ans.

Mots-clés. *Activité – Affordance – Attracteurs cognitifs – Cognition – Cos – Communication – Design – Environnements augmentés – NTIC – Observation – Qualité perçue – Travail de bureau – Vidéo*

Introduction

On appelle environnements "augmentés" des espaces dans lesquels les objets physiques usuels sont reliés à un système d'information numérisé. Cette numérisation augmente leur capacité d'interaction

Cette recherche a été réalisée à EDF R&D dans le cadre du Laboratoire de Design Cognitif, en partenariat avec: la Fondation Maison des Sciences de l'Homme/Programme Cognition et Communication, la Carnegie-Mellon University/CBPD, Dàlt (Design à Long Terme). Elle a bénéficié d'un financement européen dans le cadre du projet Ambient Agoras (IST/ Disappearing Computer Initiative contact No IST-2000-25134).

Information sur les Sciences Sociales © 2002 SAGE Publications (Londres, Thousand Oaks, CA et New Delhi), 41(4), pp. 471-530.

0539-0184[200212]41:4;471-530;029116

avec l'utilisateur ou avec d'autres objets: par exemple une porte équipée d'un capteur vérifie sur une base de données l'identité du visiteur avant de s'ouvrir, une machine à café signale que son niveau de réserve est bas et lance la commande de renouvellement, un agenda personnel reste en contact avec la base centrale pour être à jour à tout moment . . . L'augmentation donne en quelque sorte un esprit rudimentaire à l'objet matériel, comme en ont les objets magiques dans les contes de fées.

De nombreux lieux de travail modernes sont déjà des environnements augmentés, où certaines machines sont reliées à des systèmes d'information. On parle de "réalité augmentée" et de *tangible user interfaces* (Abowd et Mynatt, 2002; Ishii et Ullmer, 1997; Mackay, 2000; Mackay et al., 1998; Ullmer et Ishii, 2002). Bientôt, les environnements professionnels seront des environnements augmentés, permettant un travail coopératif assisté par ordinateur, reliant, dans un processus de production réticulaire, des personnes, des machines, des systèmes d'information dispersés (Pavard, 1994). Une quantité considérable de recherches et de développements portent sur les NTIC (Nouvelles technologies de l'information et de la communication), les interfaces homme-machine (graphiques, vocales, tactiles), les systèmes de communication (vidéo, mobilité), des systèmes permettant la coopération asynchrone et distribuée. L'ouvrage dirigé par J. M. Carroll (2002) est un bon exemple de panorama de ces travaux.

Face à cette révolution technologique qui change profondément le travail humain, il a fallu développer de nouvelles approches pour l'observation, l'analyse et le développement. L'approche de "design cognitif" (concevoir des outils pour le travail intellectuel) nécessite à la fois une bonne compréhension des activités de groupes d'individus interagissant avec des systèmes sociotechniques complexes, et une analyse très détaillée de la manière dont les individus perçoivent les éléments de leur environnement (outils, instruments . . .). Le Laboratoire de Design Cognitif (LDC d'EDF R&D), fruit d'une coopération internationale, est emblématique d'une nouvelle forme de recherche adaptée à ces problématiques: "la réalité expérimentale". Il s'agit de combiner expérimentation en milieu réel et observation poussée, deux approches jusqu'ici difficilement compatibles. Cet article décrit le "laboratoire vivant" du LDC, mis en place dans un bâtiment expérimental (voir Figure 1). Un groupe de sujets y effectuent leur travail quotidien dans un environne-



FIGURE 1
L'espace expérimental du K1

ment futuriste, tout en participant à des protocoles d'observation particulièrement approfondis qui s'étalent sur des mois voire des années. Ces protocoles permettent à des psychologues, aidés par des designers et des informaticiens, de mettre au point de nouveaux environnements de travail cognitif plus confortables et efficaces. Ils permettent également de mener des recherches fondamentales en psychologie sociale et cognitive (représentations sociales, coopération). Ces dernières, en cours, ne seront qu'évoquées dans cet article qui présente les méthodes d'observation, certaines théories sous-jacentes et quelques résultats.

La section suivante présente la "réalité expérimentale", notre paradigme de recherche. Ensuite, deux sections situent notre approche théorique et méthodologique de l'analyse des environnements augmentés. Puis une section décrit le fonctionnement du Laboratoire vivant et les méthodes d'observation et d'analyse utilisées. Quelques exemples de résultats empiriques sont alors présentés, puis on termine par quelques conclusions préliminaires.

La réalité expérimentale: vers une nouvelle forme de laboratoires d'usage

Pour être utilisable, un instrument doit pouvoir s'intégrer dans les pratiques du groupe qui l'utilise. La conception du "mode d'emploi" fait partie intégrante de la conception d'un bon outil. Dans le cas d'outils destinés à être utilisés par un collectif, ce "mode d'emploi", la partie immatérielle du dispositif, contient notamment des conventions partagées (par exemple, ne pas envoyer de grosses pièces jointes à des destinataires multiples par la messagerie électronique) et des représentations sociales (Moscovici, 1976). La conception d'outils dans le domaine des NTIC ("design cognitif") est une opération difficile précisément en raison de la difficulté à concevoir des modes d'emploi aisés. L'utilisateur le sait bien: les problèmes qu'il rencontre avec les NTIC proviennent moins du fait qu'elles "ne marchent pas" que d'un usage problématique.

En effet, les outils cognitifs sont destinés à être impliqués dans des processus d'interprétation et de communication, qui sont des processus sociaux. L'introduction de l'outil cognitif va changer les usages, mais il est difficile d'anticiper comment. Pour répondre à cette difficulté, on met en place une ingénierie de conception progressive, dans laquelle les produits sont testés à petite échelle auprès de groupes d'utilisateurs, puis améliorés au fur et à mesure. Le design participatif est une méthode de recherche-action dans laquelle les expérimentateurs participent volontairement à la mise au point, dans un dialogue constructif avec les concepteurs (Ehn, 1992; Kyng et Mathiassen, 1997). Cette participation active permet d'améliorer la qualité d'usage du produit final.

Les opérations cognitives se caractérisent par l'utilisation d'un grand nombre d'outils "extérieurs" à l'acteur (PC, écran . . .) certes, mais aussi d'outils de pensée "intérieurs". Pour comprendre l'activité, il est alors nécessaire d'obtenir la coopération active de l'opérateur dans le recueil et l'analyse des données, pour qu'il donne accès à sa pensée. C'est pourquoi l'observation (par exemple en vidéo) se double en général de questionnements, de commentaires à voix haute de l'opérateur, ou de *debriefs* (l'opérateur commente ex post à l'investigateur son activité, par exemple en regardant les bandes vidéo). On distinguera cette "observation coopérative" de "l'observation participante", classique en ethnographie, dans laquelle l'investigateur participe à l'activité. Dans l'observation coopérative, ce sont les observés qui participent à l'opération

d'observation. Cette nuance est cruciale tant sur le plan éthique que sur celui de la motivation des observés.

La réalité expérimentale comme paradigme de recherche

La réalité expérimentale (Lahlou, 2001, 2002; Lahlou et al., sous presse) cherche à combiner les aspects intéressants de deux approches: l'expérimentation contrôlée et l'observation naturaliste. Si certaines de nos techniques sont nouvelles, ce type d'approche n'est pas tout à fait nouveau.

C'est notamment le principe d'expérience naturelle développé par Lazursky au début du siècle dernier (1911). Rappelons que l'expérience naturelle occupe une place intermédiaire entre l'observation et l'expérience en laboratoire. On utilise, dans le cadre de l'expérience naturelle, les méthodes d'observation de l'activité réelle du sujet qui, lui, n'est pas informé des objectifs de cette observation, mais on crée les conditions dans lesquelles certaines tâches deviennent plus probables. Par exemple, pour une analyse comparative de rapidité et de coordination des mouvements chez les enfants, l'espace de leur activité doit comprendre certaines conditions permettant les jeux mobiles. Pour étudier les intérêts de l'enfant, les conditions doivent permettre au sujet de lire les livres, etc. Les avantages de l'expérience naturelle résident (1) dans l'analyse qualitative de l'ensemble des événements étudiés et non pas d'une seule de ses composantes artificiellement "arrachée" de cet ensemble, et (2) dans le rapprochement des conditions de l'étude de celles de la vie réelle des sujets. Lazursky souligne particulièrement que l'analyse qualitative doit précéder l'analyse quantitative: on ne peut pas mesurer les valeurs et les intensités des composantes d'un événement complexe sans connaître sa structure et les rapports entre ses composantes. Un ensemble exhaustif de données d'observation permet de choisir les directions d'analyse qualitative. La méthode expérimentale (test) peut être ensuite utilisée pour préciser les résultats obtenus dans l'observation.

Le principe de créer dans la vie réelle les conditions d'une expérimentation scientifique est tentant. Il est notamment utilisé dans les études épidémiologiques prospectives d'intervention, certaines études de psychologie du développement ou dans les études éthologiques sur très longue période par exemple dans les zoos ou les réserves où des populations d'animaux sont suivies sur plusieurs

générations (de Waal, 1989; Itani, 1957; Kawai, 1965; Köhler, 1973). En somme, le dispositif d'une "réalité expérimentale" signifie qu'un groupe d'individus "normaux" réalise son activité quotidienne à l'intérieur d'une grande enceinte expérimentale, où les activités sont observées en continu, et où il est possible de contrôler diverses variables pour procéder à des études d'impact et à des comparaisons sur le long terme. La particularité de notre approche est de porter sur des adultes humains normaux, conscients, participants volontaires et motivés.

On a proposé à un groupe d'ingénieurs et de chercheurs de se porter volontaires comme sujets d'observation et d'expérience pour mettre au point des environnements de travail du futur. D'un côté, le projet constitue une aventure technologique sans précédent, puisque le travail se fait dans une plate-forme dotée des technologies les plus avancées, avec des instruments prototypes. Les expérimentateurs travaillent en quelque sorte littéralement "dans" le futur. De l'autre, la participation aux expérimentations se double de l'acceptation de participer à des protocoles d'observation parfois invasifs, et continus. Le bâtiment qui les héberge a été conçu précisément pour permettre une observation constante et détaillée de ce qui s'y produit, et les sujets en sont pleinement conscients; ils participent à la construction du système d'observation et à son entretien, rien ne leur est caché. Il s'agit, toutes proportions gardées, d'une expérience analogue aux expériences de vie orbitale dans les stations spatiales. Se soumettre aux protocoles d'observation est compris comme une condition nécessaire de la réussite du projet. Comme pour les missions orbitales, le fait que les données soient recueillies sur des populations volontaires et dont le travail est lié au projet orbital lui-même n'empêche pas que des conclusions générales en soient tirées.

Des biais existent, mais une étude indépendante et approfondie a montré qu'ils n'étaient pas dirimants et que la vie dans le laboratoire vivant était effectivement une vie quotidienne pratiquement normale, les habitants s'habituant vite aux dispositifs d'observation. Ainsi, on observe fréquemment dans nos enregistrements des activités que les sujets réfrènt souvent dans d'autres protocoles d'observation: activités non liées au travail, débordements émotionnels, voire conflits ouverts (Cicourel et Lahlou, 2002). Pour éviter que les résultats des analyses aient une influence sur les sujets, ces résultats ne sont présentés que de manière agrégée, et avec un certain délai. La condition primordiale de réussite d'un tel dispositif est une

éthique sans faille de la part des observateurs, qui doivent veiller à faire passer *systématiquement* l'intérêt individuel des individus avant celui de leur propre recherche, quitte à renoncer parfois à exploiter des données scientifiquement "intéressantes", et à ne jamais prendre le risque de faire, par exemple, perdre la face à l'un des sujets.

Par ailleurs, des études sont également menées en milieu ouvert en dehors du bâtiment expérimental, ce qui permet de s'assurer qu'il n'y a pas de dérives, et une salle de réunion dans le bâtiment est mise à la disposition des habitants du site (1600 personnes), sur réservation. En raison de son confort et des nombreuses technologies qui y sont disponibles (notamment l'écran interactif géant de 3,70m de base et divers systèmes de conférence à distance), cette salle est assez demandée. La condition de son utilisation est que tout ce qui s'y passe soit enregistré en vidéo.

De 2000 à 2002, 25 sujets ont été impliqués de manière approfondie et durable en ayant un poste de travail attribué dans le bâtiment expérimental K1 pendant au moins six mois. Par ailleurs, plus de 300 autres personnes ont participé de manière transitoire aux expérimentations et signé un "consentement informé" pour l'exploitation des données recueillies au cours de leur activité, principalement en utilisant la salle de réunion expérimentale ou en s'engageant dans des protocoles de test sur de nouvelles formes de travail à distance.

La clé du dispositif réside dans l'équation psychologique qui produit la participation des sujets. L'observation est possible et productive parce que les observés ont confiance en ceux qui les observent (ils sont dans la même équipe, travaillent à quelques mètres d'eux), qu'ils savent ce qui va être fait des données, et plus encore, qu'ils ont un intérêt immédiat à ce que ces données soient de qualité: ce sont celles qu'ils utilisent eux-mêmes pour mener à bien leur projet (améliorer leur environnement expérimental). La situation est un peu analogue à celle des malades participant à des protocoles expérimentaux qui visent à découvrir des médicaments qui pourraient les guérir. Si l'on y réfléchit, elle est similaire au processus démocratique mis en place par une collectivité pour se constituer un gouvernement en essayant de comprendre ses propres demandes et aspirations par un vote, puis en utilisant les résultats de ce même vote pour mettre en place des solutions concrètes.

Ce dispositif psychosocial permet de réaliser un bon "design cognitif" qui combine une observation coopérative et un design participatif. Le cycle qui est mis en place comprend les phases suivantes,

qu'il faut comprendre comme un cycle puisque, comme dans le modèle présenté par Don Norman (1988), l'analyse des usages permet un retour sur les spécifications du système:

Observer > analyser > comprendre > concevoir > tester.

L'environnement augmenté est une forme de contexte particulièrement riche. Le design d'un tel environnement nécessite d'abord de bien comprendre la nature des activités cognitives qui vont s'y dérouler. Pour cela, il faut considérer de manière réaliste l'activité qui s'y produit, non pas sous forme de tâches simples et indépendantes réalisées par des individus isolés, mais par des groupes utilisant des systèmes d'instruments sur de longues périodes (par exemple pour la conduite d'un projet impliquant plusieurs entreprises).

Or on sait mal décrire et modéliser les usages collectifs et l'activité distribuée. L'excellent ouvrage de Hutchins (1995) montre en filigrane à quel point il est long de décrire de telles activités. Il est difficile de faire des choix éclairés dans la conception et la spécification des dispositifs et systèmes techniques destinés à aider les utilisateurs à partir de la seule analyse cognitive des tâches individuelles.

Pour analyser l'activité collective augmentée, nous avons été amenés à mobiliser non pas une seule théorie, mais une série de modèles. Il nous a paru utile de les présenter au lecteur dans la section suivante, en un bref panorama: théories de l'activité et du contexte, de l'interaction et de la communication, de la conception.

La notion de contexte en relation avec les notions d'activité et de communication

L'activité de l'homme est un objet de recherche pour l'ensemble des sciences humaines. Nous nous intéressons à la conception d'environnements destinés à servir de cadre au travail cognitif. La notion de contexte, et des activités et communications qui se réalisent dans ce contexte, sont plus particulièrement examinées dans les modèles d'action située (*situated action models*) et de cognition distribuée (*distributed cognition*), dans les théories de l'activité individuelle et de l'activité commune, la psychologie écologique, et dans les

modèles de communication qui prennent en compte les différents aspects du contexte.

Contexte et activité cognitive

Les modèles de l'action située soulignent la dépendance de l'activité humaine à la situation (de Fornel et Quéré, 1999; Suchman, 1987; Suchman et Trigg, 1991, 1993). Un point de vue proche est adopté dans les approches de la cognition située (Resnick, 1991). L'unité d'analyse est la relation entre l'individu et son environnement: *the activity of "persons acting in setting"* (Lave, 1988). Les gens sont considérés autant voire plus comme réagissant spontanément à l'environnement que comme produisant eux-mêmes leurs buts. Bien que les actions soient considérées comme des réponses à l'environnement, les buts ou les plans du sujet sont plutôt considérés comme des explications rétrospectives que les gens avancent après avoir effectué une activité, ou comme des ressources en cas de défaillance de guidage par l'environnement, et non pas comme les *constructs* qui dirigent l'activité.

Les approches de la cognition distribuée s'intéressent aux interactions entre les personnes et avec les artefacts dans l'environnement (Hollan et al., 2002; Hutchins, 1991a, 1991b, 1995; Hutchins et Klausen, 1996; Hutchins et Palen, 1997; B. Nardi et Miller, 1990, 1991; B. Nardi et Zamer, 1993; Norman, 1988, 1993; Petre et Green, 1992; Rogers et Ellis, 1994; Saloman, 1993; Seifert et Hutchins, 1992). Ces approches, qui se focalisent sur la coopération entre individus et artefacts (B. A. Nardi, 1996) étudient la distribution de la cognition dans un sens large: parmi les membres d'un groupe social, comme coordination ou médiation entre des structures internes et externes aux acteurs, dans le temps et l'espace (Kirsh, 2000). L'unité d'analyse est un système cognitif doté de buts et composé d'individus et d'artefacts en interaction. Ces approches soulignent l'impossibilité de séparer l'étude de la cognition d'un environnement culturel complexe. Selon Hutchins (1991b) les propriétés cognitives d'un groupe sont différentes de celles d'un individu et le fonctionnement différent de deux groupes attelés à la même tâche s'explique par l'organisation sociale à l'intérieur du groupe. Un point clé consiste dans le fait que les hommes et les artefacts sont au même titre des "agents" dans un système fonctionnel. La gestion de l'espace est un aspect important

de l'analyse: des observations vidéo et des études expérimentales ont montré que les sujets utilisent des propriétés topologiques ou dynamiques de l'espace pour se simplifier la perception, le choix, ou le traitement mental des situations. L'approche de la cognition distribuée combine l'observation ethnographique et l'expérimentation pour la conception d'environnement de travail (Hollan et al., 2002).

L'approche d'analyse cognitive de la tâche (*task analysis*), elle, s'intéresse peu à l'étude de l'activité cognitive avec les artefacts comme partie d'un processus de travail dans un environnement réel. Comme le montrent Bannon et Bödker (1991), elle analyse plutôt la performance sur la base d'un jeu de conditions précisément déterminées au préalable, et s'intéresse particulièrement à l'analyse de tâches effectuées par les utilisateurs avant l'introduction des systèmes informatiques. Elle cherche à déterminer qui sont les utilisateurs, la nature de leurs buts lors de l'exécution de la tâche, l'information qu'ils utilisent et produisent, et les méthodes qu'ils emploient (Smith et al., 1982). L'utilisation de cette approche pour la conception de systèmes informatiques a été largement critiquée en raison de sa difficulté à saisir les connaissances tacites nécessaires à l'exécution de nombreuses activités qualifiées, et de son incapacité à rendre compte des tâches telles qu'elles apparaissent dans l'environnement naturel de travail (Bannon et Bödker, 1991; Bödker et al., 1987). Une approche similaire est développée dans la modélisation des utilisateurs, et l'école du modèle GOMS, où l'on crée des modèles de ce que l'utilisateur est censé faire sans examiner de manière empirique les interactions homme-machine dans l'environnement réel (Card et al., 1983; Newell et Card, 1985).

Le courant de la psychologie écologique (Gibson, 1986; Von Uexküll, 1965) présente l'activité comme un enchaînement de boucles sensori-motrices réalisant la perception et l'action par un couplage entre l'environnement et le sujet. Les propriétés de l'environnement sont directement interprétées par l'organisme comme des activités potentielles – les "*affordances*" de Gibson (1982).

La notion d'attracteurs cognitifs (Lahlou, 2000a) cherche à expliquer les séquences complexes d'activité observées sur les travailleurs de bureau dans leur travail quotidien. Un attracteur est un ensemble d'éléments matériels et immatériels qui participent potentiellement à une activité donnée, et qui sont simultanément présents du point de vue du sujet (une réunion, un dossier . . .). La configuration combinant des éléments du contexte et de l'état mental du sujet tend à engager ce dernier dans l'activité correspondante. La force

de l'attracteur est la combinaison de plusieurs facteurs, la prégnance, le coût, la valeur, qui peuvent être analysés de manière comparative. L'acteur ne contrôle pas complètement son activité: il est entraîné par le flux en même temps qu'il se dirige. Un environnement désordonné et trop riche en attracteurs tend à provoquer du papillonnage et de la procrastination: les acteurs s'épuisent dans une séquence de petites tâches urgentes, au détriment des gros chantiers. La révolution informationnelle accroîtrait ainsi le COS (*cognitive overflow syndrome* ou syndrome de saturation cognitive) (Lahlou et al., 1997) parce qu'elle multiplie les attracteurs.

Les théories de l'activité individuelle développées en Russie à l'origine par S.L. Rubinstein et A.N. Leont'ev (Davydov et al., 1982; A. N. Leont'ev, 1974, 1975; Rubinstein, 1946, 1957, 1997) considèrent le contexte dans le cadre de la structure de l'activité, qui est l'unité d'analyse. Selon Rubinstein, l'activité humaine est toujours une interaction entre le sujet et le monde. Dans les actions des hommes et dans leur activité se révèle un double plan. Chaque activité est avant tout une influence exercée sur le monde, une transformation de la réalité. En même temps, chaque chose, chaque objet que l'homme a créé sont introduits dans des rapports sociaux. Les attitudes vis-à-vis des objets – des buts possibles des actions – sont inévitablement médiatisées par les rapports sociaux. Chaque action de l'homme avec l'objet représente ainsi un acte de communication avec son environnement social, car à travers l'action sur des objets matériels ce sont des situations sociales qui sont modifiées. De même, Leont'ev (A. N. Leont'ev, 1975) souligne que l'activité est toujours un système inséré dans un certain ensemble de rapports: rapports avec le monde des choses, avec les autres hommes, avec la société, avec soi-même.

Pour Rubinstein comme pour Leont'ev l'activité a pour composantes un sujet, un objet, des actions, des opérations. L'opération est le grain le plus fin, et le plus automatique, de l'activité. Les actions sont orientées par le but et sont réalisées à travers les opérations. Les opérations sont considérées comme les manières de réaliser l'action, elles dépendent des conditions locales. Le but conscient est la représentation du résultat qui doit être atteint par l'action. Le but dans les conditions concrètes données est considéré comme la tâche. Par exemple, le but d'envoyer un message peut se transformer en tâches différentes selon les conditions (outils utilisés): on peut envoyer un message en utilisant un téléphone mobile, en créant un e-mail dans la messagerie d'un PC ou d'un PDA (*personal*

digital assistant ou assistant électronique personnel). Dans le dernier cas, il faut également utiliser le téléphone portable, mais pour un autre objectif: établir la liaison. Il est clair que la réalisation de ces différentes tâches nécessite des opérations différentes.

Leont'ev et Rubinstein ont des conceptions quelque peu différentes des rapports entre but et activité. Pour Rubinstein les motifs et les buts correspondent à l'activité et aux actions, mais dans le premier cas (activité) il s'agit de motifs et buts plus généraux, tandis que dans le deuxième cas (action) ils sont plus particuliers. Par contre, pour Leont'ev la notion d'activité est étroitement associée à la notion de motif, et la notion d'action à la notion de but. Chaque activité répond à un besoin particulier chez le sujet, elle tend au motif (l'objet de ce besoin) qui peut être soit matériel soit idéal. L'activité est poussée par le motif et peut y répondre de multiples façons en fonction des contingences locales; l'action est tirée par un but précis.

Selon Leont'ev, la caractéristique fondamentale de l'activité se manifeste dans sa "relation à l'objet de l'activité". L'objet de l'activité se manifeste sur deux plans: sur le plan primaire, dans son existence indépendante, comme un objet soumettant et transformant l'activité du sujet, et sur le plan secondaire—comme une image de l'objet de l'activité, comme un produit du reflet psychique de ses propriétés qui se réalise dans l'activité du sujet. C'est notamment ce principe qui distingue cette approche des approches comportementales basées sur les schémas "stimulus-réponse", "organisme-environnement" et leurs variantes néo-béhavioristes. Pour Leont'ev, la réalité de l'environnement de l'homme ne peut pas être répartie en un ensemble de stimuli distincts ("choses") qui agissent sur le sujet, et un ensemble de réactions. Dans l'environnement les artefacts ont un double caractère: ce sont à la fois des objets de notre activité dans le monde qui sont représentés subjectivement, et des objets qui médient notre interaction avec le monde (Bannon et Bödker, 1991).

Le problème du rapport entre le sujet et le moyen de l'activité a été analysé par divers auteurs. Galperin (Galperin, 1998) souligne que l'outil est à la fois moyen, et chose. Selon lui, dans le rapport entre le sujet et l'outil, la principale question est: que représente cette chose/moyen pour le sujet qui s'en saisit? Si la chose est manifestement conçue pour un but donné et appelle des procédures d'usage spéciales, alors le sujet est guidé par le système construit dans l'outil. Par contre, si la manière de procéder n'apparaît pas

au sujet comme inscrite dans la chose, c'est elle qui reçoit du sujet la logique d'action.

Selon Galperin, en fonction du type d'environnement dans lequel le sujet se situe social ou naturel le moyen se manifestera à lui plutôt comme faisant partie (1) d'un système d'opérations de l'outil fixées dans le processus du travail social, ou (2) d'un système d'opérations manuelles, formées dans le processus d'agir avec la main. Dans ce dernier cas, l'objet n'est qu'une extension de l'outil naturel qu'est la main.

Au cours de l'usage d'un outil, quand l'homme perçoit ses relations avec le monde à travers cet outil, le considérant comme une extension de son corps, apparaît la notion d'organe fonctionnel (Ananiev, 1959; A. N. Leont'ev, 1976). Par exemple, quand l'homme touche un objet à l'aide d'une sonde, l'objet touché se localise pour lui au bout de cette sonde, la sensibilité se transpose sur la sonde. La sonde devient la partie organique de la main. De même, les mouvements du pilote d'avion s'introduisent dans les mouvements de l'avion (ou vice versa): un nouvel organe fonctionnel se forme chez le pilote qui lui permet d'évaluer la position spatiale de l'avion à travers et avec l'avion; l'avion devient pour le pilote "une prolongation de son corps", pilote et avion deviennent une entité unique (Zavalova et al., 1971, 1986).

Allant au-delà dans l'analyse des frontières entre le sujet et son environnement, l'approche émergentiste de la cognition s'intéresse particulièrement au couplage du corps et de l'esprit humain avec l'environnement immédiat, et va même jusqu'à considérer les éléments matériels de l'environnement de travail comme une partie du système cognitif lui-même (Clark, 1997; Kirsh, 1995; Maturana et Varela, 1987; Thelen, 1995; Turvey et al., 1981; Varela et al., 1991).

Les théories de l'activité insistent sur l'asymétrie entre les hommes et les objets. L'approche anthropocentrique proposée par B. F. Lomov (1975, 1977) s'oppose à l'approche technocentrique représentant l'homme en tant qu'un simple élément du système. L'approche anthropocentrique considère les relations entre l'homme et la machine comme des relations entre "le sujet de travail" et "l'outil (moyen) de travail". L'activité intentionnelle de l'homme constitue donc le processus de base dans le système. L'homme n'est pas un simple élément du système "homme-technique", mais l'élément fondamental qui organise le fonctionnement du système, qui oriente le système pour l'obtention d'un résultat concret, qu'il

a préalablement fixé, et qui assure la flexibilité de fonctionnement du système.

Dans les années 80–90, cette perspective qui place l'homme au premier plan émerge nettement dans de nombreux travaux (Billings, 1991; Kantowitz, 1992; Norman, 1993; Norman et Draper, 1986; Rabardel, 1995, 1997). La réalisation pratique de l'approche anthropocentrique est connue sous le nom de "projet (conception) d'activité" de l'utilisateur (Barabanshikov et al., à paraître; B. F. Lomov, 1975, 1977; Nosulenko et Rabardel, 1998; Zavalova et al., 1971, 1986). Le projet d'activité n'est pas réduit à la liste des actions et des réglementations. Les éléments principaux d'un tel projet consistent à décrire les composantes psychologiques de l'activité de l'homme dans le système technique. Il doit prévoir les différentes versions de réalisations des actions. Il doit évaluer comment les interfaces proposées assurent une anticipation du comportement du système par l'opérateur. Le projet porte une attention particulière à définir les "zones" qui nécessitent des décisions créatrices dans l'activité. Il doit prévoir la formation chez l'homme des compétences pour planifier son activité, pour l'autocontrôler et pour utiliser ses propres réserves, notamment pour créer des conduites spécifiques dans les situations imprévisibles (incidents). La conception des moyens techniques (interfaces, systèmes de commande et de communication, etc.) est donc intégrée à l'élaboration du projet psychologique de l'activité de l'utilisateur. Dans le cadre du projet d'activité, l'utilisateur et le concepteur sont des acteurs de même importance dans le processus de design d'un système technique.

Diverses applications pratiques de la théorie de l'activité ont été faites sur le travail de groupes spécifiques dans des environnements de travail spécifiques (dans des projets de technologie avancée tels que la conception des salles de contrôle des centrales électriques, ou celles des stations orbitales). On peut ainsi montrer comment un changement d'instruments change les pratiques, ou encore comment les changements de pratique amènent à redessiner les instruments (Bödker, 1996; Engeström, 1987, 1990, 1993; Engeström et Middleton, 1996; Rabardel, 1995, 1997).

Les théories de l'activité commune élaborées en Russie sont basées sur les mêmes concepts que les théories de l'activité individuelle (B. F. Lomov, 1981, 1984). Selon Lomov, pour décrire la structure psychologique de l'activité il faut définir d'abord les buts des sujets.

Le but mutuel est une composante centrale de l'activité commune. Par but mutuel on comprend la représentation du résultat futur

qu'un ensemble d'individus (le sujet collectif) tend à atteindre. Le but mutuel peut être réparti en tâches particulières. La résolution des ces tâches particulières rapproche le sujet collectif de l'atteinte du but mutuel.

Le motif mutuel représente une composante indispensable de la structure psychologique de l'activité commune. Ce motif incite l'ensemble des individus à l'activité commune. Les motifs individuels ne sont pas exclus dans l'activité commune, mais ils se transforment fortement sous son influence, et ont une certaine dynamique lors de la réalisation de l'activité. L'union des motifs individuels peut provoquer plusieurs effets: soit l'enrichissement de la sphère de motivation de chacun des participants, soit la décomposition de l'activité commune comme résultat de la confrontation des motifs individuels.

La correspondance entre les buts et les motifs dans l'activité commune est encore plus complexe que dans l'activité individuelle. Les individus participant à l'activité commune peuvent avoir un but commun, mais leurs motifs peuvent être différents. En même temps, lors de l'activité commune, le motif d'un individu doit être comparé d'une manière ou d'une autre avec les motifs des autres participants, et par là même il peut se transformer.

Une autre composante importante est les actions communes. Ce sont les éléments de l'activité commune qui sont dirigés vers la réalisation de ses tâches courantes, de ses tâches opératives et relativement simples. La structure de l'activité commune est construite par le résultat mutuel que les participants obtiennent. Pour la mise en évidence de la structure psychologique de l'activité commune, il faut prendre en compte non seulement le résultat commun objectif, mais également son reflet subjectif par le sujet collectif (image mentale collective), d'où le lien avec la théorie des représentations sociales.

La prise en compte du contexte dans les modèles de la communication

Nous nous sommes intéressés aux modèles qui prennent en compte les composantes du contexte.

Par exemple, dans le modèle d'analyse de la communication de Jakobson (1963) parmi les facteurs essentiels (comme le destinataire, le message, le destinataire, un code commun, un contact) on introduit le contexte, qui est l'"environnement d'une unité déterminée"

ainsi que l’“ensemble des conditions sociales” auxquelles réfère le message.

Dans le cadre des modèles intentionnalistes basés sur le principe de coopération et la théorie des actes de parole (Austin, 1962; Searle, 1972, 1982), la communication est interprétée comme processus de création par le récepteur des conclusions concernant les intentions de l’émetteur (*inference of intentions*). Dans ce cadre, le contexte est interprété plutôt comme un ensemble de représentations subjectives du monde chez le récepteur.

Dans le cadre des *perspective-taking models* (Krauss et Fussell, 1989, 1996; Krauss et Weinheimer, 1964, 1966), l’analyse concerne le processus d’identification par les communicants du contexte commun de communication, de création de la base générale de connaissances. L’étude vise le problème de la référence. Selon ces modèles, la compréhension du contexte commun s’organise par les communicants à travers la prise alternée du point de vue du partenaire. Ce point de vue comprend différentes composantes, comme les attitudes, les buts, le contexte social et physique, etc. Mais dans les travaux de ce type, l’attention porte plutôt sur l’analyse d’énonciations de l’émetteur.

Dans l’ethnographie de la communication qui étudie les actes de parole dans le cadre d’événements de parole spécifiques (Gumperz et Hymes, 1964, 1972; Hymes, 1962, 1974; Saville-Troike, 1989; Schiffrin, 1994), en contraste avec les trois approches précitées la notion de situation sociale est centrale. On introduit la notion de communauté de parole (*speech community*), de situation de parole (*speech situation*), d’événement de parole (*speech event*), d’acte de parole (*speech act*), de milieu (*setting*), de finalités (objectifs-intentions et objectifs-résultats), d’instruments (les canaux et les formes de la parole), de normes d’interaction et d’interprétation.

Le modèle où les facteurs psychosociologiques sont abordés est proposé par Anzieu et Martin (1990). Ce modèle met l’accent sur la personnalité des partenaires (leurs motifs, états affectifs, niveau intellectuel et culturel etc.), sur la situation commune qui est dépendante des buts des partenaires ainsi que sur le partage de significations. Comme le soulignent Marc et Picard (1996), l’approche psychosociologique considère le contexte à la fois en tant qu’environnement sémiotique et en tant que situation. Dans le contexte sont distingués plusieurs niveaux: le cadre où se situe la rencontre, la scène que jouent les interactants, le contexte institutionnel et les rituels propres à chaque culture.

L'approche systémique proposée par Marc et Picard (1996) définit la communication comme un système ouvert d'interactions qui s'inscrivent dans un contexte. De même, selon Abric (1999), la communication est "l'ensemble des processus par lesquels s'effectuent les échanges d'informations et de significations entre des personnes dans une situation sociale donnée".

Dans l'approche proposée par B. F. Lomov (1978, 1979a, 1981, 1984) l'étude de la communication présuppose aussi une référence aux différents aspects du contexte. La structure de la communication doit être analysée sur trois niveaux principaux: macro, meso et micro. Au macro-niveau, la communication de l'individu avec les autres individus s'analyse comme un aspect de sa manière de vivre. À ce niveau, il faut prendre en considération la dépendance des communications de tout le contexte social, représenté par le système de rapports sociaux correspondant à une société donnée. Le meso-niveau d'analyse correspond à l'étude de la dynamique de la communication dans un contexte particulier. Au micro-niveau, l'analyse concerne l'étude des actes de communication particuliers où des cycles se manifestent comme certaines unités élémentaires, par exemple, les actes "question-réponse", etc. Si l'on considère la communication sur ces deux derniers niveaux le contexte est visé comme une certaine réserve d'information, commune à tous les partenaires, composée d'un ensemble de représentations subjectives du monde.

Dans l'approche de la communication comme un type particulier d'activité commune (A. A. Leont'ev, 1979, 1997; Lissina, 1977, 1986) la communication est une interaction entre individus avec le but d'établir des rapports ou d'obtenir un résultat commun. De même que dans l'activité individuelle (Lissina, 1986), le contexte est analysé comme l'une des composantes essentielles, avec l'objet de communication (un partenaire de communication), le besoin de communication (tendance de l'homme à la connaissance des autres hommes), les motifs de la communication, l'action de communication caractérisée par le but qu'elle vise, les moyens de communication, et la tâche de communication. Cette dernière est la forme que prend le but de la communication dans les conditions données (par exemple les moyens de communication utilisés), et vers lequel sont orientées les actions diverses réalisées lors de la communication. Par exemple, pour le but "garder le contact", la tâche pourra être, selon le cas, "s'envoyer des e-mails" ou "se rencontrer à la cafétéria".

Les approches pour le design en environnement augmenté

L'approche de conception participative souligne l'importance de prendre en compte l'ensemble de la situation pendant le processus de conception, et l'implication de l'utilisateur final à qui est destinée la technologie (Bellamy, 1996; Ehn, 1992). Elle vise à informer le processus de conception en étudiant les usages de prototypes en situation réaliste. Le retour d'expérience sur ce qui convient ou non est utilisé pour modifier graduellement les versions successives (Bellamy, 1996).

L'approche instrumentale (Rabardel, 1995, 1997) est une perspective centrée sur l'utilisateur. Pour Rabardel, l'instrument ne se réduit pas à l'objet, l'artefact matériel ou symbolique, il comprend aussi les schèmes sociaux d'utilisation qui y sont associés et doivent être construits ou appropriés par les utilisateurs. Les objets et les systèmes techniques ne constituent donc pas d'emblée des instruments pour les hommes, ils le deviennent au cours de processus de genèse instrumentale qu'il est nécessaire à la fois de comprendre et de faciliter. Cette approche présente une des voies de prise en compte de l'utilisateur dans le design: une conception qui s'affronte aux problèmes rencontrés dans l'usage, une conception centrée sur les schèmes et les représentations des utilisateurs.

Les particularités de notre approche pour l'analyse de la réalité expérimentale

Les théories que nous utilisons de manière intégrée ont été conçues de façon indépendante, et rarement appliquées en vue de la concep-

tion de dispositifs proprement dite. Leur intégration dans la réalité expérimentale nous a amenés à y faire certains aménagements, voire à construire des parties nouvelles.

Notre approche repose sur le design participatif (projet d'activité) qui comprend une analyse intégrale des activités de l'utilisateur et du processus de conception du système technique. Nous réalisons un cycle de design participatif, où l'étude des activités réelles de groupes d'utilisateurs dans les environnements augmentés tient une place importante. Pour nous, l'analyse des activités de l'utilisateur concerne deux aspects interdépendants, objectif et subjectif: (1) les activités (individuelles et communes) et les communications et (2) les

perceptions de leur environnement par les utilisateurs. Autrement dit, on analyse d'une part l'activité des opérateurs, de manière externe et "objective", d'autre part leur vécu subjectif de cette activité (ce qu'ils en pensent et en disent). Un cadre méthodologique similaire est utilisé par Vermersch (1993) qui combine dans son étude de la pensée privée trois types de techniques complémentaires: l'entretien d'explicitation, le repérage des mouvements oculaires et les observations de la conduite des sujets. Pour décrire les perceptions des utilisateurs concernant les artefacts qui composent leurs environnements, les actions et opérations que les utilisateurs réalisent, et l'environnement d'une manière globale, nous appliquons l'approche de la qualité perçue (Nosulenko et Samoylenko, 1995, 1997, 2001), qui permet des comparaisons quantifiées.

Le modèle qui guide notre conception d'environnements est celui des attracteurs cognitifs. L'idée est de créer des contextes qui favorisent naturellement telle ou telle activité, en y disposant des attracteurs appropriés (Lahlou, 2000a). Tel environnement incitera ainsi au travail de groupe, tel autre à la concentration sur une activité particulière, etc. Pour cela, nous modelons les artefacts afin de modifier la prégnance de certaines *affordances*, les coûts cognitifs de certaines opérations de l'utilisateur, la forme des communications. L'analyse par la qualité perçue est utilisée pour repérer, dans la structure des attracteurs cognitifs et dans les artefacts, les dimensions sur lesquelles il faut opérer les modifications pour obtenir ces résultats.

Résumons notre positionnement dans l'analyse de ces deux aspects par rapport aux différentes théories et approches présentées dans les sections précédentes.

Analyse des activités proprement dites (action, communication)

En ce qui concerne les activités (individuelles et communes) et les communications, nous mobilisons principalement des concepts de la théorie de l'activité, et de la cognition distribuée, des représentations sociales, des méthodes d'observation de la cognition située, de l'ethnographie et de l'éthologie, et nous y ajoutons des techniques nouvelles d'observation subjective.

De même que dans l'approche de l'action située (*situated action*), notre attention porte sur l'analyse de ce que l'utilisateur fait pas à pas dans son activité réelle. Nous appliquons des méthodes utilisées

dans l'approche de l'action située: caméra vidéo stationnaire pour enregistrer le comportement et la conversation des utilisateurs; enregistrement des paramètres des artefacts pour suivre leur évolution en correspondance avec les activités des utilisateurs, etc. Mais à la différence de cette approche, nous attribuons une importance particulière à l'analyse des tâches individuelles *et* communes qui déterminent les particularités d'usage des artefacts dans les environnements augmentés.

L'étude des processus de traitement de l'information au long de la chaîne dans les bureaux (Lahlou et Fischler, 1996) fournit une analyse de la distribution des opérations entre les humains et les artefacts qui donne une vue d'ensemble du contexte de l'activité. Elle permet de resituer les observations locales dans une chaîne plus vaste. Cette perspective est indispensable pour opérer des modifications pertinentes dans le système; en effet, les optimums pour les agents locaux ne correspondent pas forcément à un meilleur fonctionnement global du système, et il faut se garder de la naïveté qu'apporte parfois l'approche anthropocentrique. Favoriser le confort fonctionnel d'un utilisateur particulier ne doit pas se faire au détriment d'autres utilisateurs situés plus loin dans la chaîne de coopération. C'est à ce niveau que l'on repère notamment les systèmes de contraintes croisées dans lesquels sont pris les individus, et qui sont inévitables dans les organisations complexes travaillant sous contrainte de ressources (Lahlou, 1998a). Cette approche réaliste nous amène à porter une attention particulière aux conflits entre activités, entre représentations, à l'exécution en parallèle d'activités différentes, à la surcharge cognitive; autrement dit au repérage des problèmes et des difficultés rencontrés par les utilisateurs. L'analyse de ces difficultés guide notre exploration de l'activité.

Nous empruntons à la théorie de l'activité son analyse distinguant des motifs, buts et tâches de l'utilisateur. La présence des artefacts n'explique pas toutes les transformations dans les rapports entre l'homme et son environnement de travail. C'est notamment l'existence des motifs, buts et tâches qui détermine l'angle sous lequel l'un ou l'autre artefact est perçu et qui peut changer le fonctionnement du système. Il est à noter que l'approche de la cognition distribuée utilise aussi la notion de tâche pour analyser un système cognitif composé des individus et des artefacts en interaction. Mais contrairement à cette approche qui situe les hommes et les

artefacts comme des agents équivalents du système, notre position est celle de l'approche anthropocentrique: l'homme n'est pas un simple élément du système "homme-technique", mais l'élément fondamental qui organise le fonctionnement de ce système.

Dans la perspective d'identification des attracteurs cognitifs, nous examinons particulièrement les mécanismes de couplage entre l'individu et son environnement, en relevant les comportements exploratoires par leurs manifestations sensori-motrices, notamment l'endroit où se fixe l'attention et les points d'action motrice (orientation visuelle, objets manipulés par la main ou ses prolongements techniques).

Nous portons une attention particulière à l'activité commune dans laquelle une composante centrale est le but mutuel: la représentation du résultat futur qu'un ensemble d'individus (le sujet collectif) tend à atteindre (B. F. Lomov, 1981, 1984). Dans le cadre de cette approche, une autre composante importante de l'activité commune concerne les actions communes dirigées vers la réalisation des tâches opératives et relativement simples.

Au cours de la réalisation d'une activité commune, les actions des participants sont réglées par l'image mentale non seulement de l'objet qu'elles visent, mais aussi par l'image mentale des actions réalisées par les autres participants, et par le reflet subjectif des transformations de l'objet réalisées au cours de l'activité commune. L'activité de l'individu ne se porte donc pas seulement sur l'objet et la tâche. L'individu "ajuste" également ses actions à celles des autres.

En ce qui concerne la communication dans les environnements augmentés, les aspects d'interdépendance entre les processus cognitifs, perceptifs et communicationnels (B. Lomov et al., 1986; B. F. Lomov, 1978, 1979b) sont notre préoccupation première. Ces processus font l'objet d'une analyse systémique et sont considérés comme indissociables du point de vue paradigmatique. La communication influence la perception, la mémorisation ou le niveau d'organisation de l'activité mentale de l'homme et vice versa. Cette influence dépend des caractéristiques psychologiques de l'individu (motivation, niveau d'engagement du sujet par rapport à la tâche en cours, etc.), de la complexité de la tâche ou type de problèmes à résoudre, de l'engagement communicationnel entre interlocuteurs, du niveau de connaissances communes chez les agents communicants, de leurs stratégies de communication, etc. Tous ces aspects

nous servent aussi de base pour développer l'analyse qui concerne le côté perceptif caractérisant les activités d'utilisateurs dans les environnements médiatisés.

Analyse de la perception subjective des activités et de l'environnement par les utilisateurs ("qualité perçue")

L'approche de la qualité perçue a été élaborée dans le cadre de l'analyse systémique des processus cognitifs, perceptifs et communicationnels associés aux activités d'usage et de conception des outils de travail (Nosulenko, 1986, 1988, 1989; Nosulenko et Samoylenko, 1997, 1999, 2001). Dans ce cadre, nous adoptons certains points de l'approche écologique de Gibson (1986) ainsi que des représentants de la psychologie de l'environnement (Downs et Stea, 1973; Pick et Acredolo, 1983). Nous appliquons des méthodes utilisables dans les tâches d'analyse des perceptions et des activités dans les contextes réels (Nosulenko, 1988, 1991a, 1991b), en utilisant des méthodes de recueil adaptées à l'étude subjective du travail intellectuel (Lahlou, 1998c, 1999).

Nous nous plaçons donc dans la perspective du projet d'activité qui intègre l'analyse des activités de l'utilisateur à l'analyse du processus de conception du système technique. Notre tâche est de comprendre quels facteurs sont plus pertinents pour la perception et l'activité de l'utilisateur, et d'établir les rapports entre les représentations du concepteur et de l'utilisateur sur l'objet d'usage. Cette démarche vise à aider les concepteurs à prendre en compte l'utilisateur aux stades de conception et de reconception des outils de travail. Notre point de vue correspond donc à l'approche instrumentale, notamment en ce qui concerne la prise en compte de l'utilisateur dans le design et la "conception d'usage" (Rabardel, 1995). Dans ce cadre méthodologique, nous devons créer les méthodes permettant à l'individu de dégager lui-même les particularités de l'outil et des activités liées à son usage. L'évaluation de la qualité perçue concerne deux aspects: une évaluation de l'activité d'usage d'un artefact, et une évaluation de l'artefact du point de vue de ses aspects perceptifs (représentation de l'utilisateur et du concepteur sur l'artefact).

Le concept d'image mentale représente pour nous une base théorique majeure. Dans le cadre de ce concept, les idées d'Oshanim (1973) nous intéressent surtout en ce qui concerne les perceptions

par l'utilisateur des outils de travail. Pour Oshanin, l'image mentale est un ensemble d'éléments et de propriétés interdépendants qui caractérisent l'objet comme système. Le processus de formation d'une image mentale est toujours un processus intentionnel dont la dynamique est subordonnée à la réalisation des tâches. Cette dernière conclusion est très importante: le cadre de représentation subjective sur l'outil dépend de la tâche. De ce point de vue, les différentes propriétés de l'objet ne sont pas de même valeur dans l'image mentale pertinente. On distingue deux fonctions de la tâche: (1) déterminer les caractéristiques de l'objet qui sont pertinentes pour la réalisation d'une action, et (2) déterminer la manière et la succession de la représentation de différents éléments de l'objet dans l'image mentale ainsi que définir le poids relatif de chacun de ces éléments pour que l'image soit pertinente. C'est grâce à la tâche et sous son influence que l'information peut être choisie et ensuite systématisée dans l'image opérative afin de s'intégrer en un modèle fonctionnel d'action.

En ce qui concerne le stade qui passe de l'identification de l'objet à l'exécution de l'action, nous utilisons aussi la théorie des représentations sociales (Moscovici, 1976), notamment la notion d'articulation (Lahlou, 1998b). Celle-ci décrit comment les noyaux conceptuels de la représentation d'un objet identifié vont produire des schémas d'action; elle est particulièrement utile pour comprendre ce qui se produit quand un sujet, exposé à une situation comprenant plusieurs attracteurs divergents, produit un compromis qui sauvegarde le noyau central de deux ou plusieurs objets de l'activité.

Dans le cadre méthodologique, nous reprenons l'idée de B. F. Lomov (1979b, 1984) selon laquelle c'est par l'intermédiaire des communications que les individus échangent et élaborent leurs représentations sur les objets du monde. Inversement, l'analyse des communications pourra être utilisée pour analyser le contenu des représentations. Selon notre approche, les informations sur les caractéristiques perçues relatives à l'usage d'un artefact se manifestent dans les verbalisations obtenues au cours des actions et des opérations réalisées par les utilisateurs dans des conditions données. Notre principe méthodologique est que les verbalisations produites dans certaines conditions définies sont des indicateurs pertinents de l'activité perceptive et cognitive du sujet et sont considérées comme des données représentatives pour son étude. La comparaison représente l'une de ces conditions.

L'opération cognitive de comparaison a un statut particulier dans les processus perceptifs, cognitifs et de communication (Samoylenko, 1985, 1986, 1987). La comparaison est un instrument permettant de mettre en évidence les particularités de l'artefact et de son usage (Nosulenko et Samoylenko, 1995, 1997, 2001). Le paradigme d'étude doit permettre l'analyse des perceptions et des activités au cours de l'usage d'un artefact: il doit assurer l'intégration des opérations de "perception-comparaison-évaluation-verbalisation", garantir l'accès aux données "objectives" (à travers l'analyse des enregistrements vidéo, etc.) et permettre de créer un "modèle physique" de l'artefact étudié (méthodologie psychophysique).

Notre paradigme d'étude comprend une méthode d'analyse des verbalisations recueillies au cours des activités d'usage des outils de travail. Cette méthode permet de traiter les verbalisations par rapport aux paramètres "objectifs" (mesurés) des objets perçus, et selon notre point de vue (a) sur la structure de l'activité d'usage, (b) sur l'organisation des représentations chez le sujet concernant l'objet. De ce point de vue, les verbalisations sont analysées et classées en correspondance avec les composantes de l'activité d'usage (actions et opérations identifiées au cours d'analyse des enregistrements vidéo) et/ou avec les propriétés perçues des objets d'usage (définies selon l'analyse du contenu des verbalisations).

Pratiquement, cette méthode permet de créer des "portraits verbaux" caractérisant les jugements des utilisateurs sur leurs activités ainsi que sur les artefacts utilisés. Ce type d'analyse permet de définir l'ensemble de caractéristiques pertinentes qui détermine l'appréciation et la préférence d'un produit et d'évaluer le "poids" de chaque caractéristique de cet ensemble. L'analyse de données permet ensuite de mettre en correspondance les portraits verbaux et les paramètres "objectifs" des objets étudiés. En utilisant ces correspondances, les concepteurs peuvent améliorer les caractéristiques de l'artefact et les rendre plus proches des attentes des utilisateurs.

Etude et analyse de la réalité expérimentale

Méthodes d'étude

Nous utilisons, à l'instar de Cicourel (2002), des méthodes d'observation ethnographiques adaptées à l'étude de la cognition. Nous

utilisons des méthodes d'observation permanente et non dirigée, et des méthodes empiriques contrôlées et celles de la psychologie.

Observation permanente

C'est une forme de recherche-action, dans un environnement conçu en vue de l'analyse. On installe sur la durée des systèmes d'observation qui recueillent, de manière prospective, un grand nombre de données de manière systématique, sur une population réelle vivant dans son milieu naturel. Les évolutions et changements sont systématiquement enregistrés, et un certain nombre de changements sont effectués de manière délibérée, ce qui permet d'obtenir des "expériences naturelles" où l'impact des changements peut être examiné à loisir. L'intérêt de ce système d'observation est sa capacité à comprendre les événements imprévus: une fois qu'un problème nouveau est identifié, on peut par une méthode "d'échantillonnage arrière" retrouver toutes les situations similaires dans le passé pour en faire une analyse systématique. Par exemple, une analyse des interruptions a pu être effectuée en récupérant de manière systématique les interruptions de tâche dans 48 heures de bande de subvidéo, (réalisées avec la subcam décrite infra).

La plupart de nos observations sont réalisées sur des sujets habitant un bâtiment expérimental, le K1. Le bâtiment K1 est un ancien entrepôt construit dans les années 1950, dont seuls les murs et le toit ont été conservés. L'intérieur est conçu comme un studio de cinéma, où n'importe quel environnement peut être installé pour test. Une infrastructure flexible (fruit d'un transfert du Center for Building Performance and Diagnostics de l'Université Carnegie Mellon, Pittsburgh) permet de tirer électricité, air, climatisation, téléphonie, réseau informatique haut débit, télécommandes en n'importe quel point du bâtiment. Cette infrastructure est contenue d'une part dans un faux-plancher technique amovible qui sert également de diffuseur de climatisation, et dans des passages de câbles suspendus au plafond (Figure 2).

Le bâtiment K1 est d'abord un bâtiment augmenté. Les ordinateurs portables, les assistants personnels, les terminaux téléphoniques, mais aussi les écrans et tableaux interactifs, certaines tables, certaines armoires, les caméras, les portes, et de nombreux objets, y compris des documents, sont reliés entre eux et à un système d'information unique par des réseaux, en général sans fil, utilisant



FIGURE 2

Vue depuis le mur sud du plateau K1 avant aménagement en décembre 2000, et avec la configuration “plateau projet” en septembre 2001

différents protocoles (WLAN, BlueTooth, RF-ID, CPL, GSM, GPRS, IRDA, EDI, etc.). Les capacités de reconnaissance des objets et des acteurs par le système permettent de fournir aux utilisateurs des services appropriés, par exemple en leur signalant la disponibilité d’un autre opérateur présent dans un environnement numériquement proche et en ouvrant un canal de coopération sur un espace de travail partagé. Par exemple, l’InforMall développé dans le cadre du programme européen Ambient Agoras est un espace public numérique sous la forme d’un pan de mur sur lequel on peut, en écrivant avec ses doigts, créer des annonces interactives (“Inscrivez-vous ici au séminaire de Norbert”, “Qui peut me remplacer jeudi pour le protocole subcam?”). GossiPlace, développé également dans Ambient Agoras en collaboration avec le Fraunhofer Institute, Wilkhahn, Wiege et le cabinet Dàlt (Design à Long Terme), est un système de senseurs intégré dans le sol et les murs qui signale aux destinataires potentiels des messages qu’il y a quelque chose pour eux lorsqu’ils passent en certains endroits déterminés.

Le bâtiment a une surface au sol d’environ 400 m², et une hauteur sous plafond de 4,50 m. L’architecture intérieure est obtenue par des cloisons mobiles autoportantes (“murs volants”) spécialement développés par le cabinet Dàlt. Ces murs volants, que les utilisateurs peuvent déplacer eux-mêmes sans effort – et qu’ils déplacent d’ailleurs plusieurs fois par an – délimitent plusieurs “lieux” qui sont

autant d'environnements de test distincts. Les meubles sont tous conçus pour être facilement déplaçables (chaises empilables, tables pliantes sur roulettes, caissons roulants . . .). L'objectif est de permettre aux utilisateurs de reconfigurer et d'installer à leur guise leur environnement, afin de comprendre quelles configurations correspondent le mieux aux différentes activités. Les mobiliers utilisés sont le fruit d'une ergonomie poussée qui rend leur déplacement véritablement aisé. On observe ainsi que la salle de réunion, par exemple, voit sa configuration changer complètement environ deux fois par jour (Figure 3). Le passage de l'état 1 à l'état 2 s'est fait en moins d'une minute par les utilisateurs eux-mêmes grâce au mobilier roulant/pliant.

L'environnement le plus apprécié par les utilisateurs est la salle RAO (réunion assistée par ordinateur) dont les écrans interactifs géants et les capacités de travail coopératif à distance attirent de nombreux groupes désireux de l'utiliser pour des réunions, des présentations ou des sessions de brainstorming, nous procurant ainsi une source constante de nouveaux sujets d'observation. Son succès a été tel que, dès la seconde année de son existence, nous avons dû installer cinq espaces analogues dans d'autres sites.

A l'intérieur de cet environnement, un certain nombre de dispositifs d'observation ont été installés. Certains dispositifs sont principalement techniques et demandent peu de coopération des sujets, d'autres au contraire sont essentiellement fondés sur l'observation coopérative.

L'observation permanente a pour objet d'enregistrer au fur et à mesure des traces de toutes les activités, avec l'espoir de capturer des événements typiques, et de pouvoir disposer d'un échantillon significatif de toute catégorie d'événements qui pourrait s'avérer intéressante. Son principe est d'être légère voire insensible pour l'utilisateur afin de ne pas perturber son activité et d'être bien tolérée à long terme. Un protocole permanent ramasse par définition une quantité considérable de données. Il n'est pas question de les traiter toutes; et de fait seule une infime partie (quelques pourcents) sera effectivement analysée. Une analyse détaillée des bandes vidéo déjà recueillies par le LDC prendrait des siècles. La seule série des vidéos de réunions hebdomadaires comprend plus de 120 bandes durant chacune entre 2 et 10 heures. La stratégie dite "d'échantillonnage arrière" vise à récupérer, pour une problématique donnée, l'ensemble des occurrences du phénomène considéré dans les enregistrements déjà réalisés. Par exemple, si l'on se pose la question

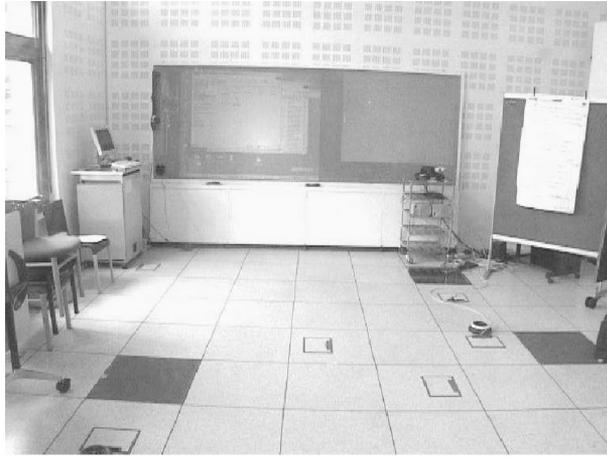


FIGURE 3

Deux vues de la salle de réunion RAO prises à une minute d'intervalle lors du démarrage d'une réunion

de l'influence de la présence sur la prise de parole, on pourra extraire toutes les prises de parole dans les réunions d'un sujet donné, et comparer celles où il était présent physiquement dans la salle à celles où il intervenait en visiophonie. Cette stratégie permet de disposer de données réelles, mais adaptées à l'exploration d'une problématique précise. Elle permet surtout de mieux comprendre les évolutions:

on réalise en général un problème seulement après un changement d'environnement, et on s'aperçoit alors que l'on ignore comment les gens faisaient avant, faute d'avoir observé les séquences de comportement qui sont maintenant problématiques dans le nouvel environnement. Dans un tel cas, les protocoles permanents ont sans doute saisi, parmi d'autres choses, des occurrences du comportement en question.

L'Offsat (Lahlou, 1999) est un protocole permanent qui vise à observer non pas les individus, mais les environnements de travail, pour repérer leurs zones actives et leurs propriétés fonctionnelles. L'Offsat est une caméra web à intervallo-mètre fixée au plafond du bureau, qui donne une vue globale de l'activité et de l'utilisation des artefacts (piles, dossiers, etc.) sur le long terme. En prenant une photo toutes les 20 secondes, on obtient, à l'aide d'un logiciel que nous avons conçu pour repérer automatiquement les mouvements, la "cartographie éthologique des bureaux": des cartes de l'activité qui permettent par exemple de mesurer les changements introduits par un nouvel aménagement (Figure 4). Il y a actuellement 24 Offsats branchés en permanence dans le bâtiment K1.

La subcam. Suivre les travailleurs cognitifs dans leur environnement naturel est un exercice difficile. La subcam (caméra subjective) a été spécialement conçue à cet effet (Lahlou, 1998c, 2000a). C'est une caméra miniature que l'opérateur porte sur une paire de lunettes, et qui nous restitue un film "réaliste" (image et son) des journées de travail depuis son point de vue (Figure 5). Le dépouillement des films, commenté avec lui, permet de repérer les difficultés qu'il rencontre.



FIGURE 4

Repérage automatique des zones de mouvement dans un environnement donné: un offsat repère les déplacements d'un sujet et les situe dans l'espace

Enregistrement de réunions. Toutes les réunions ayant lieu dans la salle RAO sont enregistrées en vidéo (image et son) par des caméras fixes. Pour faciliter le traitement, les films sont directement compressés et enregistrés sur disque dur. Des cassettes DV (*digital video* ou vidéo numérique) dans les caméras servent à obtenir une copie de secours. Souvent, les réunions sont également enregistrées par des subcams portées par un ou deux participants, ce qui permet d'ajouter des vues "situées" à la perspective globale fournie par la caméra fixe.

Recueil des traces naturelles. La plupart des activités cognitives utilisant des artefacts laissent des inscriptions dans le système. Il peut s'agir de fichiers, de *logs* informatiques, d'images sur les tableaux blancs. Ces données sont conservés dans le système d'information du bâtiment K1, ce qui permet de les rapporter aux analyses de comportement correspondantes si nécessaire. Nous conservons également les traces du système de suivi et de gestion – administratif et managerial – des travaux (fiches d'actions, dossiers de suivi, etc.)

Capteurs de présence. Nous sommes actuellement en train de développer l'utilisation de capteurs de présence à des endroits déterminés, en utilisant la technologie des puces à radio-fréquence, afin d'obtenir des données statistiques sur l'utilisation de tel ou tel point de l'espace par les différents utilisateurs. Les puces à radio-fréquence sont des éléments passifs et de très faible encombrement (de l'ordre du timbre-poste), que les sujets portent sur leurs vêtements ou collés à un badge d'accès, par exemple.

Méthodes empiriques contrôlées

Nous utilisons des techniques classiques, comme les entretiens semi-directifs, qui font l'objet de retranscriptions intégrales pour analyse de contenu, mais qui ont été adaptés pour faire une analyse suivant les composantes de l'activité. Dans ce cadre d'entretiens la consigne est de comparer les situations ou artefacts observés. Elle comprend (1) la mise en évidence des préférences, (2) l'évaluation quantitative des différences perçues, (3) la description verbale sous forme libre des similarités et différences. Les entretiens visent essentiellement la mise en évidence des buts et tâches de l'activité individuelle et commune, pour mieux comprendre le contenu du comportement observé et le représentations. Nous utilisons également ce groupe de méthodes dans les tests d'usage (scénarios comparatifs),

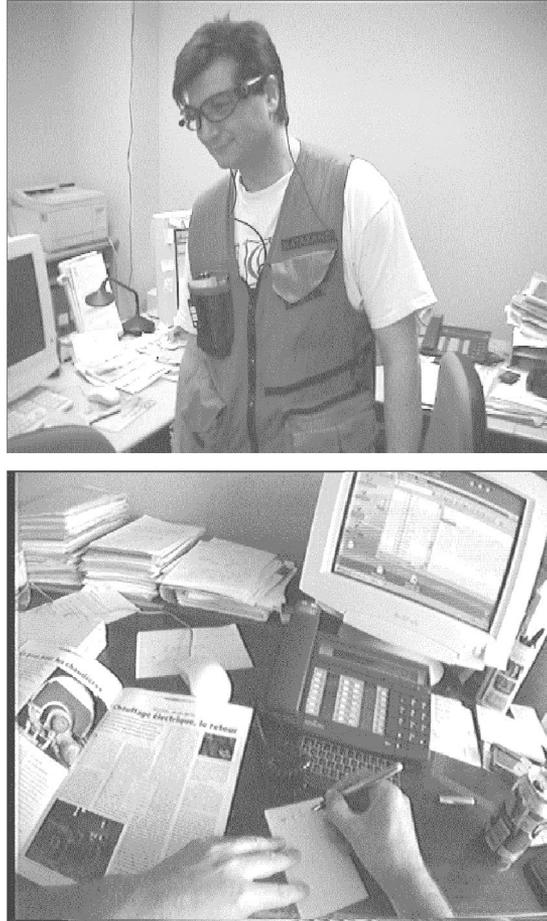


FIGURE 5

(a) une subcam portée par un sujet; (b) extrait d'un film de subcam

où l'on demande à l'utilisateur d'effectuer la même activité successivement avec des outils différents. La section suivante de cet article présente un exemple de test d'usage.

Enquêtes par questionnaire et analyse des documents administratifs. Les études de quantification proviennent de la nécessité économique d'évaluer les impacts des changements testés afin d'arbitrer s'ils doivent ou non être déployés à large échelle. Les études détail-

lées permettent de repérer sur un nombre réduit de cas étudiés en détail les sources de valeur ajoutée (temps gagné, confort d'usage, diminution des erreurs, capacité à réaliser des opérations jusqu'ici impossibles, économies de matériau, évitement de conflits, réduction de procédures . . .) ainsi que les problèmes nouveaux créés (temps perdu, formation nécessaire, incompatibilités de systèmes, création de conflits, création de procédures, achat de matériel, maintenance . . .). L'analyse consiste à évaluer l'incidence de ces effets sur l'ensemble de la population cible. Par exemple, on examinera, pour un dispositif de réunion à distance, l'ensemble des réunions menées au cours de l'année précédente par la population-cible pour calculer le nombre de déplacements occasionnés. Ou encore, on effectuera un sondage pour savoir combien de sujets utilisent une forme particulière de diffusion de compte-rendu, etc. Ces études se font principalement par analyse secondaire de documents administratifs et par questionnaires: téléphoniques, en face-à-face, auto-administrés à partir d'un serveur web, ou auto-administrés sur papier et distribués dans des circonstances précises. Par exemple, avant et après chaque réunion, tous les participants (présents ou distants) répondent à un questionnaire d'une minute, pour décrire leurs attentes, leur niveau de connaissance des enjeux, puis leur évaluation de la réunion. La légèreté est la principale caractéristique des questionnaires utilisés, qui permet une routinisation et une bonne acceptation. Dans la mesure où les questionnaires concernent une population panélisée, la faible quantité d'information recueillie à chaque fois s'accumule dans une base et peut être reliée à un grand nombre d'autres données, ce qui fait qu'un questionnaire "léger et rapide" peut en fait permettre des traitements approfondis si nécessaire (Lahlou et al., 1992)

Verbalisation d'incidents critiques. Les utilisateurs ont pour consigne de dicter un commentaire en format libre sur les incidents ou faits marquants qui surviennent dans leur travail. A cette fin, ils sont munis d'un petit dictaphone numérique qui enregistre le son sur un support extractible ("*Memory Stick*"). L'opération est facile (un seul bouton à pousser, la machine se charge elle-même d'indiquer la date et l'heure et de gérer les fichiers), et l'objet est facilement transportable dans une poche (il pèse 100g et est de la taille d'une carte de crédit). Les données sont récupérées régulièrement, les verbalisations des utilisateurs retranscrites et intégrées dans une base de données d'incidents. Cela permet de repérer et de quantifier les problèmes, et d'en avoir une description "à chaud" par les utilisateurs.

Fiches d'incident. Les utilisateurs ont à leur disposition une *hot-line* pour la résolution des problèmes informatiques ou de telecom qu'ils rencontrent. Chaque demande d'intervention fait l'objet d'une fiche d'incident remplie par l'intervenant (elle sert également de document comptable). Ces fiches sont collationnées pour analyse. Elles permettent notamment d'évaluer ce que serait le coût en déploiement et en maintenance à grande échelle des systèmes testés au LDC.

Les techniques de design participatif permettent de recueillir les attentes des utilisateurs, ou réactions, de manière directe et dans leur langage, contrairement aux méthodes d'observation où ces éléments sont déduits par le chercheur. Ces moments permettent notamment, par la communication et l'interaction, de co-construire des solutions nouvelles. Dans ces techniques, les méthodes de recueil et d'analyse sont confondues, puisque l'on analyse en commun avec les utilisateurs leurs propres perceptions. Nous utilisons les méthodes classiques de groupes de discussion et de groupes de créativité (Greenbaum, 1988; Merton et al., 1990) mais également des enquêtes-action. Les enquêtes-action consistent à aménager les environnements individuels en collaboration avec l'utilisateur. Par exemple, une enquête-action peut porter sur le paramétrage des postes de travail informatiques, l'aménagement du bureau, ou encore du poste de travail sur un plateau projet. Un opérateur (responsable maintenance informatique, régisseur . . .) vient faire avec chaque utilisateur le point de ses problèmes et attentes et effectue pour lui les changements attendus (installation de logiciels, déménagements, voire construction sur mesure d'éléments mobiliers appropriés). Ces opérations permettent d'obtenir une coopération extrêmement approfondie et motivée des sujets puisqu'il s'agit d'améliorer immédiatement leurs conditions de travail. Naturellement, l'ensemble des informations recueillies est conservé, ce qui permet de procéder ensuite à un retour d'expérience par rapport aux attentes et besoins initiaux, quelques semaines ou mois plus tard. Ces enquêtes-action sont très bien reçues par les utilisateurs et contribuent à construire la confiance indispensable pour le recueil d'informations sur la durée.

L'énumération de ces différentes techniques peut faire penser à une monstrueuse entreprise d'observation tout azimut qui produirait une quantité considérable de données. Certes, le dispositif de recueil est lourd, mais beaucoup moins que ne le serait l'agrégation de ces différentes techniques telles qu'elles sont habituellement

utilisées isolément sur le terrain. La différence provient de ce que le K1 a précisément été conçu pour héberger les observations, et que les sujets sont là, et volontaires, sans qu'on ait à les chercher. Pour faire une métaphore, il y a là la même différence qu'entre une cuisine de restaurant, capable de réaliser dans de bonnes conditions des préparations compliquées pour une grande quantité de convives qui connaissent les règles du jeu, et la cuisine de camping, faite sur un terrain inconnu et dans des conditions précaires. Celui qui n'a qu'une expérience de la cuisine de camping aura tendance à croire que servir 100 personnes en 2 heures avec des menus différents et des recettes complexes est impossible: pourtant, ce n'est qu'une question d'organisation et d'investissement dans un dispositif adapté. Dans la pratique, nous faisons appel aux protocoles adaptés au problème, comme un cuisinier choisit ses instruments dans la batterie qu'il a à portée de main. Le traitement n'en est que plus simple: trop souvent en effet, les chercheurs sont amenés, pour des raisons diverses, à appliquer toujours le même type de protocole d'investigation bien maîtrisé à des problématiques diverses dont certaines seraient bien plus facilement résolues avec d'autres techniques d'investigation ou d'autres outils théoriques. Naturellement, et pour filer la même métaphore, nous ne prétendons pas avoir réussi, en trois ans d'installation et de rodage, à atteindre l'efficacité organisationnelle de la cuisine d'un grand restaurant, tout au plus celle d'une cuisine rudimentaire. L'exercice nous paraît cependant valoir la peine d'être continué.

Analyse des données

Les informations recueillies au cours d'observations permanentes et avec des méthodes empiriques contrôlées sont regroupées dans une base de données permettant de saisir, associer et interroger plusieurs tables d'information à la fois (base de données relationnelle): les données vidéo d'observation provenant de différentes sources (caméra fixe externe, subcam, offsat), les données d'entretiens ou questionnaires, les verbalisations libres, les informations sur les paramètres mesurés des produits testés, etc. On y intègre également le cas échéant les autres informations accessibles (résultats d'autres tests et études – personnalité, créativité, marketing, tests psychométriques, psychophysiologiques, etc.).

La base de données permet de mettre en rapport les données provenant de différentes sources et assure “l'échantillonnage arrière” dans les analyses des cas précis. Par exemple, au cours de l'analyse des résultats du test comparatif des PDA, on a eu besoin de définir certaines caractéristiques de l'expérience d'usage d'un des utilisateurs. L'examen des données sur les incidents critiques nous informe de l'importance particulière, pour cet utilisateur de l'un des PDA testés (toutes les défaillances de son usage provoquant des perturbations considérables dans son activité). Ce PDA est utilisé de manière quasi permanente (comme le montrent les données obtenues avec subcam sur cet utilisateur: pourcentage d'opérations avec cet outil très élevé). L'usage de cet outil en mode “écriture avec le stylet” est, pour cet utilisateur, une routine: il l'utilise en temps réel pour prendre des notes pendant la réunion (comme le montrent les données vidéo d'observation des réunions). De plus, il évalue ce mode d'écriture comme très facile et agréable (verbalisations recueillies au cours de plusieurs réunions). Donc il faut porter une attention particulière aux problèmes que cet utilisateur, que l'on peut considérer comme expert, a rencontré dans la réalisation de cette opération routinière au cours du test avec ce PDA (les détails sont présentés dans la section suivante).

L'analyse de tout ensemble important d'informations nécessite une approche permettant de traiter à la fois les données de manière qualitative et quantitative. Nous utilisons, dans ce cadre, certains éléments de l'approche systémique pour la psychologie (Lomov, 1975, 1984): il existe plusieurs plans et niveaux de phénomènes étudiés, ces phénomènes sont multidimensionnels et doivent être étudiés dans différents systèmes de dimensions, dans leur dynamique et développement.

L'aspect systémique d'intégration de différentes méthodes d'analyse, qui sont propres aux méthodes d'observation, enquête ou test, consiste, pour nous, à mettre en évidence la structure des activités (individuelles et communes) des utilisateurs et à comprendre le rôle des artefacts et des environnements de travail dans les activités étudiées, à identifier les attracteurs cognitifs en jeu. Donc dans tous les cas, l'analyse vise d'abord à définir, à travers l'ensemble d'informations enregistrées, les composantes principales de l'activité (buts, tâches, opérations) et les perceptions des utilisateurs associées aux activités effectuées, aux outils qui les médiatisent. Certains éléments de cette approche sont présentés dans nos publications déjà mentionnées. Nous ne présentons ici que quelques remarques

sur la spécificité de différents types d'analyse, notamment en ce qui concerne l'analyse des enregistrements vidéo et des données de verbalisations.

Analyse des enregistrements vidéo

Les enregistrements vidéo représentent une source essentielle de données d'observations et de tests. Ces enregistrements relèvent de différents plans et participent à différents types de protocoles, aussi leur analyse varie en niveau de profondeur, et en nature: il n'y a pas un unique système de codage de la vidéo. Par exemple, l'analyse des données d'offset peut être quasiment automatisée: nous utilisons un logiciel permettant de repérer les mouvements et de créer la "carte" des zones de mouvement (Lahlou, 1999). Donc on peut obtenir ces résultats en continu, en fonction des besoins.

Par contre, pour analyser les données de subcam, un travail d'expert est nécessaire: il faut repérer les opérations principales réalisées par l'utilisateur, les outils utilisés, et les problèmes soulevés par leur usage. Le codage de ces données peut nécessiter la finesse du dixième de seconde, mais pour certaines séquences et certaines problématiques on peut effectuer du codage en accéléré (avec un facteur de 5 à 15).

Pour mieux comprendre ce type de données, nous demandons à l'utilisateur de commenter ses activités en précisant les buts et tâches qu'il réalisait. On organise ce "débriefing" au cours de la première prévisualisation (en accéléré) des enregistrements vidéo. Cela nous permet de définir les buts et tâches réalisées par l'utilisateur, le degré de leur importance dans l'ensemble de ses actions, et aussi les problèmes essentiels liés à leur exécution. L'analyse détaillée se porte ensuite sur les séquences les plus intéressantes.

En ce qui concerne l'analyse des enregistrements vidéo des réunions, nous appliquons différents types de procédures, en fonction des objectifs d'analyse. Au niveau global, l'analyse peut être automatisée pour repérer tous les changements de scènes au cours de la conduite de la réunion. Pour définir les opérations réalisées par les participants et les problèmes rencontrés, c'est l'expert qui doit indexer et coder les images. Cette analyse se fait avec un "grain" d'analyse qui va de la dizaine de secondes à plusieurs

minutes et peut donc être faite en accéléré (avec un facteur de 2 à 5). Mais dans les cas complexes, surtout en ce qui concerne les problèmes d'usage des moyens techniques, une analyse plus fine est nécessaire, y compris l'analyse du comportement non-verbal des participants (Frey et Möller, 1999; Frey et al., 1993). Dans ces cas-là, on utilise des méthodes de codage plus détaillées, en parallèle avec les données provenant d'une subcam portée par l'un des participants. L'interprétation des résultats d'analyse se fait en tenant compte des données de questionnaires et interviews organisés avant et après la réunion avec les participants. Cela nous permet de mettre en évidence les objectifs personnels de chaque participant, leur connaissance des objectifs collectifs de la réunion, et leur satisfaction en ce qui concerne la réunion.

L'analyse la plus profonde des enregistrements vidéo concerne les données de tests organisés avec des scénarios précis. La finesse de codage peut atteindre la seconde, voire image par image. Pour définir certaines opérations (par exemple, les clics de souris sur l'écran de l'ordinateur) on a besoin de travailler au ralenti avec un facteur de 2 à 10.

Dans tous les types d'analyse vidéo, les codes correspondant aux éléments d'enregistrement définis peuvent être associés aux autres types d'information provenant de l'analyse des verbalisations des utilisateurs, à travers la base de données relationnelle.

Analyse des verbalisations

La méthode consiste à extraire du protocole les unités verbales significatives puis à en effectuer une analyse systémique (Nosulenko et Samoylenko, 1995, 1997, 2001). Cette analyse est basée sur trois principes: les verbalisations produites au cours d'une activité psychique sont considérées comme données pertinentes pour son étude; la tâche de comparaison constitue un facteur systémique dans les processus perceptifs, cognitifs et de communication verbale; cette tâche s'analyse du point de vue logique, perceptif et sémantique. L'analyse consiste donc à définir le sens logique des unités verbales (comment s'effectue la comparaison des objets) et leur relation aux objets comparés (quels sont les aspects des objets ayant servi à comparer ceux-ci), puis à analyser les aspects sémantiques (quelles significations verbales sont attribuées à chacun des objets

comparés). Il est finalement possible, en regroupant les unités verbales significatives, de mettre en évidence les aspects pertinents de chaque objet (opération, artefact ou sa composante).

Après un classement des unités verbales selon leur sens logique, elles doivent être regroupées par rapport à leurs références aux objets de verbalisation (activités d'usage, caractéristiques des produits ou services). En fonction des objectifs de l'étude, cette analyse peut concerner soit l'activité d'usage d'un outil ("pour recevoir le courrier, je clique dessus"), soit la perception de cet outil ("au début je n'ai pas aperçu cette petite icône"), soit les deux à la fois. L'analyse consiste ensuite à coder différemment les unités verbales qui caractérisent l'aspect opérationnel d'usage de l'outil et celles qui se réfèrent à la perception. Il faut définir, au cours du codage, les tâches dans la réalisation desquelles l'une ou l'autre unité verbale a été énoncée. Il faut définir également de quel type de jugement il s'agit: planification d'une opération, évaluation du résultat de son exécution ou évaluation de certaines caractéristiques de l'artefact utilisé. Enfin, l'analyse statistique consiste à créer les "portraits verbaux" caractérisant les évaluations des utilisateurs sur les différents aspects de leur travail dans l'environnement étudié.

Quelques exemples

Cette section présente quelques résultats à titre illustratif.

Observation des activités de travail avec le protocole subcam

Au cours d'une journée de travail, on obtient typiquement de chaque utilisateur portant la subcam 5 à 6 heures d'enregistrements vidéo. L'analyse consiste à mettre en évidence les composantes essentielles des activités réalisées par l'utilisateur, en correspondance avec ses buts et tâches (actions et opérations d'usage des artefacts, interactions et communications, etc.). Il s'agit de comprendre les difficultés qui empêchent la réalisation des tâches planifiées dans l'espace et dans le temps de travail, ainsi que la nature des différents attracteurs cognitifs entre lesquels il a navigué en alternance ou en parallèle (voir infra un exemple).

On organise d'abord avec l'utilisateur un "débriefing" au cours de la première prévisualisation des enregistrements vidéo. Cette étape

permet de guider le codage et l'analyse des données suivant les tâches de l'utilisateur.

Par exemple, le sujet DH arrive au travail le lundi 14 avec un seul but: faire un travail de programmation. Mais dans les conditions de l'espace de travail, ce but se transforme en un nombre de tâches principales: "programmer" (ce qui est lié au but initial), et "participer à une réunion" (ce qui lui est imposé par l'ordre du jour de l'équipe, mais contradictoire avec le but initial). DH est donc soumis à deux attracteurs cognitifs, tous deux puissants et légitimes. Il va comme c'est prévisible céder à celui qui offre une forte prégnance sociale, participer à la réunion (Lahlou, 2000c); mais il ne renoncera pas pour autant au second, et il viendra donc en réunion avec un objectif différent de l'objectif commun. Nous pouvons ensuite examiner les activités de l'utilisateur dans ces deux tâches. En effet, la présence physique du sujet dans la salle de réunion ne signifie pas sa participation: 52 pour cent du temps de la réunion (soit 32 pour cent des 461 opérations réalisées entre 10h15 et 12h40) a été consacré, pour cet utilisateur, au travail de programmation (l'attention ne porte que sur l'écran de l'ordinateur comme en témoigne le lieu de fixation oculaire; toutes les opérations observées concernent la programmation). DH a résolu la contrainte croisée en participant à la réunion tout en partageant son attention entre le travail individuel sur écran et une attention flottante portée au déroulement de la réunion (voir Figure 6).

Les *affordances* de la salle RAO (réseau sans fil disponible, chacun a son PC portable sur la table) permettent la tenue d'une telle conduite qui poursuit simultanément deux "cours d'action". Naturellement, si du point de vue des buts individuels ce choix peut sembler préférable, il l'est moins du point de vue des buts communs immédiats. Mais à long terme, l'activité individuelle de DH s'inscrit également dans des objectifs collectifs, et il faut donc se garder de tirer des conclusions hâtives. L'activité coopérative est faite de tels *trade-offs*, qu'il faut évaluer afin de fournir des environnements adaptés aux objectifs que l'on cherche à privilégier. Nous pouvons en tous cas faire en sorte que le contexte d'une activité procure aux utilisateurs les *affordances* pour pouvoir maîtriser leur activité, notamment en cas de reprise d'un cours d'action après une interruption; et par ailleurs que les utilisateurs en tant que groupe trouvent dans le contexte les supports adéquats pour la réalisation du but commun. Pour cela, nous manipulons la prégnance des attracteurs en diminuant le coût cognitif de certaines opérations "souhaitables"

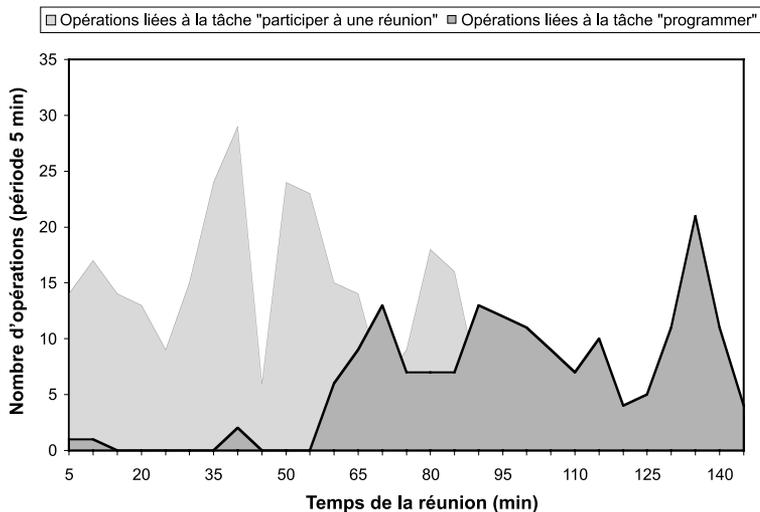


FIGURE 6
Répartition d'opérations au cours d'une réunion (sujet DH)

(par exemple, permettant le but commun), voire nous augmentons le coût cognitif de certaines opérations non souhaitables; nous favorisons la création de représentations communes.

La question de la correspondance entre les buts individuels et les buts communs est d'une importance particulière dans toutes les tâches coopératives, et plus encore dans celles qui, comme les réunions, se font en simultanément. Une analyse particulière de cette correspondance a été entreprise dans le cadre d'observation des réunions de type "réunion-discussion".

Observation des réunions-discussions

L'analyse des données de questionnaires proposés aux participants des réunions a permis de mettre en évidence leurs attentes et leurs évaluations concernant l'efficacité de la réunion. Au total, 164 participants de réunions ont été interrogés. Les résultats d'analyse montrent, par exemple, que plus de 70 pour cent des participants ne sont pas en mesure de lister les points de l'ordre du jour, ou

arrivent à la réunion sans objectifs clairs ou avec des objectifs autres que l'ordre du jour. Il faut noter que ces statistiques portent uniquement sur des réunions où l'ordre du jour était effectivement donné plusieurs jours à l'avance. Malgré les recommandations en vigueur, certaines réunions ne voient leur ordre du jour fixé qu'en début de réunion. Or, le degré de correspondance entre les tâches personnelles et les objectifs de la réunion en détermine la réussite.

Certaines solutions techniques et organisationnelles ont été mises en place sur la base des résultats d'analyse, par exemple, l'affichage, sur un des écrans géants de la salle qui est également partagé par les participants distants, de l'ordre du jour ainsi que de la prise de notes au cours de la réunion par le secrétaire de séance. Ces mesures visent la matérialisation de la représentation dans l'espace collectif pour faciliter la co-construction sociale, la création d'un consensus formalisé pour la prise de décision, le traçage des décisions prises ainsi que leur rationalité. Cela permet également au compte-rendu de réunion d'être immédiatement disponible sur le réseau et validé.

L'analyse des enregistrements vidéo des réunions permet d'identifier les thèmes les plus discutés et les thèmes évacués au cours de la réunion. Elle permet également d'identifier les problèmes liés aux (1) artefacts médiatisant les interactions et (2) problèmes d'organisation des discussions. Lors de l'analyse thématique du "polylogue" au cours de la réunion, on identifie les macro-thèmes principaux et les micro-thèmes qui se déroulent sur le fond du thème principal ou qui lui sont associés. Ensuite, l'analyse concerne les ensembles thématiques du polylogue et du thème réellement développé. Cette analyse empirique réserve quelques surprises. Par exemple, un défaut partiel de la présentation d'un orateur au cours d'une réunion (mauvaise qualité de l'impression de transparents en couleur) a provoqué une série de digressions sur la question du dysfonctionnement des imprimantes.

Après de telles digressions, le fil de la discussion est rompu et le travail mental collectif qui a été interrompu est souvent perdu, la discussion reprenant au départ ou abandonnant le sujet sans conclure. En l'occurrence dans cette réunion, ces "boucles de discussion" ont pris 24 minutes sur les 32 minutes consacrées au point de l'ordre du jour en question (donc, 24 minutes perdues). Ce type de boucles de digression s'observe fréquemment dans les réunions, et certaines sont stériles. La décision d'afficher un suivi progressif du travail collectif sous la forme du compte-rendu en cours de construction,

mentionnée plus haut, vise notamment à limiter ces digressions en rappelant les participants à l'ordre du jour en introduisant dans l'environnement, en un lieu où se focalise régulièrement l'attention des participants (l'écran), un attracteur cognitif puissant et partagé, et à expliciter pour le groupe l'avancement de sa réflexion collective.

L'analyse des réunions réelles est une source presque inépuisable de découvertes de dysfonctionnements du travail collectif, dont certains peuvent être corrigés par l'introduction de dispositifs socio-techniques. Notre analyse de plus de 120 réunions a ainsi repéré certaines "régularités" dans les dysfonctionnements, par exemple, dans les pertes de temps sur les installations techniques liées aux prises de courant, aux vidéoprojecteurs, aux photocopieurs, aux visiophones; mais aussi sur l'organisation de la prise de notes, les prises de dates, et les malentendus ou éclaircissements provoqués par l'absence de traçage adéquat des réunions antérieures.

Tests d'artefacts

Dans certains cas, il est nécessaire d'évaluer différents dispositifs existants pour préconiser des choix. Prenons comme exemple une étude dont l'objectif principal était de comparer différents types de PDA afin de comprendre les spécificités de leur usage dans les tâches habituelles des utilisateurs travaillant dans un environnement augmenté. Un second objectif était de mieux connaître les problèmes auxquels les utilisateurs sont confrontés au cours de leur travail avec les artefacts, notamment en correspondance au type de tâche réalisée. Trois types de PDA ont été testés dans un scénario comparatif: deux assistants de poche (iPaq et Palm) et un PC portable.

Tous les utilisateurs participant aux tests travaillaient dans le bâtiment K1 et peuvent être considérés comme experts dans l'usage de ce type d'artefacts. Ils les avaient utilisés quotidiennement pour l'ensemble des fonctionnalités principales pendant des durées de quatre mois à deux ans au moment de l'expérience. Cet usage concerne le travail individuel (par exemple, recherche d'informations sur Internet) ainsi que l'activité commune (par exemple, planification des réunions, échange d'informations sur le projet, prise de notes au cours d'une conversation, etc.). Nous présentons ici les résultats de tests avec trois utilisateurs de niveau d'expérience comparable.

Procédure

L'utilisateur testait trois artefacts qu'il avait en sa possession au titre de son usage professionnel et qu'il avait configurés à sa guise. On lui demandait d'abord de découvrir l'environnement de travail de chaque artefact et de montrer ses fonctionnalités principales. Ensuite il devait atteindre, avec chaque artefact, cinq buts prescrits: (1) planifier un rendez-vous; (2) trouver une adresse dans le carnet d'adresses; (3) ajouter un nouveau contact dans le carnet d'adresses; (4) relever sa messagerie, créer et envoyer un e-mail à une adresse précise; (5) rechercher sur Internet les adresses d'un magasin précis (en France). L'analyse devait montrer en quelles tâches se transforment ces buts dans les conditions d'usage de différents artefacts, et donc, quelles actions et opérations l'utilisateur exécute afin de réaliser ces tâches.

Les activités de l'utilisateur et ses commentaires verbaux ont été enregistrées sur une caméra vidéo. Une autre caméra synchronisée enregistrait l'interface de chaque artefact. Les informations recueillies auprès de l'utilisateur étaient regroupées par rapport à la structure de l'activité étudiée et en correspondance avec les tâches réalisées.

Le premier groupe de données concerne les informations permettant de comprendre la représentation sur l'artefact formée chez l'utilisateur au cours de son expérience. La théorie de l'activité concernant le processus de réalisation des actions et de formation des actions mentales distingue généralement quatre phases: planification, exécution, contrôle-évaluation et correction de l'action. De même, dans le processus de perception de l'artefact, nous distinguons les phases d'anticipation, d'identification, d'évaluation et de correction. Dans cette étude, on s'intéressait particulièrement aux aspects de planification d'opérations, et aux aspects d'anticipation concernant les informations présentées sur l'interface. Pour avoir ces données, on demandait à l'utilisateur de décrire à voix haute les manipulations qu'il envisageait de faire.

Le deuxième groupe de données concerne les évaluations par l'utilisateur de l'artefact et de son usage dans chaque tâche demandée. Plus précisément, on demandait à l'utilisateur de décrire à voix haute les avantages et les inconvénients du système pour chaque tâche particulière. On lui demandait ensuite d'évaluer sur une échelle 0-10 l'importance de chaque fonction de l'artefact dans l'ensemble

des fonctions proposées. L'utilisateur devait aussi argumenter chacune de ses notes d'évaluation. Ces données permettaient de comparer différentes fonctions selon leur importance et par rapport aux problèmes rencontrés par l'utilisateur lors de l'usage d'un artefact concret.

Le troisième groupe de données intègre les informations sur la comparaison des trois artefacts. Après chaque tâche réalisée sur les artefacts, on demandait à l'utilisateur d'exprimer les différences entre les artefacts et les aspects similaires. L'utilisateur devait ensuite choisir et argumenter la préférence pour chaque paire d'artefacts dans chaque tâche réalisée.

L'ensemble du test durait de 1h 30 à 2h 30 selon les personnes.

Toutes les informations sur les activités d'usage (résultant des enregistrements vidéo) et sur les évaluations des utilisateurs étaient regroupées dans une base de données permettant de saisir, associer et interroger plusieurs tables d'information à la fois (base de données relationnelle).

Analyse

L'analyse visait à mettre en correspondance les données observées sur les activités d'usage des artefacts (enregistrements vidéo) et les données sur les évaluations des utilisateurs (données de verbalisations). Ces dernières concernaient à la fois les opérations réalisées et les caractéristiques de l'artefact testé. La préparation des données pour l'analyse consistait à coder de manière synchrone les enregistrements vidéo des opérations réalisées par les utilisateurs, et les enregistrements des verbalisations concernant ces opérations, ou les éléments de l'artefact associés à leur réalisation.

Au cours du codage des enregistrements vidéo, on doit tout d'abord repérer les séquences qui permettent d'identifier une opération concrète dans l'exécution d'une tâche (par exemple, cliquer sur un lien, déplacer une fenêtre, écrire une adresse, etc.). La durée moyenne des séquences (intervalle entre le début d'opération et la réaction du système correspondante) était de 6,4 secondes. A chaque séquence, il faut ensuite associer les informations sur le type de tâche et d'opération ainsi que les informations sur l'objet que l'opération vise (icône, lien, menu, texte, etc.), sur le moyen utilisé (stylet, clavier, souris, etc.), et sur la réaction du système (affichage

d'une fenêtre, lancement d'une application, chargement des informations, etc.).

En parallèle avec le codage des enregistrements vidéo, on systématise et code les données des verbalisations. Ce codage vise à la fois les évaluations concernant les opérations réalisées et les évaluations des éléments perçus des artefacts. Chaque type d'évaluation est associé aux informations issues des enregistrements vidéo. Cette association nous permet ensuite d'interpréter les données observées à l'aide de commentaires des utilisateurs et vice versa.

L'analyse statistique des données vidéo consiste à calculer les fréquences d'exécution de chaque opération dans chaque tâche, leurs successions, durées, etc., afin de définir les paramètres essentiels de l'artefact, accessibles pour ce type d'observation.

En ce qui concerne l'analyse des verbalisations, les principes méthodologiques ont été décrits dans la section précédente et dans Nosulenko et Samoylenko (1995, 1997, 2001).

Rappelons que dans le cadre de cette étude l'analyse concernait deux types de comparaisons: comparaison dans le cadre d'usage d'un artefact (évaluation des rapports entre différentes fonctionnalités de l'artefact dans leur ensemble: agenda, messagerie, Web, etc.) et comparaison de différents artefacts (évaluation comparative par rapport aux mêmes tâches: par exemple l'envoi d'un e-mail avec un Palm et un iPaq).

Nous présentons ci-dessous quelques exemples des résultats d'analyse intégrant les données d'observation et les évaluations subjectives des utilisateurs. Tenant compte des contraintes de confidentialité, nous allons présenter les résultats en étiquetant les artefacts testés comme "A", "B", et "C".

Résultats

Il s'agit ici de comparer les données sur la planification des opérations pour une tâche avec les données sur la réalisation effective de cette tâche. L'utilisateur fait-il ce qu'il dit? Sa représentation de la tâche est-elle conforme à sa pratique?

Pour l'utilisateur expérimenté, les étapes essentielles de réalisation de la tâche peuvent être assez explicites: il connaît bien l'artefact concret et donc peut prévoir comment atteindre le but demandé dans les conditions d'usage de cet artefact. Autrement dit, il peut

planifier les opérations de l'action pour réaliser la tâche. Par contre, tous les problèmes dans l'exécution d'opérations planifiées seront considérés comme un déplacement vers une tâche particulière, non prévue dans la succession d'opérations quasi automatisées.

Prenons l'exemple de la tâche "envoyer un e-mail" avec l'artefact "B". Cette tâche peut être décomposée en un certain nombre d'opérations. L'analyse des verbalisations nous permet de reconstruire les opérations planifiées par l'utilisateur. En même temps, les données d'observation vidéo nous donnent la succession d'opérations, réellement exécutées. L'analyse consiste ensuite à comparer ces deux groupes de données (Figure 7).

Comme on peut le voir sur la Figure 7, certaines opérations dans l'action de l'utilisateur n'avaient pas été prévues. Dans la pratique, la réalisation de ces opérations imprévues prend 58 pour cent du temps total de cette tâche.

On voit également que dans la réalisation de certaines opérations, l'utilisateur est confronté à des problèmes qu'il n'attendait pas. Par exemple, l'opération de routine "entrer l'adresse du destinataire" a pris 1 minute 46 secondes et a demandé nombre d'opérations complémentaires à réaliser: ce qui devait être une opération automatisée simple s'est transformée en une tâche particulière en raison de réponses inattendues du système technique. Cette observation nous amène à l'analyse plus détaillée des données, comme le montre la Figure 8. Dans certains cas, l'analyse des enregistrements vidéo nécessite leur traitement au ralenti, afin de comprendre le contenu des problèmes rencontrés.

Bien évidemment, l'objectif principal de l'analyse est d'interpréter les causes des problèmes observés. Par exemple, pour le cas présenté sur les Figures 7 et 8, nous avons pu constater que le problème d'écriture de l'adresse du destinataire sur l'artefact B est lié au fait que durant les deux derniers mois l'utilisateur travaillait plutôt avec l'artefact A. La comparaison de ces deux artefacts montre que l'écriture avec un stylet sur l'artefact A est plus facile et plus pratique que sur l'artefact B (Figure 9), et que du coup l'utilisateur a tendance à utiliser certaines routines musculaires apprises avec l'artefact A et qui ont supplanté dans ses opérations celles de l'artefact B.

La Figure 9 présente les "portraits verbaux" des deux artefacts dans les opérations d'écriture. Le portrait verbal montre le profil de l'objet suivant les caractéristiques pertinentes pour sa perception par l'utilisateur (pour plus de détails, voir Nosulenko et al., 1998;

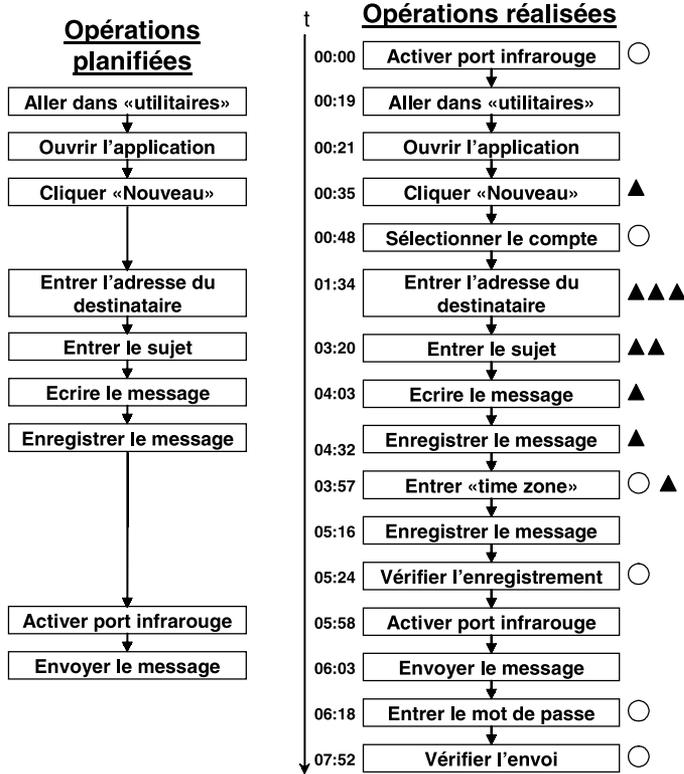


FIGURE 7

Opérations planifiées par l'utilisateur et opérations réalisées dans la tâche "envoyer un e-mail". Les opérations imprévues sont indiquées par des cercles. Les triangles indiquent les problèmes qui ont provoqué la décomposition consciente d'une opération en opérations complémentaires (par exemple en 01:34)

Nosulenko et Samoylenko, 2001). On peut voir que sur l'artefact A l'écriture est plus naturelle, elle ne demande pas d'acquis spéciaux (donc, la reconnaissance est meilleure). Le fait que l'utilisateur travaillait ces dernier temps sur cet artefact mieux adapté à l'écriture a provoqué un certain affaiblissement de ses acquis avec l'artefact B. Il est important de noter que l'utilisateur était un véritable expert en ce qui concerne l'artefact B. En deux ans d'usage du produit, l'écriture avec le stylet était pour lui une routine, et l'on peut vérifier sur les enregistrements vidéo des réunions et de son activité au cours de

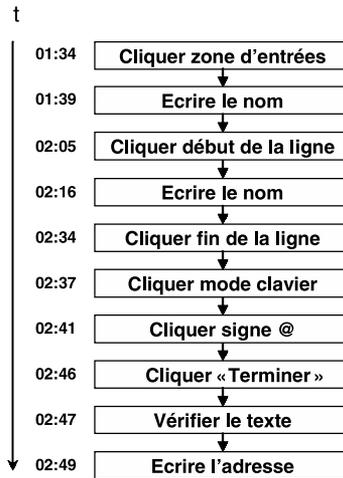


FIGURE 8
Opérations dans la tâche "entrer l'adresse du destinataire"

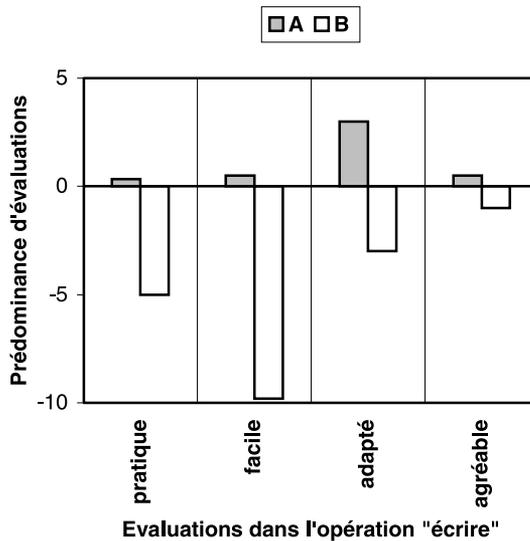


FIGURE 9
Portraits verbaux des artéfacts A et B dans l'opération d'écriture

l'année précédente qu'il utilisait effectivement souvent spontanément l'artefact B comme un bloc-notes. Mais nous pouvons constater que cette expérience disparaît dès qu'un autre artefact lui offre une possibilité d'écriture plus naturelle.

La conclusion est de proposer au concepteur de l'artefact B des voies d'amélioration de la fonction de reconnaissance d'écriture ainsi que de l'enchaînement des écrans d'interface qui sont mieux adaptés à la récupération d'erreurs dans l'artefact A. Au niveau de l'enchaînement des opérations, on peut améliorer le système de telle façon que ses réactions dans l'interaction correspondent aux anticipations de l'utilisateur. Pour cela, une façon simple est de s'inspirer des représentations que l'utilisateur a de la tâche dans la conception du système, même si cela éloigne d'un optimum technologique.

Un autre exemple d'analyse des évaluations des utilisateurs concerne la comparaison des artefacts dans différentes tâches. Nous présentons ici les données sur les évaluations dans trois groupes de tâches: tâche "agenda" qui intègre les évaluations sur les actions de planification des rendez-vous et de carnet d'adresses, tâche "messagerie", et tâche de recherche sur le Web. Ces données d'ensemble sont présentées sur la Figure 10.

Ce type de présentation permet de définir les domaines dans lesquels l'usage de l'un ou de l'autre artefact est plus efficace. On peut constater, par exemple, que l'artefact B est très performant dans les tâches d'agenda, tandis que pour travailler sur Internet, il est mieux de choisir l'artefact C. L'analyse détaillée des opérations permet ensuite de comprendre, comme on l'a montré dans le cas précédent, quels détails dans l'exécution des opérations expliquent ces différences d'"utilisabilité" des artefacts.

Conclusion

Afin de concevoir des environnements de travail plus efficaces et plus confortables pour les utilisateurs, nous avons mis en place un paradigme qui combine observation coopérative et conception participative, à une échelle inédite. Pour analyser les activités coopératives en environnement complexe, nous avons fait appel à plusieurs approches théoriques qui sont appliquées de manière complémentaire. Les théories russes de l'activité, la cognition distribuée et la psychologie sociale permettent de diriger l'analyse sur des

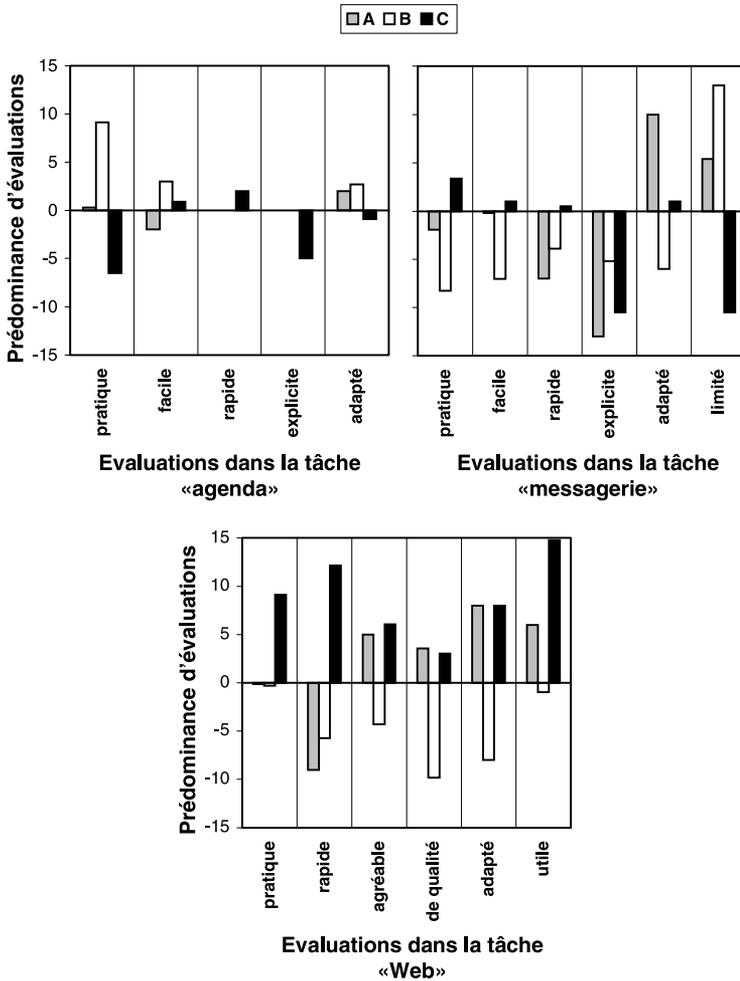


FIGURE 10
Portraits verbaux des artefacts A, B, C en fonction des tâches de leur usage

éléments pertinents du point de vue des sujets. L'approche par la qualité perçue permet de repérer les dimensions problématiques et la théorie des attracteurs cognitifs guide la conception de nouveaux environnements. Le résultat n'a pu être obtenu que grâce à une coopération interdisciplinaire et internationale entre chercheurs en sciences sociales, mais aussi avec les ingénieurs et les utilisateurs.

Une batterie d'instruments d'observation centrée sur le point de vue du sujet vient soutenir cette approche anthropocentrique du point de vue empirique, et sert également à faire les évaluations quantifiées indispensables dans un système où les choix d'évolution sont d'abord guidés par la rationalité économique.

L'investissement initial pour mettre en place un tel laboratoire vivant, et sa gestion, nécessitent des moyens techniques, humains, et financiers importants qui peuvent faire reculer certains; mais l'expérience montre que le gain en efficacité et la dynamique d'innovation qui en résulte le justifient amplement. Par exemple, la salle RAO a fait l'objet de nombreuses demandes de déploiement de la part des utilisateurs, de même que le rangepile – un système de rangement vertical également conçu au LDC (Lahlou, 2000b) – et d'autres artefacts provenant d'une conception participative dans ce même paradigme de réalité expérimentale. Compte tenu de la complexité des environnements augmentés, on voit d'ailleurs mal comment adopter une autre stratégie qu'un développement graduel basé sur l'étude fine des usages, et c'est sans doute pourquoi une dizaine d'autres laboratoires du même type que le nôtre sont actuellement en train de se monter dans divers pays, essentiellement pour étudier les environnements de travail augmentés et la domotique destinée aux habitations privées. L'évolution de nos environnements quotidiens vers une situation où les automates exécuteront un nombre croissant de tâches cognitives (Lahlou, 2000c) accentuera sans doute le besoin de tels laboratoires d'usage. Notons que le paradigme de réalité expérimentale fournit non seulement des résultats opérationnels, mais aussi des séries de données empiriques extrêmement importantes pour la recherche fondamentale en psychologie sociale et cognitive, en ce qui concerne les interactions entre humains et avec les objets.

Au-delà de la réussite du dispositif, il faut souligner que l'approche n'en est qu'à ses débuts et rencontre nombre de limites et de difficultés qui ne doivent pas être sous-estimées. D'abord, le coût élevé du dispositif, et la complexité de la gestion d'une plateforme qui sert deux logiques – observation et expérimentation – certes convergentes, mais servies par des acteurs (psychologues, ingénieurs) aux modes de fonctionnement et aux intérêts différents; les dispositifs techniques d'observation, notamment parce qu'ils sont utilisés par des non-spécialistes que sont les sujets d'observation, tombent facilement en panne et nécessitent une vigilance constante. Si certains protocoles, comme l'offsat, sont très bien

acceptés, d'autres sont lourds, notamment celui des incidents critiques, et il semble que la coopération des sujets à ce protocole ne dépasse pas neuf mois. Les expérimentations sont toujours un peu en retard, et le planning des observations ciblées en est perpétuellement bouleversé.

En conclusion, si l'approche par la réalité expérimentale semble prometteuse, il reste devant nous des développements considérables pour qu'elle devienne une routine efficace. Pour atteindre ce résultat il faudra non seulement approfondir le travail interdisciplinaire déjà engagé dans le domaine des sciences sociales, mais aussi généraliser des modalités de collaboration entre chercheurs en sciences sociales, ingénieurs, et utilisateurs.

Saadi Lahlou dirige le Laboratoire de Design Cognitif (LDC) à EDF R&D, il est directeur scientifique au Laboratoire Européen de Psychologie Sociale de la Fondation Maison des Sciences de l'Homme (FMSH/LEPS), et chercheur associé au Laboratoire de Psychologie Sociale de l'EHESS. Il a construit plusieurs grands systèmes d'enquête sur les comportements et les représentations, notamment alimentaires, avant de se tourner vers l'étude des travailleurs de l'information et de développer des techniques d'observation du travail cognitif. Il a publié notamment dans les champs des représentations sociales, de l'analyse des données textuelles, de la psychologie sociale des organisations et des sciences cognitives. *Adresse de l'auteur*: 1, avenue du Général de Gaulle, 92141 Clamart Cedex, France. [email: saadi.lahlou@edf.fr]

Valery N. Nosulenko est Directeur de recherche à l'Institut de Psychologie de l'Académie des Sciences de Russie. Depuis 1984, il participe à des programmes de recherche franco-russes sous les auspices de la Fondation Maison des Sciences de l'Homme (FMSH) en tant que responsable du programme «Cognition et Communication». Avec Elena Samoylenko, il a élaboré une approche de l'évaluation de la qualité perçue des produits et services qui a été appliquée dans beaucoup d'entreprises françaises. Dans le cadre du Laboratoire de Design Cognitif (EDF R&D), il est co-responsable du programme d'évaluation des outils et des environnements de travail. Il compte plus de quatre-vingt publications scientifiques dont huit livres. *Adresse de l'auteur*: 16-18, rue Suger, 75006 Paris. France. [e-mail: valery.nosulenko@edf.fr]

Elena S. Samoylenko est Directeur de recherche à l'Institut de Psychologie de l'Académie des Sciences de Russie. Depuis 1988, elle participe à des programmes de recherche franco-russes sous les auspices de la Fondation Maison des Sciences de l'Homme (FMSH) et en partenariat avec plusieurs organismes scientifiques français. Ses recherches portent sur la cognition et communication, notamment sur l'analyse des verbalisations. Certaines de ses méthodes ont été appliquées dans les programmes d'étude et de recherche auprès des entreprises françaises.

Dans le cadre du Laboratoire de Design Cognitif (EDF R&D), elle est co-responsable du programme d'analyse des communications dans les environnements de travail. Elle compte plus de 50 publications scientifiques. *Adresse de l'auteur*: 16-18, rue Suger, 75006 Paris. France. [e-mail: esamoyle@msh-paris.fr]

Références

- Abowd, G. D. et Mynatt, E. D. (2002) "Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing", in J. M. Carroll (ed.) *Human-Computer Interaction in the New Millennium*, pp. 513-35. New York: ACM Press.
- Abric, J.-C. (1999) *Psychologie de la communication*. Paris: Armand Colin.
- Ananiev, B. G., ed. (1959) *Osyazanie v protsessakh truda i poznanya* [Le toucher dans les processus de travail et de cognition]. Moscou: Académie des sciences pédagogiques de la Fédération de Russie.
- Anzieu, D. et Martin, J.-Y. (1990) *La dynamique des groupes restreints*, 8e édition remaniée. Paris: PUF.
- Austin, J. L. (1962) *How to Do Things with Words*. Oxford: Clarendon Press.
- Bannon, L. et Bødker, S. (1991) "Beyond the Interface: Encountering Artefact in Use", in J. Carroll (ed.) *Designing Interaction: Psychology at the Human Computer Interface*, pp. 227-53. Cambridge: Cambridge University Press.
- Barabanshikov, V., Brushlinsky, A., Rabardel, P. et Nosulenko, V. (à paraître) "Man-Technology Interaction: Some of the Russian Approaches", in *Dealing with Artifacts Activity: Theory Approaches*.
- Bellamy, R. K. E. (1996) "Designing Educational Technology: Computer-Mediated Change", in B. A. Nardi (ed.) *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, pp. 123-46. Cambridge, MA: MIT Press.
- Billings, C. E. (1991) "Toward a Human-Centred Aircraft Automation Philosophy", *The International Journal of Aviation Psychology* 1(4): 261-70.
- Bødker, S. (1996) "Applying Activity Theory to Video Analysis: How to Make Sense of Video Data in Human-Computer Interaction", in B. A. Nardi (ed.) *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, pp. 147-74. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bødker, S., Ehn, P., Kammersgaard, J., Kyng, M. et Sundblad, Y. (1987) "A Utopian Experience", in G. Bjerknes, P. Ehn et M. Kyng (eds) *Computers and Democracy - A Scandinavian Challenge*, pp. 251-78. Aldershot: Avebury.
- Card, S., Moran, T. et Newell, A. (1983) *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Carroll, J. M., ed. (2002) *Human-Computer Interaction in the New Millennium*. New York: ACM Press.
- Cicourel, A. V. (2002) *Le raisonnement médical*. Paris: Seuil.
- Cicourel, A. V. et Lablou, S. (2002) "Privacy Issues in Observing Experimental Reality" (*Document de travail*). Paris: EDF R&D, Laboratoire de Design Cognitif.
- Clark, A. (1997) *Being There: Putting Brain, Body, and World Together Again*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Davydov, V. V., Zintchenko, V. P. et Talyzina, N. (1982) "The Problem of Activity in the Works of A.N. Leont'ev", *Soviet Psychology* 21: 31-42.

- de Fornel, M. et Quéré, L., eds (1999) *La logique des situations. Nouveaux regards sur l'écologie des activités sociales*. Paris: Ecole des Hautes Etudes en Science Sociales.
- de Waal, F. B. M. (1989) *Peacemaking among Primates*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Downs, R. M. et Stea, D., eds (1973) *Image and Environment*. Chicago, IL: Aldine Press.
- Ehn, P. (1992) "Scandinavian Design: On Participation and Skill", in P. S. Adler et T. A. Winograd (eds) *Usability: Turning Technologies into Tools*, pp. 96–132. New York: Oxford University Press.
- Engeström, Y. (1987) *Learning by Expanding*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y. (1990) *Learning, Working and Imaging: Twelve Studies in Activity Theory*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y. (1993) *Interactive Expertise*. Helsinki: University of Helsinki.
- Engeström, Y. et Middleton, D., eds (1996) *Cognition and Communication at Work*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Frey, S. et Möller, C. (1999) "Spontaneous Movement: The Unexplored Dimension of Human Communication", in A. Kecskeméthy, S. Schneider et C. Woernle (eds) *Advance in Multibody Systems and Mechatronics*, pp. 183–92. Duisburg: Gerhard-Mercator-Universität.
- Frey, S., Raveau, A., Kempter, G., Darnaud, C. et Argentin, G. (1993) "Mise en évidence du traitement cognitif du non-verbal", *MSH Informations* 70: 4–23.
- Galperin, P. Y. (1998) *Psikhologiya kak ob'ektivnaya nauka* [La psychologie comme science objective], in *Izbrannye psikhologitcheskie trudy* [Travaux psychologiques choisis], Vol. 17. Moscou-Voronezh: Académie des Sciences Pédagogiques et Sociales.
- Gibson, J. J. (1982) "Notes on Affordances", in E. Reed et R. Jones (eds) *Reasons for Realism. Selected Essays of James J. Gibson*, pp. 401–18. London: Lawrence Erlbaum.
- Gibson, J. J. (1986) *The Ecological Approach to Visual Perception*. London: Lawrence Erlbaum.
- Greenbaum, T. (1988) *The Practical Handbook and Guide to Focus Group Research*. Lexington, MA: D.C. Health.
- Gumperz, J. J. et Hymes, D. (eds) (1964) "The Ethnography of Communication", *American Anthropologist* 66(6) [special issue].
- Gumperz, J. J. et Hymes, D., eds (1972) *Directions in Sociolinguistics. The Ethnography of Communication*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Hollan, J., Hutchins, E. et Kirsh, D. (2002) "Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human–Computer Interaction Research", in J. M. Carroll (ed.) *Human–Computer Interaction in the New Millennium*, pp. 75–94. New York: ACM Press.
- Hutchins, E. (1991a) "How a Cockpit Remembers its Speeds", manuscript. La Jolla: University of California, Department of Cognitive Science.
- Hutchins, E. (1991b) "The Social Organization of Distributed Cognition", in L. Resnick (ed.) *Perspectives on Socially Shared Cognition*, pp. 283–7. Washington, DC: American Psychological Association.
- Hutchins, E. (1995) *Cognition in the Wild*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hutchins, E. et Klausen, T. (1996) "Distributed Cognition in an Airline Cockpit", in Y. Engeström et D. Middleton (eds) *Cognition and Communication at Work*, pp. 15–34. Cambridge: Cambridge University Press.

- Hutchins, E. et Palen, L. (1997) "Constructing Meaning from Space, Gesture, and Speech", in L. Resnick, R. Salio, C. Pontecorvo et B. Burge (eds) *Tools, and Reasoning: Essays in Situated Cognition*, pp. 23–40. New York: Springer-Verlag.
- Hymes, D. (1962) "The Ethnography of Speaking", in T. Gladwin et W. C. Sturtevant (eds) *Anthropology and Human Behavior*, pp. 13–53. Washington, DC: Anthropological Society of Washington.
- Hymes, D. (1974) *Foundations in Sociolinguistics*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Ishii, H. et Ullmer, B. (1997) "Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People; Bits and Atoms", *Proceedings of the CHI'97 ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*: 234–41.
- Itani, J. (1957) "On the Acquisition and Propagation of a New Food Habit in the Natural Group of the Japanese Monkeys at Takasi-Yama", *Primates* 12: 84–98.
- Jakobson, R. (1963) *Essais de linguistique générale*. Paris: Minuit.
- Kantowitz, B. N. (1992) "Flight Deck Automation and Pilot Workload", paper presented at the 22nd International Conference on Environmental Systems, Seattle, Washington.
- Kawai, M. (1965) "Newly Acquired Pre-Cultural Behavior of the Natural Troop of Japanese Monkeys on Koshima Islet", *Primates* 61: 1–30.
- Kirsh, D. (1995) "The Intelligent Use of Space", *Artificial Intelligence* 73(1–2): 31–68.
- Kirsh, D. (2000) "A Few Thoughts on Cognitive Overload", *Intellectica* 1(30): 19–51.
- Köhler, W. (1973) "L'intelligence des singes supérieurs", *Les Classiques de la Psychologie, Centre de Promotion de la Lecture*. Paris: PUF (rééd. de 1917).
- Krauss, R. M. et Fussell, S. R. (1990) "Mutual Knowledge and Communicative Effectiveness", in R. E. Kraut, J. Gallegher et Egidio (eds) *Intellectual Teamwork: Social and Technical Bases of Collaborative Work*, pp. 111–45. New York: Erlbaum.
- Krauss, R. M. et Fussell, S. R. (1996) "Social Psychological Models of Interpersonal Communication", in E. T. Higgins et A. Kruglanski (eds) *Social Psychology: Handbook of Basic Principles*, pp. 655–701. New York: Guilford Press.
- Krauss, R. M. et Weinheimer, S. (1964) "Changes in Reference Phrases as a Function of Frequency of Usage in Social Interaction", *Psychonomic Science* 1: 113–14.
- Krauss, R. M. et Weinheimer, S. (1966) "Concurrent Feedback, Confirmation and the Encoding of Referents in Verbal Communication", *Journal of Personality and Social Psychology* 4(3): 343–6.
- Kyng, M. et Mathiassen, L., eds (1997) *Computers and Design in Context*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lahlou, S. (1998a) "Faire face à la double contrainte dans les organisations", *Bulletin de l'Information des Cadres, Numéro spécial: Les sciences de l'homme et de la société et l'entreprise* 35: 37–47.
- Lahlou, S. (1998b) *Penser manger. Alimentation et représentations sociales*. Paris: PUF.
- Lahlou, S. (1998c) "The Subjective Camera ('Subcam'): a New Technique for Studying Representations in Context", paper presented at the Fourth International Conference on Social Representations, Mexico.
- Lahlou, S. (1999) "Observing Cognitive Work in Offices", in N. Streitz, J. Siegel, V. Hartkopf et S. Konomi (eds) *Cooperative Buildings. Integrating Information, Organizations and Architecture*, no. 1670, pp. 150–63. Heidelberg: Springer, Lecture Notes in Computer Science.

- Lahlou, S. (2000a) "Attracteurs cognitifs et travail de bureau", *Intellectica* 1(30): 75–113.
- Lahlou, S. (2000b) "Comment éviter le *Cognitive Overflow Syndrome?*", *Epure* (65): 28–44.
- Lahlou, S. (2000c) "La cognition au travail et ses outils: débordement, révolution, distribution", *Intellectica* 1(30): 7–17.
- Lahlou, S. (2001) "Social Construction of New Artifacts through Participative Design", paper presented at the II Jornada Internacional sobre Representações Sociais, Santa Catarina, Brésil.
- Lahlou, S. et Fischler, C. (1996) "Comment gérer et diriger les informations: le traitement de l'information par le bureau". *Sciences Humaines* (65): 42–5.
- Lahlou, S., Nosulenko, V. et Samoylenko, E. (sous presse) "User's Perception of Digitized Environments: Learning from 'Experimental Reality'", paper presented at the ICAAP, Singapour.
- Lahlou, S., Lenay, C., Gueniffey, Y. et Zacklad, M. (1997) "Le COS, tel que défini par l'ARC. Annexe au CR du groupe ARC-industrie sur le syndrome de saturation cognitive (COS)", *Bulletin de l'Association pour la Recherche Cognitive* (42): 39.
- Lahlou, S., Van der Meijden, R., Messu, M., Poquet, G., Prakke, F. et Sand, F. (1992) *A Guideline for Survey Techniques in Evaluation Research*. Brussels: Commission of European Communities, EUR 14–339.
- Lave, J. (1988) *Cognition in Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lazursky, A. F. (1911) "Ob estestvennom eksperimente [De l'expérience naturelle]", in N. E. Rummyantsev (ed.) *Trudy pervogo vserossijskogo s'ezda po eksperimentalnoj pedagogike* [Oeuvres du premier congrès de pédagogie expérimentale], pp. 142–52. St Petersburg: Izdanie buro s'ezda [Edition du bureau du congrès].
- Leont'ev, A. A. (1979) "Deyatel'nost' i obschenie [L'activité et la communication]", *Voprosy filosofii* [Questions en philosophie] (1): 121–32.
- Leont'ev, A. A. (1997) *Psikhologiya obscheniya* [La psychologie de communication]. Moscou: Smysl.
- Leont'ev, A. N. (1974) "The Problem of Activity in Psychology", *Soviet Psychology* 13(2): 4–33.
- Leont'ev, A. N. (1975) *Activité, conscience, personnalité*. Moscou: Editions du Progrès.
- Leont'ev, A. N. (1976) *Le développement du psychisme. Problèmes*. Paris: Editions Sociales.
- Lissina, M. I. (1977) *Obschenie, lichnost' i psikhika rebenka* [La communication, la personnalité et le psychisme chez l'enfant]. Moscou-Voronezh: Institut de psychologie pratique.
- Lissina, M. I. (1986) *Problemy ontogeneza obscheniya* [Problèmes de l'ontogenèse de la communication]. Moscou: Pedagogika.
- Lomov, B., Belyaeva, A. et Nosulenko, V. (1986) *Verbalnoye kodirovaniye v poznatelynykh protsessakh* [Codage verbal dans les processus cognitifs]. Moscou: Nauka.
- Lomov, B. F. (1975) "Sistemnyj podkhod v inzhenernoj psikhologii [L'approche systémique de la psychologie de l'ingénierie]", *Studia Psychologica* 17(2): 86–93.
- Lomov, B. F. (1977) "O putyakh postroeniya teorii inzhenernoj psikhologii na osnovе sistemnogo podkhoda [Les perspectives de la conception d'une théorie de la psychologie de l'ingénierie dans le cadre de l'approche systémique]", in B. F. Lomov, V. F. Rubakhin et V. F. Venda (eds) *Inzhenernaya psikhologiya* [La psychologie de l'ingénierie], pp. 31–54. Moscou: Nauka.

- Lomov, B. F. (1978) "Psychological Processes and Communication", *Soviet Psychology* 17(1): 3–22.
- Lomov, B. F. (1979a) "Kategorii obscheniya i deyatelnosti v psikhologii [Les catégories de la communication et d'activité dans la psychologie]", *Voprosy filosofii* [Questions en philosophie] (8): 34–47.
- Lomov, B. F. (1979b) "Mental Processes and Communication", in L. K. Strikland (ed.) *Soviet and Western Perspectives in Social Psychology*, pp. 211–23. New York: Pergamon Press.
- Lomov, B. F., ed. (1981) *Problema obscheniya v psikhologii* [Problèmes de la communication en psychologie]. Moscou: Nauka.
- Lomov, B. F. (1984) *Metodologicheskie i teoreticheskie problemy psikhologii* [Les problèmes méthodologiques et théoriques en psychologie]. Moscou: Nauka.
- Mackay, W. (2000) "Responding to Cognitive Overload: Co-adaptation between Users and Technology", *Intellectica* 1(30): 177–93.
- Mackay, W., Fayard, A., Frobert, L. et Medini, L. (1998) "Reinventing the Familiar: Exploring an Augmented Reality Design Space for Air Traffic Control", in *Conference Proceedings on Human Factors in Computing Systems*, pp. 558–73. CA: ACM/SIGCHI.
- Marc, E. et Picard, D. (1996) *L'Interaction Sociale*. Paris: PUF.
- Maturana, H. et Varela, F. (1987) *The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding*. Boston, MA: Shambhala Publications, New Science Library.
- Merton, R. K., Fiske, M. et Kendall, P. I. (1990) *The Focused Interview*. Glencoe, IL: Free Press.
- Moscovici, S. (1976) *La Psychanalyse, son image et son public*. Paris: PUF.
- Nardi, B. A. (1996) "Studying Context: A Comparison of Activity Theory, Situated Action Models, and Distributed Cognition", in B. A. Nardi (ed.) *Context and Consciousness: Activity Theory and Human Computer Interaction*, pp. 69–102. Cambridge, MA: MIT Press.
- Nardi, B. et Miller, J. (1990) "The Spreadsheet Interface: A Basis for End User Programming", *Proceedings of Interact'90*, pp. 977–83, Cambridge, August 27–31. Amsterdam: North-Holland.
- Nardi, B. et Miller, J. (1991) "Twinkling Lights and Nested Loops: Distributed Problem Solving and Spreadsheet Development", *International Journal of Man-Machine Studies* 34: 161–84.
- Nardi, B. et Zamer, C. (1993) "Beyond Models and Metaphors: Visual Formalisms in User Interface Design", *Journal of Visual Languages and Computing* (4): 5–33.
- Newell, A. et Card, S. K. (1985) "The Prospects for Psychological Science in Human-Computer Interaction", *Human-Computer Interaction* 1: 209–42.
- Norman, D. A. (1988) *The Psychology of Everyday Things*. New York: Basic Books.
- Norman, D. A. (1993) *Things that Make Us Smart: Defending Human Attributes in the Age of the Machine*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Norman, D. A. et Draper, S., eds (1986) *User Centred System Design: New Perspectives in Human Computer Interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Nosulenko, V. (1986) "A System Approach to the Study of Auditory Perception", *Soviet Journal of Psychology* 7(5): 555–65.
- Nosulenko, V. (1988) *Psikhologiya slukhovogo vospriyatiya* [Psychologie de la perception auditive]. Moscou: Nauka.
- Nosulenko, V. (1989) "The Psychophysics of a Complex Signal: Problems and Perspectives", *Soviet Psychology* 17(1): 62–78.

- Nosulenko, V. (1991a) “‘Ekologizatsia’ psikhoakustitcheskogo issledovaniya [‘Ecologisation’ de la recherche psychoacoustique]”, in V. Nosulenko (ed.) *Problemy ekologitcheskoj psikhoakustiki* [Problèmes de la psychoacoustique écologique], pp. 8–27. Moscou: Institut de Psychologie de l’Académie des Sciences de l’URSS.
- Nosulenko, V. (1991b) “Psychological Peculiarities and Acoustical Environment Changes”, *International Journal of Psychology* 26(5): 623–32.
- Nosulenko, V. et Rabardel, P. (1998) “Ergonomie, psychologie et travail dans les pays de l’ex-URSS (Historicité et spécificité du développement)”, in M. F. Dessaigne et I. Gaillard (eds) *Des évolutions en ergonomie*, pp. 13–28. Toulouse: Octarès.
- Nosulenko, V. et Samoilenko, E. (1995) “Verbalnyj metod v izutchenii vospriyatiya izmenenij v okruzhayuschej srede [Méthode verbale pour l’étude de la perception des changements dans l’environnement]”, in E. Epifanov et V. Nosulenko (eds) *Psikhologiya i okruzhayuschaya sreda* [Psychologie et environnement], pp. 11–50. Moscou: Institut de psychologie de l’Académie des Sciences de Russie.
- Nosulenko, V. et Samoilenko, E. (1997) “Approche systémique de l’analyse des verbalisations dans le cadre de l’étude des processus perceptifs et cognitifs”, *Informations sur les Sciences Sociales* 36(2): 223–61.
- Nosulenko, V. et Samoilenko, E. (1999) “Evaluation de la qualité perçue des produits I.S.P. par verbalisations”, paper presented at “Ergonomie et Télécommunications. Journée satellite du XXXIV Congrès de la SELF”, Caen.
- Nosulenko, V. et Samoilenko, E. (2001) “Evaluation de la qualité perçue des produits et services: approche interdisciplinaire”, *International Journal of Design and Innovation Research* 2(2): 35–60.
- Nosulenko, V., Parizet, E. et Samoilenko, E. (1998) “La méthode d’analyse des verbalisations libres: une application à la caractérisation des bruits de véhicules”, *Informations sur les Sciences Sociales* 37(4): 593–611.
- Oshanin, D. A. (1973) “Predmetnoe dejstvie i operativnyj obraz [L’action matérielle et l’image opérative]”, unpublished PhD thesis, Institute of Psychology, Academy of Pedagogical Sciences of the USSR, Moscou.
- Pavard, B., ed. (1994) *Systèmes coopératifs: de la modélisation à la conception*. Toulouse: Octarès.
- Petre, M. et Green, T. R. (1992) “Requirements of Graphical Notations for Professional Users: Electronics CAD Systems as a Case Study”, *Le Travail Humain* 55: 47–70.
- Pick, H. L. et Acredolo, L. P., eds (1983) *Spatial Orientation: Theory, Research, and Application*. New York: Plenum Press.
- Rabardel, P. (1995) *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.
- Rabardel, P. (1997) “Des instruments et des hommes: propositions pour une conception centrée utilisateurs”, *International Journal of Design and Innovation Research* (10): 7–20.
- Resnick, L., ed. (1991) *Perspectives on Socially Shared Cognition*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Rogers, Y. et Ellis, J. (1994) “Distributed Cognition: An Alternative Framework for Analysing and Explaining Collaborative Working”, *Journal of Information Technology* (9): 119–28.
- Rubinstein, S. L. (1946) *Osnovy obschej psykologii* [Fondements de la psychologie générale]. Moscou: Gosutshpedgiz.

- Rubinstein, S. L. (1957) *Bytie i soznanie* [L'être et la conscience]. Moscou: Académie des Sciences de l'URSS.
- Rubinstein, S. L. (1997) *Tchelovek i mir* [L'homme et le monde]. Moscou: Nauka.
- Saloman, G., ed. (1993) *Distributed Cognitions: Psychological and Educational Considerations. Learning in Doing: Social, Cognitive, and Computational Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Samoylenko, E. (1985) "Operatsiya sravneniya kak predmet i sredstvo nauchnoo issledovaniya [Opération de comparaison comme objet et moyen de la recherche scientifique]", in V. Barabanshikov (ed.) *Metody psikhologicheskogo issledovaniya* [Méthodes de recherches en psychologie], pp. 32–44. Moscou: Institut de Psychologie de l'Académie des Sciences de l'URSS.
- Samoylenko, E. (1986) "Operatsiya sravneniya pri reshenii kognitivno-kommunikativnykh zadach [Opération de comparaison dans les tâches cognitives-communicatives]", unpublished PhD thesis, Institute of Psychology, USSR Academy of Sciences, Moscou.
- Samoylenko, E. (1987) "Sravnenie v reshenii kognitivno-kommunikativnykh zadatch [La comparaison dans la solution des tâches cognitives-communicatives]", *Voprosy psikhologii* [Questions en psychologie] (3): 128–32.
- Saville-Troike, M. (1989) *The Ethnography of Communication. An Introduction*, 2nd edn. Oxford: Blackwell.
- Schiffirin, D. (1994) *Approaches to Discourse*. Oxford: Blackwell.
- Searle, J. R. (1972) *Les actes de langage. Essai de philosophie du langage*. Paris: Hermann.
- Searle, J. R. (1982) *Sens et expressions. Etudes de théorie des actes de langage*. Paris: Minuit.
- Seifert, C. M. et Hutchins, E. L. (1992) "Error as Opportunity: Learning in a Cooperative Task", *Human Computer Interaction* 7: 409–35.
- Smith, D. C., Irby, C., Kimball, R., Verplank, B. et Harslem, E. (1982) "Designing the Star User Interface", *Byte* 7(4): 242–82.
- Suchman, L. (1987) *Plans and Situated Actions. The Problem of Human–Machine Communication*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Suchman, L. et Trigg, R. (1991) "Understanding Practice: Video as a Medium for Reflection and Design", in J. Greenbaum et M. Kyng (eds) *Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems*, pp. 65–89. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Suchman, L. et Trigg, R. (1993) "Artificial Intelligence as Craftwork", in S. Chaiklin et J. Lave (eds) *Understanding Practice: Perspectives on Activity and Context*, pp. 144–78. Cambridge: Cambridge University Press.
- Thelen, E. (1995) "Timescale Dynamics and the Development of an Embodied Cognition", in R. Port et T. van Gelder (eds) *Mind as Motion*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Theureau, J. (1992) *Le cours d'action. Analyse sémio-logique*. Berne: Peter Lang.
- Turvey, M., Shaw, R., Reed, E. et Mace, W. (1981) "Ecological Laws of Perceiving and Acting", *Cognition* 9: 238–304.
- Ullmer, B. et Ishii, H. (2002) "Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces", in J. M. Carroll (ed.) *Human–Computer Interaction in the New Millennium*, pp. 579–601. New York: ACM Press.
- Varela, F., Thompson, E. et Rosch, E. (1991) *The Embodied Mind*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Vermersch, P. (1993) “Pensée privée et représentation dans l’action”, in A. Weill-Fassina, P. Rabardel et D. Dubois (eds) *Représentations pour l’Action*, pp. 209–32. Toulouse: Octarès.
- Von Uexküll, J. (1965) *Mondes animaux et monde humain*. Paris: Médiations, Gonthier (éd. orig. 1934).
- Zavalova, N. D., Lomov, B. F. et Ponomarenko, V. A. (1971) “Printsip aktivnogo operatora i raspredelenie funktsij mezhdou operatorom i mashinoy [Principe de l’opérateur actif et la répartition des fonctions entre l’opérateur et la machine]”, *Voprosy psikhologii* [Questions en psychologie] 3: 3–15.
- Zavalova, N. D., Lomov, B. F. et Ponomarenko, V. A. (1986) *Obraz v sisteme psikhicheskoy regulya tsii deyatel’nosti* [L’image dans le système de régulation mentale de l’activité]. Moscou: Nauka.