
Des représentations singulières d'une situation d'interaction aux prédictions d'action convergentes

Christophe Mundutéguy

Laboratoire de Psychologie de la Conduite – INRETS

2, Ave. du Gal Malleret-Joinville

F-94114 Arcueil Cedex

christophe.munduteguy@inrets.fr

RÉSUMÉ

Cette étude a pour objectif de formaliser les processus de prédiction d'action dans des situations de gestion d'interaction. Au cours de la projection de parcours de conduite automobile recueillis en situations réelles, on a demandé à dix sujets experts en conduite automobile de prédire les actions des conducteurs avec lesquels ils interagissaient ou étaient susceptibles d'entrer en interaction. Les résultats qui sont présentés dans cette communication portent sur les éléments de la prédiction d'action. Bien que les sujets aient une conscience de la situation qui leur est spécifique, on souligne que celle-ci n'entraîne pas de prédictions divergentes. Les résultats tendent à montrer que la prédiction d'action est fondée sur un processus de reconnaissance de situation.

MOTS-CLÉS

Reconnaissance d'intention et prédiction d'action d'autrui, gestion des interactions, environnement dynamique partagé, conduite automobile.

1 INTRODUCTION

Certaines activités collectives ne permettent pas aux opérateurs de communiquer explicitement leurs objectifs aux autres. La gestion des interactions est alors réalisée à partir d'une prise d'information sur le comportement d'autrui afin d'inférer l'orientation de son activité (Zachary & Robertson, 1990). Le référentiel opératif commun participe à l'élaboration de ce type d'inférence (Terssac & Chabaud, 1990). A cette première difficulté peut s'adjoindre la rapidité du processus dans lequel les opérateurs interagissent. Dans ce type de situation, sous fortes contraintes temporelles, les processus de régulation de l'activité passent par une reconnaissance de la situation, qui est suivie d'une évaluation des actions à mettre en œuvre et de leur simulation mentale. La première action qui aura été jugée satisfaisante par l'opérateur sera alors réalisée (Klein, 1993). L'évaluation s'effectue à partir de l'appariement entre les événements situationnels et les connaissances, qui sont possédées en mémoire sous forme de schémas (Lipshitz, 1997). Les produits de cette évaluation sont non seulement des attentes et des indices de confirmation de l'interprétation mais également des buts et des actions à mener (Klein, 1997).

L'activité de conduite automobile, qui peut s'apparenter à un contrôle de processus individualisé dans un environnement dynamique partagé, présente toutes ces caractéristiques. A plusieurs égards, on peut rapprocher l'environnement routier du champ commun de travail de Schmidt (1994), dans lequel des opérateurs sont en interdépendance. Selon les situations, les interactions entre conducteurs peuvent prendre la forme d'une coaction (Rogalski, 1994) mais également d'une compétition. Quelle que soit la forme de l'interaction, celle-ci contribue à la dynamique de l'environnement. L'activité du

conducteur dépend donc à la fois de ses objectifs (ou motivations), des paramètres comportementaux de son véhicule et de l'évolution du milieu dans lequel il progresse. La rapidité du processus exige de la part de chaque conducteur la réalisation de pronostics sur l'évolution de la situation.

Le collectif, qui correspond à l'ensemble des conducteurs partageant un même environnement aux instants t et $t+1$, reste très sommaire. Les conducteurs ne possèdent pas de connaissance spécifique sur les modes opératoires des autres. De plus, ils disposent d'outils de communication limités (clignotants, appels de phare, warning) qui peuvent être ambigus (Renge, 2000). Ils sont donc amenés à réaliser des inférences sur le comportement à venir d'autrui afin d'anticiper d'éventuels conflits.

Des travaux ont signalé les difficultés rencontrées par les conducteurs dans cette gestion des interactions. Ceux-ci rendent compte de l'occurrence de certains accidents (Malaterre, 1990) ou de conflits de trafic (Risser, 1985). Différents éléments à l'origine de ces dysfonctionnements ont été identifiés tels que la référence à des systèmes de règles (formelles ou informelles) contradictoires par les différents acteurs d'une situation, le défaut de communication entre usagers ou l'incompréhension du comportement ou des intentions d'autrui. Dans tous les cas, ces éléments soulignent l'absence d'un référentiel opératif commun.

L'incompréhension du comportement ou des intentions d'autrui semble être au cœur de la gestion des interactions entre conducteurs. Des analyses approfondies de l'activité dans des situations de conduite spécifiques telles que le franchissement d'intersections (Saad, et al, 1990) ou la conduite en file sur autoroute (Saad, 1996), confirment que les comportements adoptés par les conducteurs en situation d'interaction dépendent étroitement de l'interprétation du comportement des autres usagers et de la prévision de leurs actions. Ces analyses montrent également que certaines régulations entreprises par les conducteurs (réduction des marges en conduite en file ou maintien de l'allure en présence d'un autre usager au carrefour) ont pour objet de communiquer leurs intentions aux autres usagers et/ou d'influencer leurs comportements.

La recherche que nous présenterons dans cette communication a pour objet d'approfondir l'analyse des modalités de prédiction d'action dans la gestion des interactions entre conducteurs et d'en proposer une première formalisation.

2 SITUATION ETUDIEE : LA CONDUITE EN FILE SUR AUTOROUTE URBAINE

On considère généralement que la conduite en file commence dès qu'un conducteur ne peut plus pratiquer la vitesse de son choix du fait de la présence d'autres usagers sur sa voie (Leutzbach, 1974) mais également dans certains cas, sur les voies adjacentes. L'activité individuelle est donc déterminée par son interférence avec celle des autres usagers. Elle consiste à s'adapter à la dynamique de l'environnement (variations du trafic et de l'infrastructure) et en particulier à anticiper ou détecter les variations "critiques", qui exigent une action régulatrice afin de réduire le risque. Dans cette condition de circulation où les comportements sont étroitement interdépendants, l'adaptation du conducteur va dépendre des marges de sécurité qu'il adopte et du contrôle de son interaction avec les autres usagers (Saad, 1996).

Gérer efficacement les interactions avec les autres usagers exige donc, de la part du conducteur, compréhension de leur conduite et prévision de leurs actions. C'est pourquoi nous avons cherché à déterminer comment un conducteur prédisait l'action d'autrui.

3 HYPOTHESES

L'objectif de cette étude est donc d'explorer la façon dont les conducteurs infèrent les actions à venir d'autres conducteurs. Comme nous l'avons déjà souligné, les outils de communication mis à la disposition des conducteurs sont particulièrement limités. Nous faisons donc l'hypothèse que l'anticipation de l'action d'autrui passe par des recueils d'indices dans la situation d'interaction, qui ne sont pas nécessairement issus d'une communication explicitement adressée. Au cours de sa pratique de conduite, le conducteur doit développer une représentation pertinente des situations, qui comprend l'élaboration de nouvelles connaissances ainsi que de règles informelles.

Ces connaissances spécifiques, qui sont liées à l'histoire de chaque conducteur, doivent entraîner des représentations de la situation d'interaction différentes. Nous faisons l'hypothèse que la spécificité des systèmes de référence des conducteurs entraînent des différences au niveau de leur représentation de la situation (conscience de la situation). Les indices qui seront signalés par les sujets dans l'anticipation de la situation d'interaction doivent donc être différents.

Enfin, la gestion des interactions en conduite automobile s'inscrit dans un processus rapide. Les délais entre la prise d'information et la décision d'action peuvent parfois être très courts. Nous faisons l'hypothèse que les sujets fondent leurs prédictions d'action sur la base d'une reconnaissance de situation. Ce processus automatique (ou semi-automatique) devrait entraîner la référence à un faible nombre d'indices dans les situations coutumières. En revanche, dans les situations plus atypiques et donc plus rares, les sujets devraient se trouver dans une situation de résolution de problème. Les indices signalés devraient être plus nombreux.

4 METHODE : ANALYSE DES PREDICTIONS D'ACTION EN SITUATION SIMULEE

L'étude a été réalisée en laboratoire à partir de neuf films recueillis en situation réelle de conduite (Saad, 1990). Parmi ces enregistrements de parcours autoroutiers, nous avons identifié 161 situations d'interaction (Si) entre véhicules. Une Si est une situation au cours de laquelle, un individu A est potentiellement amené à prendre en compte la comportement d'un individu B, qui interagit ou est susceptible d'interagir avec lui.

Sur la base de cette définition, notre corpus de Si s'étend des situations qui présentent une forte interférence (probabilité élevée de conflit) telles que les situations dans lesquelles les véhicules ont des trajectoires convergentes combinées à des vitesses qui pourraient entraîner un impact, aux situations à faible interférence telles que le rattrapage d'un véhicule situé sur une file adjacente, qui n'a pas manifesté explicitement l'intention de changer de file (absence de départ, absence de clignotant, etc.).

Dans chacune de ces Si, l'interaction pouvait ou non entraîner une prise en compte de l'individu B par l'individu A, qui à son tour entraînerait ou non un changement d'intention et une adaptation de la part de A à travers un changement de comportement. L'interaction peut être directe ou indirecte. Dans ce dernier cas, un véhicule tiers B est intercalé entre les véhicules A et C. L'interaction entre A et C est potentielle du fait du comportement de C (trajectoire qui converge vers la voie où est déjà engagé A).

Après avoir déterminé les Si de chaque parcours, nous avons visionné ces parcours à dix sujets experts en conduite, qui ne connaissaient pas le trajet. Chaque sujet voyait quatre parcours. Au cours de chaque projection, nous interrompons le film aux moments d'interaction, afin que le sujet commente les intentions des conducteurs des véhicules environnants et justifie sa prédiction à partir des indices qu'il avait prélevés dans la Si. Les sujets ont ainsi été confrontés à un échantillon de 40 à 77 Si.

Les commentaires des sujets constituent nos données. Elles ont été analysées comme dans l'exemple suivant (Tableau 1).

Verbalisation	Codage
<p><i>Quelle est l'intention du véhicule derrière le camion ?</i> Je pense qu'il va déboîter à gauche ou alors il va rester à son allure. J'ai pas bien analysé la vitesse à laquelle il roulait. Oui, je pense qu'<u>il va déboîter à gauche</u>. <i>C'est son allure ?</i> Non, c'est le fait /qu'il venait de la droite complètement... donc en fait... /^I Oui, /son allure aussi/^{II} et c'est /le fait qu'il vient de... de déboîter d'une bretelle/^I et donc /il se retrouve derrière un camion/^{III}. Par rapport à /l'allure/^{II} ... par rapport au fait qu' /il n'y avait pas d'obstacle, qu'il n'y avait pas de camion devant lui/^{III}, je pense que c'est pour ça qu'<u>il va aller sur la file de gauche, qu'il va doubler</u>. <i>S'il avait eu une voiture devant lui, il n'aurait pas déboîté ?</i> Non, ça dépend de /l'allure/^{II}, /de la vitesse de la voiture qui aurait été devant lui. Pareil c'est le fait que... par rapport à sa vitesse à lui. Parce que ça peut être un camion ou une voiture, je pense que s'il roule lentement, il aurait déboîté, c'est pas le véhicule, c'est la vitesse./^{IV}</p>	<p>CHANGER DE VOIE POUR VOIE DE GAUCHE</p> <p>(I) Action passée : Venir de s'insérer d'une zone d'entrée du trafic (II) Vitesse élevée par rapport aux autres véhicules (III) Distance courte derrière camion (IV) Véhicule vitesse > vitesse camion</p>

Tableau 1 : Codage d'une verbalisation portant sur la prédiction d'action d'un véhicule situé derrière un poids lourd alors que le "véhicule du sujet" les rattrape.

5 RESULTATS

5.1. La prédiction d'action : une combinaison d'indices issus de la situation

Les résultats confirment la première hypothèse. Les sujets prédisent l'action d'autrui sur la base de la combinaison d'éléments prélevés ou inférés à partir des caractéristiques de l'environnement (données circonstancielle) et de connaissances. La prédiction d'action combine des processus ascendant et descendant.

On a distingué dans les données circonstancielle :

- ☒ Les indices comportementaux : paramètres qui dépendent directement et exclusivement des actions du conducteur du véhicule, objet de la reconnaissance d'intention (*ori*) (position, trajectoire, indicateur, action passée, vitesse) ;
- ☒ Les indices situationnels : paramètres qui ne dépendent pas exclusivement du comportement du conducteur du véhicule *ori* mais également du conducteur d'un véhicule tiers. (infrastructure, densité, interdistance, et position, trajectoire, indicateur, action, vitesse des véhicules tiers).

Pour chaque indice signalé, un sujet attribue un état, une évolution ou les deux à la fois. Les sujets se réfèrent également à des temporalités de la situation différentes. Les indices, qui sont signalés, ne renvoient pas exclusivement à des actions contemporaines de la prédiction d'action. Pour prédire l'action d'un conducteur, le sujet peut se rapporter aux caractéristiques d'une situation passée, à plus ou moins long terme.

Les connaissances (stéréotypes – les taxis ont une conduite agressive - ou règles formelles et informelles – un véhicule léger ne reste pas derrière un poids lourd) sont indépendantes de l'interaction du conducteur automobile (sujet) avec le véhicule *ori*. Elles sont stockées en mémoire à long terme. Seules celles qui ont un niveau d'activation suffisant ou qui font l'objet d'une recherche en mémoire couronnée de succès sont disponibles (Bisseret, 1995). Elles englobent des exemplaires de stéréotypes ou catégories naturelles construites par les sujets durant leur expérience de conducteur, et préexistantes à la situation de conduite elle-même ainsi que ses règles de conduite formelles et informelles.

5.2. Différences de représentation de la situation mais anticipations convergentes

Comme l'indique Amalberti (1996), la conscience de la situation, qui renvoie à l'ajustement de la représentation de la situation réalisée par l'opérateur en fonction de ses objectifs, diffère suivant les opérateurs. Même si les sujets, dans cette étude, ne sont pas engagés dans une activité de conduite et si les indices qu'ils signalent ne peuvent être considérés comme exclusifs de leur représentation de la situation, on observe cette variabilité interindividuelle.

Quel que soit le nombre de sujets confrontés à une même S_i , ils renvoient dans leur justification de prédiction d'action à une majorité d'indices spécifiques (figure 1). Ces indices, qu'ils soient situationnels ou comportementaux, représentent 85,07 à 66,22 % de l'ensemble des indices utilisés dans les prédictions d'action. Plus généralement, plus le nombre de sujets qui partagent un même indice est important plus sa proportion est faible. Les indices sont signalés par un seul sujet dans la majorité des cas.

L'analyse qualitative des prédictions d'action de chaque sujet montre que cette différence de concentration concerne autant les dimensions de la situation que la nature des indices et le nombre d'indices qui leur est nécessaire. Notre seconde hypothèse est confirmée.

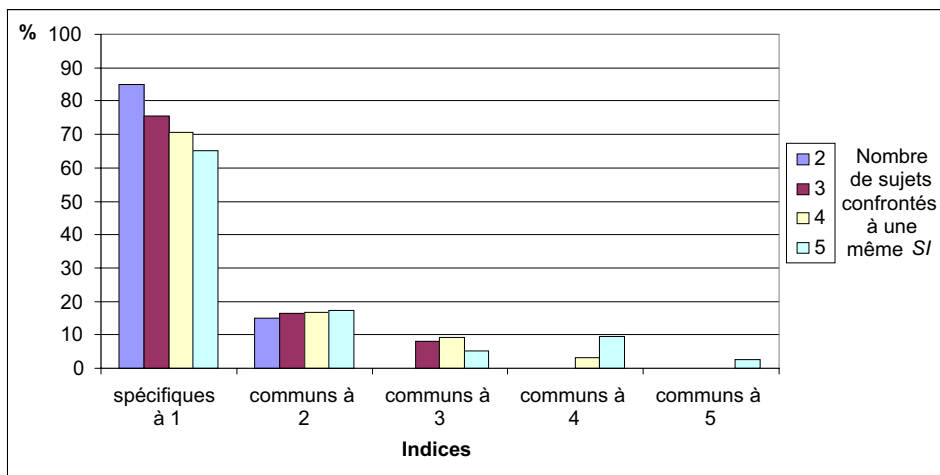


Figure 1 : Comparaison du pourcentage d'indices verbalisés, partagés ou non pour l'ensemble des *Si*

S'il peut résulter de ces "représentations" différentes des prédictions d'action contradictoires (Saad, Mundutéguay & Darses, 1999), près de 75 % des prédictions d'action des sujets sont convergentes. La représentation de la *Si*, qui s'appuie sur des éléments de la situation spécifiques à chaque sujet, n'entraîne donc pas une anticipation différente.

5.3. L'automatisation de la prédiction d'action

En ce qui concerne notre troisième hypothèse concernant le nombre d'indices signalés par chaque sujet pour l'ensemble des *Si* auxquelles il a été confronté, cinq des dix sujets ont leur médiane à deux indices signalés par prédiction d'action (sujets *a, f, h, i, j*) alors que les cinq autres (sujets *b, c, d, e, g*) l'ont à trois indices. En revanche, le mode est à deux indices pour cinq sujets (sujets *a, c, h, i, j*), alors qu'il est à un indice pour le sujet *d*, à trois indices pour le sujet *e* et à quatre indices pour le sujet *b*. Même si on observe une dispersion plus grande sur cette dimension, dans la majorité des *Si*, on peut affirmer que les sujets fondent leurs prédictions d'action sur un nombre d'indices assez faible (Figure 2).

Au regard des résultats, il semble bien que les sujets disposent d'un certain nombre de *Si* en mémoire qu'ils activent à partir d'un faible nombre d'indices. A ces *Si* correspondent des évolutions attendues. En revanche, lorsque la situation est plus atypique, les sujets se trouvent en situation de résolution de problème. Ils peuvent alors signaler jusqu'à huit indices. Ce résultat est confirmé par l'apparition de prédictions d'action incertaines (le sujet ne peut pas se déterminer entre deux actions possibles), qui font suite à l'évocation d'un nombre d'indices supérieur à la moyenne.

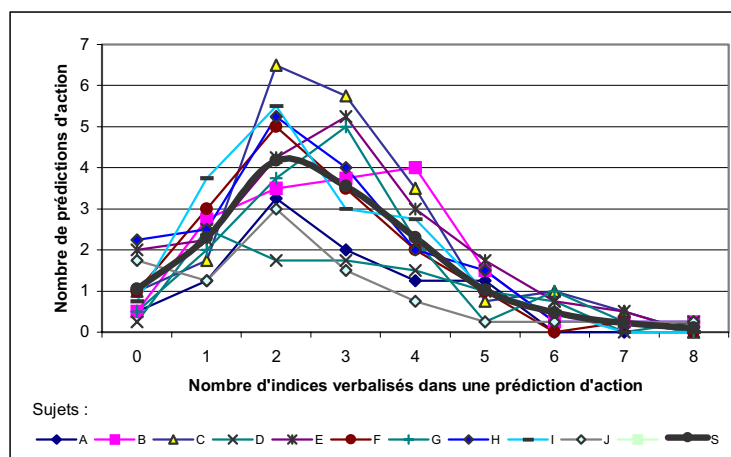


Figure 2: Répartition des *Pa* en fonction du nombre d'indices signalés par chaque sujet pour l'ensemble des *Si*

Le nombre d'indices signalés par chaque sujet peut renvoyer à des formes de diagnostics différents. Ainsi, lorsque les sujets ne parviennent pas à justifier leur prédiction d'action à partir d'un seul indice, on peut penser qu'ils ont effectué un diagnostic automatique ou semi-automatique (Hoc & Amalberti, 1994). Dans ce cas, la détection de quelques signaux orientent immédiatement vers la prédiction d'une action. Si l'action à venir est inférée à partir de deux ou trois indices, le diagnostic pourrait davantage s'apparenter à un diagnostic symbolique. Le contenu des *stimuli* oriente vers la prédiction. Enfin, lorsqu'il est nécessaire pour les sujets de rechercher davantage d'indices ou tout au moins de les conscientiser, il pourrait s'agir d'un diagnostic proche du diagnostic conceptuel.

6 CONCLUSION ET DISCUSSION

Comme nous avons pu le montrer la conduite automobile est un contrôle de processus qui présente des particularités. Le conducteur doit combiner la gestion de son véhicule mais également celle de l'environnement dont la dynamique est déterminée par l'infrastructure, sa progression et la progression des autres conducteurs. L'anticipation de l'évolution de la situation passe donc nécessairement par la prédiction des actions des autres conducteurs. Cette étude a permis d'isoler les indices qui sont prélevés par les conducteurs dans la situation pour réaliser le pronostic de son évolution. Elle a également mis en évidence une variabilité interindividuelle importante dans la représentation de la situation d'interaction, qui n'entraîne toutefois pas de prédictions d'action divergentes. Cette spécificité de la représentation peut correspondre à des styles de prédiction d'action. Nous avons en effet indiqué, que les sujets se distinguent dans leurs références aux différentes dimensions de la situation d'interaction. On peut faire l'hypothèse, que les sujets présentent des sensibilités différentes à ces dimensions. Enfin, la rapidité du processus conduit les sujets à anticiper l'évolution de la situation à partir d'une reconnaissance de situation, qui passe par l'activation de schémas en mémoire. *A contrario*, les situations atypiques entraînent une recherche d'information complémentaires. Elles peuvent également avoir une incidence sur la performance du sujet et entraîner chez lui des stratégies de prédiction d'action prudentes ou risquées comme nous tenterons de le démontrer ultérieurement.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Amalberti, R. (1996). *La conduite des systèmes à risque*, Paris : Presses Universitaires de France.
- Bisseret, A. (1995). *Représentations et décisions expertes. Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel*, Toulouse : Octarès.
- Hoc, J.-M. & Amalberti, R. (1994). Diagnostic et prise de décision dans les situations dynamiques, *Psychologie française*, 39, 2, 177-192.
- Klein, G.A. (1993). A Recognition-Primed Decision (PRD) model of rapid decision making. In G.A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C.E. Zsombok (Eds.), *Decision Making in action : models and methods*, New Jersey : Ablex Publishing Corporation.
- Klein, G.A. (1997). The Recognition-Primed Decision (RPD) model : looking back, looking forward. In C.E. Zsombok & G.A. Klein (Eds.), *Naturalistic Decision Making*, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.
- Leutzbach, W. (1974). *Collisions par l'arrière*. Communication présentée à la 12^{ème} semaine internationale d'étude technique de la circulation et de la sécurité. Thème VI : Collision en chaîne. Belgrade 2-7 Septembre.
- Lipshitz, R. (1997). Schemata and Mental Models in Recognition-Primed Decision Making. In C.E. Zsombok & G.A. Klein (Eds.), *Naturalistic decision-making*, Mahaw (NJ) : Lawrence Erlbaum Associates.
- Malaterre, G. (1990). Error analysis and in-depth accident studies. *Ergonomics*, 33, 9/10, 1403-1421.
- Mundutéguy, C. (2001). *Reconnaissance d'intention et prédiction d'action pour la gestion des interactions en environnement dynamique*, Thèse de doctorat d'ergonomie, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.

- Renge, K. (2000). Effect of experience on drivers' decoding process of roadway interpersonal communications, *Ergonomics*, 43, 1, 27-39.
- Risser, R. (1985). Behavior in traffic conflict situations, *Accident Analysis and Prevention*, 17, 2, 179-197.
- Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives, *Le Travail Humain*, 57, 4, 367-386.
- Saad, F., Delhomme, P. & Van Elslande, P. (1990). Driver's speed regulation when negotiating intersections. In M. Koshi (Ed.), *Transportation and Traffic Theory*, Elsevier.
- Saad, F. (1996). Driver Strategies In Car-Following Situations, In A.G. Gale & (Eds.) *Vision in Vehicles*, Amsterdam : Elsevier Science, 70-61.
- Saad, F., Mundutéguay, C. & Darses, F. (1999). *Managing Interactions Between Car Drivers: an Essential Dimension of Reliable Driving*, Proceedings CSAPC'99, Seventh European Conference on Cognitive Science Approaches to Process Control, 20-24 septembre 1999, Villeneuve d'Ascq, France, LEZ, Presses Universitaires de Valenciennes, 28, 99-104.
- Schmidt, K. (1994). *Modes and Mechanisms of Interaction in Cooperative Work. Outline of a Conceptual Framework*, RISO National Laboratory, Roskilde, Denmark.
- Terressac, G. de, Chabaud, C. (1990). Référentiel opératif commun et fiabilité. In J. Leplat & G. de Terressac (Eds.), *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*, Toulouse : Octarès.
- Zachary, W., Robertson, S. P. (1990). Introduction to cognition, computation and cooperation, In S. P. Robertson, W. Zachary, & J. B. Black (Eds.), *Cognition, Computing and Cooperation*, Norwood, New Jersey : Ablex Publishing Corporation.