

Revue Internationale de

ISSN 0980-1472

systemique

Vol. 12, N° **3**, 1998

afcet

DUNOD

AFSCET

Revue Internationale de
systemique

Revue
Internationale
de Sytémique

volume 12, numéro 3, pages 313 - 342, 1998

Un projet de modélisation des systèmes
de communication : une approche
de la complexité organisationnelle

Alain Cardon

Numérisation Afscet, août 2017.



Creative Commons

- JOHNSON-LAIRD P. N., *Mental Models*. Cambridge, Cambridge University Press, 1983.
- KAUFFMAN S., *The Origins of Order*. Oxford, Oxford University Press, 1993.
- KEYNES J. M., *The General Theory of Employment, Interest and Money*. London, Mac-Millan. Reprint in 1973: *The Collected Writings Of J.M.Keynes, vol. VII*. London, Mac-Millan, 1936.
- KHINCHIN A. I., *Mathematical Foundations of Information Theory*. New York, Dover Publications, 1957.
- KNIGHT F. H., *Risk, Uncertainty and Profit*. New York, Houghton Mifflin. Reprint 1971: Chicago, University of Chicago Press, 1921.
- KOLMOGOROV A. N., Three Approaches to the Quantitative Definition of Information. *Problems of Information Transmission*, 1: 1-7. Reprint 1968: *International Journal of Computer Mathematics*, 2: 157-168, 1965.
- KUNREUTHER H., Mitigating Disaster Losses through Insurance. *Journal of Risk and Uncertainty*, 12: 171-188, 1996.
- LAKOFF G., *Women, Fire, and Dangerous Things*. Chicago, The University of Chicago Press, 1987.
- LUCAS R. E., Econometric Policy Evaluation: A Critique. *Journal of Monetary Economics*, 2 (Supplementary Series): 19-46. Reprint 1981: *Studies in Business Cycle Theory*, ed. by R.E. Lucas. Cambridge, The MIT Press, 1976.
- LUHMANN N., *Macht*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 1975.
- MITCHELL M., HOFSTADTER D. R., The Emergence of Understanding in a Computer Model of Concepts and Analogy-Making. *Physica D*, 42: 322-334, 1990.
- ROSEN R., *Anticipatory Systems*. Oxford, Pergamon Press, 1985.
- ROSEN R., *Life Itself*. New York, Columbia University Press, 1991.
- SAVAGE L. J., *The Foundations of Statistics*. New York, Wiley, 1954.
- SHANNON C. E., WEAVER W., *The Mathematical Theory of Communications*. Urbana, Univ. of Illinois Press, 1949.
- SIMON H. A., Rationality. *A Dictionary of the Social Sciences*, ed. by J. Gould and W.L. Kolb. Glencoe, The Free Press 1964. Reprint 1982: *Models of Bounded Rationality, vol.II*. Cambridge, The MIT Press, 1964.
- SIMON H. A., Theories of Bounded Rationality. *Decision And Organization*, ed. by C.B. Radner and R. Radner. Amsterdam, North-Holland 1972. Reprint 1982: *Models of Bounded Rationality, vol.II*. Cambridge, The MIT Press, 1972.
- SLUIJS J. VAN DER, *Anchoring amid Uncertainty*. Den Haag, CIP - Gegevens Koninklijke Bibliotheek, 1997.
- SOLOMONOFF R. J., A Formal Theory of Inductive Inference. *Information and Control*, 7: 1-22, 224-254, 1964.
- SMOLENSKY P., Information Processing in Dynamical Systems: Foundations of Harmony Theory. *Parallel Distributed Processing*, ed. by D.E. Rumelhart and J.L. McClelland. Cambridge, The MIT Press, 1986.
- VARELA F. J., *Principles of Biological Autonomy*. New York, North-Holland, 1979.
- WHITEHEAD A. N., RUSSELL B., *Principia Mathematica*. Cambridge, Cambridge University Press, 1910.

UN PROJET DE MODÉLISATION DES SYSTÈMES DE COMMUNICATION : UNE APPROCHE DE LA COMPLEXITÉ ORGANISATIONNELLE

Alain CARDON¹

Résumé

Les Systèmes de Communication dans lesquels le sens porté par les acteurs aux différents faits observés est un élément fondamental à prendre en compte ont une complexité organisationnelle très particulière. Nous la qualifions de complexité profonde. Nous comparons l'approche classique de modélisation des Systèmes de Communication avec une modélisation systémique, prenant en compte cette complexité. Nous proposons, dans cette approche, un modèle fondé sur la réification des intentions et motivations des acteurs par un espace de formes dynamiques : des agents adaptatifs coopératifs. Ces perceptions sont alors des connaissances exploitables du système. Nous représentons le sens du phénomène perçu comme des modifications morphologiques dans cet espace de formes.

Abstract

For some Communication Systems, the meaning of observed facts and situations appreciated by the actors is a fundamental character we have to take into account. In such a case, the organizational complexity of the knowledge in the system is very particular, that we call the deep complexity. We compare the classical approach for the modeling of Communication Systems with a systemic one, taking into account this kind of new complexity. We propose a model founded on the reification of actors' intentionality and motivation in a space of dynamic forms : a space of dynamic co-operative agents. These perceptions are used as particular knowledge in the system. We represent the meaning of the perceived phenomena as the morphological transformations of this space of forms.

¹. LIP6, UPMC, Case 69, 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, e-mail: Alain.Cardon@lip6.fr

INTRODUCTION

Il y a les sciences de la nature et les sciences de l'esprit. Il y a, dans les sciences de la nature, les systèmes qui décrivent le réel et dans les sciences de l'esprit, il y a les questions de l'intentionnalité et du sens. On s'attend donc, selon que l'on se penche vers l'un ou l'autre de ces domaines, à des définitions différentes de la notion de système.

Nous entendons par *système*, classiquement, une construction théorique rendant compte d'un certain domaine du réel. Un système est composé d'entités distinctes et répond à un principe d'existence qui est défini par son action apparente. Cette définition permet de *représenter*, c'est-à-dire de présenter pour l'observation et l'analyse, un domaine du réel rendu compréhensible pour l'homme.

Nous nous intéressons à des systèmes sociaux complexes, c'est-à-dire à des systèmes dans lesquels les hommes prennent des décisions d'action, émettent des avis et des doutes, se comportent et pensent, ressentent de multiples émotions et où tous ces traits sont significatifs pour la compréhension du système. Ces systèmes ont ainsi une structure essentiellement changeante. Ils ne sont pas organisés en formes stables, objectives à l'observation et clairement dénotées, comme par exemple les formes matérielles des systèmes de planification de production manufacturière qui gèrent des tâches mécaniques. Ils présentent un réel caractère d'autonomie, ne se décomposent pas en un nombre fini de parties disjointes et toute observation effective les modifie. La modélisation de ces systèmes nécessite de dépasser le cadre strictement rationnel et d'envisager une approche résolument systémique.

Nous allons étudier plus précisément certains de ces systèmes, qui utilisent massivement des moyens de communication informatisés. La société est entrée, avec la technologie des réseaux informatiques et des banques de données multimédia, dans l'ère de la communication étendue. Cette forte amplification technologique a de profondes conséquences sur les organisations sociales, mais aussi sur la façon de les décrire, modéliser et gérer.

Nous présentons les systèmes de Communication comme opérant à la fois au niveau de l'opérateur, au niveau du groupe et au niveau du phénomène en liant ces niveaux dans une organisation complexe. Nous définirons le caractère typique de leur complexité organisationnelle, que nous nommerons complexité profonde [CAR 96-2].

Nous présenterons ensuite deux démarches de modélisation opposées, celle classique dont nous montrerons les limites et une approche systémique per-

mettant d'exprimer à la fois le sens des phénomènes complexes et les intentions des acteurs, en nous basant sur la notion de reconfiguration morphologique d'un espace de formes réifiant les idées communiquées.

1. LES SYSTÈMES GLOBAUX

Nous nous intéressons au problème suivant : comment caractériser les situations sociales correspondant à un environnement organisationnel compliqué, où chaque acteur agit à la fois en-soi et communique avec les autres, d'après ce qu'il sait et perçoit, et où l'on doit tenir compte de la perception et du sens que *tous* les acteurs accordent à la situation qu'ils vivent en commun ? De telles situations se rencontrent par exemple dans la gestion des crises par des Systèmes de Communication ou encore dans l'usage interactif de grands réseaux multimédia, lorsque des acteurs très nombreux échangent des informations chargées de sens, pour engager leurs multiples actions concertées ou coopératives. Les systèmes gèrent par la communication ces situations, ont des caractères bien spécifiques.

1.1. Définition des systèmes globaux

Les situations sociales créées par le comportement de groupes humains importants traitant par la communication une situation en structuration, constituent des systèmes particuliers, que nous appellerons *systèmes globaux*. Ces systèmes opèrent simultanément à échelle sociale et à échelle de la personne. Leur substrat, ou leur médium, est la communication entre composantes. Leur caractère d'évolution est leur reconformation structurelle, c'est-à-dire la transformation continue de leur organisation, et ceci de manière non déterministe. En tant que phénomènes de la réalité sociale, ils ont deux caractères principaux :

- Ils permettent le développement de formes organisationnelles complexes, c'est-à-dire de formes sociales de différents niveaux, allant de l'homme à des sociétés de certains types.

- Ils permettent le développement d'idées, de représentations du monde, d'opinions concurrentes et paradoxales, c'est-à-dire non rationnelles et aporétiques.

Ce sont des systèmes qui se conçoivent en tant que tels, mais dont la forme est mouvante. Ils influent profondément sur les pensées de ceux qui en dépendent. Les technologies classiques, basées sur l'outil, permettaient d'établir un

lien et une distance entre celui-ci et l'homme, grâce à l'appropriation de l'outil par l'homme qui en fondait ainsi le sens. La communication à objectif décisionnel par l'image électronique via les réseaux haut débit établit un domaine de formes directement sensibles pour la conscience de l'homme, et qui l'affecte volontairement. La possibilité d'appropriation entre système technologique et homme est alors réciproque.

L'emprise qu'exercent les Systèmes de Communication sophistiqués sur l'homme, comme par exemple ceux permettant des communications par des mondes virtuels, pose le problème de sa liberté de penser, de savoir et de connaître et, en fin de compte, d'être soi-même tel il le désire. L'objet multimédia que manipule l'homme n'est pas un simple outil qu'il s'approprié quand il le désire, mais une entité pouvant réagir et agir sur ce que l'interlocuteur comprend et ressent. On ne peut pas détacher la technologie substrat du système global de son usage, et la considérer comme un outil à distance. Il s'agit donc d'un système qui comprend l'utilisateur.

1.2. Le problème de la représentation des systèmes globaux

La manière la plus simple de traiter le problème de la représentation des systèmes globaux, et qui est une regrettable réduction, consiste à ne considérer que ce qui peut être perçu en se limitant à ce qui est physiquement apparent, dépossédant ainsi le système du fait de conscience et de la problématique du rapport à l'autre. L'action sera représentée par les seules traces physiques et bien visibles des actes repérés. Elle sera marquée par l'émission et la lecture d'informations, la production d'innombrables objets physiques. C'est la voie de la stricte rationalité d'observation.

Certaines situations, dans certains domaines de la réalité, se placent dans ce cadre et se décrivent très bien par analyses et décompositions. C'est notamment le cas de tous les domaines strictement objectivables, de tous ceux concernant le réel hors de l'homme et même de ceux concernant la connaissance lorsqu'elle se fonde sur des objets bien dénotés. C'était aussi le cas des domaines concernant l'homme considéré à l'échelle de sa nation ou de sa planète. Ce n'était pas le cas des groupes restreints dont la psychologie de chacun importait pour faire sens du groupe et où l'indépendance des parties n'était plus évidente.

Les systèmes globaux, intégrant dans leur description à la fois les groupes organisés formellement ou informellement, les pensées de l'homme individuel et les pensées collectives se constituant et émergeant dans les structures collectives, ont une nature particulière. La notion de groupe est dépendante de ce

que pense effectivement chaque membre et de la pression du groupe sur chacun. Et ce que chacun pense varie continûment dans la communication interactive. Ces systèmes de communication par réseaux ont un degré de complexité particulier qui fonde le domaine des systèmes globaux.

La prise en compte de l'intentionnalité, des motivations, du vécu, du sens personnel et collectif donné et des actions entreprises et réalisées dans l'organisation complexe constituent des éléments non évacuables dans la modélisation des systèmes globaux. Nous allons préciser leur complexité.

2. LA COMPLEXITÉ ORGANISATIONNELLE DES SYSTÈMES GLOBAUX

Pour analyser un domaine délimité de la réalité observable, comme par exemple la situation de la personne qui visite un système de données par réseau informatique, on use de *modèles*, c'est-à-dire de structures d'explicitations formelles représentant le phénomène en en rendant compte dans un formalisme rigoureux. Les modèles usuels s'appuient sur des formes équationnelles ou symboliques. Ils se construisent en procédant d'une démarche de développement qui est la démarche rationnelle, objective et bien validable. Mais cette approche est-elle applicable pour les systèmes globaux ?

2.1. Vers les systèmes profondément complexes

De manière classique, on définit un système comme étant tout à la fois un ensemble autonome en rapport avec son environnement, un ensemble cohérent constitué de sous-systèmes en interactions et enfin un ensemble subissant des modifications plus ou moins profondes mais lui assurant toujours une certaine permanence [WAL 77]. Cette définition conçoit donc un système comme un objet observable pour un quelconque observateur extérieur et pour la description duquel on va pouvoir procéder rationnellement, par analyse, en utilisant principalement des formes symboliques ou numériques. Cette façon d'appréhender les systèmes permet de bien représenter de nombreuses choses de la réalité du monde tel par exemple le débit d'un fleuve ou la trajectoire aérienne d'un corps pesant chargé d'en rencontrer un autre.

On délimite un cadre précis au domaine, les procédés d'acquisition de la connaissance, la façon de la structurer, on émet des hypothèses qui complètent la structure du domaine, on formule explicitement les problèmes. Ces problèmes se réécrivent ensuite de diverses manières équivalentes et l'on en consi-

dère une qui aura les caractères voulus d'opérationalité. On résout successivement les problèmes et sous-problèmes et on exhibe les résultats. Eventuellement, on exprime les résultats sous une forme telle qu'ils soient comparables à la réalité modélisée, puis on décide de l'adéquation ou non entre modèle et domaine observé.

Cette démarche est celle considérée comme pertinente pour procéder à l'analyse des problèmes appartenant aux domaines qui sont décomposables, et elle est exceptionnellement opérante dans un cadre scientifique et technique. Elle permet d'analyser tout ce qui entoure l'homme dans le monde mais à l'exception de lui-même, sauf en le réduisant à un objet du monde. Ainsi sépare-t-on l'analyse du réel dit objectif de celle de l'homme, qualifié de subjectif, définitivement.

Pourtant, certaines questions usuelles échappent à cette démarche d'investigation et ne peuvent définir de cette façon des systèmes bien analysables. Ce sont, par exemple et surtout, tous les problèmes dans lesquels les pensées des hommes occurrent manifestement. C'est donc le cas des Systèmes de Communication interactifs, des Systèmes d'aide à la décision, où les actions réfèrent à ce que pensent et croient les acteurs, tenant compte de leurs motivations et intentions. C'est également le cas du système de pensée de l'homme, qui est objet d'étude dans le domaine de la vie et de la conscience artificielles.

Ces ensembles ne séparent pas l'observateur de ce qui est observé, ne se décomposent pas clairement en sous-systèmes indépendants et leur comportement semble peu prévisible car organisationnellement changeant. Il s'agit par exemple d'une grève, d'une guérilla, d'un mouvement d'opinion, d'un conflit politique ou plus communément encore, de la banale émergence de la pensée dans la conscience de l'homme [CAR 96-1].

Ces ensembles peuvent également être considérés comme des systèmes et donc être éventuellement constructibles par simulation, mais avec des caractères très particuliers. Ils ont un comportement autonome sensible à toute observation, en ce sens que toute observation directe va les modifier. Ensuite, leur décomposition en sous-systèmes est une définitive approximation qui n'épuise pas leur réalité. Enfin leurs modifications sont leur façon d'être : leur état courant paraît à tout observateur comme une certaine émergence peu saisissable, peu prévisible et de causalité peu déterminable.

2.2. Le domaine de la complexité profonde

Pour décrire de tels systèmes, pour connaître et comprendre un ensemble d'événements qui comprend l'homme connaissant y déployant ses pensées et

ses actions, il faut s'intéresser au sens que celui-ci donne effectivement aux choses qu'il perçoit, selon ses intentions et engagements. Il faut en quelque sorte organiser l'analyse en l'y incluant en entier. Tout domaine de la réalité composé à la fois de choses physiques ou conceptuelles, bien décomposables, et du sens que l'homme conscient porte en-soi et pour soi sur ces éléments sera qualifié de *profondément complexe* [CAR 96-2]. Il s'agit donc des domaines où s'exprime principalement le sens porté sur des choses ou des phénomènes par des hommes ou des entités logicielles, et où ce sens est nécessaire à la définition et à la compréhension de ce domaine.

Le caractère de complexité profonde exprime une complexité organisationnelle au sens usuel, c'est-à-dire une très grande difficulté de description et de représentation des composants, conduisant à une calculabilité effective en général insuffisante, comme cela est précisé par la profondeur logique de Bennett [BEN 88]. Le qualificatif de profonde réfère typiquement au *sens* attribué par le système lui-même aux objets qu'il prend en considération. La complexité n'est donc pas seulement le fait d'une combinatoire élevée dans l'organisation des constituants du système, mais provient également de sa capacité à générer des états de son organisation selon *ses* propres raisons.

Une situation dans laquelle l'esprit et les pensées de l'homme sont des éléments non évacuables constitue un espace mathématiquement non séparable, car non décomposable en un nombre fini de parties. On ne peut pas dans ce cas décomposer le domaine en un nombre fini de sous-domaines disjoints ordonnés par inclusion selon des lois d'ordre jusqu'à des entités considérées comme atomiques : tout fait du réel est perçu de façon complexe par la conscience de chaque homme, qui intervient sur le sens global du domaine en le modifiant, et réciproquement. Ce qui concerne le sens donné par l'homme aux choses peut être précisé par une infinité de mots dont les sens propres sont divers et qui forment l'arrière-plan de tout énoncé langagier [SEA 92]. L'homme perçoit, puis conçoit, par ses représentations mentales émergentes dans sa propre conscience qui est définitivement non partageable. La structure du domaine où se déploient les idées est constituée des échanges entre les hommes, produisant des énoncés lexicalement précis, mais avec des intentions imprécises et des motivations psychologiques et subjectives éventuellement très importantes, mal connues et non connaissables exhaustivement.

En enlevant l'homme et ses idées du domaine, c'est-à-dire en considérant un monde de choses objectives qui se meuvent dans un espace mathématique, ce domaine redevient bien descriptible par séparations et unions. Mais cette description est insuffisante, et définitivement, pour exprimer la finalité de l'évolution du système étudié. En introduisant l'homme générateur d'idées, le

domaine n'est plus que partiellement descriptible, par l'expression autoréférente des échanges dialogiques dont une partie réside dans la conscience non pénétrable de chacun et reste dans les limites de cette conscience.

Le domaine de la complexité profonde concerne la décision et l'action de l'homme vers l'autre et dans son espace, l'action du monde et de l'autre sur l'homme, le sens que l'homme donne au monde lorsqu'il utilise la connaissance qu'il a sur celui-ci et sur lui-même. Et ceci, en ce qui nous concerne, en utilisant les moyens techniques très puissants des réseaux informatiques.

2.3. Pour un modèle systémique d'expression des Systèmes de Communication complexes

Pour prendre en compte l'homme, le placer effectivement tel quel dans un système produisant du sens, au-delà des caractères objectifs et techniques, il faut faire preuve d'une certaine audace. Il est confortable de modéliser des objets bien identifiés et leurs interactions, puisque dix siècles de progression des sciences dures le permettent et deux siècles de prépondérance rationaliste l'imposent. Pourtant, une modélisation, abstraite pour l'homme, formelle pour le modélisateur, atteint tout de suite ses limites. Modéliser les systèmes globaux, les intentions et les actions de l'homme dans les formes sociales qu'il s'est donné, qu'il fait et défait, nécessite d'aller au delà.

La limite d'une modélisation rationnelle est l'existence dans un domaine profondément complexe de contradictions naturelles non réductibles et d'insuffisances. On peut d'abord penser à la contradiction élémentaire d'un choix entre des décisions antinomiques équivalentes et simultanément applicables. Pour cela, on peut espérer modéliser dans un cadre élargi aux logiques non standards, mais la résolution revient à rendre déterministe ce choix, par valuation puis classement, ou encore par réduction heuristique. Notons que cette réduction n'est pas un dépassement de l'alternative, qui l'intégrerait en changeant de niveau cognitif ou de point de vue.

Il en est d'autres, de contradictions et d'aporées, presque partout révélées, comme général-particulier, local-global, réel-idéal, esprit-matière, ou bien encore substance-forme, continu-discontinu, analyse-synthèse, mécanique-organique, déterminisme-hasard, finalité-causalité, unité-pluralité, permanence-changement, apparence-essence [MOR 91].

Cette liste longue et non exhaustive de catégories opposées ne peut pas entraîner un traitement radical par leur évacuation. On ne doit pas réduire l'homme à un objet opérant, en usant d'une démarche de modélisation simplificatrice trop grossière. Les contradictions sont à prendre en compte et à pré-

senter comme des constituants natifs et indispensables à l'organisation même du système.

Les insuffisances de la modélisation rationnelle portent sur l'impossibilité à décomposer les systèmes en parties indépendantes. Par exemple, les générateurs d'un état de conscience ne sont ni parfaitement localisables dans des parties très précises du cerveau, ni déterminables exactement par un schéma de fonctions absolument précises. La mémoire humaine n'est pas emgrammée comme une gigantesque base de données. Ne pouvant pas fonder le système sur des entités fonctionnellement précises, la prédictibilité de son comportement est autre que de la génération de possibles. Il s'agit donc d'un système typiquement adaptatif au monde tel qu'il le perçoit et le conçoit.

La démarche pour modéliser un tel système est alors singulière. On doit d'une part intégrer la démarche rationnelle, c'est-à-dire une modélisation classique avec ses résultats puissants mais ici ponctuels, et d'autre part introduire l'univers irrationnel de la pensée prise par et pour l'homme et qui va engendrer le sens propre du système. Et il ne s'agit pas de concaténer des couches disjointes, dont il serait très difficile de représenter la communication, mais de développer un modèle général qui permette à des catégories différentes et irréductibles d'exister conjointement et symbiotiquement en s'autoréférant pour produire la raison d'être du système.

Cette démarche n'est pas très nouvelle. On trouve une tentative vers l'intégration des contradictions chez tous ceux qui ont tenté d'élargir le champ étroit de la logique classique sans quitter son cadre [Lupasco, Bearden]. C'est la démarche de ceux, beaucoup plus ambitieux, qui ont tenté de modéliser globalement le système, tel Wittgenstein qui franchit le pas en répudiant Descartes. Nous nous plaçons ainsi dans le cadre des travaux de ces derniers [Lakatos, Desanti, Amsterdamski, Kuhn, Foucault, Maruyama, puis Le Moigne et Morin], en rendant hommage à leur courage.

3. L'APPROCHE CLASSIQUE DES SYSTÈMES DE COMMUNICATION : LES LIMITES

Les Systèmes de Communication permettant la communication entre acteurs sont des cas typiques de systèmes globaux. Actuellement, les sociétés occidentales élaborent de très nombreux Systèmes de Communication ou de Commandement chargés d'assurer la gestion de situations considérées comme complexes [BAR 96]. Ces systèmes utilisent massivement les moyens de communications informatisés les plus sophistiqués : ce sont des systèmes à

informatique prépondérante. Leur champ d'application s'étend de l'entreprise, qui planifie son fonctionnement en utilisant toutes les ressources des réseaux informatiques mondiaux, aux organisations militaires inter-états qui assurent la gestion stratégique et logistique des conflits armés. Ils assurent l'engagement de milliers d'hommes, des moyens techniques considérables, dont ils permettent l'action coordonnée. Ce sont donc des systèmes globaux.

La définition des Systèmes de Communication (SC), en tant que système, pose trois questions :

- quelle est la nature de leur relation avec leur environnement, qui assurerait leur autonomie par rapport à celui-ci ?
- est-ce que ce système est formé de sous-systèmes stables dont l'ensemble homogène permettrait d'assurer la cohérence ?
- est-ce que ce système, qui se modifie dans le temps, conserve effectivement une certaine permanence ?

La notion d'extérieur des systèmes de Communication est imprécise, puisqu'ils incluent manifestement les opérateurs humains et des groupes changeants, tiennent compte de ce que ces groupes pensent et peuvent décider avec une certaine intention ou selon un certain engagement. Ces systèmes sont formés de parties absolument non homogènes dont la constitution est contingente de leur évolution spatiale et temporelle, comme par exemple l'expression d'un mouvement d'opinion contestataire en leur sein. Enfin, il est actuellement usuel de fonder leurs caractères sur une rigidité très forte qui permet d'assurer leur permanence, même si l'évolution des moyens technologiques remet sans cesse en cause leur organisation.

Ce sont donc des systèmes mais au sens systémique du terme et leur étude, leur conception et leur gestion sont aujourd'hui, pour de nombreuses raisons, conçues selon une approche strictement rationnelle, en s'appuyant surtout sur la notion de permanence. Leur architecture doit être profondément revue pour tenir compte de toute la complexité de leur domaine.

3.1. La problématique des Systèmes de Communication classiques

Nous allons nous intéresser aux Systèmes de Communication de gestion de situations d'urgence et de crises où le problème de la motivation lors de l'échange d'informations est central [CAR 97].

Le développement d'un Système de Communication dit classique a pour objectif la gestion d'une classe de situations bien définie. Il a un principe : fonder sa gestion sur des données stables permettant la planification prévision-

nelle. Il se place donc dans la continuité des systèmes rationnels de gestion de tâches du début du siècle, organisant selon un bon ordre le déroulement d'événements ponctuels prévisibles [BAR 96].

Un SC de gestion de crises, naturelles, industrielles ou militaires, est un système prenant en charge l'organisation d'un très vaste ensemble de moyens et définissant la prévision d'actions dans des cadres stratégiques et tactiques vers des buts bien évalués. Les situations se placent dans le domaine de plans préétablis. L'importance et la complication de ces systèmes requièrent, en ce qui concerne leur construction, une approche raisonnable, c'est-à-dire excluant toute aventure. Ainsi se réfère-t-on à des principes de standardisation, de gestion planifiée de la conception en usant largement des méthodes du génie logiciel classique, de rationalisation du développement des sous-ensembles bien identifiés. A la fois le champ d'usage et la complication du système entraînent des choix rationnels très stricts. Les problèmes vont surgir de cela, lorsque la réalité ne correspondra plus à ce que le système représente.

En effet, un tel système, composé des moyens de coordination des actions d'acteurs nombreux aux fonctions multiples, a vocation à décrire des situations rationnelles bien contrôlées, alors que la connaissance exhaustive de n'importe quelle situation d'urgence reste et restera largement impossible, que l'homme garde dans sa nature une part irrationnelle non réductible, qu'il constitue continuellement des groupes informels selon des intentions communes changeantes et que de nombreuses situations sont non structurées, avec une béance de possibles non évacuable.

Le SC classique se fonde principalement sur la fonction prédéfinie de chaque entité et son rôle strict dans une organisation précise. Il fait donc continuellement effort pour contraindre à rendre lisible ce qui ne l'est pas entièrement, pour opérer des optimisations dans des espaces sans métrique rigoureuse, pour prendre une décision "linéaire" sous des hypothèses subjectives, pour engager des actions dans un contexte non structuré, pour deviner des informations hors du cadre, pour ordonner des actions non réalisables. L'approche strictement rationnelle contraint toujours les données à être disponibles et à devenir des faits avérés, les décisions à se déduire. Le SC est alors un système de complication technique maximale et de très grande fragilité. Le sens du déploiement du phénomène qu'il représente comporte une part irrationnelle dense et celle-ci est évacuée, absolument, du système.

L'approche de construction d'un tel SC consiste à clairement positionner cette démarche dans un domaine validé : le domaine rationnel où peut se déployer l'analyse mathématique. En adhérant plus fortement encore à l'idéal techno-scientifique du moment, on peut se référer au cadre rassurant du positi-

visme logique dans lequel "la totalité du réel se réduit aux phénomènes physiques et à un langage de description" [in J. Piaget].

3.2. Les principes de la modélisation classique

On considère que le domaine d'opérationnalité du SC classique est structuré et constitue une donnée. On fait d'abord l'hypothèse que ce domaine est décomposable jusqu'à l'unité et que l'application du principe de rationalité en permet l'organisation contrôlée à tous les niveaux. Cela signifie que l'on se base sur des parties dont on connaît la structure, les caractères, les bornes et la façon dont on décide de la solution des problèmes de décision. On construit des systèmes pour lesquels jamais une question du type "Mais je ne vois pas du tout que faire et donc que puis-je décider ?" ne peut se poser.

Le système se présente comme un résolveur de problèmes rationnel et se caractérise par la définition de buts explicites. La solution est définie à partir d'une analyse montante ou descendante et se ramène au calcul d'une fonction compliquée dite fonction objective mais considérée comme rigoureusement calculable. Cela permet de faciliter la prise de décision par choix adéquats et déterministes, en se conformant au but général.

Ce principe rationnel affirme l'existence d'un but, qui conduira à une optimisation globale, d'une méthode, la composition-décomposition en parties distinctes et d'un résultat, l'aide à la décision rationnelle. C'est bien un modèle de type analytique, où tous les sous-ensembles fonctionnels sont caractérisables avec trois notions : la cause, la boîte noire, la conséquence. De plus, le paradigme du déterminisme fonde la conduite des diverses procédures mises en oeuvre dans la boîte noire.

Le SC classique présente, en s'appuyant sur ce principe, une forme générale assez simple. C'est un vaste système fonctionnellement communiquant, composé de deux grandes parties distinctes. La première décrit tous les éléments physiques : hommes et matériels ainsi que les compositions de ces deux entités et les modes d'emploi standards de ces différents éléments : plans et règles. La seconde représente les mécanismes d'exploitation des informations véhiculées dans le système selon des hiérarchies rigides, en réalisant la mise en opération de la première partie [POL 95]. Le système opère avec un objectif global à atteindre, correspondant à l'optimisation d'une fonction dite économique dans un très vaste espace d'états. Nous sommes donc dans le cadre d'un problème rationnellement représenté selon le paradigme de la logique et mathématisé pour traitements par optimisations. Nous savons très bien que ce type de problème est algorithmiquement dans la classe des problèmes NP

(Non-déterministes Polynomiaux), c'est-à-dire non explicitement calculable par n'importe quel moyen informatique envisageable. Des approches heuristiques seront donc entreprises, dégradant plus ou moins fortement l'objectif d'optimalité.

La production interne du système consiste à propager l'information locale pertinente à partir et vers les bons éléments, au meilleur moment et avec la meilleure forme possible, pour que les décisions linéaires se propagent et assurent la satisfaction de l'objectif général sous critères, comme par exemple au plus vite ou au moindre coût. La modélisation suppose ainsi une cohérence totale entre les différents niveaux de décisions locales et avec l'objectif général, ce qui apparaît comme particulièrement difficile à obtenir.

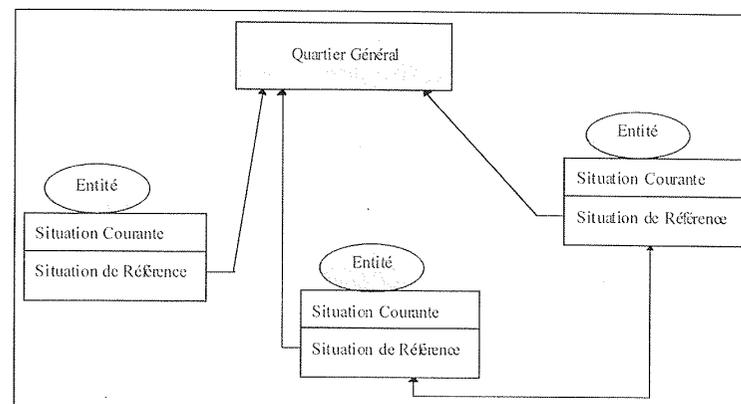


Figure 1. L'ordre hiérarchique de la communication dans un système classique.

L'hypothèse qui sous-tend cette modélisation classique est la considération qu'une action générale bien planifiée se fonde sur une série d'optimisations locales indépendantes. Elle s'appuie donc sur la composition-décomposition du domaine en parties disjointes. Elle va contraindre fortement le degré de liberté des parties où les décisions locales se prennent et les décideurs locaux ne pourront être que des spécialistes intégrés dans une structure générale très strictement hiérarchique et normative. Les décisions prises le seront relativement à des compétences déterminées à l'avance dans un domaine clairement borné et qu'un entraînement long et rigide a permis de rendre les plus efficaces possibles. L'homme a dans ce contexte, et comme il le dit lui-même, peu ou pas d'état d'âme.

3.3. Contraintes fonctionnelles dans les Systèmes de Communication classiques

Ce modèle est parfaitement adéquat pour traiter des cas où la situation est considérée comme objective et toujours localement plus ou moins prévue, très clairement lisible, et où les spécialistes opèrent effectivement dans un cadre qui ne diffère pas trop d'un de ceux au préalable étudiés et appris et qu'ils ne souhaitent pas voir changer. Ainsi, toute situation pouvant s'éloigner d'un cadre de référence connu ne peut qu'entraîner le développement d'une stratégie de rapprochement à ce cadre de référence. Le modèle est à domaine borné et conservatif. Il est également basé sur une très fine décomposition en ce qui concerne les éléments de la chaîne de décision. Le modèle est composé de nombreux sous-modèles et parties. Il est intrinsèquement décomposable. Cette décomposition profonde permet de réduire l'acte de décision individuel à l'application déterministe de règles contrôlées et de ne pas s'écarter de valeurs moyennes reconnues comme standards. Le système est alors rendu stable par impossibilité organique à se déstabiliser. Par contre, il est très peu apte à une quelconque évolution. Le modèle est rigide.

Les problèmes de recherche qui surgissent à la suite de cette approche sont évidemment multiples. Ils reviennent toujours à complexifier le modèle, conçu originellement comme pur, pour le rapprocher du réel, c'est-à-dire prendre celui-ci en compte moins partiellement et moins schématiquement. Partant d'une formulation mathématique du système obtenue par analyse montante et effectivement manipulable, on intègre des points durs tels la logique floue dans la représentation de l'information, la fusion de données formelle, la temporalité linéaire, la validation de la propagation des ordres et peut-être de la connaissance symbolique pour ainsi construire, par accumulation, un système plus réaliste.

3.4. La cohérence

Lorsque le système doit représenter la gestion cohérente d'une situation, sous l'objectif général d'optimisation, où des parties distinctes ne sont pas conçues a priori pour s'agréger, une faille de non cohérence peut alors se développer dans la planification de la situation. C'est le cas de l'attitude d'un opérateur qui a, soudain, comme l'on dit, un certain état d'âme ou dont le comportement est dicté par sa subjectivité propre. Cette faille peut rapidement s'étendre et la cohérence locale n'est alors plus assurée, ni la cohérence de parties dépendantes, ni peut-être l'objectif global. Le système est en défaut, nous

pouvons même dire en crise, car il produit ce qu'aucune modélisation déterministe ne peut admettre : de la contradiction interne.

L'objectif de la démarche rationnelle est de lever toujours les contradictions, pour revenir à un système consistant, déterministe, maîtrisable. Le moyen le plus simple choisi est de contraindre encore plus fortement les composantes générant de la contradiction en réduisant encore les domaines d'où elle surgit et en spécifiant le plus possible la communication et l'interopérabilité par le contrôle, pour les rationaliser.

Nous pensons que cet objectif est vain, définitivement, et surtout contradictoire avec le sens de l'homme dans ses comportements usuels. Celui-ci ne vit pas aujourd'hui pour être un simple opérateur efficace car rien dans sa conscience réflexive ne peut le réduire à n'être que cela, surtout lorsque sa culture lui procure un certain esprit critique, le sens de soi et de ses motivations. Ceci a pour conséquence de tenter d'évacuer du système l'homme toujours un peu plus, en le considérant d'abord comme un simple opérateur et enfin comme un organe d'exécution dans une machinerie complexe.

Cette vision pauvre et mutilée de l'homme, organe d'un système de communication global, n'est sans doute pas le résultat d'une vision manichéenne. C'est le résultat d'une cécité qui elle est volontaire. On peut regarder le système communicant global comme une splendide organisation bien contrôlée utilisée par des opérateurs ou bien voir principalement un ensemble d'hommes qui ont à pouvoir faire sens toujours, s'interroger, être eux-mêmes et dialoguer avec les autres selon leurs intentions propres, en utilisant certaines ressources des systèmes de communication globaux.

3.5. La décision classique

Selon une définition classique, une décision est l'engagement dans l'action d'un décideur existant en tant que tel. Celui-ci opère rationnellement s'il rend adéquat des objectifs définis par rapport à des faits. Ce type de décision est satisfaisant si l'on possède toutes les informations, si les objectifs sont non ambigus, si les acteurs partagent les mêmes valeurs.

Un SC classique fonctionne selon une stratégie de contrôle simple. La composante assurant le renseignement doit fournir les caractères suffisants pour structurer l'espace de représentation de la situation. Les moyens techniques et automatiques d'évaluation et la performance des opérateurs décisionnels doivent ensuite permettre de proposer des solutions d'action. Les moyens de communication doivent permettre d'ajuster les actions à la prévision d'évolution. Le système réalise de la planification en situation évolutive.

Selon L. Sfez [SFE 92], l'approche rationnelle et classique du processus de décision se caractérise comme étant linéaire. A partir de la formulation d'un projet vu comme un but explicite parmi un éventail de buts possibles, après passage des étapes de délibération et de décision, l'acteur réalise la satisfaction de ce projet, achevant ainsi le processus linéaire. Le franchissement de ces étapes est itératif, même si certaines peuvent être supprimées ou bouclées. De plus, la représentation d'un schéma décisionnel l'isole des autres, en l'objectivant.

Ce qui n'est pas exprimé par les systèmes adoptant ce seul mode de fonctionnement, ce sont les situations que l'on ne peut pas rationnellement structurer à l'avance. Il est alors impossible de bien définir des états, des buts et de décider des actions à entreprendre pour satisfaire un objectif défini à l'avance. De telles situations sont courantes et même ordinaires partout où se trouve l'homme. Leur évacuation caricature la réalité en fragilisant considérablement l'ensemble à gérer.

4. APPROCHE SYSTÉMIQUE DES SYSTÈMES DE COMMUNICATION

Nous nous plaçons dans le cadre des systèmes globaux : un domaine vaste de la réalité, où se trouvent des hommes, des groupes humains, des institutions, des règles d'usages quant aux fonctionnements. Un phénomène anormal, un incident à traiter dans l'urgence s'y développe, globalisant, qui entraîne une transformation des états, des mouvements, des comportements, des communications. Nous nous intéressons au système qui va gérer cette situation par la communication des informations entre toutes les entités concernées, en tenant compte d'un caractère typique de complexité : le domaine du phénomène perçu a une organisation essentiellement changeante, ne permettant pas de préciser a priori d'objectif rationnel ferme.

Des groupes vont se former et se déformer, pour des raisons explicites ou contingentes, les objectifs locaux vont varier, les structures des institutions vont se modifier. Surtout, chaque agent, chaque forme sociale, dans l'espace du phénomène, va acquérir une finalité propre et absorbante, en ce sens qu'elle va modifier implicitement le comportement des éléments du contexte pour les intégrer à sa finalité. Ainsi sont les phénomènes de crise, où des interprétations erronées, des anomalies mal gérées, la constitution de démarches indépendantes et antagonistes, l'animosité fondamentale des institutions entre elles engendrent des crises dans la crise.

Nous décrivons la forme d'un système communiquant complexe, au niveau connaissance, permettant de prendre les intentions, les motivations, les engagements et les avis des acteurs en considération. Un tel système complexe est aujourd'hui un thème de recherche bien engagé. Ainsi nous plaçons-nous dans le cadre des travaux sur les systèmes d'Intelligence Artificielle dits coordonnateurs [WIN 86] ou structurants, fonctionnant par "clôture opérationnelle" [VAR 96], en tentant de traiter le problème suivant : comment un système de communication complexe peut-il représenter et exprimer les intentions de ceux qui l'utilisent ?

4.1. Caractères du Système Communiquant Complexe

Nous nous plaçons au niveau stratégique du Système Complexe, qui a à produire les formes de sens à propos de la situation courante perçue par des intervenants multiples de différents niveaux opérationnels et décisionnels pour décider des actions générales et particulières à entreprendre. Seul ce niveau est à étudier. Le niveau dit tactique est abandonné comme découpage conceptuel obsolète de l'action coopérative. Nous nous plaçons donc dans le cadre d'un système coopérant ouvert, c'est-à-dire pouvant opérer la modification de sa structure et de son organisation. Des acteurs échangent des informations, des avis, des connaissances sur une situation qui les domine et qu'ainsi ils structurent ensemble, de manière incrémentale. Le sens des informations échangées sera l'unique constituant de la communication du phénomène et permettra, ou non, son traitement collectif et coopératif. Nous nous intéressons donc aux caractères de l'information échangée, dans l'optique où toute communication est semblable à un acte de langage [SEA 92].

Le Système Complexe doit exprimer ce qui fait sens pour conduire aux prises de décisions et aux actions qui se produisent. Il doit dégager les notions de point de vue et d'échelles de descriptions des phénomènes perçus, spatialement et temporellement. Il s'appuie sur un substrat technique constitué d'un réseau hypercommuniquant entre des entités reconfigurables disposant pour certaines d'un environnement informationnel très développé, telle une interface en réalité virtuelle informée par réseau très haut débit. Certaines entités sont par contre liées de manière moins puissante et ainsi l'ensemble n'est pas homogène.

Les décisions dans le Système Complexe ont typiquement un caractère social, cette connotation étant entendue dans le sens de décisions pouvant être coopératives, contradictoires, ou encore d'affrontements, de contingences... Les intervenants du domaine sont mis en situation de dialogue, pour exprimer

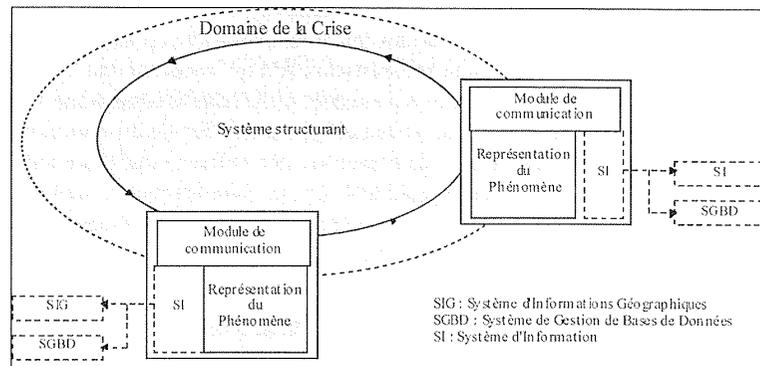


Figure 2. La boucle structurante d'un Système de Communication complexe.

leurs actions à engager, selon leurs intentions, leurs séparations ou leurs désaccords à des points de vue, selon le sens commun qu'ils partagent ou non à un certain moment. La décision, à quelque niveau que ce soit, est une tentative de coopération vers une finalité qui reste locale, qui se décline partiellement en buts, structurant ainsi partiellement le domaine. Le Système Complexe opère par projets et a donc un caractère téléologique [LEM 94].

Le système est global et intègre toutes les formes sociales intervenant en exprimant leurs intentions, le sens qu'elles proposent sur les phénomènes et qui justifient leurs actions. Ses projets sont donc distribués, dynamiques et non cohérents et c'est leur ensemble qui fait émerger un sens à la situation. La représentation symbolique des actions et décisions est une simple projection relativement fiable mais réductrice de ce Système sur une trame rationnelle.

Les caractères du Système Complexe vont radicalement différer de ceux du modèle classique :

– *globalité* : le système est vu a priori globalement, comme une forme d'entités sémantiques se transformant et cette approche est contradictoire avec l'analyse montante qui reconstitue un ensemble à partir des multiples éléments dénotés que l'on doit agencer.

– *systémique complexe* : pour assurer la cohérence globale du système lorsque les composants changent, deviennent non stables ou contradictoires, il est impératif que le système intègre le principe suivant : chaque entité identifiée dans le système contient d'une certaine façon la perception du tout, selon le principe hologrammatique de E. Morin [MOR 91]. Ceci est incompatible avec une décomposition hiérarchique et par niveaux.

– *ontologie* : lorsque les buts réfèrent typiquement à des classes de valeurs comme des jugements moraux par exemple, les opérateurs ne peuvent éluder le caractère essentiellement ontologique des actions et informations et il faut intégrer l'intention, le perçu et le conçu, l'irrationnel de l'homme. La dimension humaine de l'opérateur doit pouvoir s'exprimer entièrement dans le système.

– *principe de communication par coopération* : lorsque l'action est immergée dans un environnement constitué d'organismes multiples comparables ou essentiellement différents, la prise de décision doit intégrer une caractéristique de coopération distribuée structurante largement étendue plutôt qu'un simple pilotage de type action-réaction.

– *non application du principe de réduction* : la cohérence globale du système n'est pas la résultante de la somme des cohérences locales obtenues par optimisations et elle ne se fonde pas sur une trame planifiable par avance. La cohérence globale ne se fait pas au prix de l'évacuation des contradictions. Le système fonctionne partout en boucles dialogiques et traite des décisions non linéaires.

– *principe de récursivité* : toute action résultante d'une décision est à la fois conséquence et cause dans le système ou est même anormale. Les perceptions des intentions d'une action modifient la finalité des formes sociales.

– *principe d'intégration algorithmique locale* : les différentes techniques d'optimisation mises généralement en oeuvre pour établir des choix déterministes sont employées dans la localité de leur usage : comme outils parmi d'autres lorsque la situation perçue est réductible à un espace mathématique dans lequel son application est possible. La logique classique et le déterminisme cartésien sont donc conservés.

On peut déduire de ces caractères un principe général de modélisation :

– *Le système complexe doit se situer au delà des systèmes simplement rationnels échangeant de l'information, en les intégrant. Son domaine est l'univers à la fois des choses réelles, des phénomènes et des idées, considérés conjointement et dialogiquement. Son médium est la communication des idées et intentions et sa raison est de faire émerger du sens collectif par coopération pour structurer cet univers.*

4.2. L'intentionnalité dans les systèmes profondément complexes

On peut considérer l'intention de deux façons. Selon D. Davidson [DAV 93], l'intention est prise au sens adverbial : un agent X fait une action A *intentionnellement*. L'intention est celle relative à une action échue, terminée. Ainsi, la description permettant de déterminer les raisons vaut explication et cette expli-

cation rationalise l'action. On peut alors chercher une explication en termes de causalités et objectiver le problème. L'agent n'est plus sujet intentionnel de l'action. Celle-ci est évaluée en tant qu'événement observé après sa réalisation, en identifiant les entités primitives qui sont intervenues dans son processus. On peut appliquer une démarche explicative en donnant existence et valeurs de vérité aux propositions qui décrivent l'événement.

L'approche de P. Ricoeur [RIC 90] est sensiblement différente. Il donne une importance majeure à l'agent et insiste sur le caractère temporel de l'intention. Disons qu'il privilégie l'usage substantif de l'intention : l'agent X a l'intention de faire l'action A dans les circonstances Y. Ainsi, former une intention, c'est arriver à émettre un certain jugement par l'acteur lui-même. Il s'agit d'un "jugement inconditionnel qui engage l'action et y suffit" [in RIC op. cité].

Notre position est fortement inspirée de celle de P. Ricoeur. L'action dans un système profondément complexe, se décrit selon une approche téléologique faisant intervenir un certain fait de conscience. Une action se décide lorsque, dans son contexte, des conditions nécessaires à son développement sont réunies et lorsque l'agent génère une certaine intention vers l'action. La notion de contexte est majeure. Le système profondément complexe n'étant pas décomposable, un certain ensemble de raisons seront toujours contextuelles à l'intention d'agir sans pouvoir y être causalement et directement attachées.

Le contexte de l'action intentionnelle est d'abord la réalisation temporelle de l'agent. C'est la façon dont il peut et va condenser une intention dans une enveloppe temporelle. Pour un agent X, l'action d'aller d'un endroit à un autre, le fait apparaître dans sa temporalité propre par l'anticipation de cette action d'abord pensée et conçue, puis dans sa réalisation qui lui permet de juger son acte se déroulant [NUT 91]. En usant d'une intention d'agir, l'agent détermine sa perception du temps.

Le contexte de l'action intentionnelle est aussi constitué de caractères ne relevant pas de l'intention de l'agent. Si celui-ci décide d'agir, il le fait puisqu'il est en position d'agir et que ce fait lui permet de se réaliser. Il ne manifeste aucune intention d'être ou de n'être pas, se contentant d'agir. Le contexte de l'action intentionnelle contient aussi des apories, des tendances contraires non apparentes qui sont des tensions potentielles.

Ainsi, l'intention d'un agent conscient est clairement un ensemble de formes qui concourent à faire émerger une intention apparente et éventuellement exprimée par des phrases claires et logiques, mais dans un contexte complexe de formes potentielles anormales, c'est-à-dire n'étant pas liées par des structures causales explicites [DAV 93]. La décision observable sera constituée de la description de l'intention à l'aide de formes langagières ordonnées.

L'intention exprimée par une forme sociale est de la même nature. La forme sociale est un groupe ayant à la fois une structure d'ordre qui lui permet de tendre très explicitement vers un certain type d'action, comme un groupe de pompiers tend vers l'action de pénétrer dans un bâtiment en feu, et possédant aussi une forme d'engagement propre à rompre la lisibilité de cet ordre, à le remettre en cause ou à le juger d'une autre façon, en brisant la cohérence du groupe ou en usant de jugements contradictoires. Il y a là encore un ensemble de raisons à l'action collective du groupe. L'observation de l'action permet d'induire des causes claires s'exprimant par un langage dénotationnel, mais l'engagement d'action reste définitivement complexe, mêlant les intentions des agents et l'intention commune et propre du groupe.

Dans le processus de prise de décision, qui est intentionnel, nous devons donc prendre en compte les causes objectives du processus de déroulement de l'action, mais surtout respecter l'existence de deux sortes d'agents, les agents sujets de l'action individuée et qui opèrent en conscience des prises de décisions, et la forme sociale qui engage pour elle-même une action qui la finalise. La temporalité de ces domaines d'intention n'est pas uniforme, les représentations pour les agents du phénomène commis par l'action non plus. Un sujet qui engage une action se place dans une forme sociale avec sa représentation spatiale et temporelle de l'action qui lui est propre et qui modifie les représentations des autres et celles observables de l'extérieur du groupe.

4.3. Un modèle de représentation des Système de Communication Complexes

Un Système Complexe qui prend en considération le sens des phénomènes qu'il perçoit et conçoit et fait sens des actions qu'il entreprend doit être considéré, définitivement, comme finalisé. Il se fixe lui-même sa raison d'être, ses buts et connaît sa connaissance pour juger des actions à entreprendre et de leur valeur relative [LEM 94].

Nous proposons une architecture originale pour le Système Complexe [C&R 95]. Il s'agit de définir les différentes entités du système et de préciser leurs rôles et leur organisation. Nous nommons ce Système Complexe "Espace Général des Formes Génériques" [CAR 96]. Il est construit dans le même esprit que le célèbre Système Général de J.-L. Le Moigne. Il a pour objectif de représenter le sens perçu et exprimé par les opérateurs d'une Système de Communication à propos de la situation qu'ils vivent. Ce sont les catégories génériques permettant la structuration des actes dialogiques dans les systèmes communicants.

Il y a quatre entités composant un Système de Communication Complexe.

1. L'Espace Général des formes génériques est construit sur le substrat des choses physiques de la réalité et de leurs organisations. Un tel substrat est composé des éléments de la réalité physique, des structures, des institutions, des plans prédéfinis, des règles et lois. C'est un ensemble de choses organisé de manière complexe.

2. Les entités minimales qui représentent la potentialité de faire sens sur ce substrat seront appelées les *pavés génériques*. Ce sont et ce ne sont que des virtualités exprimant ce que suscite l'organisation du substrat. Ce sont des formes qui expriment la tendance à générer du sens à partir de la structure même du substrat. Ces pavés génériques ont une existence effective, mais leur action est semblable à une tension à engendrer un concept : ce sont donc des forces, ou si l'on veut, des virtualités.

3. Le sens des phénomènes sera exprimé par ce que nous appellerons des *ouverts*, qui sont des formes de sens se déployant à partir des potentialités des pavés génériques. Ces formes de sens expriment une condensation du sens au-dessus du substrat et représentent le processus d'organisation lui-même. Elles sont le sens perçu par le système lui-même, et non par un observateur extérieur. L'espace est ainsi constitué de formes, d'abord physiques, ensuite de virtualités et enfin de sens émergent.

4. Cet espace, qui a une évolution finalisée, subit par cela la prégnance *d'attracteurs*. Ces entités sont les déterminants globaux de l'évolution du système, les principes qui le conduisent d'une certaine façon qui ne relève pas du hasard ou du simple mécanisme. Les attracteurs contraignent, implicitement, les déformations de l'ensemble des formes du système, altèrent les mouvements de sa morphologie. Ces attracteurs conduisent le système à se finaliser, en-soi, d'une certaine façon, et à ne pas être contingent ni chaotique [CAR 96-1].

L'évolution de cet espace, qui représente à la fois un phénomène qui se déroule et le sens que conçoivent ses acteurs, est représentée par des déformations morphologiques dans l'espace des formes génériques. La notion de temporalité qui y est attachée a le même genre que l'émergence des formes et se conçoit comme une condensation [CAR 96].

Cette approche de caractère très systémique permet, au delà de son aspect constructif, d'étudier la typicalité des attracteurs, c'est-à-dire d'analyser les différentes lectures et les diverses ruptures que les choix des prégnances des systèmes profondément complexes définissent. Les systèmes décomposables, par nature, se construisent à partir de leurs entités minimales. Les systèmes pro-

fondément complexes se construisent à partir de leurs attracteurs c'est-à-dire selon une approche d'abord globale.

4.4. Réalisation informatique

La réalisation informatique effective d'un Système de Communication complexe prenant en compte les intentions de acteurs est en cours de réalisation. Un prototype a déjà été réalisé dans des travaux de thèse [CAR 97].

Nos préoccupations ont été motivées par une demande précise. La Haute-Normandie a trois bassins d'industries pétrochimiques importants : Rouen, Le Havre et Notre-Dame-de-Gravenchon, où l'on peut dénombrer pas moins de cinquante-quatre sites classés Seveso, c'est-à-dire considérés comme étant des sites industriels à très hauts risques. Elle héberge également, sur le seul département de la Seine-Maritime, deux centrales nucléaires. Le port du Havre est un centre très important de transit de matières pétrolières, qui sont acheminées par les trois voies, routière, ferroviaire et fluviale, sur tout le territoire haut-normand. Les risques d'accidents industriels graves, ou de catastrophes, sont importants, et ce d'autant plus que les unités de production sont anciennes, et vieillissent plus ou moins bien. Les services de la sécurité civile de la Préfecture de Région souhaitent se doter de moyens d'information conséquents pour gérer toute situation grave afin qu'elle ne dégénère pas en catastrophe de grande ampleur, ou en crise. Ces moyens de gestion sont des systèmes a informatique prépondérante, les Systèmes d'Information et de Communication, devant permettre de réaliser au plus vite des prises de décision judicieuses entre acteurs distants, appartenant à des institutions différentes et possédant des cultures différentes.

Le système doit permettre d'accéder à de nombreuses bases de données prédéfinies et surtout d'échanger des informations permettant de générer des décisions tactiques et stratégiques. Mais une information mise à la disposition d'un décideur, ou bien produite par lui, a *le sens que celui-ci lui donne*. L'information, sous sa forme symbolique, a une potentialité à produire un certain sens dans l'esprit de celui qui la lit, et seulement une potentialité. Elle est un signe, et ce que l'acteur qui a lu pense à partir de cette lecture est un *acte de pensée*, dont la forme organisée dans son esprit est bien plus compliquée que le simple signe représenté. La connaissance du contexte de cet acte de pensée est fondamental pour la reconnaissance de ce qui est communiqué.

Dans les situations d'urgence, qui ne sont pas des situations normales où la durée permet l'adéquation par relaxation de la réflexion, la prise en compte des représentations mentales des décideurs qui vont opérer les choix décisionnels

de planification de la situation, a un caractère fondamental. Dans ces situations, il n'y a pas d'objectivité situationnelle qui permettrait d'utiliser, pour représenter les faits de la situation courante, une simple double abstraction : l'objet réel et son signe lui correspondant bijectivement et automatiquement. Il y a l'acte de langage [SEA 92] de l'acteur qui lie, en tenant compte du sens généré dans l'acte de pensée, un objet et son signe.

Nous représentons un Système de Communication permettant l'échange des messages entre acteurs, mais en augmentant ces messages par la prise en compte du contexte d'énonciation, des intentions formulées ou formulables, des perceptions qui qualifient les faits objectifs d'observation. Nous construisons un système d'interprétation général qui fournit la synthèse de l'ensemble des interprétations des faits observés et des actions effectuées, pour le délivrer ensuite aux acteurs. La connaissance par tous les acteurs de la synthèse des perceptions des faits observés permet d'éviter les contresens, les mauvaises interprétations, le développement de "crises dans la crise". Le système est bien un système gérant la complexité profonde, ou les concepts de pavage, d'ouverts et d'attracteurs se retrouvent dans des catégories d'agents cognitifs [FER 95].

Nous précisons maintenant les caractères du système. Dans le système, chaque opérateur décisionnel est symbolisé par un noeud du graphe de communication. Il dispose d'une interface lui permettant d'accéder à diverses bases de données et surtout de communiquer avec les autres acteurs (C.f. Fig. 2). Le médium de communication va remplir une fonction d'interprétation des messages échangés.

La structure de ce médium est représentée par des systèmes multi-agents (SMA) répartis autour de chaque noeud de communication, enveloppant en quelque sorte l'acteur dans la construction de la connaissance de la situation. Ces systèmes ont pour rôle de représenter les processus locaux et globaux d'interprétation artificielle des messages échangés augmentés de leur pragmatique, que nous appelons les *données communicationnelles*.

La connaissance intervenant dans une donnée communicationnelle est représentée par de nombreuses catégories significatives pour le domaine de connaissance concerné, dans l'esprit d'une encyclopédie et non d'un dictionnaire de symboles [ECO 93]. Cette connaissance est de deux ordres :

1. des indices ou indicateurs, représentant les divers faits situationnels objectifs,
2. des traits sémantiques renseignant sur la pragmatique des messages échangés.

Ces formes de second type, qualifiant tout message et énoncées par les opérateurs, sont vagues, imprécises, insuffisantes pour caractériser une tendance comportementale ou un état mental précis. Elles seront représentées, pour correspondre à ces caractères fragmentaires, par des agents logiciels, dits *agents aspectuels* (C.f. Fig 3.). L'action de chaque agent consiste à exprimer une tendance, une virtualité, pour dégager la catégorie qu'il réifie, en tenant compte de son contexte d'action, c'est-à-dire des autres agents. Un premier système multi-agents va donc s'appropriier toute donnée communicationnelle pour en dégager les caractères saillants, dans le contexte de l'acteur, c'est-à-dire en tenant compte de la mémoire des qualifications de tous les autres messages.

Ainsi, l'interface communicationnelle de tout acteur est à ce niveau composée de nombreux agents qui représentent, par leurs états et leur nombre, les caractères des messages échangés et leur contexte d'énonciation, les traits sémantiques caractérisant les perceptions de la situation par les opérateurs eux-mêmes.

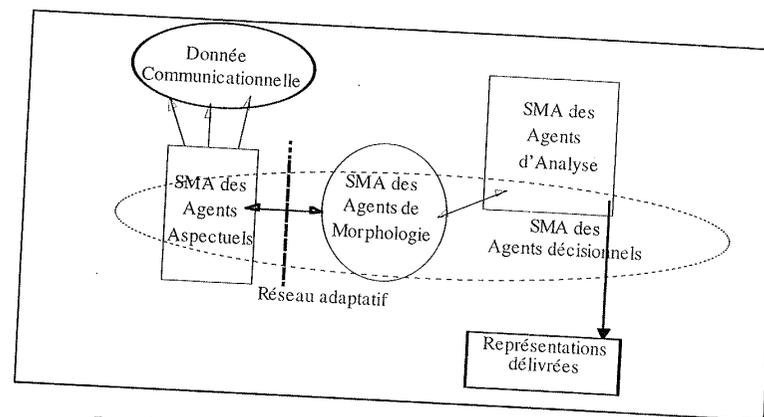


Figure 3. Les Systèmes Multi-agents du processus d'interprétation des messages.

Un second système d'agents va, en opérant sur le paysage d'agents aspectuels, en dégager les caractères organisationnels pertinents, les lectures admissibles, les structures causales et temporelles possibles. Ces agents dits *de morphologie*, qui opèrent selon des buts rationnels, tentent de dégager les formes pertinentes dans l'ensemble des traits sémantiques, en constituant des *chrôdes* [JOR 89], en agrégeant les agents aspectuels en structures significatives. Ainsi, le paysage d'agents aspectuels de chaque acteur admet différentes lectures, explicitement représentées.

Un troisième système d'agents va prendre en considération les agents de morphologie locaux à chaque acteur et les agréger pour l'ensemble des acteurs, pour former une *synthèse* de la perception de la situation, en usant de messages propres échangés sur réseau. Ces agents, dits agents d'analyse, vont fournir, non pas une vue globale de ce qui a été exprimé par les données communicationnelles, mais, pour chaque acteur et en tenant compte de ses propres morphologie d'agents, une vue globale adéquate à la sienne, qu'il peut comprendre. Chaque acteur aura la représentation de sa vision du phénomène (l'état des systèmes multi-agents) enrichie par la prise en compte de celles de tous les autres acteurs, sans dégager une représentation générale objective qui serait le sens général du phénomène. Ces agents réalisent des actions de décision en choisissant des stratégies d'augmentation des connaissances et de la pragmatique locale. Un niveau d'agents décisionnels réalise ce travail. Cette décision est un phénomène d'émergence qui utilise la morphologie des systèmes d'agents aspectuels et d'analyse comme des "patrons décisionnels" [B&S 96]. La décision prend typiquement en compte les points de vue multiples.

Tous ces systèmes d'agents opèrent directement sur les données communicationnelles transmises, en modifiant l'environnement d'action de chaque acteur et en envoyant aux destinataires des messages, certains caractères des agents d'analyse et de morphologie. Ainsi, la perception de la situation peut être analysée automatiquement par les systèmes d'agents dont les actions, successives et auto-référentes, forment un processus d'interprétation de chaque donnée.

L'espace granulaire représentant le sens des communications est donc représenté par un réseau plastique de systèmes multi-agents. Ce réseau génère, dans la décision coopérante, l'ouvert, acteur pour le sens. Cette génération est conduite par des attracteurs, par des tendances générales à produire telle catégorie de sens plutôt que telle autre. L'ouvert est également représenté par un agent d'un type particulier, enveloppant ses générateurs. Nous obtenons, là encore, un ensemble de systèmes multi-agents formant certaines topologies, selon les catégories de sens qu'ils représentent.

Les attracteurs, entités d'action conduisant la génération des ouverts, sont représentés de façon distribuée. Ce ne sont pas des agents comme les autres, car le système serait sinon simplement hiérarchique. Ce ne sont pas des méthodes d'action résidant dans les agents représentant les pavés générateurs, car le système serait alors réduit à une espèce de classique réseau d'automates. Ce sont des agents à action globale, opérant au niveau de la *morphologie* des systèmes multi-agents.

Cette représentation revient à mêler des composants algorithmiques, les agents, à des composants connexionnistes, les entités qui font émerger des agents. Ainsi, le système manipule organiquement les deux composants anti-nomiques de toute forme calculable : les composants cognitifs et les composants connexionnistes, en produisant les changements morphologiques de sa structure selon des caractères de fonctions opératoires et de significations, ce qui spécifie le cerveau et l'esprit.

4.5. L'expression de la décision complexe

La décision dans les systèmes complexes est non linéaire. Le domaine où elle s'exerce est mal structuré et la formulation même du problème de décision détermine des éventualités non classables de choix. Ce sont des situations d'indécision [WIN 86] où le domaine des possibles étant trop vaste, on ne peut structurer le problème pour ensuite y faire opérer des heuristiques de sélection. La décision est alors une suite de ruptures structurelles. C'est typiquement le cadre de déploiement des transformations morphologiques dans un Espace Général.

Dans une approche systémique de la décision, on procède selon un mode d'ajustement a posteriori où les buts apparaissent au travers des décisions prises. Ce sont les valeurs qui justifient de la pertinence de la recherche de ces décisions et qui permettent de découvrir les objectifs. Cela correspond à la prise de décision intentionnelle dans le Système.

Nous considérons donc, à la suite de L. Sfez, des processus de décision non linéaires, c'est-à-dire explicitant des démarches simultanées selon des multi-rationalités éventuellement exclusives ou aporétiques. Cela correspond dans le Système Complexe à des émergences de pavés et d'ouverts. Une décision s'élaborant dans le Système sera une certaine enveloppe d'ouverts faisant et s'étayant au passage par la richesse du substrat des pavés génériques.

Tout fait venant du substrat, telle une information ou une action perçue, se propage dans ce substrat et peut-être génère certains pavés génériques. L'interprétation fonctionnelle s'exprime à ce niveau. Les opérations génériques expriment le déploiement du sens potentiel et génèrent les ouverts produisant le sens. Le Système Complexe étant temporel, il déploie toujours un certain nombre d'entités dans les mondes possibles, c'est-à-dire génère le sens et les actions futurs pouvant se produire à la suite de certains événements perçus. Le Système Complexe anticipe les conséquences des événements repérés. Il exprime cela par des déformations morphologiques de structures. Celles-ci apparaissent sous une certaine forme dans les interfaces des opérateurs.

Les déformations morphologiques révèlent les décisions ordinaires, les dysfonctionnements, les initiatives audacieuses, les écarts à la règle, les échanges dialogiques. Les attracteurs sont les prégnances construites par les déformations du pavage même pour infléchir volontairement le sens de déploiement futur du pavage. Ces attracteurs sont également lisibles sur les interfaces. Le fait que le système engage ses agents humains et logiciels dans certaines logiques, c'est-à-dire dans certaines catégories de sens, est le résultat de la prégnance des attracteurs qui finalisent le système.

Le cadre d'élaboration des processus décisionnels entend la structuration du domaine où doit se poser la prise de décision. La décision, et donc l'action, se représentent par des opérations génériques et des déformations morphologiques. L'étude géométrique de ces déformations permet de caractériser la qualité de l'action, c'est-à-dire son sens et sa portée.

Toute décision d'action de portée significative, c'est-à-dire mettant en oeuvre des hommes et des moyens, est d'abord évaluée dans le système par simulations, en exprimant la façon dont elle est comprise, et serait perçue par les agents concernés, en étudiant les déformations qu'elle pourrait occasionner. Toute action nécessitant, quant à sa justification, la définition ou l'ajout d'hypothèses est connue et évaluée selon un protocole communément admis. Le Système offre donc un cadre stratégique par évaluation coopérative dans les mondes possibles.

Toute action effective est justifiée aux yeux de celui qui la décide par l'expression de son intention dans les termes du pavage. Toute action effectuée est qualifiée par celui qui l'exécute. Le conflit interne par le doute, le refus, le masquage, la mauvaise interprétation est d'une certaine façon éliminé, puisque remplacé par l'acte dialogique [JAC 79]. Cet aspect place donc l'homme devant ses responsabilités.

Toute décision linéaire, correspondant à une situation à domaine bien structuré, est exprimée par une déformation régulière dont la propagation marque ses conséquences. Toute décision non linéaire, c'est-à-dire toute prise de position en situation de déstructuration de l'espace de représentation est exprimée par des opérations de modification du pavage et des ouverts. C'est une rupture de la morphologie qui fait sens et qui est exprimable.

CONCLUSION

La gestion d'une situation d'urgence par usage d'un Système de Communication Complexe, revient à engendrer un processus de création et de déforma-

tions d'un espace de pavés générateurs représentant le sens déployé lors de chaque communication. Il s'agit donc de la réification d'idées sous forme d'entités logicielles. Cet espace représente ce que les acteurs perçoivent, conçoivent, ressentent sur le phénomène qu'ils vivent et gèrent.

L'évolution et la cohérence de l'ensemble de ces formes ne sont pas réalisées en référence à une structure d'ordre telle une hiérarchie décisionnelle découpant le domaine selon des niveaux, mais explicitement par la mise en relation dialogique des domaines de tension et de rupture de l'espace des formes. Ces domaines de ruptures sont toujours enveloppés par des ouverts leur donnant sens et permettant donc de les utiliser ou de les réduire. Le Système Complexe se déploie par *émergences* et se contrôle par la réduction des déformations morphologiques de sa structure.

Un tel Système Complexe est coopératif. Mais le sens de la coopération n'est jamais donné, il est pris ou déployé dans l'acte dialogique entre les acteurs communicants. L'opérateur, dans le Système, est compagnon d'aventure. Il participe de son fait à la finalisation du déploiement morphologique.

Le fonctionnement d'un système classique revient toujours à un certain parcours de graphe, c'est-à-dire à un cheminement conduit par choix heuristiques dans un espace d'états. Il exprime l'intelligence du concepteur du système, par les bons choix effectués à chaque étape pour atteindre au mieux le but initialement posé. Le fonctionnement d'un Système Complexe, opérant par émergence du sens, revient à la construction continue, dans et par le système, de multiples formes qui représentent l'organisation complexe de la compréhension de chaque situation, le sens que le système donne à ces situations étant celui de son organisation. Ces formes de sens, non liées entre elles par de seuls liens de causalité, sont éventuellement en contradiction ou en contingence les unes avec les autres, constituant un ensemble dynamique complexe. Elles incluent les parcours rationnels précédents, mais sans s'y réduire.

Le Système Complexe fonctionne comme une entité autonome et adaptative, qui opère pour elle-même et sur elle-même, par sa structure et son organisation, et qui présente, par cela, certains des caractères d'une conscience artificielle. La distinction entre de tels systèmes très autonomes et les systèmes purement rationnels est d'importance, car elle ouvre la voie, en Informatique, à l'étude et à la construction de systèmes artificiels auto-finalisés, au-delà de l'Intelligence Artificielle classique.

Bibliographie

- [BAR 96] M. BARÈS, *Systèmes de commandement, Elements pour une prospective*, Polytechnica, 1996.
- [BEN 88] C.H. BENNETT, *Logical Depth and Physical Complexity*. In "The Universal Turing Machine: a Half-Century Survey", Oxford University Press, 1988.
- [B&S 96] G.S. BERNS, T.S. SEJNOWSKI, *How the basal ganglia make decisions* in Damasio et al. *Neurobiology of Decision Making*, Springer, 1996.
- [C&R 95] A. CARDON, F. ROUSSEAU, *A model for Communication and Information Systems (C3I) to assist crisis management, considered from the viewpoint of cooperation: an attempt to go beyond the cartesian schema*, International Workshop on the Design of Cooperative Systems, Antibes, 1995.
- [CAR 96-1] A. CARDON, *La complexité des systèmes d'expression du sens*, Rapport Laforia 96/09, Université de Paris VI, Février 1996.
- [CAR 96-2] A. CARDON, *Le caractère fondamental des systèmes finalisés : la complexité profonde*, Troisième Congrès Européen de Systémique, p. 951-956, Rome, 1-4 octobre 1996.
- [CAR 97] A. CARDON, S. DURAND, *A Model of Crisis Management System Including Mental Representations*, AAAI Spring Symposium, Stanford University, CA, USA, 23-26 mars 1997.
- [DAV 93] D. DAVIDSON, *Actions et événements*, PUF, 1993.
- [ECO 93] H. ECO, *Sémiotique et philosophie du langage*, PUF, 1993.
- [FER 95] J. FERBER, *Les systèmes multi-agents*, Inter Edition, 1995.
- [JAC 79] F. JACQUES, *Dialogiques, Recherches logiques sur le dialogue*, P.U.F., 1979.
- [JOR 89] P. JORION, *Principes des systèmes intelligents*, Masson, 1989.
- [LEM 94] J.-L. LE MOIGNE, *Le Constructivisme, Tomes 1 et 2*, ESF, 1994.
- [MOR 91] E. MORIN, *La Méthode, Tome 4 : Les Idées*, Seuil, 1991.
- [NUT 91] J. NUTTIN, *Théorie de la motivation humaine*, PUF 1991.
- [POL 95] Y. POLLET, *Un système de Gestion de Bases de données Opérationnelles pour les SIC*, Thèse de Doctorat, Université de Rouen, Juillet 1995.
- [RIC 90] P. RICOEUR, *Soi-même comme un autre*, Seuil, 1990.
- [SEA 92] J. SEARLE, *La redécouverte de l'esprit*, NRF Essais, Gallimard, 1992.
- [SFE 92] L. SFEZ, *Critique de la Communication*, Edition du Seuil, 1992.
- [SFE 92] L. SFEZ, *Critique de la Décision*, Presses de la Fondation Nationale des Sciences Politiques, 1992.
- [VAR 96] F. VARELA, *Organism, a meshwork of selfless selves*, East-West Symposium on the Origins of Language, Paris, 1996.
- [WAL 77] B. WALLISER, *Systèmes et modèles*, Seuil, Paris, 1977.
- [WIN 86] T. WINOGRAD, F. FLORES, *Understanding Computers and Cognition: A new Foundation for Design*, traduction française P.U.F., New-Jersey, Abley Press, 1986.