P. Bourgine, B. Espinasse, « Aide à la décision, une approche constructiviste », Colloque sur le développement des sciences et pratiques de l'organisation, L'Aide à la Décision dans l'Organisation, publication AFCET, Paris, 10-11-12 mars 1987.

Aide à la décision: une approche constructiviste

Paul BOURGINE[1]
Bernard ESPINASSE[2]

Résumé

La principale critique que l'on peut faire aux systèmes intéractifs d'aide à la décision (SIAD) est leur non-assistance à l'identification, la formulation, la structuration de la situation problèmatique auquelle font face les décideurs. Cette aide à la formulation que l'on pourrait attendre de tels systèmes est, il est vrai complexe à envisager et à concevoir. Ceci pour deux raisons fondamentales; l'une technique: elle fait appel à une somme importante de connaissances qu'il était jusqu'à présent difficile à représenter et interpréter de façon explicite et souple dans les SIAD traditionnels, l'autre conceptuelle: on ne disposons pas de cadre conceptuel permettrant de concevoir une telle aide. Le modèle conceptuel que nous proposons ici donne une place fondamentale à la formulation de problème et perçoit les processus décisionnels en tant que processus cognitifs d'acquisition et d'organisation de connaissance ce qui nous amène à nous inspirer des travaux de J.Piaget et à qualifier notre approche de constructiviste. Dans ce modèle on essayera enfin d'estimer la nature et les limites de la contribution qu'il est raisonnable d'espérer de l'application de nouvelles techniques de l'intelligence artificielle dans la conception de nouveaux systèmes d'aide à la décision.

Mots clés: formulation de problème, résolution de problème, SIAD, systèmes de traitement des connaissances, constructivisme, intelligence artificielle,

Abstract

The principal important weakness of the current decision support systems (DSS) resides in their failure to provide assistance in problem identification, formulation or structuring. This assistance is very hard to consider and to design. This for two fondamental reasons: first a technical reason; this assistance needs an increasing amount of explicit knowledge which was difficult to represent and to interpret in the current DSS, the second is a conceptual reason; we don't dispose of a conceptual framework that permits to design such an assistance. The conceptual model we propose here gives fondamental place to the problem formulation and understands decisionnal process as a cognitive process of knowledge acquisition and organization, this leads us to take inspiration of the works of J.Piaget and to call owr approach of "constructivist approach". Finaly, in this model we try to estimate the nature and limits which are reasonable to hope of the application of new technics of artificial intelligence in the design of new decision support systems.

Key Words: problem formulation, problem resolution, DSS, knowledge processing systems, constructivism, artificial intelligence,

[1] Ingénieur du Génie Rural des Eaux et Forêts, chercheur associé au laboratoire Claude François PICARD, Université Paris VI, chercheur associé au GRASCE/CNRS, Université Aix -Marseille III, FRANCE.

[2] Professeur à la Faculté des Sciences de l'Administration, Université LAVAL, Québec, CANADA, responsable scientifique à l'IIRIAM/TECHNILOGIA, chercheur associé au GRASCE/CNRS, Université Aix -Marseille III, FRANCE.

1 Introduction

La principale critique que l'on peut faire aux systèmes d'aide à la décision (SIAD) est leur non-assistance à l'identification, la formulation, la structuration de la situation problèmatique auquelle font face les décideurs [LANDRY (1985), ESPINASSE, PASCOT (1986)]. Ils nécessitent dans la plupart des cas, que le décideur ait déjà une formulation adéquate du problème avant de les utiliser [M. LANDRY, D. PASCOT, D.BRIOLAT (1985)]. Ceci se traduit par le fait que les SIAD sont de peu d'assistance dans le rôle des gestionnaires qui n'est pas celui d'un décideur [MINTZBERG (1973)], mais celui d'un observateur de l'environnement [M.S.FELDMAN, J.G.MARCH (1981)]. Cette aide à la formulation que l'on pourrait attendre de tels systèmes est, il est vrai complexe à envisager et à concevoir. Ceci pour deux raisons fondamentales l'une technique et l'autre conceptuelle.

Tout d'abord cette aide à la formulation fait appel à une somme importante de connaissances qu'il était jusqu'à présent difficile de représenter et d'interpéter de façon explicite et souple dans les SIAD traditionnels. Ces derniers n'incorporent de la connaissance que de façon implicite, soit au niveau des données soit au niveau des modèles, ce qui les rend trop rigides et incapables d'intervenir dans des phases d'identification et de formulation de problème et de s'adapter au décideur comme au problème [ESPINASSE, PASCOT (1986)]. Depuis une dizaine d'années, des progrès très importants ont été faits dans le domaine de l'intelligence artificielle en premier lieu dans la conception et la réalisation de systèmes à bases de connaissances. Plusieurs chercheurs tentent depuis quelques années d'intégrer l'intelligence artificielle aux SIAD, citons en particulier les travaux de R.H.Bonczek, C.W.Holsapple et A.B.Whinston (1981).

Ensuite nous ne disposons pas actuellement de cadre conceptuel formalisé qui nous permettrait de concevoir une aide à la formulation. Ainsi depuis une dizaine d'années une bibliographique abondante s'intéressent aux problèmes organisationnels [MINTZBERG RAISINGHANI THEORET (1976), SIMON (1976)]. Les méthodes qui y sont proposées sont essentiellement des méthodes de résolution de problèmes, le plus souvent déjà structurés et sont de très peu d'utilité pour leur formulation.

Aussi nous a-t-il semblé pertinent tout d'abord d'investiguer des éléments pour un nouveau cadre conceptuel de l'aide à la décision permettant de concevoir une aide à la formulation de problème dans la perspective de mise en oeuvre de nouvelles techniques relevant de l'intelligence artificielle. Ensuite nous essayerons de dégager la contribution de ces nouvelles techniques aux défis que nous posent les problèmes mal-structurés, et d'estimer la nature et les limites de cette contribution.

2 Un modéle constructiviste des processus décisionnels

Nous proposons ici un nouveau modèle pour l'étude des processus décisionnels, perçus en tant que processus cognitifs d'acquisition et d'organisation de connaissance. Nous avons qualifié ce modèle de constructiviste du fait même de ses fondements épistémologiques Piagetiens.

Les deux facettes de la décision

Dans la compréhension des processus décisionnels, quelques chercheurs se sont inspirés des travaux de J.Piaget sur l'organisation de l'intelligence, citons principalement les travaux de J.C.Courbon (1982-84) ainsi que ceux de A.Ramaprasad et I.Mitroff (1984). Dans l'approche constructiviste que nous proposons, la décision est définie comme une construction mentale

visant à une action concrète qui modifira l'état d'un objet de la réalité, en vue d'atteindre un certain objectif. La décision présente alors deux facettes distinctes:

La premiere facette consiste à considérer la décision comme le résultat d'un raisonnement que le décideur a fait, face à une situation problèmatique. La décision est alors l'action que l'on aura décidé sur les objets de la réalité, on parlera d'"acte décisionnel".

La seconde facette de la décision concerne non plus l'action mais le processus cognitif de la décision, le raisonnement que fera le décideur. Ce processus cognitif consiste tout d'abord à la construction d'une représentation abstraite de la situation posant problème, et que l'on assimilera à une phase de formulation du problème, ensuite la conception d'un modèle opératoire (associé aux structures logico-mathématiques de J.Piaget) qui permettra de générer des solutions et qui constituera la phase de résolution du problème. Nous adopterons le terme de "construit décisionnel" pour nommer cette deuxième facette de la décision. Acte et construit décisionnels peuvent être reliés aux quatre phases du modèle de H.A.Simon (intelligence, conception, sélection et évaluation), comme l'indique le schéma suivant:

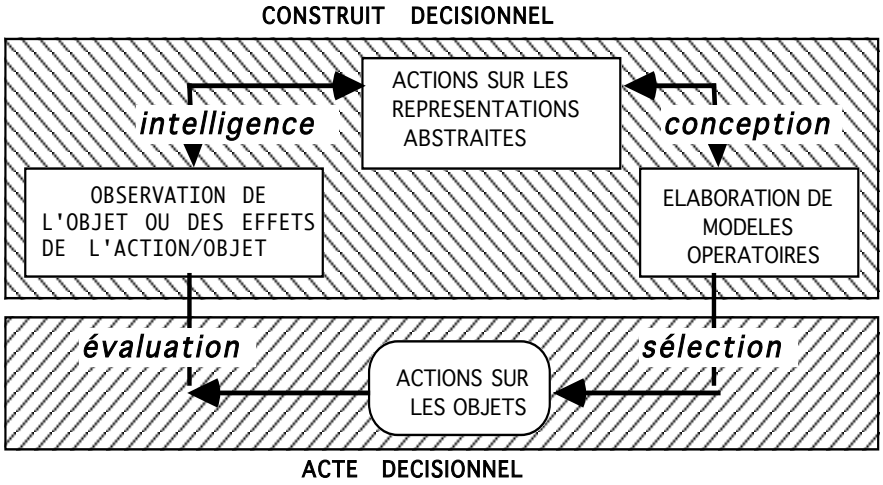

figure 1: Les deux facettes de la décision

Acte et construit décisionnels sont intimement liées. L'acte décisionnel vise à une action sur des objets; il implique une attente quant aux résultats de cette action et donc suppose une évaluation possible des résultats pouvant conduire à la mise en place d'un système de contrôle. Les mesures des résultats, liées à la représentation que l'on se fait de la situation, et sous forme de différences observées serviront à engendrer un nouveau construit décisionnel. Ainsi, un résultat prévu aura tendance à conforter la confiance du décideur dans sa représentation et son modèle, il y a alors renforcement; un résultat différent incitera à modifier la représentation que l'on a de la situation afin d'en améliorer la qualité ou la précision et disposer d'un modèle plus fin, il y a alors affinement; enfin un résultat désiré sur les objets contenus dans la cible de l'acte décisionnel pourra conduire aussi à modifier la représentation afin de l'élargir et la généraliser et avoir un modèle plus puissant, il y a alors généralisation.

Cette deuxième facette de la décision ou construit décisionnel nous apparait fondamentale et c'est elle que nous allons maintenant étudier en tant que processus d'acquisition et d'organisation de connaissances.

Le construit décisionnel: un processus d'acquisition et d'organisation de connaissances.

Il n'y a pas de résolution de problème sans structuration préalable. La structuration d'un problème peut être vue comme l'atteinte d'une certaine fermerture dans sa formulation, conduisant à en définir le champ du problème.

La phase de formulation consiste en la construction de représentations abstraites de la situation problèmatique. Elle correspond à la phase d'intelligence du modèle de H.A.Simon. La fermeture de cette formulation, qui conduit à une structuration du problème, suit un principe de cohérence. Dans le cas de décision collective, cette fermeture est principalement obtenue par consensus des acteurs sur une représentation abstraite commune qui peut donner lieu à légitimation. Dans les problèmes organisationnels très peu structurés la formulation se fait souvent au niveau de l'argumentation, conduisant les décideurs à développer de façon progressive des arguments comme cela se fait dans le discours. La stabilisation des représentations abstraites conduit à une possible formalisation, que l'on peut appeler énoncé du problème.

Les représentations abstraites obtenue dans la phase précédente ne sont pas opérationnelles, pour cela il faut en dériver des modèles permettant la résolution du problème, c'est à dire d'envisager et de générer des solutions possibles sur lequel reposeront l'acte décisionnel. La phase de résolution consiste, à partir de représentations abstraites, en l'élaboration et la formalisation de modèles opératoires qui permettront la résolution du problème. Cette phase de construction de modèles est à rapprocher de la phase de conception de H.A.Simon. Dans les problèmes organisationnels complexes la phase de résolution peut parfois consister en une démonstration des arguments retenus lors de la phase de formulation.

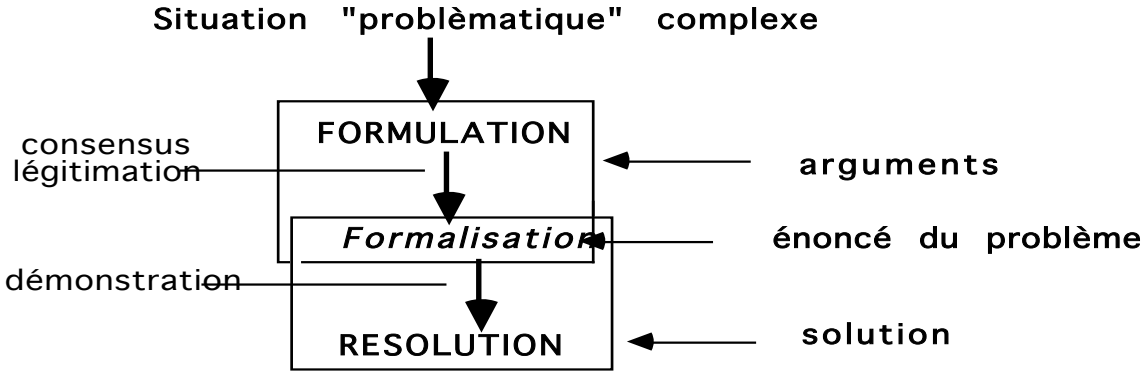

figure 2: de la formulation à la résolution de problème

Dans cette approche de la décision qui s'inspire des travaux de J.Piaget en psychologie cognitive et de H.A.Simon sur les processus décisionnels, les actions de modifications, de déformations et de maintien nécessaires à l'élaboration de représentations abstraites stables du problème sont à rapprocher des assimilations et accomodations successives des schèmes de la mémoire. Notons aussi que si la formulation de problème tient une place fondamentale dans le construit décisionnel, dans bien des situations, une bonne formulation de problème doit être considérée à son tour comme un nouveau problème à résoudre, donc à identifier et formuler.

Acquisition et organisation des connaissances selon PIAGET

Dans le modèle de J.Piaget, une distinction peut être établie relativement à l'utilisation que le sujet fait de ses propres structures opératoires, dans la mesure où celles-ci peuvent conduire à la production de deux types de connaissances, les connaissances logico-mathématiques et les connaissances empiriques.

L'abstraction constitue un mécanisme sous-tendant l'acquisition des connaissances nouvelles. Deux types d'abstractions sont distinguées selon qu'il s'agit de connaissances exogènes, informations tirées d'objets ou du milieu, ou de connaissances endogènes, informations que le sujet tire de ses propres actions sur les objets. On parle alors d'abstraction empirique, intervenant dans la formation des connaissances empiriques et d'abstraction refléchissante, sous-tendant la formation de connaissances logico-mathématiques, issues des coordinations générales de l'action du sujet [PIAGET 74, 75].

Ainsi les opérations du sujet comme classer, sérier, ordonner, établir une combinatoire... peuvent être appliquées à des objets leur conférant alors des propriétés nouvelles (ordre, classe,..): ces propriétés ne sont pas intrinsèques à l'objet mais résultent d'activités de classification ou de sériation du sujet. Cette application par le sujet de ses propres structures opératoires sur les objets conduit à l'élaboration de connaissances logico-mathématiques par le biais de l'abstraction réfléchissante.

Par ailleurs, l'élaboration de connaissances empiriques, peut faire intervenir simultanément l'expérience physique au contact du milieu et l'utilisation d'instruments logico-mathématiques servant à effectuer l'expérience et à en interpréter les résultats; il y a utilisation d'opérations logico-mathématiques pour interpréter les données perçues du réel, par le biais de l'abstraction empirique.

La mise en relation ou la coordination d'objets entre eux est source de causalité physique entre les objets, tandis que la coordination d'actions ou d'opérations mentales du sujet est source d'implication logique entre opérations. J.Piaget insiste sur le fait que les relations causales entre les objets dépendent des opérations dont dispose le sujet, ce qui signifie que la connaissance empirique est toujours subordonnée aux instruments de connaissance logico-mathématiques dont dispose le sujet.

La formulation: élaboration et structuration des représentations abstraites

Etudiant les mécanismes d'acquisition de la mémoire et de sa structuration, J.Piaget, a mis en évidence un processus d'équilibration des représentations que l'on se forme (qu'il appelle schèmes); au cours de ce processus, les faits nouveaux observés, conséquences des actions, sont soit assimilés par la représentation, soit conduisent à une accommodation de celle-ci, c'est-à-dire une déformation de cette dernière permettant de prendre en compte la nouveauté.

A partir de l'observation de la situation problèmatique, le décideur essaie d'inférer un certain nombre d'explications aux différences constatées (différence substantielle) entre la situation existante et la situation désirée. Ces explications donnent lieu à un certain nombre d'actions sur la représentation du problème qu'il se fait, conduisant à la stabiliser. C'est l'équilibration de la représentation abstraite. Cette dernière se fait selon deux mécanismes d'adaptation, l'assimilation où l'observation de la situation problématique conduit à un renforcement de la représentation, et l'accommodation où l'observation amène à une modification profonde de la représentation.

Avec le modèle de J.Piaget de la structuration de la connaissance, il est possible de préciser les différentes formes que peuvent prendre le construit décisionnel dans cette phase de formulation de problème. La représentation que le décideur se construit d'une situation, et sur laquelle se fonderait son modèle d'intervention, peut évoluer ainsi:

- se stabiliser: chaque fois que l'acte décisionnel aboutit à des effets conformes à ce que l'on attendait (effets prévus = effets observés après décision).

- se préciser: certaines conséquences de l'acte décisionnel différentes de ce que l'on prévoyait peuvent être expliquées par la présente représentation au prix d'une amélioration, d'une assimilation de nouveaux éléments (processus de précision).

- être remise en cause, de manière qu'elle puisse emglober ces faits nouveaux, ceci sans le perturber fondamentalement, il y a accommodation de la représentation (processus de généralisation).

- être remise en cause fondamentalement: par exemple, en l'ouvrant sur de nouveaux facteurs, de nouvelles variables, de nouvelles relations… C'est le processus que J.C.Courbon [COURBON 82] appelle processus de "complexification" et que l'on peut comparer au mécanisme de l'abstraction réfléchissante de J. Piaget.

La résolution: conception de modèles opératoires

La conception de modèles opératoires peut être associée au développement des structures logico-mathématiques définies par J.Piaget. Une structure logico-mathématique (SLM) est d'abord une connaissance et peut être un instrument de connaissance, permettant l'élaboration de nouvelles connaissances de type logico-mathématique et de type empirique. Les SLM peuvent être simples, par exemple un modèle naif de cause à effet, quelques règles du type SI… ALORS… ou complexe, par exemple une théorie élaborée.

Le développement des structures logico-mathématiques ou modèles se fait grâce à la mise en oeuvre d'autres SLM et à travers une interaction entre le modèle en cours d'élaboration par le décideur et par exemple le phénomène ou situation problématique observé ou plutôt la représentation abstraite qu'il s'en fait. Ainsi les données d'observation du phénomène observé entrant dans sa représentation sont comparées avec les déductions faites à partir du modèle, c'est ce que l'on peut appeler l'application du modèle.

Lorsqu'il y a conflit entre les déductions inhérentes au modèle et la représentation du phénomène, il y a un retour en phase de formulation afin de modifier la représentation abstraite, par exemple en mettant en oeuvre de nouvelles structures logico-matématiques permettant une acquisition de nouvelles connaissances de ce dernier et conduire par exemple à ce qu'un nouvel objet ou événement vienne enrichir la représentation (celle-ci pourra le faire par assimilation, ou par accommodation, ou enfin par complexification). Ainsi, au fur et à mesure que le modèle se conçoit, les représentations abstraites s'enrichissent et conduisent soit à une déstructuration des modèles associés à cette représentation, soit si la représentation se renforce, s'affine, à une structuration des modèles associés.

Il y a ainsi un processus dynamique de destructuration / retructuration des modèles, ajustement nécessaire à une bonne compréhension d'une situation. Ce cycle est répété plusieurs fois et conduit à rendre le modèle de plus en plus abstrait, distant du phénomène observé. Quand la représentation abstraite collera de façon satisfaisante avec les déductions du modèle, le modèle est attribué au phénomène c'est ce que l'on peut appeller l'attribution du modèle.

Le modèle constructiviste de la décision que nous proposons peut alors se décrire de la façon suivante:

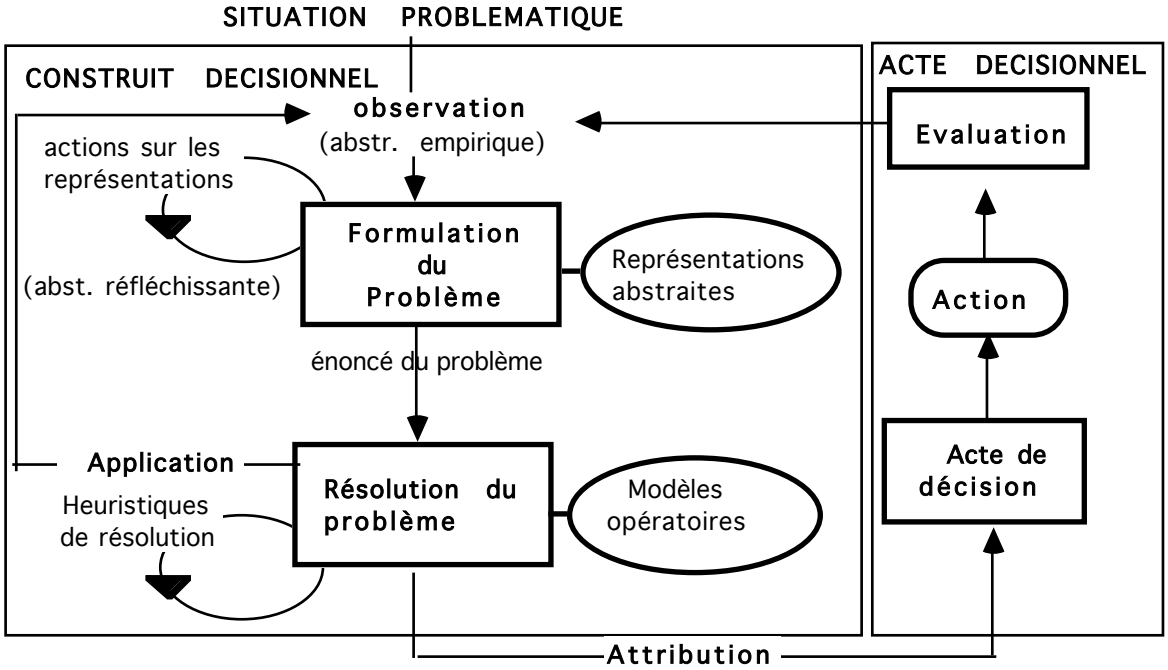

figure 3: un modèle constructiviste de la décision

3 Aide à la décision et intelligence artificielle

La décision, plus précisément dans son aspect construit décisionnel, est avant tout un exercice de simulation d'un ensemble de processus cognitifs. Est-il possible de tirer profit de modes de représentations et d'interprétations de la connaissance élaborés depuis déjà quelques années dans le domaine de l'intelligence artificielle, notament les systèmes à bases de connaissances, pour concevoir de nouveaux outils d'aide à la décision ?

Aide à la résolution de problèmes

La résolution de problème a toujours été un domaine privilégié d'application de l'intelligence artificielle. Nous allons expliciter certaines raisons profondes, qui sont responsables de cet état de fait.

La résolution d'un énoncé "donné" (la remise en cause de ce donné est discutée au paragraphe suivant) relève rarement d'un algorithme prédéfini, standard. Même si c'est le cas, il s'agit rarement d'un algorithme efficace, dont le temps croit comme une fonction polynomiale de la taille des algorithmes: le répertoire de ces algorithmes "polynomiaux" (la classe P) compte, en effet, une dizaine d'algorithmes.

Au contraire, la liste des problèmes "non déterministes polynomiaux" (la classe NP) compte des centaines de problèmes "purs" [GAREY, JOHNSON 79]. Le problème archétype de la classe NP est le labyrinthe. Si on fait un "bon" choix à chaque bifurcation, le temps de la résolution est polynomial. Si les choix sont médiocres, on aboutit fréquemment à une impasse, et il faut revenir en arrière sur les choix précédents; le temps de la résolution croit alors de façon importante, par suite de "l'explosion combinatoire".

Ainsi, dans la majorité des cas, on peut constater que la résolution de problème, loin d'être une tâche algorithmique totalement automatisable, suppose une capacité à faire de bons choix. La recherche dans l'espace des solutions devient une démarche intelligente (importance du paradigme de recherche dans H.A.Simon, 1983). La question fondamentale devient alors: quelles sont les bonnes procédures pour estimer qu'un choix est un bon choix? quelles sont les heuristiques qui nous aident à faire ces choix? Ces heuristiques ne sont pas infaillibles (sinon le problème serait polynomial); mais elles fournissent, en moyenne, de bons résultats. Ainsi le schéma de la figure 3 précise, à coté de la phase de résolution de problème, toute l'importance du concept d'heuristique.

La Recherche Opérationnelle a identifié un certain nombre de bonnes heuristiques pour les problèmes NP purs qu'elle a répertoriés. Malheureusement, ces problèmes purs sont des problèmes dont l'énoncé est "simple": le nombre des contraintes est généralement très réduit, et la forme de ces contraintes est standard. Chaque problème pur est, en réalité, le problème archétype d'une classe plus vaste de problèmes.

Mais un énoncé donné s'écrit, fréquemment, à l'aide de plusieurs pages de contraintes. Il faut alors élargir considérablement le champ de recherche concernant l'étude des heuristiques. Les hommes et les organisations ont, au cours de leur histoire, inventés de nombreuses façons de prendre des décisions raisonnées, avec ou sans l'aide d'ordinateurs: il y a là un champ de recherche passionnant, que la psychologie cognitive et l'intelligence artificielle explorent depuis longtemps: il faut ici citer le travail de pionniers de H.A.Simon et A.Newell (1972); et A.Newell proposait dès 1958 concepts de problème mal structuré et de programmation heuristique [NEWELL 69].

Les systèmes d'aide à la résolution de problèmes, inspirés de l'intelligence artificielle, tentent précisément de simuler ces heuristiques humaines. Il faut citer ici une tentative particulièrement significative, avec le langage et résolveur ALICE [J.L LAURIERE 1976]. Un but explicite de ce résolveur est justement de reproduire les heuristiques que nous utilisons quand nous résolvons des problèmes avec papier et crayon.

Aide à la formulation de problèmes

Dans notre approche, l'énoncé n'est pas un donné mais un construit. Et l'aide à la formulation d'un problème a pour but de rendre plus aisée la construction (et la reconstruction) de son énoncé. Il s'agit là d'un domaine de recherche encore très ouvert et très large, puisque le processus de formulation part d'un perçu complexe, pour aboutir à un énoncé formalisé: dans cette construction des représentations abstraites, des données brutes (numériques et symboliques) cohabitent avec les spécifications en langage naturel, que doivent vérifiées les solutions recherchées. Notre but n'est pas ici de décrire tout le champ de l'aide à la formulation

de problème. Nous voulons seulement tracer quelques pistes, susceptibles de fournir des applications à terme relativement court.

Concernant la formulation de l'énoncé du problème, le formalisme de représentation des énoncés doit être déclaratif: parce qu'il faut pouvoir spécifier et re-spécifier un énoncé, il est nécessaire de disposer d'un langage très souple, capable d'accepter les multiples variantes possibles de cet énoncé. Cette nécessaire plasticité du langage suppose de fait une grande déclarativité. L'intelligence artificielle nous propose de tels langages. Ainsi, le langage ALICE, déjà cité, a précisément été conçu pour permettre une telle représentation déclarative d'un énoncé. L'intelligence artificielle nous propose aussi d'autres approches, tournées vers les langages orientés objet. La programmation par objet devient particulièrement utile lorsque le nombre d'objets manipulés au cours d'une résolution de problème devient très grand; en effet, la difficulté principale semble être alors celle du volume de la description. Cette difficulté a conduit certains chercheurs à faire un grand usage de ce mode de programmation (frames, scripts ou schémas); ainsi M.S.Fox utilise des schémas pour modéliser les objets et les contraintes des problèmes d'ordonnancement d'un atelier industriel [FOX 83].

L'aide que peut apporter l'intelligence artificielle à la formulation de problèmes bien structurés est superflue, selon la définition même des problèmes bien structurés [NEWELL 69]. Lorsque les problèmes sont mal structurés, l'aide à la formulation s'avère utile et peut déboucher sur un énoncé formel, pour être repris dans une phase de résolution avec l'aide de l'ordinateur. Au vu des résultats d'une résolution, un retour sur une nouvelle formulation de l'énoncé peut s'imposer (application du modèle opératoire); et le va-et-vient entre formulation/résolution (figure 3) se poursuit jusqu'à l'obtention d'un point fixe (attribution du modèle opératoire), marque d'un "satisficing" [SIMON 76]. A tout moment, l'initiative de reformulation reste à l'utilisateur; et le va-et-vient est susceptible d'amplifier le raisonnement humain. Ainsi il semble que de nombreux problèmes de gestion des approvionnements, de production, et de distribution, et de nombreux problèmes de conception peuvent être traités selon un tel va-et-vient [BOURGINE 84].

Si le problème est très mal structuré, l'aide à la formulation est vitale voire plus essentielle que la phase même de résolution; une bonne formulation étant faite, la solution peut s'avérer alors triviale. Comme nous l'avons vu, la formulation du problème peut être définie comme un processus d'acquisition et d'organisation de connaissances d'une situation donnée sur laquelle le décideur a projeté d'intervenir: ce processus conduit à l'élaboration de représentations abstraites jusqu'à l'atteinte d'un certain "satisficing". L'aide à la formulation de problème se situe alors dans l'élaboration même de ces représentations abstraites et suppose un langage permettant de construire et de manipuler ces représentations. La plasticité de ce langage devrait être encore plus grande que celle des langages d'énoncés évoqués ci-dessus, sans atteindre peut-être celles des langues naturelles. Divers travaux récents sur l'analyse du discours pourrait fournir quelques pistes dans l'élaboration de tels langages, notament pour l'aide à la décision collective [BORILLO et All 82].

4 Conclusion

Nous avons proposé ici un nouveau modèle pour l'étude des processus décisionnels, perçus en tant que processus cognitifs d'acquisition et d'organisation de connaissance. Nous avons qualifié ce modèle de constructiviste du fait même de ses fondements épistémologiques Piagetiens. Dans le cadre de ce modèle nous avons ensuite essayé d'estimer la nature et les limites de la contribution qu'il est raisonnable d'espérer de l'application de techniques de l'intelligence artificielle dans la conception de nouveaux systèmes d'aide à la décision.

Mais nous avons vu que la formulation de problème trés mal structurés soulevait des difficultés considérables; aussi, il nous semble pertinent d'amorcer une reflexion sur les fondements paradigmatiques même des théories de la décision. Cette reflexion sur les fondements des théories de la décision nous amènerait peut-être à proposer des éléments pour un nouveau paradigme de la décision. Parmis ces éléments, le principe de cohérence [HUARD 80] et le principe de clôture opérationnelle [VARELA 79] occuperaient une place centrale, sans

oublier le constructivisme lié aux fondements épistémologiques piagetiens déjà développés dans cet article.

Bibliographie

P. BOURGINE, "La M.A.O. modélisation assistée par ordinateur", *AFCET Interface n°21*, juillet 1984, pp.3-9.

M. BORILLO et All, "Approches formelles de la sémantique naturelle", Laboratoire de Langages et Systèmes Informatiques, Toulouse, C.N.R.S., 1982.

R.H. BONCZEK, C.W. HOLSAPPLE, A.B. WHINSTON, "Foundation of Decision Support Systems", Academic Press, 1981.

J.C. COURBON, "Transparency of Data Information and Models in Decision Support Systems", IFORS, Washington, august 1984.

J.C. COURBON, "Processus de décision et aide à la décision", *Economies et Sociétés* , Séries Sciences de gestion, n°3, tome XVI, n°12, decembre 1982.

B. ESPINASSE, D. PASCOT, "Les Systèmes Intéractifs d'Aide à la Décision: pour une démarche orientée connaissance", 1° Conférence en Intelligence Artificielle et Economie, Aix en Provence, Septembre 1986, Actes à paraitre chez Pergamon.

M.S. FELDMAN, J.G. MARCH, "Information in Organization as Signal and Symbol", *Administrative Science Quaterly* , n°26, 1981, pp.171-186.

M.S. FOX, " ISIS: A Constraint-Directed Reasoning Approach to Job Shop Scheduling", Proceeding of IEEE Conference on Trends and Applications 83, National Bureau of Standards, Gaithersburg, Maryland, May 1983.

M.R. GAREY, D.S. JOHNSON, "Computers and Intractability, a Guide to the Theory of NP-Completeness", Freeman and Company, 1979.

P. HUARD, "Rationalité et Identité: vers une alternative à la théorie de la décision dans les organisations", Revue économique, Paris, vol.31, n°3, 1980, pp.540-572.

B. INHELDER, J. PIAGET, "De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent", Presses Univesitaire de France, Paris, 1970.

M. LANDRY, D. PASCOT, D. BRIOLAT, "Can DSS Evolve without Changing Our View of the Concept of Problem", *North Holland, Decision Support Systems 1* , 1985, pp.25-36.

J.L. LAURIERE, "Un langage et un programme pour énoncer et résoudre des problèmes combinatoires", Thése de Doctorat d'état, Université Paris VI, 1976.

J.L. LE MOIGNE, "Les systèmes de décision dans les organisations", Presses Universitaires de France, Paris, 1974.

J.L. LE MOIGNE, "Intelligence des mécanismes et mécanismes de l'intelligence", Nouvelle encyclopédie des Sciences et des Techniques, Fayard, 1987.

J.G. MARCH, "Bounded Rationality, Ambiguity, and the engineering of choice", *The Bell Journal of Economics*, vol.9, n°2, fall 1978, pp.587-608.

H. MINTZBERG, D. RAISINGHANI, A. THEORET, "The Structure of Unstructured Decision Process", *Administrative Sciences Quaterly*, June 1976, pp.246-276.

A. NEWELL, "Heuristic Programming Ill-Structured Problems", in Progress in Operations Research, Volume III, J.S. Aronofsky (ed.), John Wiley & Sons, 1969.

A. NEWELL, H.A. SIMON, "Humain Problem Solving", Englewood Cliffs, N.J., Prentice - Hall, 1972.

J. PIAGET, "Naissance de l'intelligence chez l'enfant", Delachaux et Niestlé éditeurs , 4° édition, 1963.

J. PIAGET, "Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence", Hermann éditeur, 1974.

J. PIAGET, "L'équilibration des structures cognitives", Presses Universitaires de France, 1975.

A. RAMAPRASAD, I. MITROFF, “On Formulating Strategic Problems”, *Academy of Management Review,* 1984, No.4, pp.597-605.

H.A. SIMON, “The New Science of Management Decision ”, New York & Evanston, Harper & Row, Publishers, 1960.

H.A. SIMON, “Rational Decision Making in Business Organisations ”, *American economic Review*, 1979.

H.A. SIMON, “Search and Reasoning in Problem Solving”, *Artificial Intelligence n°21*, 1983, pp. 7–29.

F. VARELA, “Principles of Biological Autonomy”, North Holland, 1979.