



HAL
open science

Contribution à une méthodologie d'acquisition des connaissances pour l'ingénierie des Systèmes d'Information et de Communication : l'exemple de CHEOPS pour l'aide à la gestion de crises collectives à caractère géopolitique - l'hypothèse d'un niveau des valeurs par delà le niveau des connaissances.

Francis Rousseaux

► **To cite this version:**

Francis Rousseaux. Contribution à une méthodologie d'acquisition des connaissances pour l'ingénierie des Systèmes d'Information et de Communication : l'exemple de CHEOPS pour l'aide à la gestion de crises collectives à caractère géopolitique - l'hypothèse d'un niveau des valeurs par delà le niveau des connaissances.. Interface homme-machine [cs.HC]. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 1995. tel-00417588

HAL Id: tel-00417588

<https://theses.hal.science/tel-00417588>

Submitted on 16 Sep 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université Paris 6

Habilitation à diriger des recherches

Francis Rousseaux

Synthèse d'activité scientifique et programme de recherche

**Contribution à une méthodologie d'acquisition des connaissances pour
l'ingénierie des Systèmes d'Information et de Communication : l'exemple de
CHEOPS pour l'aide à la gestion de crises collectives à caractère géopolitique**

- l'hypothèse d'un niveau des valeurs par delà le niveau des connaissances -

Soutenue le 22 février 1995 devant la commission d'examen composée de :

Professeur	Jean-François Perrot	LAFORIA Paris 6	président
Professeur	Yves Lecourtier	LA3I Rouen	rapporteur
Professeur	Colette Roland	CRI Paris 1	rapporteur
Professeur	Renaud Vié le Sage	GSPE Paris 7	rapporteur
Ingénieur Principal	Pierre Cotte	STEI DGA	
Ingénieur Principal	Michel-José Lavictoire	THOMSON-BCC	

Mémoire d'habilitation à diriger des recherches

Professeur	Jean-Pierre Pécuchet	LIR Rouen
Professeur	Jean-Charles Pomerol	LAFORIA Paris 6

Résumé

Les Systèmes d'Information et de Communication (SIC) ont été imaginés il y a une quinzaine d'années par les Etats-Majors occidentaux comme outils pour le suivi des opérations militaires et l'aide à la décision stratégique. Il apparaît progressivement que les problèmes de coopération entre les utilisateurs et le système informatique sont à prendre en compte au cœur de la conception de tels systèmes et qu'à ce titre, la méthodologie SIC relève autant des sciences cognitives et des sciences humaines que des sciences exactes.

Un certain nombre de paradoxes doivent être dépassés pour mener à bien la réalisation d'un SIC coopératif et une démarche incrémentale s'impose, tant pour organiser une architecture SIC de type structure d'accueil d'outils informatiques, que pour dégager des spécifications fonctionnelles et ergonomiques, ou encore pour structurer une ontologie du domaine applicatif et un modèle de coopération multi-agents. Sur ce sujet, l'argumentation industrielle rejoint l'argumentation scientifique, et s'exprime à travers la dialectique offre/demande du marché des SIC, étendue aux applications civiles comme la gestion des risques industriels et la protection de l'environnement, ainsi qu'à travers le besoin de capitaliser le savoir-faire souvent artisanal des chefs de projet SIC.

Le projet CHEOPS, engagé à partir de 1991 dans le milieu industriel pour dégager un état de l'art et des axes de progrès pour les SIC, a conduit à élaborer une méthode de conduite de projets SIC, à définir une architecture incrémentale de souche applicative pour les SIC, à expliciter une ontologie du domaine de l'aide à la gestion de crises collectives à caractère géographique, et à jeter les bases d'un programme de recherche transdisciplinaire sur la coopération multi-agents dans les SIC, impliquant des industriels et des universitaires.

Pour cela une hypothèse a été formulée, qui prolonge l'hypothèse dite du Knowledge Level énoncée par Alan Newell en 1982 pour modéliser des connaissances exploitables à la fois par un agent rationnel et par une machine symbolique. Cette hypothèse, proposée sous l'appellation d'hypothèse du niveau des valeurs communes, permettrait de modéliser l'être essentiel d'un Titan Immanent personnifiant un collectif social (tout droit venu du mythe ancestral), de façon exploitable par un collectif d'agents humains ou artificiels idéalement rationnels. Une expression au niveau des valeurs communes s'exprimerait notamment au niveau des connaissances par des modèles de coopérations multi-agents, permettant en quelque sorte l'incarnation sociale du Titan.

Mots-clés

Aide à la gestion de crises, architecture de systèmes à objets géoréférencés, coopération multi-agents, ergonomie cognitive, géographie numérique et symbolique, hypothèse du niveau des valeurs communes, ingénierie concourante, intégration de systèmes, intelligence artificielle, interac-

tion hommes-machine, méthodologie d'acquisition des connaissances, ontologie de l'interprétation de situations, organisation industrielle, psychologie de la motivation et de l'action géopolitique, rétroconception au niveau des connaissances, sémiotique graphique, système d'information géographique, systémique pour les systèmes d'information et de communication, valorisation des compétences.

Avant - propos

Crise signifie décision en grec, et en chinois la crise s'écrit à l'aide des deux idéogrammes danger et opportunité. Il y a un mythe contemporain occidental de la crise, fondé sur une idée ancestrale et collective selon laquelle une crise surviendrait, s'imposerait à nous comme désordre local au milieu d'un monde bien ordonné, monde dont les hommes seraient chargés de découvrir progressivement les modèles sous-jacents : il s'agirait alors de repousser la crise pour revenir à l'état stable qui la précédait.

Cette conception est régressive : elle renonce à envisager la rupture de l'intelligible ou du maîtrisable comme l'opportunité de dépasser notre vision du monde et nos valeurs par la construction de valeurs et de sens nouveaux ([Kaës 79]). Elle renonce à penser la vie comme mouvement et préfère l'utopie d'un monde stable et inerte, d'un monde qui existerait de façon totalement indépendante de notre construction. Il faut apprendre à voir la crise comme l'institution qui nous présente l'opportunité de rompre et dépasser nos valeurs communes, élaborées dynamiquement par encapsulation d'expériences mêlant intimement action, interprétation et décision. Pour cela, il faut admettre que la crise n'a rien d'objectif en dehors de notre système de construction d'interprétations, de notre système de valeurs : percevoir un problème ou une crise, c'est décider de l'opportunité d'adapter notre intelligibilité du monde.

Il existe un autre mythe, lié au précédent, selon lequel on pourrait décider d'actions cohérentes et parfaitement maîtrisées à condition de disposer d'observations du monde idéalement complètes et cohérentes et de l'ensemble des lois naturelles ([Ricoeur 65]). Ce mythe fait de la décision un mécanisme qui transformerait un ensemble d'observations physiques en un ensemble d'actions : en prononçant le divorce entre l'interprétation et l'action, ce mythe renonce à la vision constructiviste d'un monde représenté par des concepts dynamiquement expérimentés, qui d'une part inspirent et justifient des actions et d'autre part légitiment et expliquent des interprétations, ces concepts subjectifs structurant notre objectivité.

Là encore, il faut apprendre à voir la décision comme un processus de construction de concepts ([Pomerol 94]), qui par la suite expliqueront des interprétations et justifieront des actions, ces concepts pavant le monde de manière perpétuellement mouvante : il faut réconcilier l'action et l'interprétation dans leur intimité constitutive de concepts réifiés, suggérant à leur tour des actions et des interprétations plus abstraites.

En dernière analyse, ces questions sont au cœur de l'interprétation de situations, et leur formulation riche constituera probablement une clé pour l'aide à la gestion de crises collectives. Académiquement, cette formulation sera sans doute transdisciplinaire, et devra s'appuyer sur les méthodes et les connaissances modernes en sciences humaines, sans négliger l'héritage important des contributions plus anciennes qui méritent une réappropriation moderne. A titre d'illustration, écoutons un instant Paul Diel, auteur en 1947 d'une "psychologie de la motivation", parler du divorce entre le monde in-

térieur et le monde extérieur, qui constitue selon lui la cause originelle de la difficulté que nous avons à interpréter le monde :

"L'objet commun que tout effort compréhensif et toute recherche de sens doit analyser, est le monde vécu. Le premier pas de l'analyse consiste à partager cet objet concret, le seul qui soit donné, le monde vécu, en deux abstractions, le monde réel et la vie, autrement dit le monde extérieur et le monde intérieur. Malheureusement l'unité, une fois scindée par l'analyse, ne se laisse plus reconstituer : l'objet une fois séparé du sujet, il devient impossible d'expliquer de quelle manière le sujet saurait, à l'aide de la compréhension, ressaisir son objet; la manière dont il pourrait le comprendre devient inexplicable. Des problèmes faussement posés s'élèvent, s'entassent, croissent, s'avèrent insolubles, et se perdent dans les ténèbres des considérations métaphysiques ...

... ce qui a été oublié, c'est qu'entre le monde intérieur et le monde extérieur existe un lien : le monde intérieur veut quelque chose du monde extérieur, et c'est précisément pour cette raison que le monde extérieur peut exciter le monde intérieur. Ce que le monde intérieur cherche, ce qu'il désire du monde extérieur, c'est le saisir, le posséder, faire disparaître la séparation : le monde intérieur aspire à sa réunion avec le monde extérieur (d'après [Diel 1947])."

A notre estime, travailler sur l'interprétation de situations de façon pluridisciplinaire suggère l'enrichissement de certaines méthodes classiques des sciences exactes, et impose de renoncer autant que possible aux approches exclusivement technologiques des problèmes, pour tenter une compréhension plus globale, davantage fondée sur des considérations de nature ancestrale et collective, centrées sur les grands invariants culturels plutôt que sur des contingences étroites.

Ce mémoire tente d'aborder ces questions de façon pragmatique, mais sans réduire a priori leur difficulté. Il s'adresse à deux types de lecteurs : les chercheurs en informatique et les industriels des systèmes informatiques hommes-machine complexes. Les premiers découvriront peut-être certains aspects de l'approche industrielle des problèmes qui ne sont pas toujours explicités dans les travaux académiques. Quant aux seconds, ils trouveront peut-être des pistes pour enrichir concrètement certaines pratiques de leur métier.

Remerciements

Je tiens à remercier chacun des membres de mon jury pour l'attention qu'il m'a consacrée durant toute la préparation de ce travail. En particulier, ma reconnaissance va à Jean-François Perrot, Professeur au Laboratoire FORMes et Intelligence Artificielle (LAFORIA) de l'Université Paris 6, qui m'a fait l'honneur de présider ce jury, ainsi qu'aux rapporteurs qui ont pris le temps de critiquer en profondeur mes propositions et de suggérer des améliorations : Yves Lecourtier, Professeur au Laboratoire d'Image et d'Informatique Industrielle de l'Université de Rouen, Colette Roland, Professeur Directeur du Centre de Recherche en Informatique de l'Université Paris 1 - Sorbonne, Renaud Vié le Sage, Professeur Directeur du Groupe des Sciences Physiques pour l'Environnement de l'Université de Paris 7 et ancien Délégué aux Risques Majeurs auprès du Premier Ministre.

Je remercie Jean-Charles Pomerol, Professeur Directeur du LAFORIA de Paris 6, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de siéger dans ce jury, Jean-Pierre Pécuchet, Professeur au Laboratoire d'Informatique de l'INSA de Rouen qui a dirigé mes recherches, ainsi que Pierre Cotte, Ingénieur Principal de l'Armement à la DGA pour ses conseils et ses encouragements, et Michel-José Lavictoire de THOMSON-BCC, pour ses critiques et son soutien.

C'est aux côtés d'Yves Kodratoff (Directeur de Recherche au CNRS) et de Jean-Gabriel Ganascia, au LRI de Paris 11, puis de Xavier Rodet et de Jacques Ferber au LAFORIA de Paris 6, que ma vision de la recherche en informatique et en intelligence artificielle s'est peu à peu structurée. Je dois beaucoup à ces chercheurs, et si je souhaite à mon tour contribuer à enseigner et à soutenir des vocations pour la recherche en informatique, ils n'y sont pas étrangers.

C'est chez SYSECA que j'ai appris ce qu'est véritablement un système informatique industriel. J'ai eu la chance de travailler à plusieurs reprises au sein d'équipes d'ingénieurs dont la grande compétence m'a fait progresser sur bien des points. Je remercie en particulier Michel Cochy de Moncan, Directeur Général Adjoint de SYSECA et Directeur de la Division Défense & Aéronautique, pour m'avoir confié la conception et la direction du projet CHEOPS pendant les deux ans qu'a duré le projet dans sa phase de recherche et développement : sa confiance jamais démentie a été pour moi une incitation importante. Je remercie également Jacques Arnol, Michèle Sorre et Jean-Luc Delrieu pour leur contribution active et talentueuse tout au long du projet CHEOPS, ainsi que Dominique Egron qui a, le premier, choisi le système comme base technique du projet européen de gestion des risques industriels transfrontières ENVIRONET, sans oublier mes collègues des projets ESPRIT VITAL, REAKT et ISEE. Enfin, sans l'expérience géopolitique de Bernard Stibio et le savoir-faire informatique de Dominique Rabaud, le système CHEOPS n'aurait jamais bénéficié de la crédibilité industrielle qu'on lui accorde.

Je remercie également Michel Barès de la Direction de la Recherche, des Etudes et des Technologies de la DGA pour ses nombreux conseils et le partage de son expérience du projet MATIS, ainsi que Erich Spitz, Directeur Scientifique de THOMSON, Jean-François Frémaux de THOMSON-RCC, Michel Schmitt du Laboratoire Central de Recherche de THOMSON, Gérard Nuzillat, Directeur des

Remerciements

Domaines Nouveaux, Pierre Lepetit, Directeur des Projets Européens et Gabriel Ruget, du Collège Scientifique et Technique de THOMSON.

Mais c'est aussi à l'Université de Rouen que j'ai dégagé les idées présentées dans ce mémoire, essentiellement au sein de l'équipe animée par Jean-Pierre Pécuchet, et grâce à de nombreuses discussions scientifiques avec Mahmed Itmi, Jacques Labiche et plus encore Alain Cardon, dont le dynamisme scientifique et la créativité m'ont beaucoup stimulé. Je me réjouis des perspectives de travail en commun que nous avons à Rouen.

Je sais devoir beaucoup aux étudiants de Maîtrise et de DEA d'IA à Rouen, du cours d'IA de l'école d'ingénieur EFREI, de l'UFR de Musicologie de Paris 4 : Jean Sallantin a raison lorsqu'il affirme que la meilleure façon d'apprendre est d'enseigner. Quant aux doctorants avec qui j'ai travaillé ces dernières années, à savoir Laurent Cervoni, Yann Pollet et Rémi Mouton, je leur suis reconnaissant pour m'avoir permis d'approfondir avec eux ma compréhension du travail d'encadrement de recherche scientifique.

Enfin, je remercie tout particulièrement les collègues universitaires avec lesquels j'ai travaillé ces dernières années : Jean-Paul Bois de l'AF CET, Gérard Capolino et Gérard Weidenfeld de l'Université d'Amiens, Danièle Pistone de l'Université de Paris 4, Jean-Baptiste Barrière de l'IRCAM, Pierre Lévy de l'Université Paris 8, Jean-Pierre Briot de l'Université de Tokyo, Patrick Corsi de la CEE, et Ahmed Saoudi de l'Université de Paris 13 qui nous a quitté bien trop tôt, et à qui j'ai souvent pensé en écrivant ces pages.

Je suis particulièrement reconnaissant à Jean-Louis Le Moigne, Professeur à l'Université d'Aix-Marseille, pour ses encouragements, et à Manuel Zacklad de l'Université de Compiègne qui, avec l'ensemble du groupe COOP qu'il anime, m'a beaucoup apporté en acquisition des connaissances : une partie des travaux regroupés dans ce mémoire doit beaucoup aux nombreux échanges scientifiques que nous avons eus ces dernières années. Je souhaite vivement que ma collaboration avec Manuel Zacklad se prolonge bien au delà de ces premiers résultats.

Enfin, n'oublions pas ceux qui, parfois du fond des âges, nous soutiennent par leur vitalité artistique, intellectuelle ou spirituelle : pour moi, ce furent Marc Aurèle, Avicenne, le Caravage, Edmond Husserl, Martin Heidegger, Maurice Blondel, René Thom, Jean-Claude Lemagny.

Mes remerciements vont encore à toutes celles et ceux qui, à des titres divers, ont participé à l'élaboration et à la réalisation de ce mémoire. Je pense en particulier à Bernard Bouchet, Directeur de la Formation de SYSECA, pour la richesse de ses suggestions et la qualité qu'il a toujours donnée à nos nombreux entretiens scientifiques ou philosophiques, ainsi qu'à ma famille.

Je salue aussi ceux de mes amis et collègues qui ne liront pas ce mémoire, qui ne se soucient nullement de son contenu, mais qui m'ont cependant patiemment supporté durant la période de gestation et de rédaction.

Je remercie enfin Hanitra, qui m'a entouré de toute son affection et s'est trouvée à passer plus d'une longue soirée à mes côtés, occupés que nous étions à dépeindre tel ou tel trait d'un Titan imaginaire pourvoyeur de sens social.

Je dédie cette thèse à la mémoire de Frank Pollantru.

Introduction

**Les SIC pour l'aide à la gestion de crises :
motivations et objectifs de recherche**

Acquisition des connaissances pour les systèmes hommes-machine complexes

Les Systèmes d'Information et de Communication (SIC) sont des systèmes hommes-machine complexes, amenés à se développer dans des proportions importantes dans le courant des années à venir. Leur développement industriel est marqué par l'avènement de l'approche Intégration de Systèmes, et repose essentiellement sur la rationalisation de pratiques techniques et la standardisation de composants technologiques, ainsi que l'émergence du métier d'architecte de systèmes d'information répartis.

En dépit de progrès sensibles accomplis par les ingénieurs ces dernières années dans le domaine des SIC militaires puis civils, l'insertion de ces systèmes en environnement socio-opérationnel demeure problématique et risque fort de compromettre le succès escompté. Il faut en convenir, la difficulté n'est pas seulement d'ordre technique; les contraintes imposées par le système informatique à l'institution ou l'organisation demandeuse sont souvent diamétralement opposées aux décisions efficaces et opportunistes que requièrent les activités collectives complexes et réactives comme l'interprétation multifacette de situations à haut risque ou la gestion de crises dans le stress et l'urgence.

A l'heure actuelle, les tentatives les plus créatives d'ingénierie des SIC s'efforcent de mettre en pratique une conception centrée sur les utilisateurs (pratique de cycles de développement incrémentaux à prototypage rapide et interviews réguliers des utilisateurs), et tentent de procurer localement à ces utilisateurs des fonctionnalités intelligentes d'aide à la découverte et d'aide à la décision (apprentissage plus ou moins automatique, aide à la planification et à l'allocation de ressources) ou de support de travail en groupe (groupware et Computer Supported Cooperative Work) : la tendance est aussi de centrer la conception des SIC sur les modalités d'interaction hommes-machine (multimodal, multimédia). Tous ces apports sont potentiellement très fructueux, mais restent encore d'efficacité hasardeuse : élaborés de façon empirique et difficilement réutilisables, on n'est jamais bien sûr qu'ils répondent à un besoin réel, et s'ils semblent y répondre, on ne peut souvent que le constater sans savoir de quel besoin explicite il s'agit. Dans un tel contexte, il est difficile d'établir des schémas directeurs et de gagner la confiance des donneurs d'ordre.

Parallèlement, émergent des méthodes d'acquisition des connaissances, dont l'ambition est de structurer de manière scientifique et explicite des modèles de domaines et d'activités complexes, éventuellement collectives, indépendamment de toute contrainte d'implémentation d'un quelconque système informatisé. Disposer de tels modèles au niveau des connaissances (au Knowledge Level comme disent les anglo-saxons), permettrait :

- de capitaliser et de réutiliser la connaissance à un niveau beaucoup plus stable que les contingences techniques; sur une telle base, les progrès techniques pourraient faire sens de façon socio-économique, de manière traçable et maîtrisable,
- d'élaborer des formalismes de coopération multi-agents, capables de rendre compte de façon souple de la dynamique et de la variété des modes de collaboration entre des agents aux buts et aux comportements adaptatifs, sans présumer de leur nature humaine ou artificielle; ces

formalismes pourraient par la suite être implémentés (au Symbol Level), en s'inspirant par exemple de techniques d'Intelligence Artificielle Distribuée.

Reste à mettre en place une méthodologie pour la structuration d'une activité de conception de SIC destinés à un métier opérationnel donné. Cette méthodologie doit être élaborée à partir de principes théoriques, renforcés par des modalités pragmatiques adaptées aux réalités industrielles. En effet, le chemin ne peut se construire qu'en marchant : si la réalisation d'un démonstrateur SIC peut se faire "avec les moyens du bord", les réalisations suivantes doivent peu à peu hériter de l'expérience acquise, certes sur le plan technique et technologique, ce à quoi les ingénieurs sont naturellement sensibles en général, mais aussi sur le plan de la modélisation à haut niveau d'abstraction du domaine d'activité dans lequel on cherche à apporter de la valeur.

Une méthodologie d'acquisition des connaissances basée sur l'expérience CHEOPS

Les objectifs de la recherche sont les suivants :

- mettre au point une méthode permettant graduellement la mise à niveau d'une activité industrielle de conception / réalisation de SIC, en formulant des principes méthodologiques et une pragmatique prenant en compte l'état de l'art et les réalités industriels : l'accent est mis sur la définition d'un processus incrémental maîtrisé partant d'un vécu dans l'Entreprise, plus que sur des considérations techniques qui ne suffiraient pas à garantir la traçabilité et la capitalisation des savoir-faire ([Lévy & Rousseaux 13]),
- montrer que les méthodes émergentes d'acquisition des connaissances de type KADS ([Wielinga & al. 93]), bien qu'initialement conçues pour modéliser les systèmes à base de connaissances, peuvent s'appliquer aux systèmes hommes-machine complexes comme les SIC, et qu'elles peuvent apporter un complément indispensable à l'approche Intégration de Systèmes actuelle, dans le sens d'une capitalisation réutilisable des modèles d'activité comme la préparation de missions ou la gestion de crises,
- montrer qu'à partir de descriptions ontologiques de domaines d'activité, d'autres connaissances peuvent être modélisées, par des méthodes émergentes comme MADEINCOOP ([Zacklad & Rousseaux 15]), pour rendre compte des organisations coopératives multi-agents (agents humains et/ou artificiels) indispensables à la résolution de problèmes collectifs,
- réfléchir à l'opérationnalisation au Symbol Level des descriptions d'ontologies et des modèles de coopération ([Lozinguez 93]), et établir une typologie des techniques utilisables dans ce contexte, avec l'aide de Laurent Cervoni et Yann Pollet de l'Université de Rouen, pour tout ce qui concerne les connaissances et raisonnements quantitatifs (calcul d'événements, ordonnancement, planification, recherche opérationnelle et propagation de contraintes, "nombre mal connus" pour la gestion des données floues et incertaines) et qualitatifs (gestion qualitatives de données spatio-temporelles floues, correspondance possibiliste au sens de [Dubois & al. 87] pour les données documentaires, fusion symbolique).

Le dispositif mis en place pour atteindre ces objectifs est constitué de :

- un démonstrateur d'aide à la gestion de crises militaires permettant de gérer l'engagement des forces françaises dans un pays africain, baptisé CHEOPS-TCHAD, qui prouve que l'approche Intégration de Systèmes doublée d'une expertise domaine et d'un minimum de considérations inspirées des sciences cognitives et des sciences humaines permet de rendre compte sous l'angle narratif de la nature d'une crise donnée ([Schank 86]), d'imaginer les problèmes réels d'un acteur effectivement impliqué, de sensibiliser et convaincre des clients potentiels, de mesurer les questions ontologiques à expliciter pour évoluer d'une ambition de narrativité à une ambition de résolution de problèmes collectifs complexes. Ce démonstrateur doit être conçu et développé sans rupture avec l'organisation et les méthodes industrielles existantes, doit respecter les contraintes industrielles, et se justifier de façon autonome par le retour sur investissement (au sens classique) qu'il apporte,
- une série d'applications de tout ou partie du démonstrateur (plus ou moins enrichi selon les besoins) à des domaines d'activité voisins impliquant des institutions variées dans des modalités diverses : aide humanitaire et évacuation des ressortissants dans une grande métropole étrangère, gestion d'inondations catastrophiques dans le Sud de la France, gestion des risques industriels transfrontières au niveau européen (projet ENVIRONET), surveillance des frontières d'un état enclavé d'Asie du Sud-Est. Ces applications ne seront pas décrites en détail dans le mémoire, mais elles fournissent le substrat sur lequel s'enracine l'activité de façon progressive,
- un processus d'incitation à la rétroconception des savoir-faire au niveau des connaissances, appuyé sur des principes simples inspirés des sciences humaines, autant que possible évocatrices de comportements ancestraux et collectifs qui permettent de consolider incrémentalement des modèles génériques et réutilisables d'activités, indépendamment de toute implémentation future,
- une structure de travail transdisciplinaire constituée de chercheurs en technologies des Systèmes d'Information (Laurent Cervoni et Yann Pollet de l'Université de Rouen), de chercheurs en acquisition des connaissances (Manuel Zacklad et le groupe COOP), de spécialistes et de chercheurs dans des domaines opérationnels (Colonel Stibio de SYSECA, Christophe Dankerque du Groupe des Sciences de la Terre de l'Université Paris 7), d'universitaires et d'industriels impliqués dans le domaine des SIC (Alain Cardon et le Groupe SIC du LIR Rouen, le département SIC de SYSECA), et enfin de chercheurs en sciences humaines (Pierre Lévy de l'Université Paris 8, Rémi Mouton de l'Université Paris 1 et Jean-Paul Bois de l'AF CET), ayant pour objectif de proposer des modèles de coopération dynamiques au Knowledge Level, en donnant corps social au Titan mythique imaginé pour structurer les ontologies,
- une mesure de validation qui va au delà des mesures habituelles de retour sur investissement et de productivité à court terme, pour intégrer la valorisation des savoir et des savoir-faire des hommes et des organisations ([Authier & Lévy 92], [Boudier & al. 92]), dans la perspective de la structuration d'offres industrielles, mieux à même de conquérir les marchés à moyen terme, et mieux à même de faire fructifier l'intelligence collective dès le court terme.

Plan de lecture du mémoire

La première partie de ce mémoire milite pour une science des Systèmes d'Information et de Communication. Elle s'appuie sur un état de l'art du domaine SIC pour montrer que les méthodes d'acquisition des connaissances issues de l'IA sont susceptibles de combler certaines insuffisances de l'approche industrielle qui domine actuellement. Sur cette base, on énonce des principes méthodologiques pour la structuration incrémentale d'une activité de conception de SIC et on propose une démarche pragmatique pour adapter ces principes théoriques aux réalités industrielles.

La seconde partie décrit le système d'aide à la gestion de crises militaires CHEOPS-TCHAD, et montre à partir d'un cas réel vécu un exemple de substrat technique et organisationnel à partir duquel il est possible de mettre en pratique la science des SIC pour rationaliser une activité industrielle. On décrit tour à tour le contexte du projet CHEOPS-TCHAD, les spécifications du système à réaliser, la représentation des connaissances retenue et les idées forces de la conception et de l'architecture du système. On conclut cette partie par un compte-rendu des retours d'expérience.

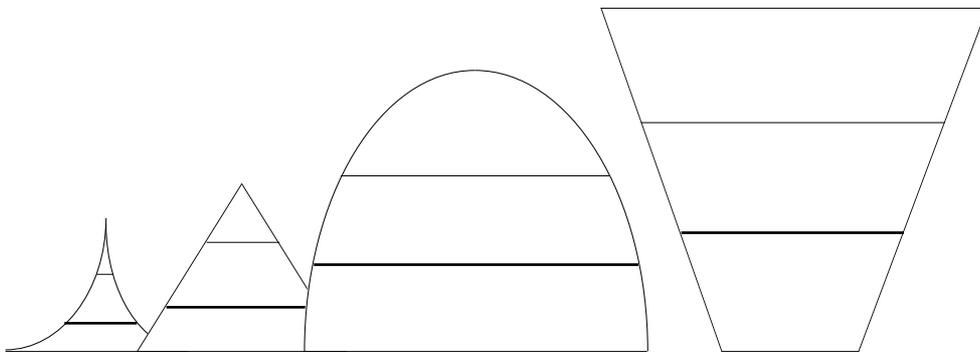
La troisième partie est le résultat d'une collaboration avec Manuel Zacklad et le Groupe COOP, constitué de Régine Bourgine, Patrick Brézillon, Anne Brygoo, Françoise Darses, Sylvie Després, Rose Dieng, Alain Giboin, Laurent Karsenty, Camille Rosenthal-Sabroux, Sylvette Petolla, Manuel Zacklad et Pascale Zarate. Elle propose une modélisation de coopérations multi-agents au niveau des connaissances, d'abord déclinée sous forme d'un modèle de tâche, d'un modèle des agents et d'un modèle d'organisation. Une fois ce cadre général établi, la spécification de la résolution collective de problèmes et de la coordination se fait à partir d'un dialogue de résolution de problèmes. L'hypothèse de travail sous-jacente est que pour analyser finement les activités de coopération, les dialogues de résolution de problèmes inspirés de la maïeutique socratique constituent de bons exemples. Sur un cas concret, nous présenterons une allocation dynamique de rôles pour un collectif d'agents humains et artificiels occupés à interpréter une situation complexe à caractère géographique.

La quatrième partie renvoie à l'application CHEOPS-CRISE-GEOPOLITIQUE, qui bénéficie des expériences passées de façon explicitée par la démarche de rétroconception incrémentale au niveau des connaissances. A l'inverse de l'application initiale CHEOPS-TCHAD, qui la précédait de deux ans dans le cycle d'élaboration de l'activité, l'application CHEOPS-CRISE-GEOPOLITIQUE est désormais abordée par la description d'une ontologie de l'interprétation de situations de crise géopolitique. On développe l'idée que l'interprétation de situations peut-être avantageusement considérée comme une activité de modélisation constructive, avant d'étudier sous cet angle le cas rétrospectif du scénario TCHAD. On y formule également l'hypothèse de l'existence d'un niveau des valeurs communes, par delà le niveau des connaissances proposé par Newell, où règne un Titan immanent qui représente la conscience collective du groupe, sans présumer de l'existence d'une transcendance de niveau supérieur.

La conclusion de ce mémoire est une invitation faite à une large communauté de chercheurs et d'industriels à contribuer au programme de recherche scientifique transdisciplinaire dont les fondements et les objectifs sont désormais publiés.

Partie 1

Pour une science des Systèmes d'Information et de Communication



1.1. Etat de l'art du domaine SIC

1.1.1. Définition des SIC et prospective du domaine

Les Systèmes d'Information et de Communication, couramment appelés SIC (les anglo-saxons parlent de C³I pour Control Command Communication and Intelligence systems) sont des systèmes imaginés par les Etats-Majors occidentaux il y a une quinzaine d'années pour l'aide au commandement des armées.

a) Définition des SIC

Les SIC répondent typiquement à un besoin d'organisation, de coordination et de conduite d'opérations ([Fraboul & Cocquet 94]); ils ont pour objectif de recueillir, transmettre, traiter, présenter et stocker de l'information dans un contexte opérationnel donné de tenue de situation, de préparation de mission, de renseignement du champ de bataille, ou bien encore de gestion de crises (figure 1) :

- les SIC traitent un grand nombre de données de sémantique variée, de nature structurelle (organisation, disponibilité et état d'unités mobiles, volume et état de forces en présence), géographique (topologie du théâtre d'opérations, nature du terrain), de nature météorologique (sens et force des vents et des courants, prévisions à plus ou moins long terme), technique (disponibilité du matériel, capacité militaire) ou facteurs humains (moral, stress, risque),

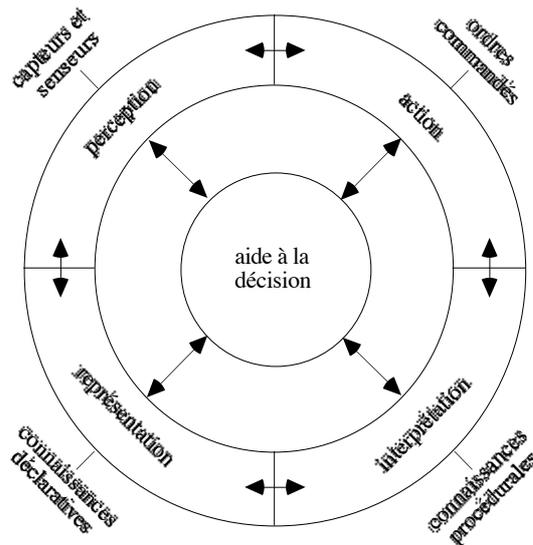


figure 1 : schéma de principe d'un SIC, d'après [Barès 92]

- les SIC présentent aux utilisateurs des données sous forme synthétique, fournissant un maximum d'informations tout en restant compatibles avec les possibilités de communication et la capacité d'assimilation des opérateurs humains,
- les SIC fournissent une aide à la décision aussi efficace que possible (propositions de décision expliquées, simulation des effets d'une décision),
- les SIC sont en relation interopérable avec d'autres systèmes (autres SIC, systèmes de renseignement, systèmes d'armes).

b) Caractéristiques principales du fonctionnement des SIC

Les SIC doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- déploiement rapide sur un théâtre donné,
- capacité opératoire en dépit de l'incertitude, l'ambiguïté, l'incomplétude et l'incohérence des informations ([Chen 93]),
- dégradation sans rupture des performances quand on s'éloigne du domaine de prédilection,
- efficacité même en régime transitoire,
- prise en compte du caractère multiparticipant du groupe d'utilisateurs ([Donsez & al. 93]).

c) Fonctionnalités des SIC

Pour satisfaire aux besoins exprimés précédemment, on admet couramment que les fonctionnalités suivantes sont nécessaires :

- représenter l'espace : par exemple pour afficher une situation tactique cohérente sur un fond de carte géographique, ce qui suppose de savoir stocker plusieurs fonds de cartes raster ou vecteur de plusieurs échelles différentes,
- représenter le temps : par exemple pour animer la trajectoire d'un mobile, ce qui suppose qu'on ait stocké différentes positions de ce mobile à différents instants ([Fabiani 94]),
- mettre en œuvre une ergonomie efficace de l'espace et du temps représenté ([Pollet & Rousseaux 14], [Galton 93]),
- modéliser les réseaux d'échange physique et les réseaux d'information,
- donner accès à des informations structurées ou non sur le domaine ([Pollet & Defude 94], [Dachelet 90]),
- faciliter la fusion, l'agrégation et la corrélation d'informations ([Faller 92]),
- aider à la compréhension de situations complexes ([Barès & Renouard 94]),
- faciliter la planification d'actions complexes ([Ghallab 94], [Kodratoff 94]),
- favoriser un travail collectif, de façon que les différents acteurs puissent échanger de façon ergonomique des informations pertinentes ([Cervoni & Rousseaux 16]),
- capacité à privilégier les raisonnements par analogie ([Winston 80]) et le raisonnement par cas, les connaissances locales étant parfois insuffisamment ou mal structurées.

d) Le SIC idéal

Le SIC idéal, bien entendu utopique, saurait :

- réagir avec souplesse aux situations qui se présentent,
- tirer profit de circonstances fortuites,
- discerner le sens de messages ambigus ou contradictoires ([Rousseaux & al. 18]),
- juger de l'importance relative de différents éléments d'une situation,
- trouver des similitudes entre des situations malgré les différences qui peuvent les séparer,

- établir des distinctions entre des situations malgré les similitudes qui les rapprochent,
- synthétiser de nouveaux concepts à partir d'anciens concepts assemblés différemment,
- découvrir ou inventer des idées, ou des méthodes nouvelles pour traiter l'information.

e) Avenir des SIC

Dans le domaine militaire, les SIC ont un avenir prometteur : les applications militaires SIC ne sont pas sensiblement affectées par la baisse des crédits de la Défense en occident, ces systèmes étant jugés stratégiques par les autorités, au regard de l'analyse des expériences militaires passées. Les budgets SIC sont parfois même renforcés, leurs défenseurs arguant que l'usage opérationnel d'un SIC peut permettre d'éviter ou de mieux maîtriser de nombreux engagements coûteux en aval ([Balladur & Léotard 94]).

Cependant, les institutions militaires ne s'opposent plus à la prise en charge mutualisée d'une technologie dont le développement est lourd et coûteux, et les SIC entrent dans le champ des technologies que les militaires appellent duales, c'est-à-dire à usage mixte civil et militaire : en particulier, les Etats-Majors s'intéressent de près à la politique européenne qui imposera probablement le recours aux SIC sur de nombreux sites en matière de protection de l'environnement. Depuis quelques années, de plus en plus d'applications civiles requièrent déjà des SIC, comme :

- la surveillance des sites industriels à risques (pollution, nuisance),
- le traitement des conséquences des catastrophes naturelles (incendie, tremblement de terre, inondation),
- la gestion de crises collectives ([Lévine & Pomerol 92], [Hiérard-Dubreuil 94]) de type grande manifestation, guérilla urbaine, ou encore aide humanitaire.

Quant à la recherche universitaire occidentale, elle a jusqu'alors été peu associée aux développements des SIC civils ou militaires, à l'exception notoire de Georges Mason University aux Etats-Unis ([Kodratoff 89]), qui dispose d'un département important dédié à ce domaine. Elle le sera dorénavant beaucoup plus, et ce pour trois raisons principales :

- l'ouverture des SIC vers les applications civiles les rapprochera des collectivités locales et des acteurs régionaux, notamment universitaires,
- la diminution des budgets militaires globaux entraînera la participation des universités aux études pour faire baisser leur coût,
- la nécessité reconnue de mieux maîtriser les SIC conduira à mener des recherches plus fondamentales et transdisciplinaires sur le sujet.

1.1.2. Les SIC comme systèmes hommes-machine complexes pour l'aide à certaines activités humaines non programmées

L'histoire des SIC hérite directement de l'histoire des systèmes d'information, dans la mesure où les problèmes soulevés sont nombreux et touchent à presque tous les domaines de l'informatique, aussi bien sous l'angle matériel que logiciel.

Leur réalisation a été confiée à des industriels de l'informatique, qui ont progressivement couplé des systèmes de capteurs et d'actionneurs, des consoles de visualisation, des logiciels temps réel de contrôle et de commande, et des systèmes de communication et de messagerie, enrichissant peu à peu les Systèmes de Contrôle Commande (C2) existants. Une fois les automatismes réalisés, les ingénieurs ont intégré aux premières architectures SIC des outils d'aide à certaines activités humaines

programmables comme la planification, l'ordonnancement et l'allocation de ressources, dans le but de fournir à l'utilisateur d'un SIC des outils de simulation et d'aide à la décision. Dans le même temps, les progrès en représentation des connaissances ont permis la mise en œuvre d'outils d'Intelligence Artificielle (IA) pour enrichir les interactions hommes-machine, et des Systèmes de Gestion de Bases de Données devinrent utiles pour gérer efficacement les informations nécessaires, toujours plus nombreuses. Il devint vite important de maîtriser la sûreté de fonctionnement et les performances des SIC, ainsi que la sécurité des informations échangées.

C'est ainsi que les premiers systèmes étaient spécifiques et centrés sur la technologie : un SIC était tantôt vu comme un système de fusion de données multisenseur, tantôt comme un système de messagerie, tantôt comme un système d'aide à la décision.

Très vite, devant la grande variété des problèmes soulevés, l'approche Intégration de Systèmes (IS) s'est imposée ([Rousseaux 17]), et le SIC a été pensé comme une application mettant en œuvre un ensemble d'outils, certains de ces outils étant génériques, d'autres encapsulés par une interface spécifique, d'autres encore entièrement spécifiques. Le concept de souche applicative SIC est né, décrivant un SIC comme l'instanciation applicative d'une boîte à outil, obtenue par programmation d'une "Application Programming Interface" (API). Cependant, jusqu'à ces dernières années, la notion de souche applicative ne concernait que l'architecture informatique du SIC, et l'utilisateur était toujours asservi à des automatismes programmés, sans qu'il puisse véritablement coopérer de façon créative avec le système informatique.

Les utilisateurs ont enfin cherché à s'aider des SIC pour des activités non programmées de résolution de problème et de prise de décision, d'abord individuelles puis en groupe, cherchant à interopérer toujours plus dynamiquement avec d'autres systèmes et en particulier avec d'autres SIC. Les SIC se sont alors rapprochés des Systèmes Interactifs d'Aide à la Décision ([Lévine & Pomerol 89], [Pomerol 93]). A partir du moment où les utilisateurs de SIC ont exprimé des besoins d'aide à des activités non programmées ou non programmables, les SIC sont apparus aux concepteurs comme des systèmes complexes, et non plus seulement comme des systèmes évolués. Les SIC, devenus inopérants sans les interactions avec leurs utilisateurs, perdaient du même coup leur statut de systèmes intelligibles et modélisables dynamiquement en tant que tels, indépendamment des utilisateurs ([Rich 83]).

Depuis lors, les efforts de réalisation de SIC d'après des modèles ne prenant en compte que le système informatique échouent, et les réalisations qui aboutissent sont évaluées en deçà des attentes; l'appropriation de l'outil par les utilisateurs s'avère souvent décevante, et les cas réussis le doivent à des détournements des fonctionnalités prévues, ou à un usage déformé par l'habitude que peuvent avoir certains utilisateurs de systèmes équivalents : les Systèmes d'Information et de Communication doivent être désormais considérés comme des systèmes hommes-machine complexes ([Jacquart 94]), et il est nécessaire de modéliser dans son ensemble le système opérant l'aide à la décision. Pour réaliser dans de bonnes conditions la partie informatique du SIC, qu'on baptisera Système Informatique d'Information et de Communication (SIIC), il faut désormais penser le SIC comme incluant ses utilisateurs humains.

Le paragraphe suivant analyse l'approche industrielle de développement des SIC, et évalue sa capacité à prendre en compte cette complexité hommes-machine.

1.1.3. L'Intégration de Systèmes comme approche industrielle de développement de SIC

L'Intégration de Systèmes (IS) est une des expressions les plus saillantes de l'industrialisation de la production de systèmes informatiques à logiciel prépondérant. C'est une nouvelle approche qui a pour but la rationalisation des pratiques, parfois artisanales et souvent mal explicitées, qui sont encore à l'heure actuelle au cœur d'un métier de plus en plus exigeant et de plus en plus en proie à la concurrence internationale.

a) Définition de l'Intégration de Systèmes

Issue de l'ingénierie des systèmes de surveillance de procédés qui est apparue dès le début des années 60, puis de celle des systèmes transactionnels des années 70, l'intégration de systèmes est en forte croissance avec le développement des réseaux et de l'ingénierie des systèmes distribués ([Potts 93], [Banatre 94]).

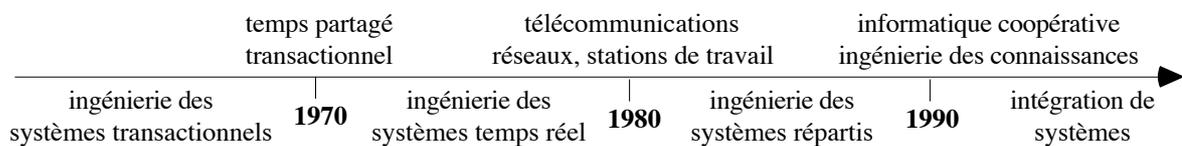


figure 2 : l'ascendance de l'approche IS dans l'industrie de l'informatique

L'intégration de systèmes ([Meinadier 92]) consiste à concevoir et réaliser des systèmes informatiques spécifiques, par intégration de matériels et logiciels informatiques standards, de matériels et logiciels spécifiques, et éventuellement de matériels non informatiques, en vue de fournir à un utilisateur un système intégré dans son environnement, et répondant à ses besoins exprimés ou implicites.

L'approche intégration de systèmes nécessite :

- la maîtrise de la complexité fonctionnelle et technique des projets,
- la maîtrise de la pluridisciplinarité,
- la maîtrise de l'hétérogénéité,
- la maîtrise des grands projets, avec la prise en compte d'effets de seuil,
- la maîtrise de la sous-traitance et du partenariat,
- la maîtrise de l'innovation due à la spécificité des projets.

L'IS se traduit toujours par des engagements de résultats pris par le maître d'œuvre vis-à-vis du maître d'ouvrage, à savoir :

- engagements de coûts et de délais (ce qui suppose de maîtriser les devis),
- engagements de fonctionnalités répondant aux besoins plus ou moins exprimés par les utilisateurs et les exploitants,
- engagements de qualité en termes de performances, sûreté de fonctionnement, sécurité, pérennité, maintenabilité, évolutivité, respect des normes et des standards, adéquation aux conditions d'environnement.

Selon Meinadier, les années 2000 verront se développer les exemples suivants d'IS :

- les systèmes d'aide à la décision pour équipes dirigeantes avec accès assisté et transparent à des serveurs d'informations multimédia à travers des réseaux interconnectés (EIS, MIS),
- les systèmes d'aide à la production intégrant effectivement les différentes entreprises partenaires,

- les systèmes d'aide à la modélisation et à la simulation impliquant du calcul massivement parallèle et des interfaces utilisateur de type réalités virtuelles,
- les systèmes d'aide à la conduite et au pilotage incluant perception et analyse du contexte, élaborations de stratégies et réactivité.

Le métier évolue vers la complexité, et ce qui était réalisé en spécifique il y a quinze ans se trouve aujourd'hui en standard sur le marché. Le métier s'est également diversifié : la réalisation du système d'aide au pilotage d'un avion de combat n'a que peu de choses à voir avec l'automatisation d'un atelier flexible ou encore la mise en place d'un réseau monétique : la plupart des acteurs sur le marché de l'IS sont donc conduits à un certain niveau de spécialisation.

b) Caractéristiques de l'approche Intégration de Systèmes

Il existe de nombreux problèmes ouverts en Intégrations de Systèmes, parmi lesquels on trouve :

- l'analyse du besoin ([Rolland 93]); si certaines méthodes d'aide à l'analyse du besoin peuvent être utilisées pour dialoguer avec l'utilisateur, la plupart visent à produire une spécification orientée vers le système informatique, et rares sont celles qui modélisent la tâche de l'utilisateur en prenant en compte les concepts de l'ergonomie cognitive ou de l'acquisition des connaissances ([Krivine 92]),
- la spécification; elle représente, selon Meinadier, au moins la moitié du temps imparti pour la réalisation du système : il faut rappeler que les erreurs de spécification coûtent très cher parce qu'elles sont très en amont de la réalisation, et qu'elles engagent de ce fait l'ensemble du cycle de vie du système (les industriels suivent avec attention les progrès de spécifications formelles et de preuves formelles de programmes),
- la conception (génie logiciel); elle consiste à passer de la spécification du système d'information à l'architecture du système informatique, la complexité du problème étant due au très grand nombre d'éléments à prendre en compte,
- la recherche d'une architecture et la modélisation quantitative des performances et de la fiabilité de cette architecture (génie système),
- le choix d'une configuration, par une démarche guidée par l'architecture et l'offre du marché qui dépend des normes et standards, des contraintes de pérennité, et des compétences propres du maître d'œuvre,
- le maintien en conditions opérationnelles, qui engage le coût total d'acquisition; les industriels de l'IS sont attentifs aux concepts de Concurrent Engineering (CE) et de Continuous Acquisition Logistic Support (CALs).

La compétence d'une activité d'Intégration de Systèmes s'organise continûment, au gré des retours d'expérience projets, sous forme :

- de méthodes génériques de conduite d'affaires et de conduite de projets, éventuellement adaptées à l'activité,
- de méthodes et d'outils adaptées à l'activité pour l'aide au choix et au dimensionnement d'architectures matériels / logiciels ([Carcagno 94]),

- de méthodes et d'outils de spécification, de conception et de réalisation de modules logiciels qui inspirent et favorisent la réutilisation de composants, capitalisés pour chacun de ces niveaux d'abstraction ([Barthet 88], [Booch 92], [Rousseaux & al. 9]).

Pour structurer une activité d'IS, il est nécessaire d'établir une synergie forte et une dynamique de progrès mesurables entre chacun des projets d'une part, et la compétence du métier d'intégrateur d'autre part : la compétence doit guider les projets vers la réussite, et les projets (réussis ou non), doivent expérimenter et faire évoluer la compétence. C'est ainsi qu'en explicitant et formalisant les savoir et les savoir-faire utiles, et en modélisant les évolutions même de ces connaissances ([Shadbolt & al. 93]), on peut espérer progresser dans la maîtrise du métier, la qualité des systèmes développés, et finalement la satisfaction des utilisateurs.

Etudions les limites de l'approche IS pour le domaine SIC et l'apport possible des méthodes d'acquisition des connaissances issues de l'Intelligence Artificielle.

1.1.4. L'avantage d'une méthodologie SIC qui prendrait en compte les apports de l'acquisition des connaissances

L'approche IS repose essentiellement sur la rationalisation de pratiques techniques, la standardisation de composants technologiques et la structuration du métier d'architecte de systèmes distribués. Or, les SIC sont peu automatisables car ils présentent une grande variété d'interactions hommes-machine. Les difficultés de réalisation ne sont pas seulement techniques, mais proviennent aussi des facteurs humains : la réalisation de tels systèmes relève autant des sciences humaines que des sciences exactes. A l'heure actuelle, la réalisation d'un SIC relève davantage d'une démarche artisanale que scientifique, et le savoir-faire reste prépondérant sur la méthodologie, ce qui fait que la faisabilité d'un SIC n'est vraiment acquise que lorsqu'il est fait ([Cotte 93]).

Analysons l'apport possible de l'acquisition des connaissances issues de l'IA, et montrons qu'elles constituent potentiellement un complément fécond à l'approche IS.

a) Une conception des SIC centrée utilisateurs

Dès lors qu'on considère le SIC comme un environnement devant faciliter la prise de décision d'un ou de plusieurs utilisateurs conduisant des activités non programmées, désormais situés au cœur d'un dispositif destiné à assister et soutenir leurs initiatives, la question se pose de décrire le SIC comme un système hommes-machine complexe avant de réaliser le système informatique exclusif des utilisateurs. Mais la conception centrée utilisateurs d'un environnement de coopération hommes-machine lève de nombreuses difficultés, dont plusieurs correspondent à des problèmes de recherche ouverts : en particulier, il est par nature difficile de spécifier a priori un tel dispositif à partir du seul point de vue des utilisateurs tant qu'ils ne disposent pas effectivement du système informatique. Or, le fonctionnement du système informatique une fois réalisé modifie par nature ce système global hommes-machine. Ce paradoxe de la conception centrée utilisateur a été exposé dans [Zacklad, COOP et Rousseaux 15]) : les utilisateurs sont en quelque sorte pervertis par leurs habitudes du système, qu'ils spécifient à partir de ces habitudes, sans imaginer se départir des inévitables pollutions qu'elles occasionnent. Ainsi, même le prototypage rapide, comme aide au recueil de besoins, a tendance à faire baisser le niveau d'abstraction des spécifications de besoin, par référence à un existant commis.

Ce cercle vicieux incite à recourir à d'autres méthodes, regroupées sous l'appellation de méthodes d'acquisition des connaissances. A travers ces méthodes, passer d'une conception "centrée technologies" à une conception "centrée utilisateurs" implique une abstraction ontologique de l'expression des besoins. Ces nouvelles approches sont issues de l'IA, et basées sur l'explicitation de niveaux de description très abstraits de la connaissance. Le représentant le plus connu de ces approches est KADS ([Wielinga & al. 93]), qui inspire de nombreuses démarches fructueuses à l'heure actuelle, comme par exemple la démarche C-KAT et MADEINCOOP ([Zacklad 93], [Zacklad 94]), qui vise l'adaptation de KADS aux besoins particuliers de la coopération hommes-machine.

b) L'acquisition des connaissances par delà la conception centrée utilisateurs

La connaissance désigne le rapport général d'un sujet à un objet, de la pensée au monde extérieur ([Ganascia 91]). L'enjeu des sciences cognitives est d'essayer de mettre la connaissance au format du langage naturel, afin de la rendre communicable d'hommes à hommes. En IA, on introduit la notion de connaissance communicable à une machine : en effet l'ingénieur de la connaissance, médiateur du processus de transfert de la connaissance vers la machine, éprouve le besoin d'une norme pour vérifier que telles ou telles connaissances sont communicables à une machine. Cependant, la connaissance accessible à la machine ne préexiste pas dans la tête de l'expert, et demande à être construite.

A notre estime l'acquisition des connaissances, vue comme processus de conception des connaissances à un format utilisable par une machine, peut parfaitement inspirer la modélisation abstraite de systèmes à bases de connaissances au sens large ([Schreiber 93]), incluant notamment les SIC. L'enjeu n'est pas seulement la compréhension plus fine des processus cognitifs qui entrent en jeu dans l'activité de développement de logiciels : c'est aussi la mise en place d'un véritable schéma directeur pour un développement traçable et capitalisable d'une activité SIC.

En effet, les SIC sont trop souvent conçus de manière commise à un point de vue technologique et gagneraient à être envisagés au niveau des connaissances ([Newell 82]), sous l'angle des systèmes coopératifs ([Fischer 89]); dès lors que les SIC ont pour ambition l'aide à la gestion d'activités aussi complexes que la gestion de crises, ce travail d'explicitation des connaissances et de leur modélisation constructive devient indispensable, car les vues abstraites implicites sur la crise qui assujettis-

sent les concepteurs et les utilisateurs de systèmes s'avèrent souvent trop simplistes pour conduire à des systèmes efficaces.

Examinons plus en détails l'acquisition des connaissances comme fondement possible d'une science des SIC, avant d'imaginer un ensemble de principes méthodologiques pour la structuration d'une activité de conception de SIC plus riche que l'approche IS classique.

1.2. L'acquisition des connaissances comme fondement possible d'une science des SIC

1.2.1. L'hypothèse du "Knowledge Level"

L'hypothèse du Knowledge Level (KL), émise par Alan Newell en 1982 dans le cadre de ses réflexions sur la résolution de problèmes, postule l'existence d'un niveau de programmation qui, situé au dessus du niveau symbolique (Symbol Level ou SL), ramènerait tout programme aux actions d'un agent rationnel. Cette hypothèse étant largement reprise comme fondement des méthodologies récentes de construction des modèles d'acquisition des connaissances, il est intéressant d'en retracer rapidement la genèse. Pour ce faire, nous reprenons à grands traits la présentation qu'en fait Jean-Gabriel Ganascia dans [Ganascia 91].

a) L'agent rationnel résolveur de problèmes

Les récents développements de l'intelligence artificielle et en particulier l'industrialisation des systèmes à base de connaissances ont amené des spécialistes, préoccupés par des motivations pragmatiques, à chercher ce qui pourrait faciliter le transfert de connaissances de l'homme à la machine. Ils ont décrit la connaissance en termes abstraits de tâches et de structures, et ont organisé cette description, la représentation des connaissances, aux formats des structures de données qu'ils employaient dans les langages informatiques traditionnels.

Cependant, les formalismes de représentation des connaissances obtenus variaient considérablement d'un domaine à l'autre et d'un chercheur à l'autre, et Newell a imaginé de libérer la représentation des connaissances de sa dépendance des formalismes de représentation. Pour cela, il a joué sur le statut hybride qu'a la connaissance en IA, se rapportant tantôt à son expression opératoire dans un formalisme de représentation, et tantôt à un sujet abstrait, appelé agent rationnel, agissant en vertu d'un principe de rationalité pour parvenir à ses fins et exploitant cette connaissance.

Plus précisément, un agent rationnel est composé :

- d'un corps physique qui lui permet d'agir sur le monde (ensemble d'actions possibles),
- d'un corps de connaissances par l'intermédiaire duquel le monde lui est présent,
- de buts qu'il cherche à satisfaire.

Son activité consiste à choisir rationnellement une action ou une série d'actions à exécuter afin de réaliser ses buts, à partir des connaissances qu'il a de son milieu. Si l'agent rationnel pense que l'une des actions dont il dispose lui permet de réaliser un de ses buts, il la sélectionne : la résolution d'un problème est vue ici comme un enchaînement de transformations qui font passer d'un état initial du

problème, qu'on appelle son énoncé, à un état qui vérifie la condition terminale, qu'on appelle le but à atteindre ou la solution ([Waldinger 77]).

Newell utilise la notion de niveaux de langage permettant la communication hommes-machine (chaque niveau reçoit deux définitions, une définition structurelle par référence au niveau qui lui est inférieur et dont il résulte, et une définition fonctionnelle en tant que système autonome doté de propriétés intrinsèques), et formule l'hypothèse du Knowledge Level selon laquelle il existe un niveau particulier dans l'empilement des niveaux de langages de commande de la machine qui :

- 1° est doté d'une existence en tant qu'objet informatique, traduite dans un langage de programmation au Symbol Level,
- 2° modélise les buts, actions et stratégies d'un agent rationnel général, indifféremment humain ou artificiel, en dehors de tout langage de programmation.

Référant la connaissance à un sujet abstrait mû par un principe de rationalité, le Knowledge Level mettrait fin à toutes les confusions auxquelles la multiplicité des formalismes conduisait, de façon parfaitement compatible avec l'habitude qu'ont les informaticiens de penser leurs programmes à la fois en terme d'implémentation en machine et en terme de fonctionnalités interactives sur l'environnement ou l'utilisateur.

b) Acquisition des Connaissances en Intelligence Artificielle

Les concepteurs de la méthodologie KADS ([Wielinga & al. 92]) ont proposé une description structurelle de la modélisation conceptuelle au KL organisée en quatre modèles différents (modèle d'organisation, modèle de tâche, modèle d'agent, et modèle de communication), augmentés d'un modèle d'expertise structuré en quatre niveaux :

- le niveau domaine (théorie de l'application), connaissance statique spécifique au domaine d'application,
- le niveau inférence (vue fonctionnelle sur la connaissance), méthodes élémentaires indépendantes du domaine d'application,
- le niveau tâche (contrôle de la couche inférence obtenue à partir du parcours d'un arbre de buts), principaux sous-problèmes à résoudre dans le domaine,
- le niveau stratégie (un arbre de buts).

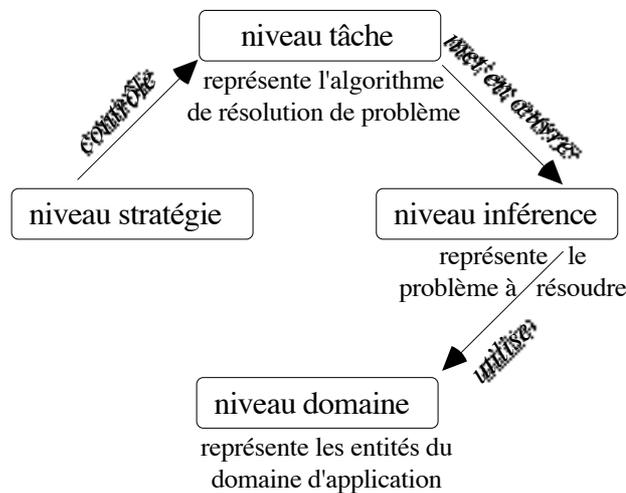


figure 3 : les niveaux d'organisation du modèle d'expertise dans KADS

Examinons maintenant comment le KL peut aider à relier la connaissance d'une machine à la connaissance d'un expert humain.

1.2.2. L'acquisition des connaissances comme processus constructif de modélisation

Ces dernières années, on assiste à un faisceau de tentatives de rapprochement entre les méthodes objets du génie logiciel et les méthodes de conception et de réalisation des systèmes à base de connaissance de l'intelligence artificielle ([Thomas & al. 93], [Laublet 94]).

Ces tentatives de rapprochement prennent souvent leur source dans le constat que l'acquisition des connaissances gagne à être considérée comme un processus constructif de modélisation à part entière, et non plus seulement comme un simple processus de transfert d'expertise entre un expert et une machine. Le temps n'est plus où on considérait le cognitifien comme un intermédiaire neutre entre un expert et un informaticien, chargé d'extraire le savoir de l'expert par des méthodes d'observations ou d'interviews, et de le transférer à un informaticien qui prototypait un système à base de connaissance avec des outils spécifiques. Au plan épistémologique, l'acquisition des connaissances cesse d'être vue comme une pratique technique tirée par la nécessité d'une implémentation et devient une activité de conception libre de toute contrainte d'implémentation.

Cette approche ouvre de larges perspectives : si concevoir, c'est construire des modèles pour résoudre des problèmes, les modèles construits d'organisation, de tâche ([Chandrasekaran 92]), d'agent, de communication et d'expertise permettront de décrire le comportement de résolution de problème à un niveau plus abstrait que l'implémentation, et donc réutilisable dans divers contextes d'implémentation ([Steels 90], [Geldof 94]).

Dans KADS par exemple, une application est décrite comme la mise en œuvre de techniques générales de résolution de problèmes, sélectionnées par le type de problème que l'on cherche à résoudre, et s'applique à des connaissances spécifiques au domaine de l'application. Des bibliothèques de modèles génériques de résolution de problèmes se constituant dans une communauté qui va s'élargissant, il s'agit d'apprendre à les réutiliser à bon escient et à les appliquer aux autres connaissances modélisées.

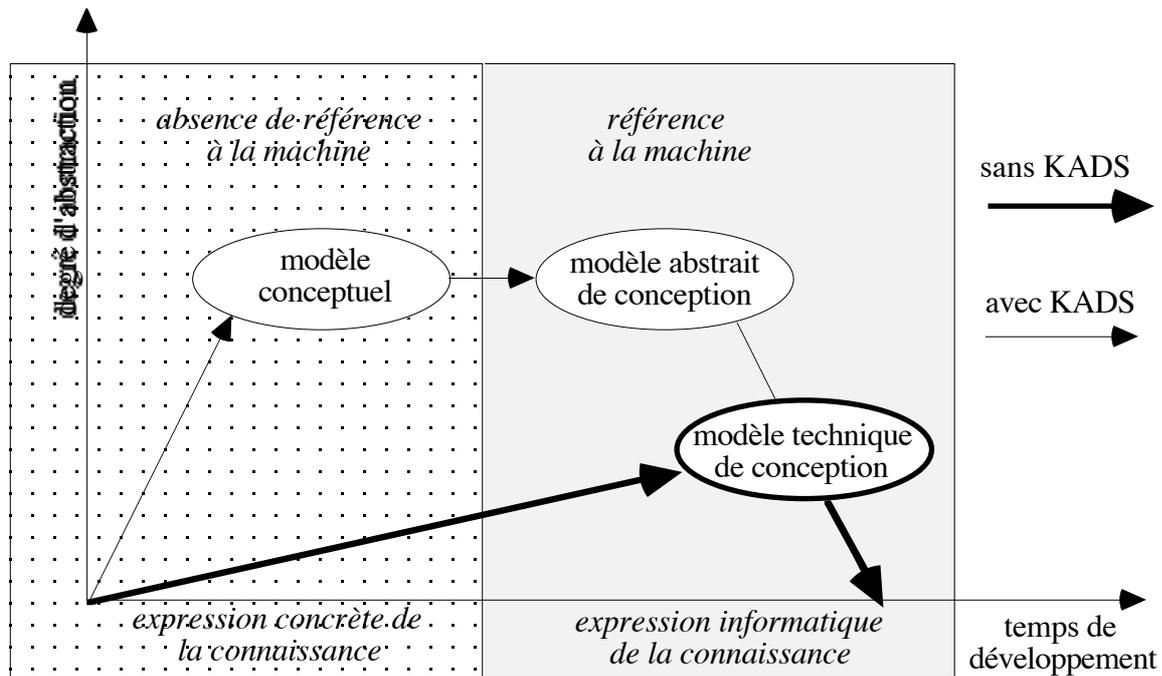


figure 4 : la conception d'une application avec ou sans acquisition des connaissances, d'après [Wielinga & al. 92]

Mais cette approche présente une difficulté majeure, qui constitue aujourd'hui un problème ouvert : c'est celle de l'opérationnalisation des modèles d'acquisition dans un contexte de conception d'une implémentation. Le danger est grand de forcer l'opérationnalisation sans couture des modèles d'acquisition en modèles de conception de programmes, un peu à la manière dont on a eu tendance à forcer l'opérationnalisation sans couture des modèles de conception de programmes en langages de programmation ([Lowry & al. 91]). Les points de vue sont bien différents à chaque niveau, et les traductions "automatiques" se font en réalité au prix de l'obligation demandée implicitement à l'utilisateur de changer de point de vue ([Perrot 94]).

Mais revenons à notre sujet : un SIC n'est pas seulement un Système à Base de Connaissance, et il convient d'examiner l'applicabilité de l'hypothèse du KL aux SIC.

1.2.3. L'apport d'une description ontologique du domaine d'activité dans lequel on envisage l'utilisation d'un SIC

Modéliser un SIC suppose alors qu'on dispose d'une ontologie du domaine d'activité qu'on cherche à modéliser, c'est-à-dire d'une description de ce domaine d'activité stable et générale, du type de celle que peut aider à produire un cogniticien ou un spécialiste en science humaine, psychologue, sociologue ou philosophe selon les cas. Cette ontologie décrit le domaine d'activité indépendamment de l'organisation et des compétences du ou des acteurs qui la conduisent, indépendamment aussi du fait qu'ils soient humains ou artificiels : l'ontologie du domaine postule une sorte d'acteur idéal, virtuel, et peut se concevoir comme une description minimale, stable et universelle du domaine d'activité. On dirait en philosophie que cette description doit être indépendante de toute modalité ontologique : elle concerne l'être essentiel du domaine, sans envisager ses traductions en états existentiels.

Pour décrire une ontologie, l'interview de personnes représentant les agents humains impliqués dans le système homme-machine est indispensable, mais elle ne suffit pas. En effet, ces personnes disposent et utilisent typiquement des ontologies implicites (des préjugés) souvent plus concordantes qu'on croit (c'est le propre des préjugés que de se propager facilement). Par exemple, nous verrons que les opérationnels du domaine de l'interprétation de situation sont très souvent persuadés qu'il existe des événements qui surviennent et dont il faut maîtriser les effets, ces événements étant absolument objectifs et provenant d'un monde extérieur capable d'hostilités. Ils participent par là à un préjugé à la fois solide et courant, proche d'un dogme, qui postule un monde extérieur parfaitement ordonné dont il s'agit de découvrir progressivement les modèles sous-jacents, existants dans l'absolu ([Segundo 89], [Le Moigne 77]).

L'apport des sciences humaines sera capital pour construire des descriptions de niveau ontologique, et les modèles issus de la sociologie, de la psychologie et de la philosophie seront souvent utiles dans cette phase du travail de construction, afin de guider le travail d'explicitation des préjugés au format d'ontologies ([Jorion 90]).

1.2.4. La recherche au niveau des connaissances de modèles de coopération impliquant des agents humains et/ou artificiels

Une fois obtenue une ontologie du domaine, il est intéressant de concevoir un modèle de coopération entre acteurs humains et acteurs artificiels, afin de déterminer les interactions possibles entre ces acteurs en fonction des contextes et de la téléologie, ainsi que les comportements des uns et des autres lors des interactions contextuelles. En effet, on peut voir un SIIC comme un environnement informatique capable d'offrir des possibilités de collaboration (des services) à un ou plusieurs acteurs humains capables de tirer bénéfice de la collaboration homme-machine pour traiter leurs problèmes : cette approche intègre nativement la possibilité de modéliser un collectif d'acteurs humains (on parle aussi d'activité multiparticipant) et un collectif d'acteurs artificiels (on parle aussi d'interopérabilité).

Sous certaines conditions, la rationalisation des services attendus peut contribuer à la spécification de l'architecture du SIIC, en prenant en compte les couplages usuels, les exclusions mutuelles, les possibilités de généralisation et de factorisation des services, et en considérant également les contraintes globales de type sûreté de fonctionnement, sécurité, répartition ou distribution. Ainsi, le

modèle de coopération peut contraindre et infléchir l'architecture logicielle du SIIC au SL. Ces aspects d'opérationnalisation au SL des modèles de coopération du KL sont des problèmes de recherche ouverts, que nous explorons à l'Université de Rouen.

1.3. Principe méthodologique et méthode pour la structuration d'une activité de conception de SIC dédiés

1.3.1. Mettre en place une ingénierie concourante "applications / méthodologie" liée au domaine opérationnel

L'approche industrielle usuelle est souvent basée sur une dialectique "technologies SIC" / "applications SIC", supportée par une méthodologie générale de Systèmes d'Information (SI) : des technologies pour les SIC sont pressenties et mises en œuvre dans des applications SIC, dont les évaluations infléchissent le choix des technologies adaptées et suggèrent d'autres technologies pressenties. Cette approche est fortement sujette à la pression du marché des technologies et a souvent fait le bonheur des responsables techniques industriels en mal de créativité autant que des offreurs de technologies. Entre autres inconvénients, cette approche défavorise la conceptualisation abstraite et tend à dévaloriser toute culture non technique.

Dans cette optique, la méthodologie générale des SI ne joue pas un rôle très important car elle est trop générale pour être opérante, et typiquement trop ignorante des spécificités de l'activité opérationnelle engagée dans le domaine opérationnel traité par le SIC pour être efficace. C'est ainsi qu'en Europe, une grande part des financements actuels de recherche et développement sur les SIC est consacrée à l'étude d'impact des technologies émergentes sur les technologies SIC, quand très peu de recherches visent à fonder une véritable méthodologie SIC, à l'exception en France du projet de Modélisation de l'Aide à la décision par Traitement de l'Information Symbolique (MATIS) de la Direction des Recherches, Etudes et Techniques (DRET) de la DGA ([Barès 94]).

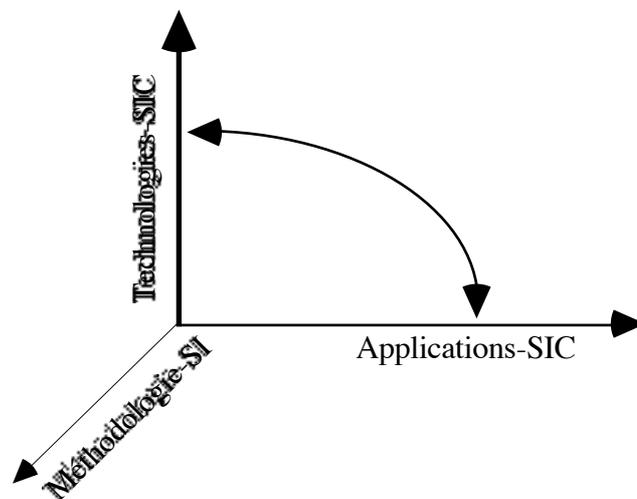


figure 5 : à l'heure actuelle, les compétences SIC sont essentiellement d'ordre technique

Nous proposons une nouvelle approche industrielle, davantage centrée sur une dialectique "méthodologie SIC" / "applications SIC". Cette approche prend en compte la tendance lourde du marché des SIC de s'affranchir des technologies spécifiques pour considérer l'ensemble des technologies disponibles sur le marché des SI, appelé "technologies SI". Ainsi, la dialectique "technologies SIC" / "applications SIC" est affaiblie, ou plus exactement elle est moins spécifique et moins stratégique : elle devient veille technologique, et peut être sous-traitée pour ce qui concerne la réalisation industrielle.

Cette approche induit une organisation métier des concepteurs industriels de SIC très différente : la veille technologique est sous-traitable, et le cœur du métier se déplace vers la conception d'une méthodologie SIC (faite d'ontologies, de modèles de coopération et de modèles d'architecture SIC), en harmonie incrémentale avec une série d'applications. Le métier des concepteurs de SIC est moins tiré par la technologie et plus par la conception, valorisant des compétences transdisciplinaires et des compétences en sciences humaines : on verra peut-être enfin des architectes conceptuels de SIC, des cogniticiens, des psychologues et des historiens collaborer avec des informaticiens dans des équipes pluridisciplinaires.

Par ailleurs et surtout, cette approche vise à produire une véritable méthodologie SIC au sens des "méthodologies SI domaine opérationnel", en héritant des méthodologies SI d'une part, des méthodologies "activité des acteurs humains impliqués dans le SIC" d'autre part, et enfin en installant une dialectique "méthodologie SIC" / "applications SIC" qui engendre et expérimente la méthodologie SIC. Moins générale que la méthodologie SI et croisant l'activité opérationnelle des utilisateurs réels ou potentiels de SIC, la méthodologie SIC a toutes les chances d'être davantage opérante.

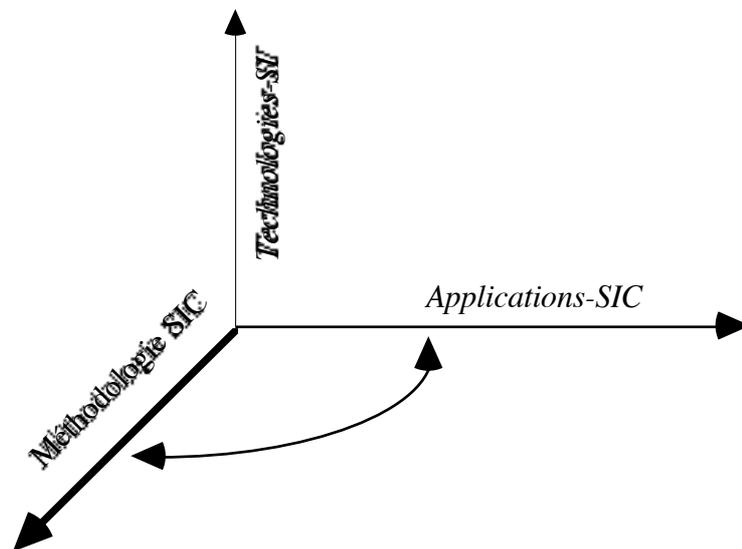


figure 6 : demain, les compétences SIC seront principalement d'ordre méthodologie-domaine

En régime permanent, la méthodologie SIC doit apporter des prescriptions sur les applications SIC, et doit en retour se régénérer à partir des expériences applicatives. Cependant, il faut prendre en compte le risque que la méthodologie SIC naissante et les applications SIC évoluent indépendamment ([Popper 1934], [Latour 89]), et veiller à les coupler de façon incrémentale. La description de ce couplage fait l'objet des paragraphes suivants.

On énonce ainsi le principe méthodologique : pour structurer une activité de conception de SIC destinés à s'insérer dans un domaine d'activité opérationnelle donné, il est nécessaire de mettre en place une ingénierie concourante "applications / méthodologie" liée à ce domaine. Dans le paragraphe suivant, nous proposons une méthode pour implanter ce principe : l'organisation d'un cycle de vie incrémental qui synchronise les développements applicatifs et méthodologiques.

1.3.2. Organiser un cycle de vie incrémental de projets (pseudo-)opérationnels qui synchronise les développements applicatifs et méthodologiques

On propose ici une méthode de conduite d'activité SIC destinés à un métier opérationnel dans un domaine donné, en s'inspirant des recommandations du Service Technique de l'Electronique et de l'Informatique (STEI) de la Direction Générale de l'Armement (DGA), et plus particulièrement de [Cotte 94], sous forme d'un cycle d'amélioration de la maîtrise du métier d'intégrateur de SIC. Le cycle peut être représenté par le schéma de la figure 7.

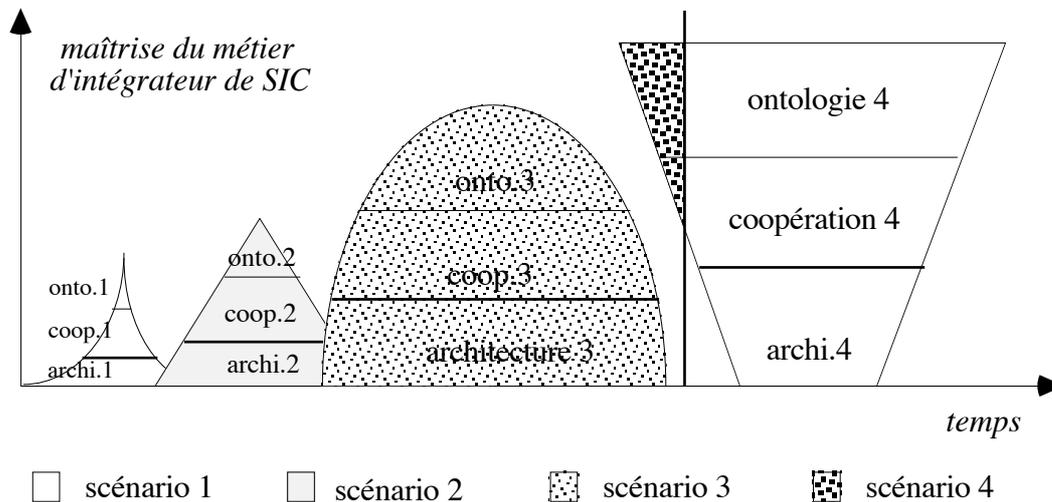


figure 7 : cycle d'amélioration de la maîtrise du métier d'intégrateur de SIC

Le schéma s'interprète de la façon suivante :

- chacune des quatre figures représente la réalisation applicative d'un scénario opérationnel différent, mais toujours dans le même domaine d'activité opérationnelle,
- la surface de la figure symbolise l'amplitude des compétences maîtrisées, et sa hauteur le niveau d'abstraction général atteint; elle est parcourue dans le temps de gauche à droite selon un cycle de vie propre,

- chaque figure se compose de trois niveaux de superposition verticale qui correspondent, par abstraction croissante, aux trois niveaux que sont l'architecture au SL, le modèle de coopération et la description ontologique au KL,
- les surfaces des zones de niveau indiquent l'importance relative des différents niveaux d'une même figure, et l'importance relative des niveaux correspondants d'une figure à l'autre,
- le temps, symbolisé par le curseur vertical en trait gras, décrit les figures les unes après les autres de gauche à droite, ce qui laisse apparaître des zones de recouvrement temporel entre les figures (on dira que le cycle est tuilé).

On peut noter que le premier scénario possède un cycle de vie propre abordé sous l'angle de l'architecture, et que la question ontologique n'est que peu traitée, alors que la tendance s'inverse continûment jusqu'au quatrième scénario, qui possède un cycle de vie propre abordé sous l'angle de l'ontologie du domaine, l'architecture au SL étant spécifiée a posteriori. On cherche à renverser l'ordre initial des modélisations, et à réutiliser et/ou adapter des modèles généraux d'ontologie et de coopération avant de spécifier le SL.

Examinons le format de la connaissance tout au long du cycle (figure 8) :

- lors du scénario 1, on dispose d'une armoire de documents décrivant le savoir-faire au SL, aux normes Société (pas ouvert tous les jours) et d'un savoir-faire implicite au niveau des connaissances, compilé dans la tête des experts, et donc informel ([Pomerol 93]); ce savoir-faire est vaguement relié à un KL explicite mais inopérant car trop général, symbolisé par un ouvrage de Kant oublié sur l'étagère,
- lors du scénario 4, on dispose de bibliothèque de modèles au KL, adaptés au domaine opérationnel qu'on veut modéliser et qu'on cherche à réutiliser et/ou enrichir; ce n'est qu'après avoir conçu une spécification de l'application au KL, allant jusqu'à la description fine des agents et de leurs comportements coordonnés, que l'on peut réaliser ou faire réaliser l'application au SL, en s'appuyant sur un savoir-faire outillé par des bibliothèques de composants d'architecture et des répertoires de compétences appropriées.

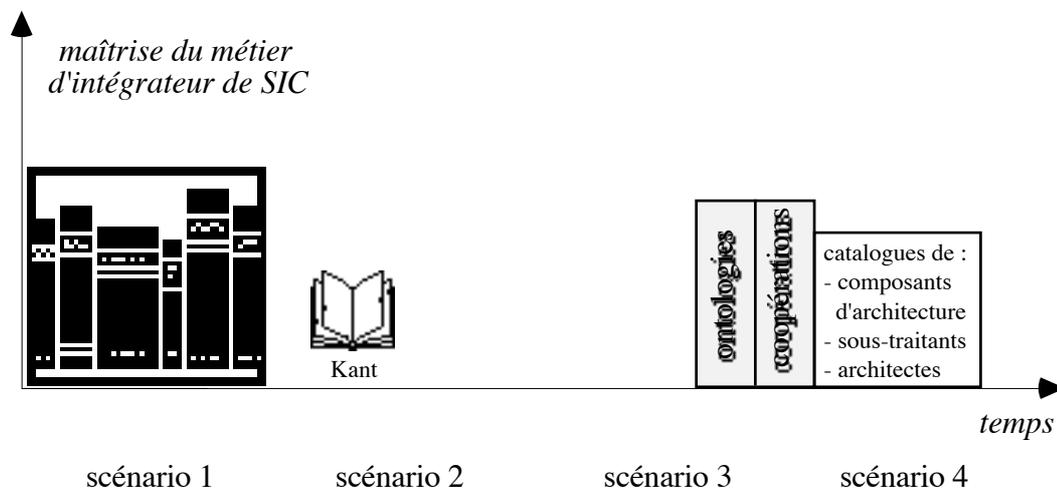


figure 8 : l'évolution des connaissances au cours du cycle de vie de l'activité SIC

Remarquons que, chemin faisant, nous esquissons une nouvelle approche industrielle pour la réalisation des SIC.

1.3.3. Mettre en avant et structurer une démarche de rétroconception au niveau de la connaissance

Il nous reste à déterminer les modalités pragmatiques de l'approche. Nous proposons une démarche incrémentale pour chacune des évolutions méthodologiques, à savoir la description de l'ontologie, la modélisation de la coopération et la structuration de l'architecture, et nous proposons de synchroniser les incréments sur des changements de cas opérationnels scénarisés. En d'autre terme nous nous efforçons, à chaque changement de scénario de démonstration, de faire évoluer la description de l'ontologie, la modélisation de la coopération et la structuration de l'architecture.

A chaque scénario différent correspond un groupe d'agents humains différents organisés différemment et poursuivant des objectifs différents. Néanmoins, ils sont commis à un domaine d'activité qui est sensé être ontologiquement le même, et qui doit donc rester décrit par l'ontologie de ce domaine : ainsi, chaque nouveau scénario doit conduire à généraliser la description de l'ontologie courante (la rendre encore plus stable, générale et minimale) ou à décider que le domaine d'activité courant est ontologiquement différent du domaine d'activité précédent. Il y a donc bien matière à apprendre la description de l'ontologie au gré des incréments de scénarios.

Quant au modèle de coopération, on apprendra au fil des applications à l'enrichir par la recherche interactive des explications des échecs et des insuffisances rencontrées lors de sa mise en œuvre ([Gilbert 88]). Et enfin, chaque scénario étant orienté vers un type d'utilisateur possédant des exigences en matière de SI qui contraignent ou conditionnent l'architecture, on apprendra également à généraliser notre architecture.

La science des SIC sera une science de la conception au sens de Herbert Simon ([Simon 90]). La méthode scientifique est une recherche-expérimentation pragmatique, dans la mesure où il y a prescription du savoir sur le savoir-faire, et capitalisation du savoir-faire explicité en savoir, dans un processus ouvert aux apports théoriques des sciences exactes et des sciences humaines. L'évaluation de l'efficacité des prescriptions se fera sur les critères suivants : la tendance à la simplification des modèles de coopération SIC, la clarification de l'ergonomie cognitive des SIIC, la remontée naturelle dans l'estime des utilisateurs du SIIC et des interlocuteurs industriels divers. Le dispositif, pragmatique, vise essentiellement la rencontre des technologies et des métiers au regard des modes d'usage ([Anjewierden 92]).

1.4. Une approche pragmatique de la science des SIC adaptée aux réalités industrielles

1.4.1. Un argumentaire industriel : développer la dialectique offre / demande

Ce paragraphe peut surprendre le lecteur, de part son sujet essentiellement tourné vers l'analyse du marché des SIC, qui peut être perçu comme éloigné de nos considérations scientifiques. Il faut ce-

pendant réaffirmer qu'aujourd'hui, aucune activité industrielle ne peut se développer sans pouvoir justifier a priori de son marché, auprès des responsables de l'Entreprise. Une méthode théorique d'organisation d'une activité qui ne fournirait pas d'argumentaire marketing n'aurait aucune chance d'être utile. Nous donnons ici les grandes lignes d'inférence qui justifient notre approche méthodologique en terme de positionnement distinctif sur un marché.

Si l'acquisition de connaissances explicites et formalisées sur le métier du client est un avantage compétitif pour structurer certaines activités d'intégration de systèmes, c'est un impératif dès lors que le métier du client est organisé autour d'activités non programmées de type résolution de problèmes complexes ou prise de décision, comme c'est le cas pour les activités d'information et de communication que les Systèmes d'Information et de Communication civils ou militaires doivent supporter.

C'est pourquoi on admet aujourd'hui couramment que les activités d'IS doivent être organisées autour de marchés, c'est-à-dire de domaines d'activité client. Les raisons tiennent à la nécessité d'acquérir des connaissances sur le métier du client dans son domaine, connaissances décrites indépendamment des contraintes de réalisation des systèmes informatiques, et qui s'avèrent essentielles pour penser ces systèmes de façon à ce qu'ils s'inscrivent au mieux dans l'environnement socio-économique du client.

Cette approche conduira naturellement les industriels à devenir des offreurs sur le marché, et à cesser d'être exclusivement tirés par la demande. C'est d'ailleurs la seule voie qui permette de devenir offreur dans le contexte économique actuel, par décroisement naturel de la culture projet (savoir-faire) au profit de la culture mixte projet et connaissance du métier de concepteur SIC (savoir transdisciplinaire). Ce faisant, les industriels pourront conquérir les marchés émergents et notamment les marchés civils, actuellement en devenir et encouragés par les militaires qui ne veulent plus financer seuls les SIC du futur. Par ailleurs, les industriels offreurs de solutions seront davantage concurrentiels en étant présents plus et mieux à chacune des étapes du cycle de vie d'une affaire (avant-vente, maquettage, prototypage, réutilisation d'une souche applicative). Enfin, les industriels qui auront développé incrémentalement un discours méthodologique de type description d'ontologie, modèle de coopération et modèle d'architecture, auront décrit un espace de savoir qui les positionnera naturellement auprès des donneurs d'ordre à un haut niveau de confiance et de crédibilité, et qui fera d'eux des partenaires privilégiés pour des activités de conseil amont et de recherche et développement, rejaillissant en cascade sur l'ensemble des affaires en aval.

a) Analyse des tendances lourdes du marché des SIC

Les trois principales tendances du marché européen des SIC sont actuellement les suivantes :

1° diversification; la diversification du marché SIC s'intensifie dans deux directions :

- diversification duale (vers le civil) : les SIC coûtent chers et les Etats-Majors encouragent les velléités des institutions civiles à utiliser les SIC afin de mutualiser les coûts (protection de l'environnement et gestion des risques industriels, gestion de crises et aide humanitaire, urbanisation et sécurité des banlieues),
- diversification des environnements et des concepts opérationnels militaires (SIC interarmes, mini-SIC à déploiement rapide).

2° accroissement de la concurrence; la concurrence s'accroît sur ce marché par le fait que :

- de plus en plus d'industriels répondent aux Appels d'Offre (AO) SIC sur le marché militaire,
- les réponses à la demande sont de moins en moins différenciées.

3° sélection par la capacité d'écoute et la réactivité; les donneurs d'ordre veulent :

- réduire les compétiteurs sur ce marché, la distinctivité se faisant sur la capacité des industriels à comprendre la stratégie des donneurs d'ordre (méthodologie générale, qualité totale, transparence et pérennité, approches et normes CALS).

b) Scénario de croissance

Devenir offreurs sur le marché des SIC, plutôt que de continuer à être tirés par la demande, doit permettre de :

1° créer de nouveaux marchés; faire des affaires dans les domaines encore mal structurés en marchés (domaines civils, domaines militaires exploratoires), en proposant des couples problème-solution,

2° faire la différence sur les marchés structurés; se différencier face aux concurrents sur l'ensemble du cycle de vie des affaires, sans prendre le risque d'un improbable et/ou éphémère avantage exclusivement technique :

- avant vente : présenter des démonstrations adaptées aux clients potentiels à l'occasion de salons ou d'invitations ciblées,
- phase de Réponse à Appel d'Offre (RAO) : capacité de renforcer les références par la réalisation d'une démonstration adaptée, la présentation de maquettes,
- conception/réalisation : capacité de réutiliser un modèle d'architecture et/ou des modules (notion de souche applicative), d'intégrer des modules et des outils du marché pour enrichir les fonctionnalités (approche intégration de système), de capitaliser sur cette souche applicative en sédimentant les retours d'expérience technique (approche réutilisation et patrimoine),
- formation des utilisateurs ou des développeurs : capacités de simulation d'environnement.

3° remonter dans le cycle; en s'efforçant de structurer une offre, on doit dégager des effets de bord intéressants :

- démontrer la compréhension du domaine par factorisation/généralisation des besoins opérationnels (approche systémique), en direction d'une vue ontologique du domaine,
- se rapprocher ainsi des préoccupations du donneur d'ordre, en établissant le bon niveau de dialogue (donc de confiance) pour remonter dans les programmes jusqu'aux spécifications, au conseil et aux études R&D.

1.4.2. Le cas du projet CHEOPS de l'entreprise SYSECA

A la fin de l'année 1991, j'étais chargé de l'innovation dans l'Entreprise SYSECA, au sein de la Direction Technique, quand on m'a demandé de réfléchir à un démonstrateur de SIC léger, à déploiement rapide sur le terrain, et interopérable avec des SIC existants. A cette époque, SYSECA présentait la nécessité de repenser l'architecture des SIC ainsi que leur ergonomie cognitive, en tenant compte de l'arrivée sur le marché de nouveaux outils et de nouvelles approches industrielles.

J'ai alors mis en place la mission CHEOPS (pour CartograpHie en Environnement Opérationnel de Présentation de Situations), réuni une équipe d'ingénieurs de haut niveau assistée par un expert du domaine des SIC pour la tenue de situations de crise militaire, et planifié les objectifs opérationnels suivants (figure 9) :

Scén. \ Mod.	Tchad : crise militaire	Dakar : humanitaire	CEE : risque industriel	Asie : géopolitique
Ontologie	• dialogue avec un expert du domaine	• réflexion sur la gestion de crises	• multi-expertise européenne	• KADS, C-KAT
Coopération	• dialogue avec un expert du domaine	• multiparticipant • points de vue multiples	• INRIA GEOCOOP, • groupware à l'AF CET	• MADEINCOOP • formalisme pavages
Architecture	• boîte à outils du marché	• approche Génie Log. • étude CORBA	• organisation d'API • interopérabilité	• client / serveur • tolérance de pannes

figure 9 : les différents scénarios et les sources d'inspiration des modèles

1° scénario TCHAD : la première année, réalisation et présentation à des clients potentiels d'un démonstrateur militaire de gestion de crise, traitant trois jours significatifs parmi trois années de crise militaire au TCHAD (scénario 1), et basé sur une première architecture baptisée CHEOPS V1,

2° scénario DAKAR : la deuxième année, mise en place d'un scénario d'aide humanitaire à Dakar (scénario 2). Sur le plan de l'explicitation d'une ontologie du domaine, nous avons cherché à augmenter la palette de nos méthodes, en opérant l'interview de plusieurs experts opérationnels, et en cherchant à comparer systématiquement leurs analyses du domaine. Les procédures sont restées largement informelles, mais nous ont conduit à une conviction accrue qu'il était important de disposer d'une théorie du domaine, la plus abstraite possible des contingences techniques. Du côté du modèle de coopération, nous avons mené des travaux sur les Activités Multiparticipant Coordonnées au sein de l'AF CET, qui nous ont sensibilisé à l'intérêt de réfléchir à la coopération hommes-machine en amont des spécifications : un premier modèle a permis d'augmenter CHEOPS V1 de fonctionnalités multiparticipant et de mieux représenter la temporalité et le multimédia,

3° scénario CEE : au début de la troisième année, mise en œuvre de nos savoir-faire et de notre plate-forme technique au sein du projet européen de protection de l'environnement transfrontière ENVIRONET (scénario 3). Fin de la troisième année : arrêt des investissements R&D, valorisation accrue du développement au niveau des affaires, consolidation du retour d'expérience technique (choix d'outils, choix d'architecture, préconisations ergonomiques, normes qualité), correspondant au solde normal de la phase CHEOPS R&D. Remarquons que dans l'industrie, beaucoup de développements R&D s'arrêtent à ce stade : les applications sont alors prises en charge par les départements opérationnels qui les adaptent aux besoins du client; l'évolution des applications se fait alors par adjonction de couches souvent spécifiques, la gestion de configuration devient problématique, et les évolutions conceptuelles de l'application s'arrêtent souvent là,

4° scénario ASIE du Sud-Est : pour les besoins d'une application de gestion de crises géopolitiques liées à des conflits potentiels de frontières, nous développons actuellement une ontologie de l'aide à la gestion de crise géopolitique (présentée dans la partie 4), en rétroconcevant le scénario CHEOPS-TCHAD décrit dans la partie 2 de ce mémoire; nous élaborons également des modèles de coopération au KL, décrits dans la partie 3 du mémoire, en nous appuyant sur un groupe de recherche transdisciplinaire.

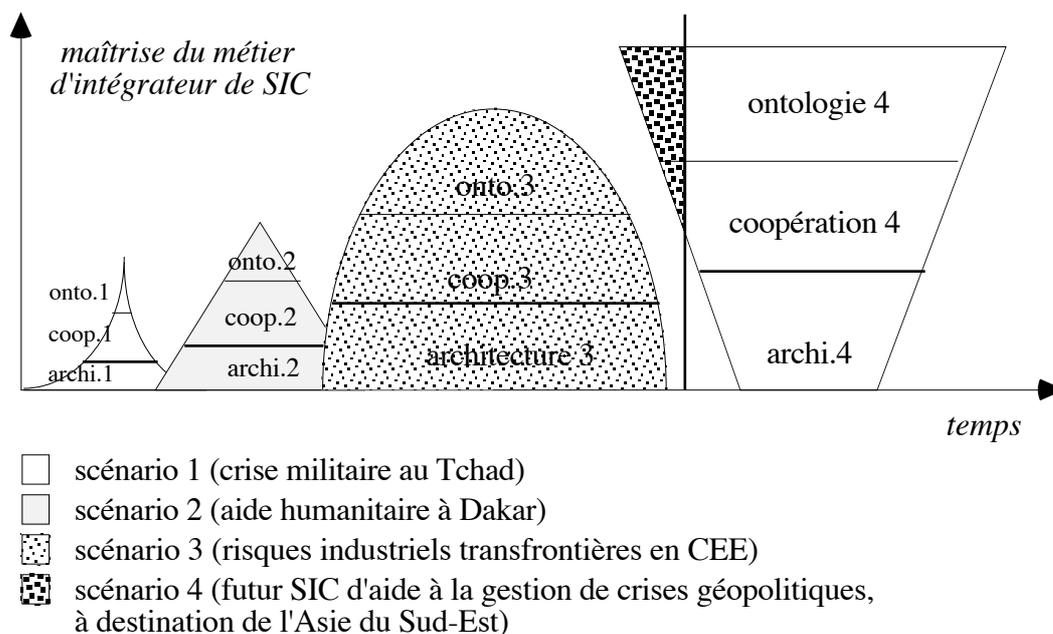


figure 10 : le cycle de vie des scénarios opérationnels de CHEOPS

1.4.3. Plan de la suite du mémoire

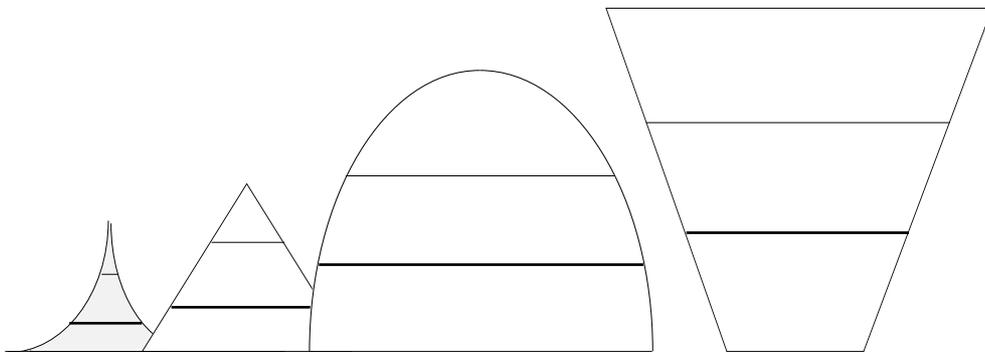
Dans la deuxième partie, nous allons présenter l'application CHEOPS-TCHAD d'aide à la gestion de crises militaires, telle qu'elle a été élaborée à la base de notre dispositif dans le scénario 1.

La troisième partie décrira ensuite le modèle de coopération au niveau des connaissances que nous expérimentons dans le scénario 4.

Enfin, la quatrième partie décrira l'ontologie de l'interprétation de situations de crises obtenue au début du scénario 4.

Partie 2

Description du système d'aide à la gestion de crises militaires CHEOPS-TCHAD



2.1. Le contexte industriel du projet CHEOPS-TCHAD

2.1.1. But industriel : convaincre les clients potentiels de l'existence d'une offre différenciatrice SYSECA d'Intégration de Systèmes de type SIC pour l'aide à la gestion de crises

Pour bien comprendre le contexte du projet CHEOPS-TCHAD, il n'est pas inutile de rappeler le mode de fonctionnement général des études avancées en milieu industriel, tel qu'il apparaît dans l'Entreprise SYSECA. Pour des raisons de confidentialité, le sujet est abordé de façon simplifiée, sans prétendre à l'authenticité des détails.

a) La notion d'étude dans l'Entreprise SYSECA

Chaque année, l'Entreprise SYSECA entreprend un certain nombre d'études afin d'étayer les Plans Stratégiques des Domaines d'activité (PSD) établis par la Direction Générale (DG). Ces études durent typiquement un an et quelquefois deux ans, et ont pour vocation de servir à court et moyen terme la logique de développement de l'Entreprise. Parmi ces études, un certain nombre ont le statut d'étude R&D, par opposition à d'autres qui portent sur des réflexions exploratoires non implémentées, ou sur des développements d'outils ne soulevant pas de problèmes de recherche.

La DG envisage les études sous l'angle des effets escomptés pendant la durée de l'étude, et persistant au delà. La Direction Technique a la charge de définir les études, c'est-à-dire de concevoir un dispositif réaliste et maîtrisé capable de produire dans des conditions acceptables et raisonnables l'effet voulu, de façon mesurable et contrôlable. Il s'agit ensuite de défendre le dispositif devant le Comité de Direction pour approbation, le processus pouvant être itératif et incrémental jusqu'à l'obtention d'un consensus au niveau de détail requis pour le lancement de toute affaire industrielle.

b) Réflexion sur l'activité SIC de SYSECA

En 1991, la DG décidait d'envisager une étude visant à renforcer la position de SYSECA dans le domaine des SIC sur les dix ans à venir. L'idée était sous-tendue par une réflexion sur l'activité SIC de la Société, à travers les grandes caractéristiques qu'elle manifestait à l'époque, et que nous allons décrire rapidement.

Dans le domaine des SIC, la Société SYSECA était organisée pour répondre efficacement à la demande des services de la DGA et des États-Majors occidentaux : depuis le début de l'activité, SYSECA répondait à des Appels d'Offre et réalisait les développements liés aux affaires gagnées. La culture dominante était technique, et l'organisation centrée sur les projets. L'activité consistait en une succession de Réponses à Appel d'Offre, d'affaires gagnées ou perdues et de réalisations techniques liées aux affaires gagnées. Le patrimoine de l'activité résidait dans les références d'affaires gagnées et dans le savoir-faire technique des Chefs de Projet, rarement explicité sous forme de savoir communicable autrement qu'en action. La formation s'effectuait d'ailleurs "sur le tas" sous l'angle technique, et les apports étaient presque toujours liés à des technologies conjoncturelles.

Cette façon de procéder avait permis un développement considérable de l'activité, et avait permis à SYSECA d'être un acteur important sur le marché français des SIC. Cependant, et bien que le poten-

tiel technique des équipes restait très fort, la croissance de l'Entreprise sur le marché des SIC avait tendance à ralentir.

c) La décision de structurer une offre

Au sein de la Direction Technique, j'ai été chargé de préciser la forme et les enjeux de l'étude CHEOPS, puis de mettre au point un dispositif industriel adapté. Pour cela, j'ai commencé par :

- rencontrer les principaux responsables du département en charge du domaine des SIC,
- consulter les Appels d'Offre passés et en cours du domaine,
- auditer des clients actuels ou potentiels,
- dialoguer avec un expert technique identifié et un expert opérationnel du domaine.

Après réflexion et recherche d'information, j'ai proposé un dispositif en deux étapes. La première consistait à réaliser un démonstrateur technologique s'appuyant sur un scénario inspiré d'une expérience vécue par l'un des membres de l'équipe CHEOPS, précédemment en mission d'Attaché Militaire auprès de l'Ambassade de France au Tchad : il s'agissait de rendre compte de la crise tchadolibyenne, chronique durant les années 80 et ayant profondément impliqué la France. Ce démonstrateur avait pour vocation de :

- prouver notre capacité à maîtriser les moyens techniques et conceptuels de base pour élaborer une maquette de SIC léger,
- prouver notre capacité à améliorer la pratique du cycle en V couramment adoptée dans le métier du logiciel, pour pratiquer un prototypage rapide,
- prouver notre capacité à pratiquer l'approche Intégration de Systèmes, y compris sur les aspects management d'équipe, maîtrise des coûts et délais,
- choisir et qualifier les composants d'architecture disponibles,
- sensibiliser nos clients et partenaires à notre démarche.

La deuxième étape, par delà la réalisation de ce premier démonstrateur, consistait à proposer une méthodologie de réorientation de l'activité SIC conforme à celle présentée en première partie de ce mémoire, et à ajouter ainsi un but scientifique aux objectifs concrets de l'étude : démontrer la validité des principes méthodologiques proposés pour la structuration d'une activité de conception ([Hatchuel 94]) de SIC.

Le Comité de Direction a validé la proposition, et a proposé que je conduise l'étude CHEOPS pendant deux ans, au format d'une étude R&D.

2.1.2. Organisation industrielle : respecter les règles de productivité et exploiter les opportunités

Notre première tâche a été de mettre au point un dispositif pour atteindre l'objectif de réalisation du démonstrateur CHEOPS-TCHAD, à partir de spécifications issues de l'étude de quelques Appels d'Offre industriels, de l'expérience d'ingénieurs impliqués dans de grands programmes SIC, et de l'interview de clients potentiels. Il est clair que notre vision du domaine de la gestion de la crise tchadolibyenne était commise à l'expérience qu'en avait l'ancien Attaché Militaire, et que nous n'avions à notre disposition pour formaliser et décrire l'activité de gestion de crise que des méthodes empiriques. De plus, il fallait absolument produire une première version démonstrative du système dans l'année, ce qui ne laissait pas le temps de mettre en place des méthodes plus réfléchies d'élaboration d'une véritable ontologie du domaine. Quant à la coopération hommes-machine, elle était ré-

duite à des schémas généraux de répartition des rôles entre un acteur sur le terrain tchadien et un acteur situé au sein de la Direction des Renseignements Militaires à Paris, les deux acteurs échangeant des informations durant la gestion de la crise : les contraintes sur les protocoles de communication l'emportaient sur la définition d'un modèle de coopération.

Dans le domaine de l'architecture, nous étions déterminés à mettre en œuvre des Systèmes d'Information Géographiques (SIG), pressentis comme importants dans ce domaine et dont la maîtrise technique manquait à la panoplie des savoir-faire de la société. La maîtrise de tels outils pouvait ainsi être considérée comme une action en diminution des risques : en cas d'échec sur l'action SIC à la fin de la première année d'étude, le savoir-faire acquis en SIG aurait en partie dédommagé la Société des investissements consentis.

Pour la phase d'élaboration du démonstrateur, il n'était pas question d'aborder le problème sous l'angle de la résolution de problèmes opérationnels, mais plutôt sous l'aspect narratif de support et d'illustration d'un discours d'expert : le respect des coûts et délais, le choix du scénario lié aux compétences d'un expert accessible, le choix d'un démonstrateur narratif plutôt que résolveur de problème, constituaient ainsi autant de contraintes sur les spécifications du démonstrateur CHEOPS-TCHAD : il était à nos yeux très important de respecter les règles de productivité de l'Entreprise, ce qui ne nous empêchait pas d'exploiter les opportunités que nous pouvions détecter.

Avertissement : les exemples qui suivent sont à considérer comme des cas plausibles de crises, mais n'ont pas la prétention d'une quelconque exactitude au plan géopolitique, et ils ne sauraient engager l'auteur autrement que sur le plan de sa recherche scientifique en informatique.

2.1.3. Description du contexte de crise militaire au Tchad

a) La géographie du Tchad

Au nord, le Tchad (plus du double de la superficie de la France) s'étend sur le Sahara méridional, partiellement montagneux et volcanique (Tibesti). Peu peuplé, il constitue un domaine d'élevage transhumant (bovin, ovin et caprin). Plus de la moitié de la population vit dans les vallées du Chari et du Logone (mil, arachide, coton). Le pays, enclavé, sans transports intérieurs, ruiné par la guerre civile, en conflit latent avec la Libye voisine, est tributaire de l'aide internationale, France en tête (Larousse 1992).

b) Le contexte géopolitique du Tchad

Le Tchad est un pays dont l'histoire récente est marquée par un contexte géopolitique tendu avec son voisin libyen et des liens ambigus avec la France, qui a toujours constitué un arbitre des conflits récurrents. L'histoire du Tchad moderne pourrait se résumer ainsi (d'après Larousse 1992) :

- entre 1884 et 1899, les ambitions des pays occidentaux sur le Tchad l'emportent finalement sur celles des arabes; les frontières du pays sont artificiellement fixées par des accords franco-allemand et franco-britannique,
- entre 1895 et 1900, les missions françaises de Lamy, Foureau et Gentil éliminent les dernières résistances,
- 1920 : le Tchad devient colonie française,
- 1940 : avec son gouverneur Félix Eboué, il se rallie à la France libre,

- 1958 : le Tchad devient république autonome au sein de la Communauté,
- 1960 : l'indépendance du Tchad est proclamée,
- 1962 : François Tombalbaye devient président de la République,
- 1968 : le Nord islamisé fait sécession, conduit par le Front de libération nationale du Tchad (Frolinat),
- 1969 : la France apporte son aide au gouvernement tchadien contre la rébellion soutenue par la Libye,
- 1975 : un coup d'Etat, au cours duquel Tombalbaye est assassiné, amène au pouvoir Félix Malloum, qui ne parvient pas à rétablir la situation,
- 1979 : Malloum doit se retirer; une guerre civile touche tout le pays et particulièrement la capitale N'Djamena,
- 1980 : après sa rupture avec Hissène Habré, avec qui il avait formé un gouvernement d'union nationale, Goukouni Oueddeï, aidé par la Libye, devient président,
- 1981 : un accord de fusion est signé entre la Libye et le Tchad; la France se rapproche peu à peu de Goukouni Oueddeï,
- 1982 : les forces de Hissène Habré occupent N'Djamena évacuée par la Libye; Hissène Habré devient président de la République,
- 1983 : la France reporte son aide sur Hissène Habré, alors que la Libye occupe les palmeraies du nord du pays,
- 1984 : les forces françaises se retirent en vertu d'un accord franco-libyen, que la Libye ne respecte pas,
- 1986 : la France met en place un dispositif de protection militaire du Tchad au sud du 16^{ème} parallèle; une partie de l'opposition tchadienne se rallie au président, qui consolide sa position militaire face aux libyens,
- 1987 : reconquête du Nord (Faya-Largeau), destruction de la base libyenne de Maaten es-Serra,
- 1988 : le Tchad et la Libye rétablissent leurs relations diplomatiques, mais la paix intérieure reste fragile,
- 1990 : Hissène Habré est renversé par Idriss Déby.



figure 1 : la carte géographique du Tchad

2.1.4. Description de la mission de l'attaché militaire de l'Ambassade de France à N'Djamena et présentation du scénario de démonstration retenu

a) La mission de l'attaché militaire

Il existe un Attaché Militaire (AM) en poste à l'Ambassade de France à N'Djamena, qui dépend fonctionnellement de la Direction du Renseignement Militaire (DRM), située à Paris. La mission de l'attaché militaire est de renseigner la DRM sur la situation géopolitique du pays, et d'aider à l'interprétation tactique, prospective et stratégique de cette situation. Cette mission suppose de :

- tenir à jour la situation sur le théâtre des troubles,
- informer la DRM des événements importants,
- synthétiser régulièrement la situation,
- proposer des interprétations argumentées de la situation,
- évaluer les éventualités d'occurrence de certains événements,
- aider à allouer des ressources pour supporter certaines actions.

b) Le scénario retenu pour la démonstration

Nous avons centré notre dispositif de scénario sur trois jours de troubles au Tchad, en adoptant le point de vue du couple opérationnel AM-DRM devant interpréter ces troubles pour discerner s'il s'agit ou non d'une crise importante, et devant définir la position politique française en terme de soutien éventuel à apporter au gouvernement tchadien.

La chronologie de ces trois jours est la suivante :

- Matin du premier jour : troubles à la caserne de Biltine proche de la frontière libyenne, signalés par un coopérant français enseignant à Biltine, faisant état de coups de feu et de morts, et faisant part du soupçon d'une participation active de l'ethnie M'Boutoul
 - formulation de deux hypothèses concurrentes, "mutinerie" vs "tentative de déstabilisation orchestrée par une puissance ennemie"
 - enquête sur le mode hypothético-déductif, autour de problèmes particuliers de solde ou de nourriture qui auraient pu avoir été constatés récemment au sein de la caserne de Biltine
 - découverte, grâce à une enquête documentaire ethnique, que l'ethnie M'Boutoul, largement sympathisante de la Libye, peut effectivement avoir été partie prenante des troubles
 - envoi d'informations à la DRM Paris
- Après-midi du premier jour : explosion dans le quartier de l'Etoile de N'Djamena, dans un bâtiment annexe de l'Assemblée Nationale
 - recherche documentaire approfondie sur l'ethnie M'Boutoul et son histoire sociopolitique, ainsi que sur son actuelle comportement politique
 - envoi d'un compte rendu à la DRM, demande d'informations complémentaires
 - constat, et report sur les cartes, d'un déploiement de forces tchadiennes anti-attentat à N'Djamena

- Deuxième jour : regroupement de blindés, non identifiés et présumés ennemis, de la frontière tchado-soudanaise
 - formulation argumentée de l'hypothèse que les blindés déployés sont libyens
 - examen de situations passées analogues à la situation constatée
 - constat du déploiement de blindés tchadiens en protection d'Abéché, proche de la frontière soudanaise
 - réception et traitement d'un message de l'Agence France Presse reproduisant le discours alarmant du Président tchadien à la télévision nationale
 - élaboration d'une situation de référence commentée à destination de Paris et de l'Ambassade des Etats-Unis

- Troisième jour : bombardement de l'aéroport de N'Djamena
 - mesure d'impact sur le sol à partir d'une photo aérienne récente
 - recherche documentaire avec l'aide de la DRM (rayon d'action des avions, hypothèse MARCHETTI)
 - envoi d'informations à la DRM
 - évaluation de rapports de force avec des techniques de Préparation du Renseignement du Champ de Bataille
 - hypothèses de couloirs et de mouvements de pénétration des forces ennemies, prenant en compte une analyse du terrain et les conditions/prévisions météorologiques
 - envoi d'informations à Paris, et demande de documentation approfondie sur l'hypothèse que les avions ayant bombardé l'aéroport soient des MARCHETTI de type SF 260, bombardiers italiens susceptibles d'avoir été vendus récemment aux libyens
 - établissement d'une situation de référence et d'une synthèse des trois jours de crise.

2.1.5. Fonctionnalités requises pour le système d'aide à l'interprétation de situations

L'Attaché Militaire possède le système CHEOPS. Il est aidé techniquement par un jeune scientifique du contingent, et a accès à un fond documentaire en partie structuré sur la géopolitique du pays, qu'il enrichit régulièrement, au fil de ses contacts diplomatiques. Le système de l'Ambassade est relié à la DRM à Paris, qui possède un système équivalent, associé à un fond documentaire très riche et à une importante couverture d'images, de plans et de cartes d'origines diverses. Le système CHEOPS de la DRM est relié à de nombreuses sources d'information, par des canaux différents et redondants (téléphone, télex, messagerie codée aux normes OTAN).

L'Attaché Militaire a besoin d'un outil performant, capable :

- d'afficher une situation tactique sur un fond de carte géographique, un plan ou une image satellite,
- d'afficher la documentation correspondant aux objets tactiques sélectionnés, de façon protégée contre d'éventuels accès concurrents,
- de tracer la trajectoire d'une unité en mouvement, ce qui suppose que l'on sache stocker différentes positions de cette unité à différents instants dans une base de données temporelles,
- d'échanger de nombreux types d'objets différents avec la DRM, comme des situations interprétées, des objets tactiques ou des rapports multimédia, de façon ergonomique et fiable,
- de traduire les notions de flou, d'incertain et d'incomplet des informations échangées,
- de traduire graphiquement des commentaires de natures différentes,
- d'archiver une production et de l'étiqueter pour faciliter les recherches d'analogies ou de similarités.

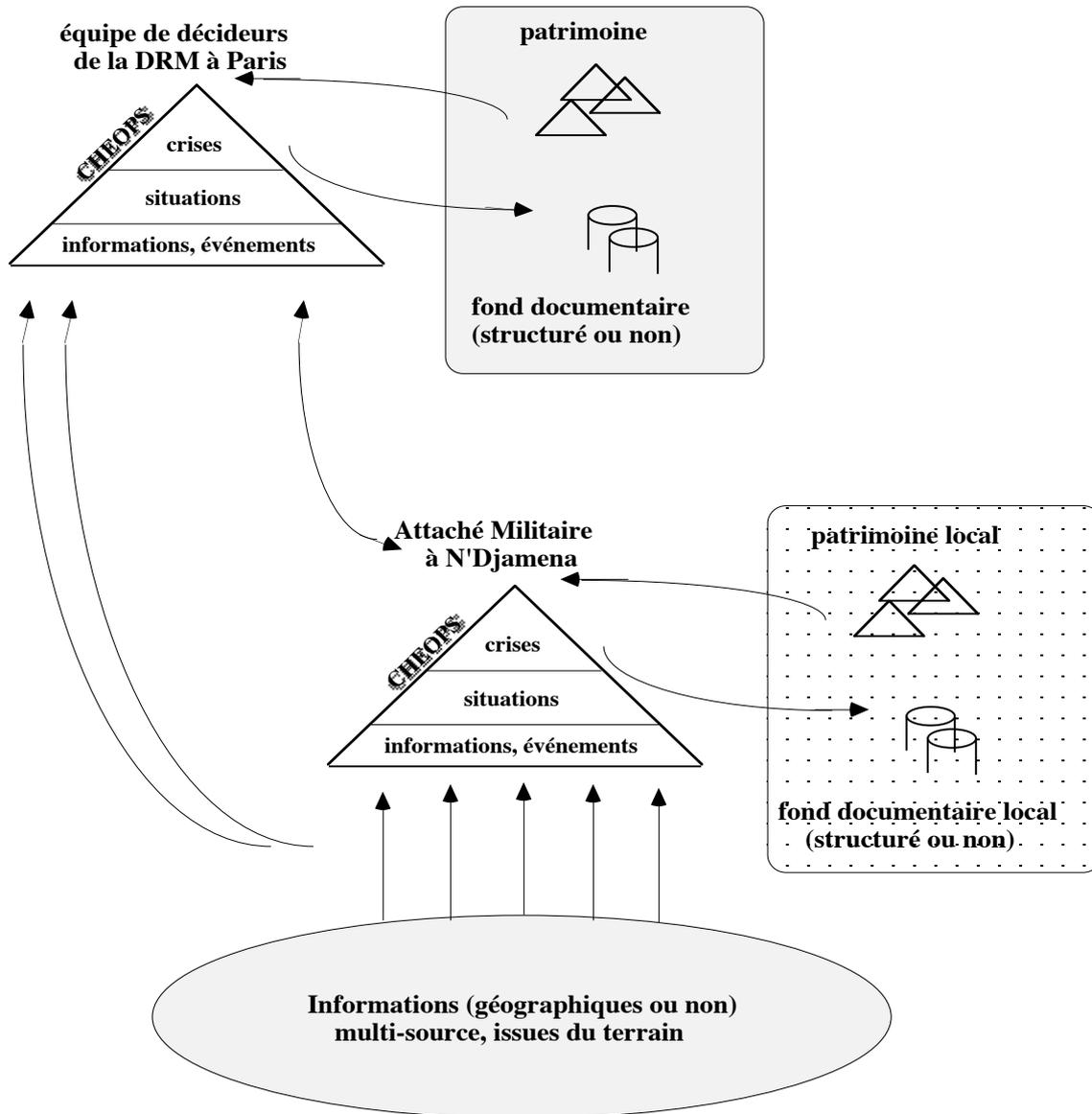


figure 2 : renseignement de situation et renseignement de documentation, à N'Djamena et à Paris

2.2. Représentation des connaissances du système CHEOPS-TCHAD

2.2.1. La notion de théâtre géographique et sa représentation cartographique dans CHEOPS-TCHAD

L'homme a appris au fil du temps à représenter des objets ou des êtres à l'aide de dessins, puis il a inventé les symboles et les allégories pour représenter les objets abstraits. Il y a quelques siècles seulement, il a découvert la carte géographique et le plan, puis vinrent la photographie et le cinéma; quant à la carte non géographique, elle n'inspire que depuis peu. Une rapide exploration anthropologique nous permettra de réfléchir à la sémiotique et à l'ergonomie du couple carte-objets géoréfé-

rencés, cette réflexion étant utile pour qui prétend élaborer un système d'aide à l'interprétation de situations à caractère géographique.

a) Sémiotique de la carte

Depuis la préhistoire, les hommes sont capables d'utiliser efficacement des représentations graphiques, parfois réduites ou augmentées, de formes d'objet ou d'êtres animés, pour évoquer ces objets ou ces êtres ([Jacob 92]) : ils savent que la présence virtuelle d'objets ou d'êtres comme aide-mémoire et aide-évoquant est possible par le truchement de la représentation.

Ce n'est que beaucoup plus tard (probablement au quinzième siècle, à l'occasion des grands voyages maritimes) qu'ils ont inventé la carte comme évocation visuelle du territoire : ils ont appris à dessiner des modèles réduits de territoires spatiaux (des plans) et à dresser des cartes géographiques; la présence virtuelle de lieux contextuels devenait possible.

Par la suite, les hommes ont osé associer des symboles graphiques, comme évocation visuelle et opératoire d'objets réels ou virtuels, à des cartes, pour signifier la présence de ces objets en un lieu déterminé du territoire. Si on n'y prête pas attention, le fait de "visualiser des objets sur des cartes" apparaît comme une opération cognitive anodine; mais ne nous y trompons pas, et prenons le temps de nous convaincre que ce que l'homme a mis des millénaires à découvrir et assimiler doit être soigneusement médité si l'on veut que des machines l'assimilent en quelques années : l'idée de superposer des représentations graphiques d'objets géoréférencés à des cartes est en réalité complexe et problématique, et requiert une véritable réflexion sémiotique.

b) La carte et le territoire

La perception directe de la réalité brute possède par nature un très fort pouvoir d'évocation, parce que l'homme sait renforcer sa perception en conjuguant intimement son émotion et son raisonnement, son attention et son intention ([Weizenbaum 70]). Il dispose pour cela de moyens de perception multimodale et multimédia qu'il sait coordonner sagement, en exploitant les redondances de façon opportuniste et en tirant parti d'indices de toutes sortes, dans le but de percevoir les formes saillantes qu'il a besoin de reconnaître pour agir, l'action forgeant à son tour les modèles des formes prégnantes qui guideront sa perception ([Davidson 93]).

Cependant, le pouvoir d'évocation de la perception directe de la réalité brute est soumis à de fortes contraintes qui limitent sa puissance d'expression. Ainsi, la réalité perçue est d'abord limitée dans l'espace-temps par les performances de nos capteurs sensoriels, aussi bien vers le grand que vers le petit. Qui plus est, on ne peut pas se situer dans plusieurs endroits à la fois - non ubiquité - et il y a un coût temporel (et donc également mémoriel) de déplacement - non téléportage -. Pour compliquer encore, la perception directe est assujettie à des niveaux d'abstraction bien particuliers, déterminés par l'intimité émotion / raisonnement et en particulier par la saillance des phénomènes émouvants : qui pourrait argumenter sereinement la stratégie mondiale d'un organisme de financement au milieu d'un camp de réfugiés ? Notre perception directe de la réalité brute forge un premier niveau de ce qu'Henri Laborit appelle notre niche environnementale, hors de laquelle nous sommes naturellement autistes ([Laborit 76]).

Mais qu'en est-il du pouvoir d'expression de nos cartes et de nos plans ? Les plans, les dessins et les photographies (qu'elles soient prises du sol, d'avion, ou depuis un satellite) ne gardent leur puissance d'évocation que dans certaines limites de déformation et de réduction, bien connues des professionnels de ces média. L'une de ces limites provient du fait que l'œil est un instrument qui tra-

vaille à fenêtre mobile de taille constante, et qui adapte sa résolution à l'échelle : en d'autres termes, l'œil fonctionne naturellement à flux informationnel constant, et si on accommode sur une scène très proche, on perd l'information sur le contexte connexe à la scène mais on gagne de l'information de détail sur la scène accommodée. A l'inverse, quand on regarde une photographie*, il faut figer certains paramètres de l'activité oculaire (direction, cadre et focale) pour trouver l'information, qui est statique par construction : ce phénomène explique peut-être en partie la fascination qu'exerce l'image fixe sur nos perceptions. Pour traiter ce problème avec des SIG, on utilise plusieurs échelles de cartographie et d'images : chacune d'elles supporte alors un spectre réduit de modifications d'échelle, et en dehors de ce spectre on préfère afficher d'autres cartes/images (il faut alors désigner un centre d'intérêt qui sera l'épicentre du zoom et indiquer la résolution attendue, ce qui sera possible bientôt par simple analyse des mouvements oculaires).

Autre illustration, l'isométrie n'est pas le meilleur moyen de conserver la puissance d'évocation, et les concepteurs d'icônes le savent bien qui doivent styliser une classe d'objet : il y a des rapports privilégiés à considérer, comme la distance minimale qui doit séparer deux traits pour qu'on ne les voie pas comme se touchant. Ainsi dans une carte, tout n'est pas isométrique : par exemple, la largeur des routes sur une carte routière n'est pas à l'échelle, de même la taille des disques qui représentent les villes sur la carte d'un pays à grande échelle; cette non-isométrie est une condition nécessaire à la perception efficace et pertinente de la sémiotique cartographique.

c) Ergonomie cognitive de l'ensemble carte-objets

On considère généralement que la carte est le contexte d'un théâtre géographique, considéré comme statique à l'échelle de temps qui nous intéresse, et que si la carte évolue, les évolutions se font à une fréquence faible par rapport à celles de la situation qu'elle contribue à représenter. Cependant, il est utile de donner un statut informatique autonome à certaines entités présentes dans la carte, et en particulier de paramétrer leurs états caractéristiques pour les représenter : c'est le cas de la représentation sur une carte routière d'un col de montagne qui peut être ouvert ou fermé à la circulation des poids lourds, ou d'une route qui peut être à une ou plusieurs voies selon la saison. On réifie alors ces entités, et les objets correspondants seront localisés de façon à ce que leur représentation graphique se superpose au fond de carte, de façon éventuellement stylisée. Par exemple, l'objet route sera représenté par une ligne vectorielle épousant la forme de l'entité graphique qu'elle réifie, et sa couleur stylisera son caractère départemental ou national. Plus dynamiquement encore, les cartes électroniques pouvant être mises à jour plus fréquemment que les cartes papier, on pourra représenter graphiquement le fait que la route est actuellement coupée.

Quant aux objets, ce sont en quelque sorte les saillances du théâtre géographique : à ce titre, leur représentation dépend certes de l'échelle du théâtre, mais aussi de la mesure de leur caractère saillant pour l'utilisateur. En ce sens, un mécanisme qui représenterait les objets de façon proportionnelle à l'échelle du théâtre ne serait pas pertinent. Plus profond encore, certains objets peuvent n'être pertinents qu'à une certaine échelle, alors que d'autres peuvent l'être à une autre échelle : c'est en particulier le cas des objets liés par une hiérarchie de type PART-OF telle que leur père est plus pertinent que les fils à partir d'une certaine échelle. Il s'agit alors de montrer le bon objet à la bonne

* La photographie conforte la puissance d'évocation de la représentation graphique, et souligne notre capacité à l'immersion émotive dans un univers virtuel, qui manifeste un effet de bord remarquable : du fait de notre capacité forte à nous immerger puis à émerger d'un univers virtuel réduit (par exemple une photographie), la multiplicité parallèle de ces univers (par exemple plusieurs photographies étalées) produit une forte impression d'ubiquité et de téléportage (d'après [Lemagny 91]).

échelle, c'est-à-dire ne pas afficher un soldat à l'échelle d'une région, ni un régiment à l'échelle d'un village : c'est tout le problème du zoom intelligent qui est posé, qui doit être consistant pour la saillance des objets à la perception. Ainsi tous les objets ne font pas sens à toutes les échelles, dans tous les environnements thématiques, à toutes les vitesses d'évolution de l'image ! Mais quand un objet ne fait pas sens, cela ne signifie pas qu'il doive physiquement disparaître : il doit s'effacer, se désagréger, s'agréger, se fondre, se corrélérer en rapport avec le fond et les autres formes : c'est bien le sens que doivent prendre les notions de fusion, d'agrégation et de corrélation de données et d'informations.

d) Etat de l'art en géographie numérique

Depuis plusieurs siècles, les géographes savent repérer les lieux du territoire terrestre sur des cartes, à partir de relevés ponctuels précis. Cependant, les calculs de géoréférence sont souvent longs et difficiles, d'autant plus que la terre n'est pas tout à fait ronde et ne se laisse pas modéliser simplement. Dès lors que les images, photographies, plans et cartes terrestres ont pu être codées au format électronique pixel (raster), les informaticiens ont développé des bibliothèques de calculs permettant de géoréférencer ce type de document, c'est-à-dire de relier de façon biunivoque et continue un lieu géographique à sa référence cartographique.

Par ailleurs, avec l'amélioration des moyens de calcul, des algorithmes de plus en plus performants ont été mis au point ces dernières décennies (bibliothèques Cassini), qui prennent en compte les multiples systèmes de coordonnées en usage (Lambert, loxodromique, Mercator, latitude/longitude) à l'aide de modèles numériques de plus en plus fins. C'est ainsi que de véritables ateliers intégrés sont nés, qui permettent d'assurer la chaîne de traitement allant de l'image papier à l'image géoréférencée au format électronique compressé : ces ateliers sont forts utiles aux activités de traitement d'image, que ce soit dans le domaine du renseignement militaire ou dans celui de l'observation spatiale de la terre, notamment à partir de satellites. Le progrès de la capacité de stockage des données pixel est tel qu'il est aujourd'hui envisageable de disposer en ligne de grandes bases d'images géoréférencées, à des échelles variables, lisibles selon divers systèmes de coordonnées. Quant au format vecteur, il est également utile pour représenter des cartes, et notamment les formes ponctuelles (monuments, bâtiments administratifs, puits), linéaires (voies d'eau, voies de communication, frontières) et surfaciques (forêts, villes, champs). De plus, le calcul sur les vecteurs (longueur, surface, emprise, union) est très performant. Enfin, la notion de carte s'enrichit avec l'avènement des moyens de traitement moderne :

- de statique dans le temps, la carte devient cinécarte : elle évolue dynamiquement,
- de statique dans l'échelle, la carte devient hypercarte : elle s'adapte à différentes échelles et peut contenir des cartes imbriquées,
- de statique dans la thématique, la carte devient themacarte : elle représente des points de vue changeants sur les données.

2.2.2. La notion d'objet géoréférencé dans CHEOPS-TCHAD

a) Des objets et des classes

Dans CHEOPS, la représentation des connaissances est centrée sur la modélisation des concepts. L'approche est classique, issue des travaux sur les réseaux sémantiques ([Brachman 79]) de type KL-ONE, et se rattache au courant de la logique des descriptions : elle passe par la définition d'une algèbre des concepts compatible avec la relation de subsomption. En théorie, la représentation des

connaissances doit être indépendante du mode d'exploitation, conformément au principe de déclarativité. Dans la pratique, ce n'est pas si simple, et il s'agit plutôt de trouver un bon compromis entre l'opérationnalité du modèle et sa généralité ([Perrot 93]). Pour nos besoins propres, on mettra l'accent sur la construction de bases de connaissances exploitables par des raisonnements, en restreignant si besoin le champ d'application. En d'autres termes, on essaiera de doter les objets de savoir plutôt que de savoir-faire.

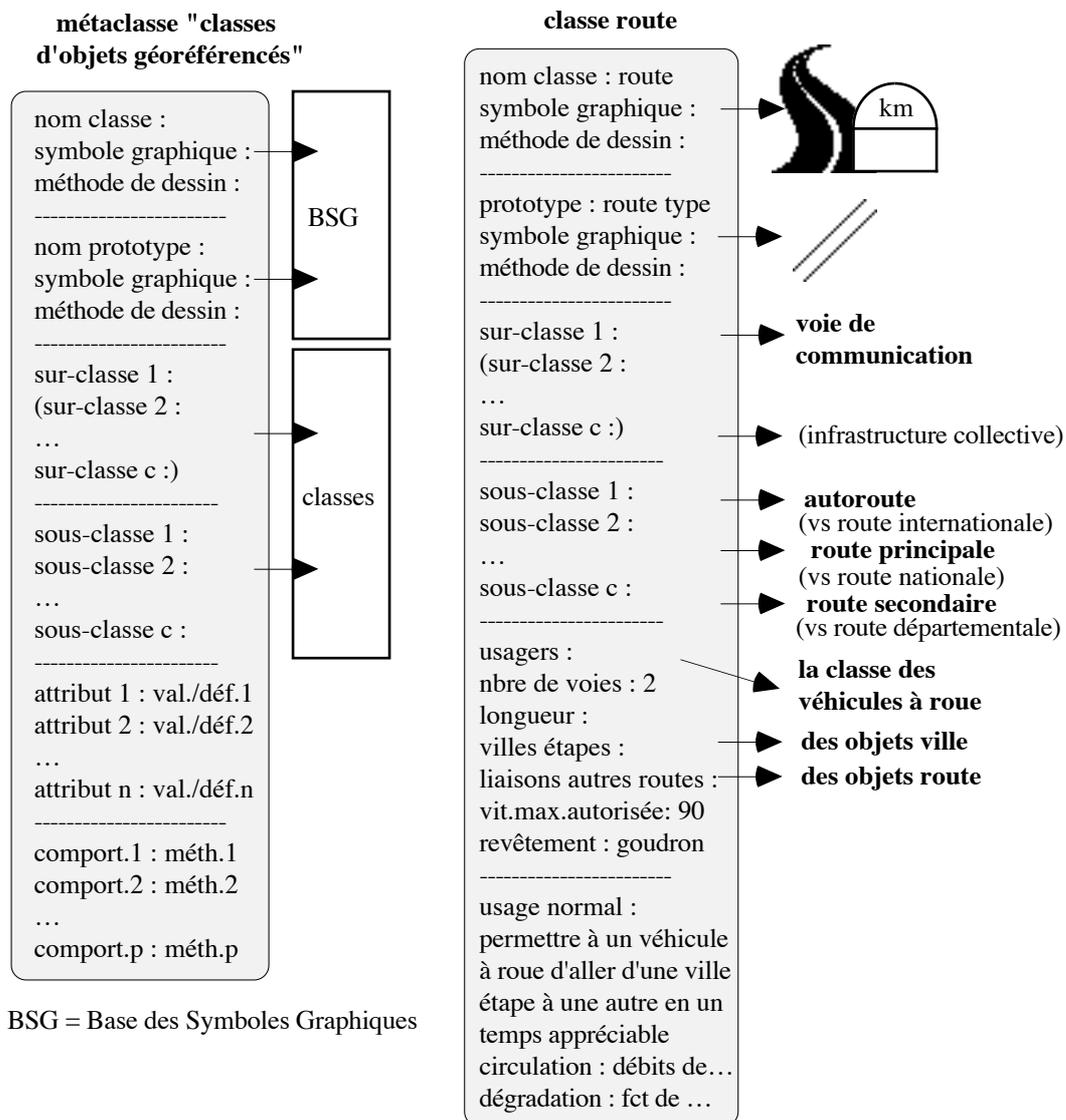


figure 3 : schéma d'organisation de la métaclasse des classes d'objets géoréférencés et de la classe route

Les langages à objets classiques ne sont pas adaptés à ces contraintes, et on a retenu pour CHEOPS un modèle à objets centré sur la structure de description attribut-valeur d'où sont minimisées les procédures, qui ont trop tendance à définir le comportement de l'objet sans permettre le raisonnement sur ce comportement. Ce qui distingue notre modèle des "frames" habituels est la séparation structurelle en deux niveaux d'organisation, celui des classes qui entretiennent entre elles des relations d'héritage décrivant des formes d'inclusion entre concepts, et celui des instances qui sont des

exemples d'entités qui tombent sous le concept ([Perrot 94]). On mettra en pratique, autant que faire se peut, la maxime suivante :

"Ce qu'on réifie bien se code simplement,
les classes pour ce faire arrivent aisément" (Boileau-Perrot).

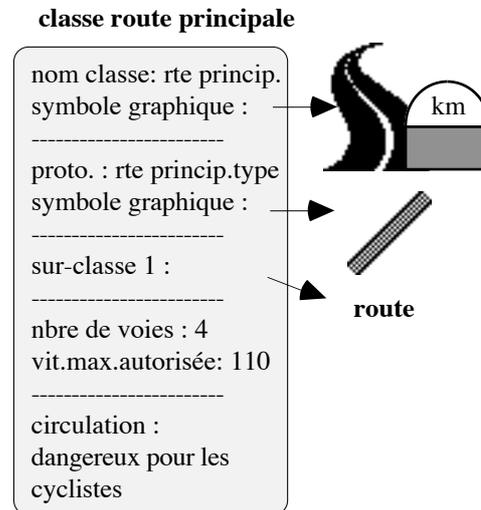


figure 4 : la classe route principale hérite de la classe route

b) Définition des catégories "singulier" et "particulier"

Il y a plusieurs façons de définir le lien d'instanciation, qui relie un objet à la classe unique dont il est une instance, mais la tendance est de considérer ce lien comme un lien ontologique, c'est-à-dire un lien qui caractérise l'être essentiel de l'objet par opposition à son étant (ontique) conjoncturel ([Husserl 1929], [Heidegger 1927]).

Par exemple, si on s'intéresse à la modélisation objet d'un mobile se déplaçant dans l'espace et occupant des positions spécifiques à certaines dates, on aura tendance à considérer le mobile comme un objet existant indépendamment des positions qu'il occupe dans l'espace à certaines dates, et on définira son mouvement comme un comportement ontologique (essentiel, par opposition à conjoncturel) qu'on décrira dans une procédure encapsulée au sein de l'objet. Il ne vient pas naturellement à l'idée de considérer autant d'objets, et donc autant d'instances de la classe, que de positions ontiques occupées par le mobile à des dates clés : ces dernières informations sont reconnues habituellement comme conjoncturelles*.

Dans CHEOPS, nous avons certes besoin de la notion classique d'instance ontologique, mais nous trouvons utile de gérer les états conjoncturels des objets dans le temps comme des déterminations ontiques donnant lieu à des objets déterminés jusque dans leur état conjoncturel : en particulier, la notion de détermination ontique permet de mieux gérer la temporalité de nos objets ([Pollet &

* Confer Piaget et sa théorie de la compréhension du monde par construction de modèles et de représentations persistantes, qui nous font capables de décider qu'une personne qui quitte la pièce est encore existante en tant qu'être, et que lorsqu'elle revient dans la pièce c'est elle qui revient et pas un clone.

Rousseaux 14]). Il faut rappeler à ce sujet qu'il n'existe pas encore de Système de Gestion de Base de Données à la fois Spatiales et Temporelles, même si de nombreux travaux font constamment progresser ce sujet ([Wuu & al. 93], [Snodgrass 92], [Rolland & al. 87], [Jensen & al. 92], [Bouaziz & al. 92], [Adiba & al. 86]). Notre approche a consisté à tirer le meilleur parti d'outils du marché, en les choisissant sur des critères d'ouverture aux technologies à venir.

Les instances ontologiques sont appelées des singuliers, ou par commodité des objets, ce qui est compatible avec le sens classique du mot. Les déterminations ontiques de ces singuliers sont appelées des particuliers : ainsi, chaque particulier dénote un objet du monde réel à un instant considéré, le singulier dénotant l'objet du monde réel au plan ontologique, sans tenir compte de son étant conjoncturel (figure 5). C'est ainsi que nous étendons le graphe conceptuel des catégories épistémologiques de notre modèle (d'après [Zacklad 93] et [Dewey 1938]).

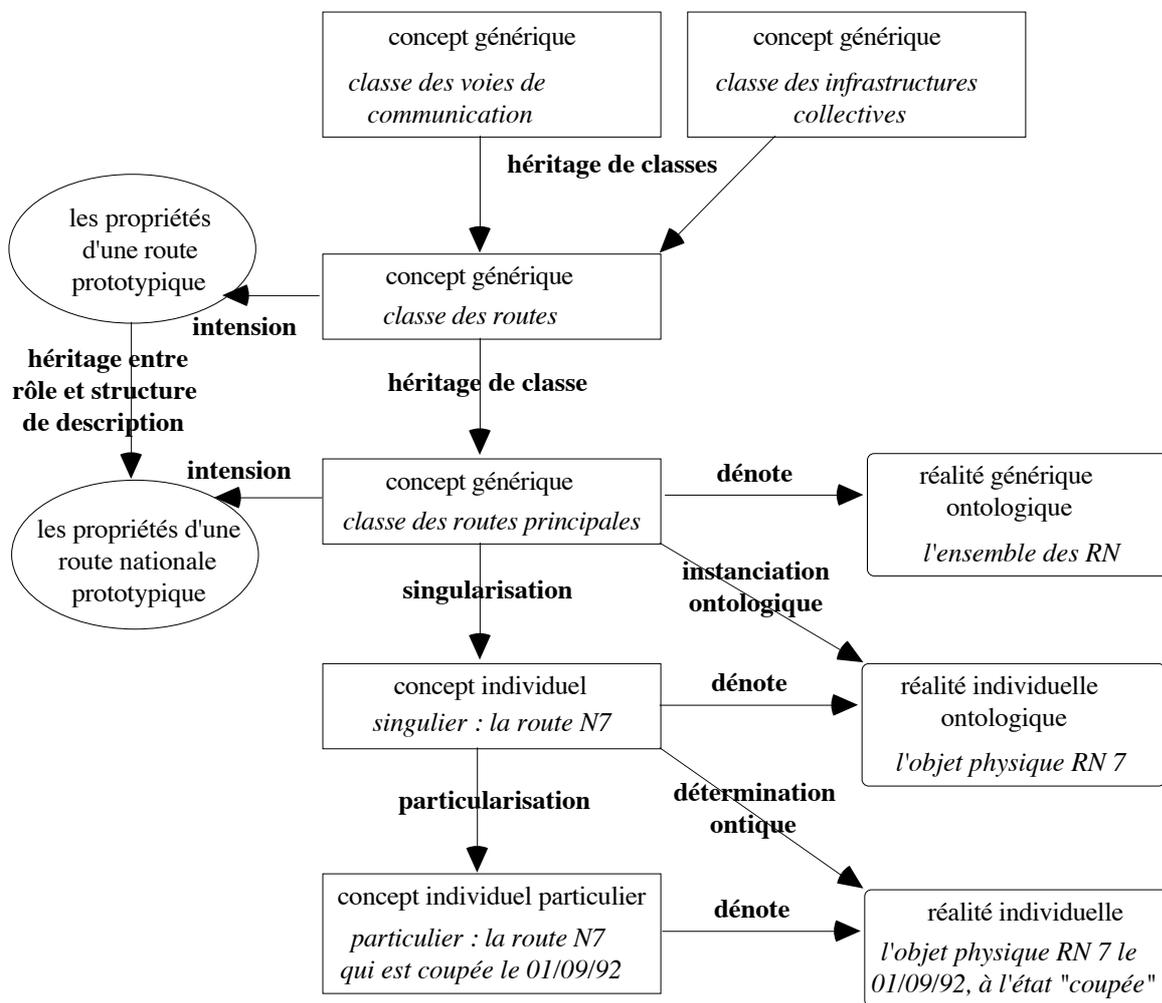


figure 5 : le graphe conceptuel des catégories épistémologiques du modèle en œuvre dans CHEOPS

c) Définition des objets géographiques et des objets tactiques

Tous les utilisateurs d'un système multiparticipant ne sont pas intéressés aux mêmes objets, et c'est le propre de la gestion de crises multiparticipant que de réunir autour de la même table (virtuelle) des acteurs humains qui ne partagent pas les mêmes objets. La notion de couche thématique permet

à chaque participant de construire son propre point de vue d'un théâtre géographique en sélectionnant des classes d'objets pertinents pour ses besoins : une couche thématique est un ensemble de classes.

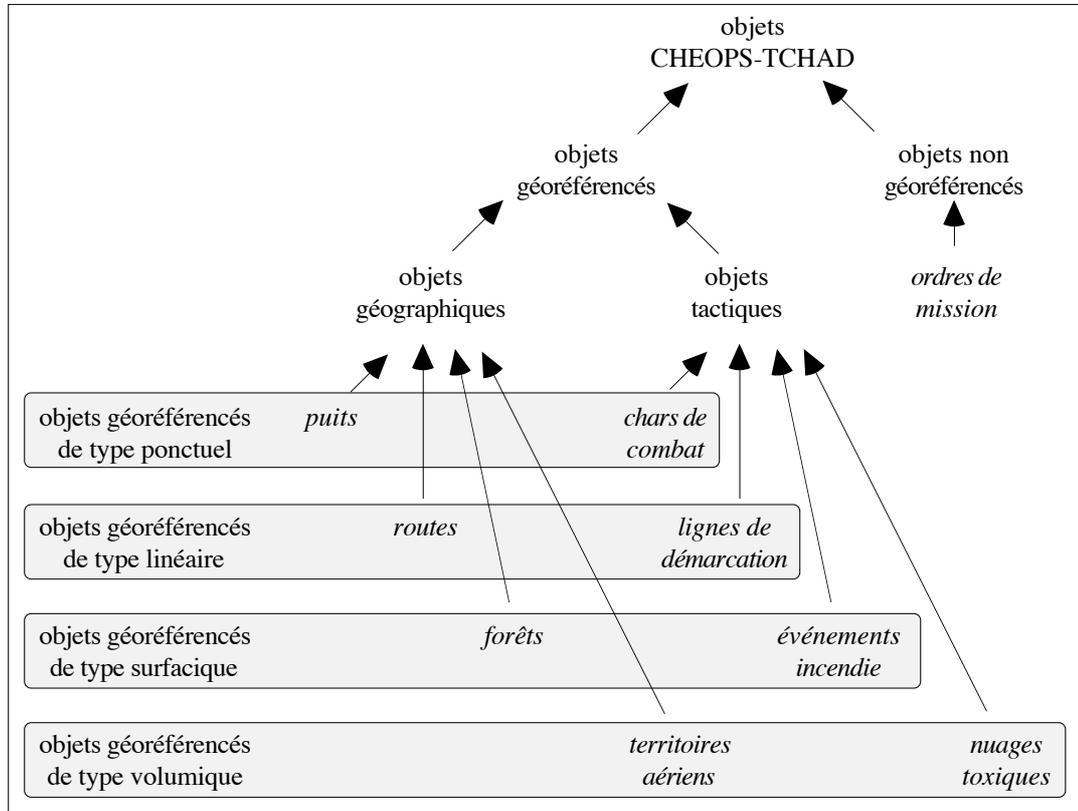


figure 6 : taxinomie des classes d'objets dans CHEOPS-TCHAD et prototypes associés

Il est utile de distinguer les objets géoréférencés (une route, un char), qui possèdent un lieu géographique significatif, des objets non-géoréférencés, comme par exemples les ordres de mission. De même, parmi les objets géoréférencés, on distingue encore les objets géographiques des objets tactiques. Par définition, les objets géographiques possèdent un lieu géographique ontologique, ce qui signifie que leur lieu géographique est lié à leur existence. Typiquement, on décrira un objet route par "la route Paris-Nice", ce qui signifie "une instance de la classe route caractérisée par le fait que son lieu est l'axe Paris-Nice". On remarquera que la détermination des particuliers géographiques n'est typiquement pas d'ordre géographique.

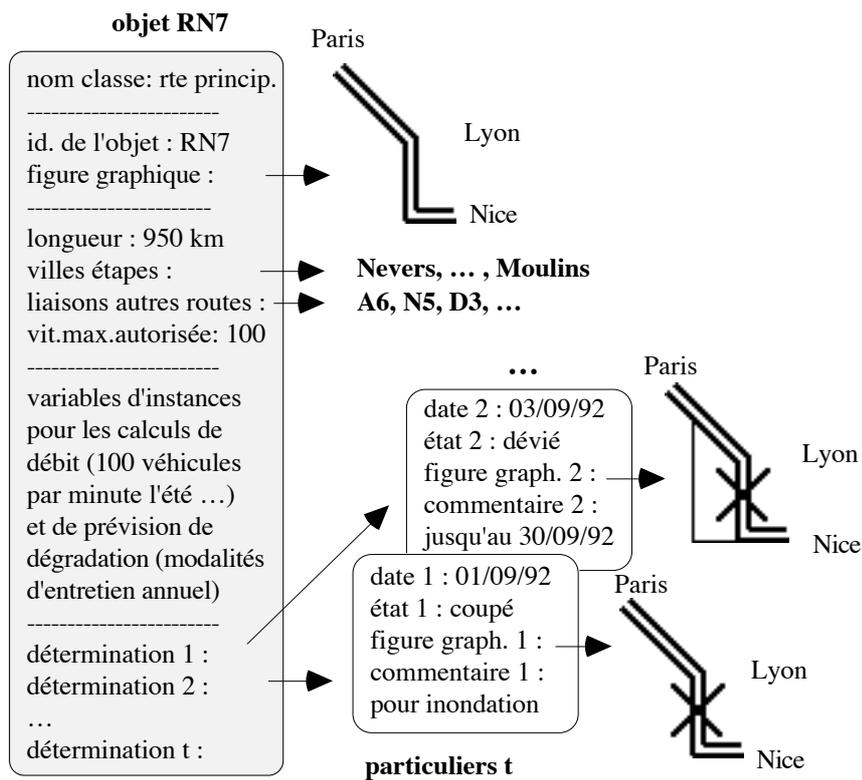


figure 7 : le singulier RN7, instance de la classe route principale, et ses particuliers

En terme d'ergonomie au Symbol Level, la création d'un objet géographique est subordonnée à la détermination de son lieu géographique, comme en témoigne la figure 8 qui décrit le processus interactif de création d'un objet.

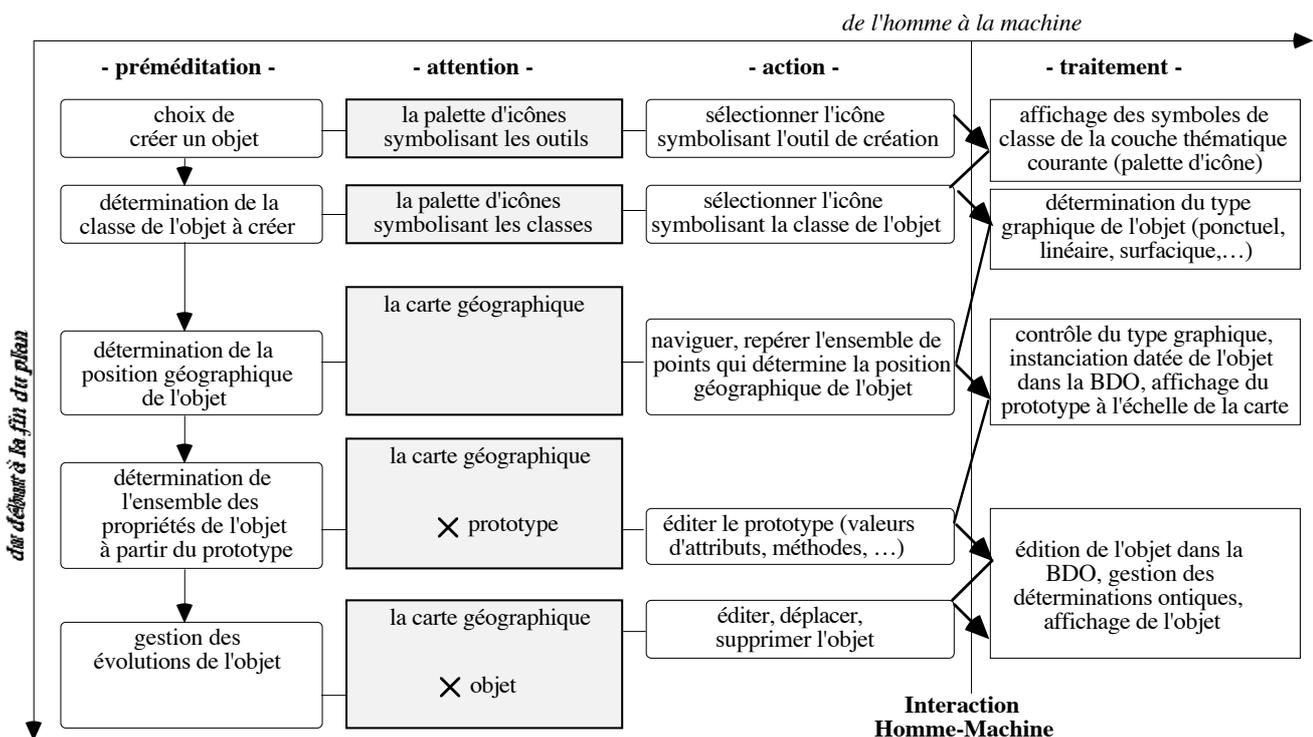


figure 8 : de la préméditation d'action à l'Interaction hommes-machine

De même par définition, les objets tactiques ne possèdent pas de lieu géographique ontologique : c'est le cas par exemple d'un char de combat, qui existe essentiellement indépendamment de son lieu, et dont le lieu est une caractéristique conjoncturelle susceptible d'évoluer, donc ontique par opposition à ontologique. On notera que la détermination des particuliers tactiques possède typiquement une composante géographique.

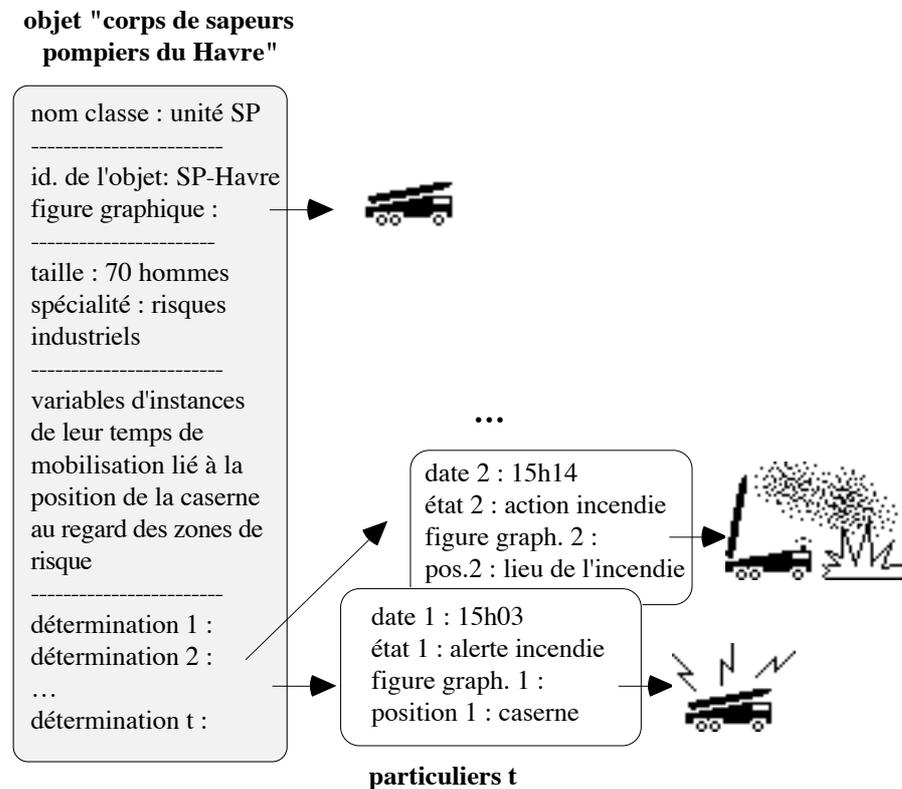


figure 9 : le singulier "corps de sapeurs pompiers du Havre" et ses particuliers

2.2.3. La sémiotique graphique des objets géoréférencés

La fonctionnalité de base du système CHEOPS est de représenter le théâtre géographique de manière intelligible, et on a vu que la question se posait très vite en terme de compromis entre pouvoir d'évocation et puissance d'expression. Notre solution technique a consisté à s'appuyer sur une offre d'outils du marché pour gérer une base d'images géoréférencées et procurer aux utilisateurs des moyens de constituer un fond documentaire d'images, sur les principes suivants :

- les images sont utilisées pour matérialiser l'espace géoréférencé et représenter le théâtre géographique, sachant que la détermination complète du théâtre géographique passe encore par le choix d'une orientation de l'espace, d'une échelle et d'un lieu de centrage,
- la navigation de l'utilisateur consiste à déterminer son théâtre d'intérêt, en jouant itérativement sur des paramètres d'échelle, de systèmes de coordonnées, de centrage et/ou de fond de carte ou d'imagerie, et de nombreuses facilités lui sont offertes afin qu'il puisse jouer sur les éclaircissements et utiliser des possibilités multimédia,

- les objets sont représentés par des symboles, dont nous allons décrire la gestion dans le paragraphe suivant.

a) Gestion des symboles graphiques des objets géoréférencés

Classiquement*, les variables d'instance des objets géoréférencés comprennent les coordonnées du lieu de l'objet, qui peut être de type ponctuel (un puits sur une carte à grande échelle), linéaire (une route ou une frontière administrative) ou surfacique (une forêt ou une ville).

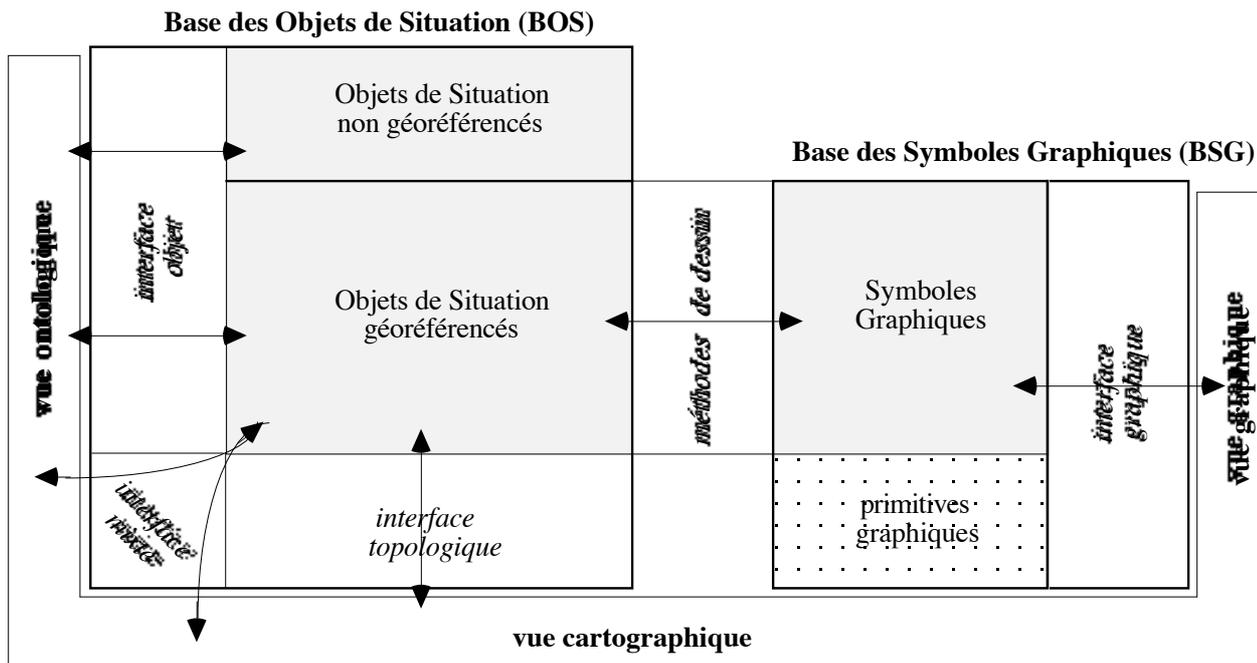


figure 10 : la représentation graphique des objets géoréférencés et la gestion des symboles graphiques

La boîte à outils mise en œuvre dans CHEOPS comprend un Atelier de Programmation Graphique orienté objets (APG), qui permet d'élaborer de façon interactive les méthodes de dessin des symboles graphiques, qui seront ensuite attachées dynamiquement aux objets ou aux classes d'objets. Pour cela, il existe un certain nombre de types de segments graphiques de base (marqueurs, lignes, surfaces, textes), et un certain nombre de méthodes de dessin dites élémentaires qui produisent de façon paramétrable des symboles élémentaires (ellipse, carré) ou agissent sur ces symboles (remplissage d'un contour fermé avec une trame spécifiée). Il est alors possible de décrire un enchaînement de méthodes élémentaires de dessin pour produire une figure, et produire ainsi une

* Si le lieu de l'objet est une variable d'instance, la classe peut également comporter des contraintes de lieu sur les instances, et traduire par exemple que "les cigales sont des insectes de l'ordre des homoptères, abondants dans la région méditerranéenne et vivants sur les arbres dont ils puisent la sève (Larousse 1992)", ce qui permet d'effectuer des contrôles à la création d'un objet et de souligner d'éventuelles anomalies, comme la présence d'une cigale en Alaska.

nouvelle méthode de dessin, réutilisable comme telle ou compilable sous forme de segment graphique après d'éventuelles manipulations vectorielles.

Mais la figure, si tant est qu'elle ait été paramétrée en fonction des attributs d'une entité (objet ou d'une classe d'objets), peut également être attachée symboliquement à cette entité : elle s'affichera alors pour représenter graphiquement l'entité, en fonction de certains paramètres significatifs (liés à ses caractéristiques, aux circonstances ou au contexte d'affichage) mais aussi à l'ergonomie de l'affichage (variation de la taille des symboles en fonction de l'échelle, enrichie parfois de niveaux de symbolique seuillés également en fonction de l'échelle).

b) Héritage sémantique vs héritage graphique

En règle générale, il n'y a pas de lien direct entre le graphe des classes sémantiques et le graphe des classes graphiques. Cependant, il arrive quelquefois que le lien s'établisse de façon fructueuse, comme par exemple dans le cas simplifié suivant, où la classe des régiments d'hélicoptères hérite à la fois sémantiquement et graphiquement des classes "régiment" et "unité d'hélicoptères".

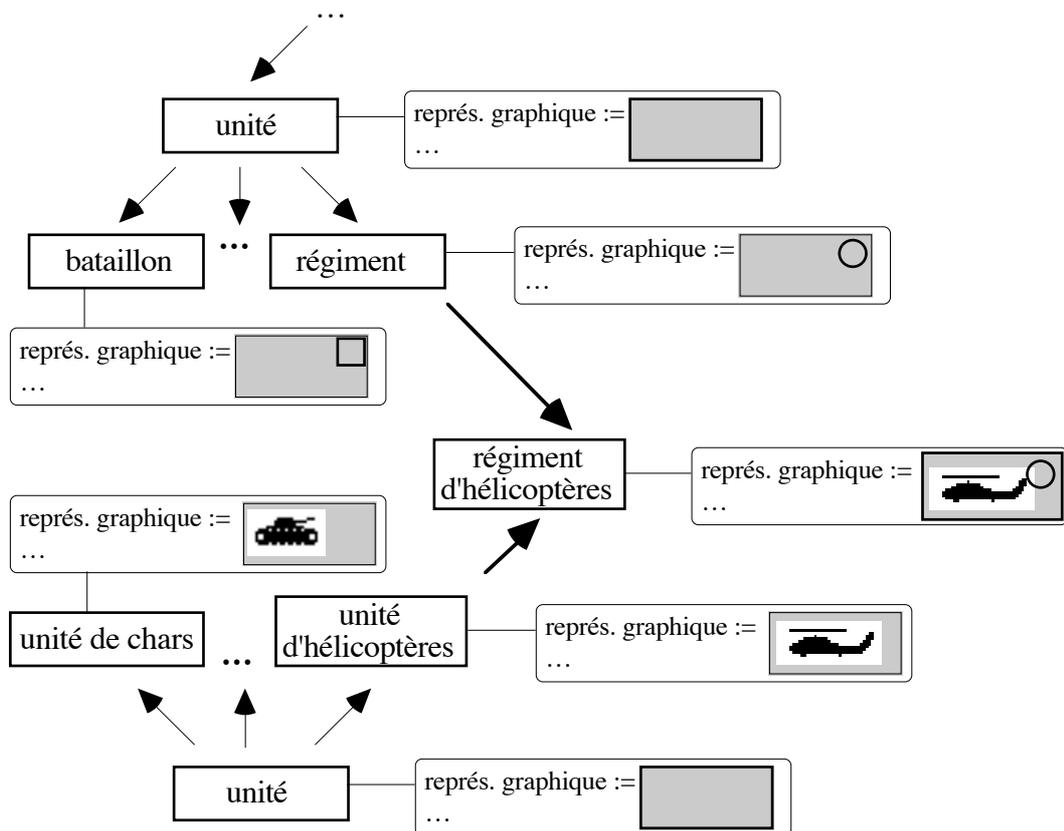


figure 11 : un cas de superposition de l'héritage sémantique et de l'héritage graphique

2.2.4. Les notions d'événement, de situation, de scénario et de crise

a) La notion d'événement

Dans CHEOPS-TCHAD, une dizaine de classes d'événement ont été répertoriées, allant de l'incendie à l'inondation en passant par le bombardement et la manifestation, sans oublier l'intrusion ennemie et l'invasion. La notion d'événement est assez intuitive : d'une part l'événement réifie et représente un ensemble de faits, reconnus comme des phénomènes de l'événement, et d'autre part il suggère des actions appropriées. Par exemple, un prototype de la classe événement-incendie réifie et représente typiquement un périmètre de feu et de fumée, ainsi qu'une zone d'agitation et un pourtour d'évacuation, sans oublier l'ensemble des méthodes décrivant la manière dont certains objets (forêt, route) ou événements sont impactés par l'incendie de manières différentes. Par ailleurs, un incendie suggère à la population riveraine et aux pompiers l'intention de l'éteindre, qui se traduit par un certain nombre d'actions plus ou moins coordonnées. D'un point de vue pratique, la notion d'événement est au cœur de l'interprétation de situations de crise, cette activité étant centrée sur la reconnaissance des événements et sur leur traitement, mais aussi sur la recherche de similarités entre différentes situations extraites d'une même crise ou de crises différentes, ou encore vues par des commentateurs différents, les événements constituant par nature de puissantes heuristiques de comparaison.

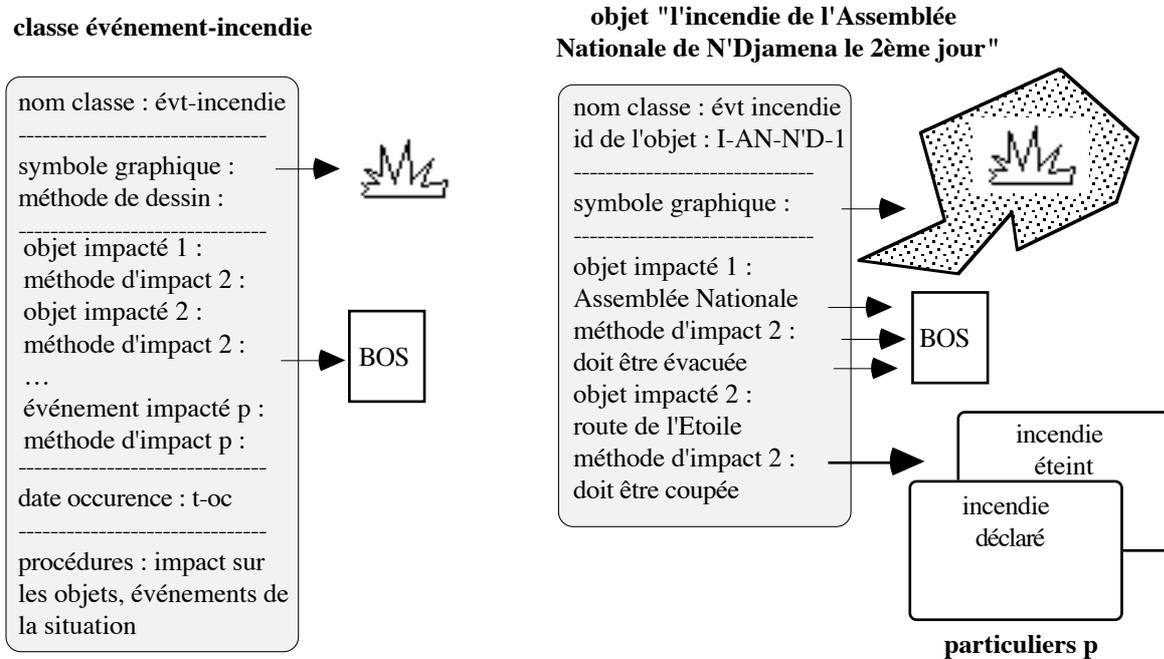


figure 12 : la classe événement-incendie et une de ses instances

b) La notion de situation

Une situation correspond à un théâtre géographique à un instant donné, enrichi des objets pertinents pour interpréter cette situation : c'est donc une notion subjective, qui vaut pour son usage pratique. Une situation de référence est une situation enrichie par des commentaires de toute nature et un statut particulier de représentation : les situations de référence sont notamment utiles pour exprimer des analogies entre situations durant une crise.

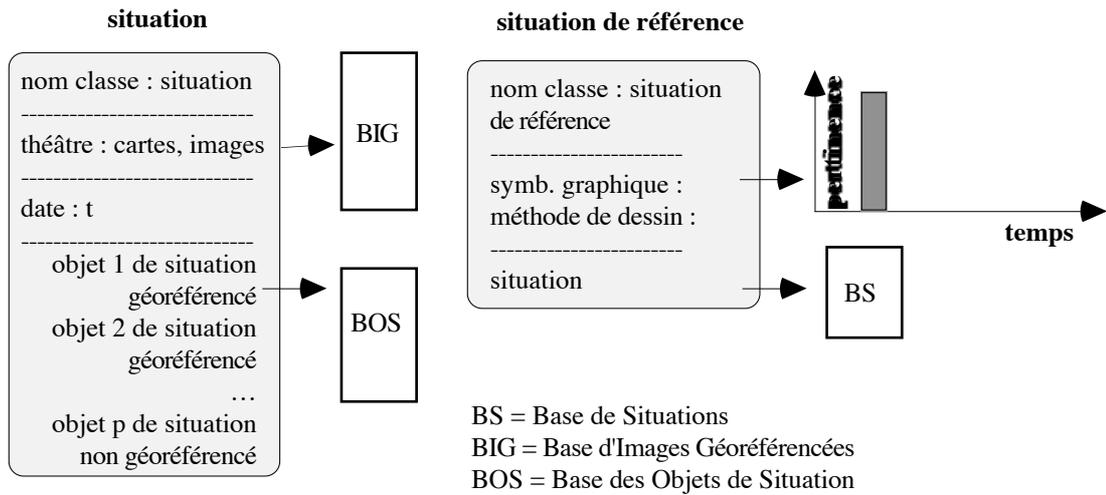


figure 13 : les classes situation et situation de référence

c) Les notions de scénario et de crise

Un scénario est une pile de situations de référence, qui possède une logique de représentation propre. Cette notion est à la base de la notion de crise, puisqu'une crise est un scénario encapsulé dans une plage de temps, qui possède une représentation graphique spécifique.

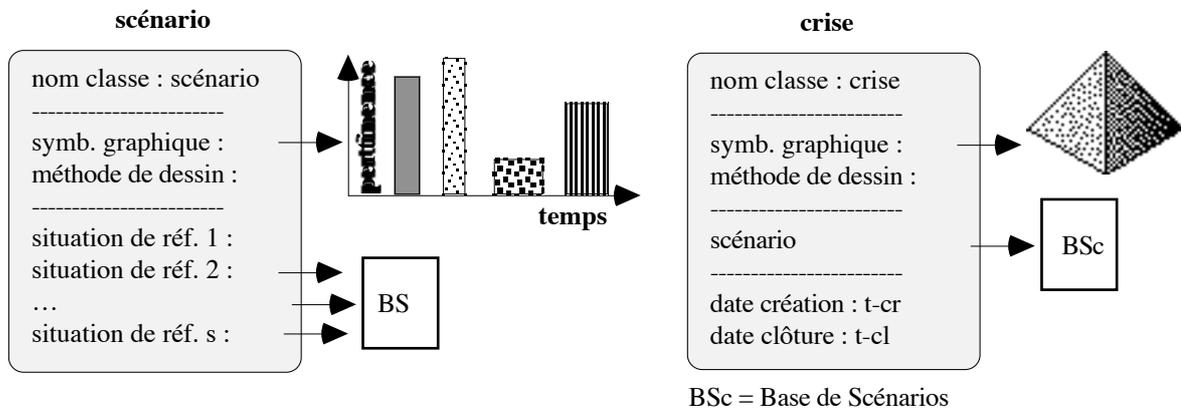


figure 14 : les classes scénario et crise

2.3. Conception et réalisation du système CHEOPS-TCHAD

2.3.1. Description de l'architecture générale du système CHEOPS-TCHAD

Nous avons choisi les composants d'architecture suivants pour le système CHEOPS-TCHAD, organisés comme représenté sur la figure 15 :

- station de travail sous UNIX,
- un bureau courrier en réseau X400,
- un SGBD Relationnel du marché (EMPRESS),
- un SIG du marché (URIAH de 3IG),
- un atelier de cartographie vecteur et raster,
- le produit SYSECA de planification OPX2,
- un serveur de Gestion Electronique de Documents (TOPIC de VERITY),
- des modèles numériques utiles.

Les Interface de Programmation de l'Application ont été dégagées à l'aide de modèles issus du génie logiciel ([Wylbolt 91]).

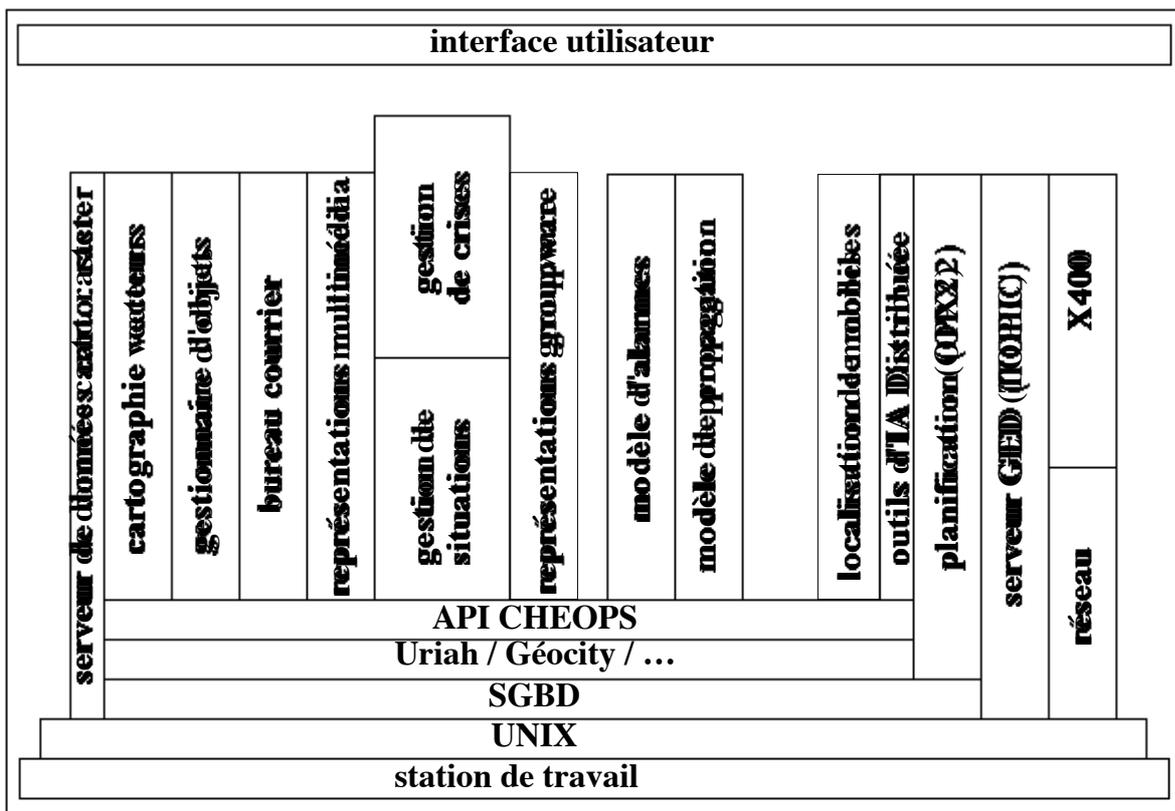


figure 15 : le schéma d'architecture de CHEOPS-TCHAD

2.3.2. Le choix de standards industriels

Les produits du marché évoluent rapidement, ce qui impose de faire des choix pérennes, donc standards. Les standards ont une durée de vie beaucoup plus grande que les outils non standards : par exemple, TCP/IP dure depuis bientôt dix ans et il y a peu de chances pour que les couches transport de demain ne soient pas TCP ou OSI. Les vendeurs de produits abandonnent d'ailleurs de plus en plus leurs couches propriétaires au profit de ces standards. Un investissement durable doit donc impérativement être pensé en fonction des standards stables ou émergents ([Boutrouille 94]). Il est d'ailleurs beaucoup plus facile de convaincre les clients d'un socle réutilisable en ayant un discours sur les standards plutôt qu'un discours sur telle ou telle solution géniale. Ceci est d'autant plus vrai que la production d'un standard est le fruit d'un long travail collectif et de la sélection du marché, ce qui conduit le plus souvent à des concepts simples et puissants.

Les standards sont produits par des groupes de normalisation bien connus comme l'OSI, l'IEEE, l'X/OPEN ou l'OSF; dans ces types d'organisation, les standards n'apparaissent qu'au bout d'une longue période de maturation (10 ans pour X500). Nous avons retenu pour CHEOPS les standards suivants :

- dans le domaine des IHM, X et MOTIF sont incontestables,
- dans le domaine des systèmes distribués, le modèle le plus connu est le modèle client/serveur et le moyen de communication le RPC,
- la notion de système distribué va certainement évoluer vers un modèle à objets répartis, et le seul organisme qui ait une réelle importance dans ce domaine est l'OMG, qui normalise le modèle de référence Common Object Request Broker Architecture (CORBA) et le mécanisme d'échange de messages entre objets distribués ORB; l'OMG normalise maintenant plusieurs classes d'objets standards tels que le dictionnaire des objets, les événements et les systèmes de persistance,
- dans le domaine de la compression d'images, les normes JPEG et MPEG sont de plus en plus suivies,
- si le domaine de la Gestion Electronique de Documents n'est pas encore stabilisé, la manipulation de documents composés se fait à travers OLE, la définition des structures de documents aux normes SGML, reprises dans CALS, et la normalisation des documents hyperstructurés au format HMEG,
- la production de données géographiques se fait au format DIGEST, compatible avec DCW et d'autres; la norme comprend des modèles conceptuels de données vecteur et raster, des formats de fichiers physiques ISO 8211, et des procédures d'administration des échanges,
- l'administration des réseaux se fait aux normes SNMP,
- les bases de données relationnelles sont aux normes SQL, et le transactionnel distribué à la norme de l'X/OPEN
- les langages de programmation sont normalisés ANSI (vrai pour le C, à venir pour le C++)
- les objets tactiques sont inspirés des STANAG et les objets graphiques de l'APP6.

2.3.3. Principales caractéristiques de l'implémentation

Au plan quantitatif, l'implémentation de CHEOPS-TCHAD peut se décrire ainsi :

- nombre de crises : une seule, la crise de trois jours au Tchad
- nombre de situations : environ 50, qui correspondent à chaque changement d'état du scénario, dont 5 situations de référence commentées

- nombre d'images : 10 environ, incluant des photographies satellites, des plans digitalisés et des cartes d'échelles et de thématiques diverses
- nombre de classes d'objets : 100 environ, la plupart regroupant des objets géoréférencés, se partageant en 2/3 de classes d'objets géographiques et 1/3 de classes d'objets tactiques dont une dizaine de classes d'événements
- nombre de singuliers : 300 environ, la plupart des objets géographiques n'ayant pas été digitalisés pour des questions de coût en temps de cette opération
- nombre de particuliers : 50 environ, qui correspondent aux changements d'état des singuliers durant le scénario de démonstration
- nombre de figures graphiques : environ 200, autant que de classes et de prototypes de classes, s'appuyant sur une vingtaine de motifs génériques
- nombre de boîtes de dialogue IHM : environ 200, incluant les éditeurs d'objets engendrés par un metagénérateur
- nombre de lignes de code : environ 50 000, sans compter 100 000 lignes générées par des outils automatiques

2.4. Evaluation et retour d'expérience de CHEOPS-TCHAD

2.4.1. Le cas réel de la crise

a) Régime permanent et régime de crise

En régime permanent, les hommes sont capables de prendre des décisions, c'est-à-dire de diagnostiquer des problèmes (existants ou à venir) et de proposer des plans d'actions à mettre en oeuvre pour les résoudre. On peut alors voir la décision comme le produit d'un raisonnement sur des interprétations issues de la situation, qu'on peut décomposer en processus imbriqués :

- trouver les bonnes interprétations de la situation (créer ou reconnaître les bons objets abstraits qui la caractérisent); cette tâche requiert de "l'expertise", c'est-à-dire une bonne connaissance du domaine (les bonnes attentes, la bonne attention, les bonnes intentions, ...) et une bonne capacité de validation (expérimentation et simulation, analyse de la valeur, génération et validation d'hypothèses, ...),
- trouver les bons raisonnements pour produire la décision (par exemple un diagnostic et un plan d'action), à partir de règles d'inférences et d'analogies, de suppositions et de simulations.

En régime transitoire, c'est la crise; une crise est avant tout une instabilité, voire une rupture, et la gestion de crise a ceci de paradoxal qu'elle tente de gérer l'instable, voire de maîtriser le chaos inséparable de toute rupture :

- en période de crise, les choses vont vite et les jugements sont difficiles à raffiner, le poids des enjeux pèse sur les décideurs, il y a "stress", fatigue et urgence,
- la crise coûte cher, fait perdre de l'argent et du temps, et en période de crise, les erreurs coûtent encore plus cher qu'en régime permanent,
- la crise peut infirmer des pratiques qui étaient supposées robustes à la crise : elle peut être décourageante,

- il faut de plus en plus rendre compte, expliquer, justifier, informer sur la crise : des questions de responsabilité, de traçabilité, d'assurance viennent exiger leur prise en compte,
- les hommes veulent capitaliser leur expérience dans ce domaine comme dans d'autres, et apprendre à contrôler jusqu'aux régimes transitoires et aux ruptures.

b) Crise et rationalité, crise et collectivité

Mais à y regarder de plus près, la rupture n'est jamais totale et des îlots de confiance subsistent, qu'il va s'agir d'appréhender et d'exploiter au mieux pour retrouver le contrôle de la situation. Ainsi de plus en plus, les hommes sont tentés par la gestion rationnelle de leurs crises. Ils veulent maîtriser et contrôler des situations complexes et imprévues qui, pensent-ils, risquent de les déstabiliser. Ils ont de bonnes raisons à cela :

- ils pensent avoir les moyens méthodiques de s'attaquer avec succès à ce problème,
- ils jugent les enjeux considérables.

Le temps est loin ([Marc Aurèle 175]) où un seul homme pouvait gérer une crise, et seuls des groupes réels ou virtuels, fonctionnant sur des modes concertés et riches au plan humain, peuvent espérer contrôler une situation complexe et dynamique. La gestion de crises est aujourd'hui une activité typiquement multiparticipant, c'est-à-dire qu'elle fait appel aux compétences coordonnées d'un groupe réel ou virtuel d'experts. Retrouver cette dynamique de groupe est un des enjeux majeurs de ce domaine. La gestion de crises est une activité qui n'a de sens que coordonnée, ce qui ajoute encore à sa complexité fondamentale : d'autant que la coordination devra discipliner la productivité des participants, sans contraindre leur efficacité; si on ajoute à cela que le groupe de participants à la gestion de la crise travaille typiquement dans une organisation éphémère et fugitive, quelquefois même spécialement mise en place pour les circonstances, c'est tout le problème de la souplesse réactive des organisations qui est posé. Par exemple, pour gérer une crise ou interpréter une situation, il est préférable d'être plusieurs, ne serait-ce que pour se répartir la tâche :

- dans le temps (des experts se relaient),
- dans l'espace (des experts se répartissent des zones géographiques),
- dans la spécialité (des experts se répartissent des domaines opérationnels),
- dans les actions (tel expert est spécialiste de fusion du renseignement, tel autre d'enrichissement d'hypothèse par renseignement de documentation),
- dans les rôles fonctionnels (tel expert coordonne telle action, tel autre interface les institutions).

Ajoutons que les modes de coopération peuvent être multipliés, allant de la concurrence à la "concourance", en passant par la hiérarchie et la compétition; en bref, l'étude des configurations humaines de gestion de crises nous ramène à l'étude des organisations dans son ensemble. Dans ce domaine, l'informatique a d'abord cherché à objectiver, à se dégager de la subjectivité de l'homme, de l'utilisateur : en ce sens, elle a pu produire des systèmes originaux. Mais en ce sens aussi, l'informatique est en rupture épistémologique avec les sciences humaines. Il se trouve qu'aujourd'hui, les systèmes complexes comme les Systèmes d'Information et de Communication ont besoin d'hériter des sciences humaines et de se restructurer autour d'une démarche transdisciplinaire, qui manque encore aujourd'hui cruellement en informatique, malgré l'apport incontestable de l'Intelligence Artificielle.

2.4.2. Limites de l'approche narrative dans un cadre de résolution de problème effectif

Par delà les fonctionnalités de présentation de l'information géographique et de communication avec d'autres systèmes, la nécessité de fonctionnalités plus "intelligentes" a été mise en évidence lors de l'expérience CHEOPS-TCHAD, pour permettre l'aide à la résolution de problèmes et l'aide à la découverte.

a) Apport de la planification

Dans les SIC d'aide à la gestion de crises, l'accent est souvent mis sur la gestion prévisionnelle des crises, à travers les modules de suivi de situation, de simulation et de gestion d'alarmes. Mais il arrive que la prévision d'une crise ne suffise pas à la prévenir; il s'agit alors de mettre en place une gestion opérationnelle de la crise au cours des trois volets suivants :

- gestion opérationnelle anticipée : il s'agit de planifier les actions de secours, d'allouer les ressources nécessaires à ces actions, d'optimiser certains paramètres clé,
- gestion opérationnelle au fil de l'eau : il s'agit de tenir à jour la situation, d'actualiser les paramètres de décision, et de faire évoluer les plans en fonction de la réalité,
- gestion opérationnelle du retour à la normale : il s'agit une fois la crise passée, de désengager de façon maîtrisée les ressources d'exception mises en place.

Pour toutes ces fonctionnalités, des modules de planifications sont à prévoir, s'appuyant sur des techniques à base de règles et/ou de propagation de contraintes.

b) Apport de la gestion électronique de documents

Dans les SIC d'aide à la gestion de crises, l'accent est mis sur le renseignement de situation, dès lors que l'objectif du système est de traiter des cas concrets. Mais l'apport du renseignement de documentation dans la gestion de crises est également déterminant, à plus d'un titre :

- l'archivage de dossiers de crises commentés, visant à constituer un véritable corpus de déroulement de crises, permet d'établir des points de comparaison, des arguments décisionnels, ainsi qu'une aide précieuse à l'innovation; de plus, la structuration d'un véritable patrimoine de gestion de crise permet d'élaborer des notions mutualisées comme les notions de risque maîtrisé et d'assurance,
- l'apport de données extraites sur demande avec des outils appropriés permet d'étayer les décisions, de les ouvrir à des informations complémentaires, et également de tester/mettre à jour ces informations.

Ce va et vient permanent entre les cas et les informations est très fertile, et peut se comparer à la législation : on traite le cas juridique avec les lois et les informations dont on dispose, et seuls les cas difficiles à rapprocher de cas passés font l'objet, par le mécanisme de jurisprudence, d'amendements ou de créations de nouvelles lois. Pour toutes ces fonctionnalités, des modules de gestion électronique de documents sont à prévoir, s'appuyant notamment sur des techniques d'indexation plein texte multistandard.

c) Apport de la réalité virtuelle

Dans les SIC d'aide à la gestion de crises, la notion de communication multimodale et multimédia est présente, et préfigure un usage riche des nouvelles communications hommes-machine. L'homme est multicapteur et multi-actionneurs, et il sait faire collaborer ses capteurs de façon synergique, mettant à profit au bon moment telle ou telle spécificité de tel ou tel capteur. De même, il est capable d'excellentes analogies perceptives : c'est l'objectif de la réalité virtuelle de proposer des environnements informatiques permettant la simulation d'activités humaines complexes et très évolutives ([Feiner 93], [Rousseaux 6]).

d) Apport du groupware et du Computer Supported Cooperative Work (CSCW)

Dans les SIC d'aide à la gestion de crises, l'accent est mis sur l'interopérabilité de systèmes hétérogènes, en termes de communication de messages et d'informations stratégiques. Pour autant, des modèles de collaboration hommes-machine sont encore à penser pour aboutir à un véritable système multiparticipant, cohérent au delà de la diversité des agents et des institutions en jeu. En effet, les organisations mises en place pour traiter une crise ou un risque de crise sont typiquement :

- hybrides : des experts d'horizons différents et de visions parfois divergentes doivent collaborer et valoriser jusqu'à leurs désaccords, à travers des mécanismes souples de coopération/concurrence/compétition,
- éphémères et fugitives : le déploiement d'une cellule de crise doit être rapide, et l'organisation même du collectif humain doit faire partie intégrante du système d'information outillant la gestion des crises.

Pour toutes ces fonctionnalités, au cœur des enjeux de la gestion de crises, une réflexion profonde doit être menée, s'appuyant notamment sur des nouvelles techniques de gestion pragmatiques de groupes d'individu autonomes.

e) Apport de l'aide à la décision symbolique

L'état des recherches applicables en matière d'aide à la décision symbolique est tout à fait significatif, et il s'agit de sélectionner les approches pertinentes pour la gestion de crises, incluant les techniques d'apprentissage automatique ([Kodratoff & Rousseaux 1]). Avec en particulier :

- le Case Based Reasoning, qui permet de mettre en pratique des mécanismes d'analogie pour supporter des études de cas complexes dans le sens de l'aide à la décision justifiée,
- d'autres techniques d'apprentissage ([Michalski 86], [Michalski 93], [Mitchell & al. 83], [Kodratoff 86], [Rousseaux & al. 2], [Dejong & Mooney 86], [Barès & al. 94]) mettent à profit des explications produites par les experts en phase de décision pour généraliser de façon contrôlée des modes de résolution de problème (Similarity Based Learning, Explanation Based Learning).

f) Autres aspects à prendre en compte

Voici quelques uns des problèmes soulevés par les SIC, et qui constituent autant de contraintes sur la représentation des connaissances :

- base de données pour les SIC
 - représentation d'objets dans l'espace et le temps,
 - gestion de l'incertain (et de ses variations temporelles et multiparticipant),
 - gestion du flou (et de ses variations spatiales, liées notamment à la notion d'échelle de représentation géographique).

- la gestion de l'attention dans les SIC
 - échelle pertinente de granularité dans l'espace,
 - échelle temporelle de granularité dans le temps, pertinente pour la prévision,
 - on ne peut faire des prévisions sur un phénomène que si on a un certain recul spatio-temporel : pour un incendie de forêt, on ne peut pas se contenter d'étudier la zone de feu uniquement, il faut juger de l'évolution sur une zone élargie; de même dans le temps : l'attention n'est pas limitée brusquement dans l'espace/temps, il faut savoir lui donner des conditions souples aux limites.

- l'aide à la décision dans les SIC
 - prendre des clichés de situations intéressantes,
 - commenter symboliquement ces clichés,
 - comparer ces clichés à d'autres clichés de la crise ou d'autres crises,
 - la question du zoom dans son ergonomie et dans la sémiotique associée : que deviennent les symboles en terme d'échelle de représentation, de pertinence avec cette échelle ? (c'est en fait la question de l'agrégation symbolique),
 - savoir représenter que quelque chose n'existe plus.

- l'ergonomie dans les SIC
 - il faut détecter les intentions de l'utilisateur à partir d'actions élémentaires, et savoir prévoir / anticiper / lever les ambiguïtés en comprenant ces actions élémentaires comme s'inscrivant dans des tâches téléologiques (signification par rapport à des buts supposés de l'utilisateur, comme dans l'approche GEOCOOP, décrite dans [Zacklad & Rousseaux 15]),
 - par exemple, à tel niveau d'échelle, il faut supposer le niveau d'agrégation des objets présentés, ou avec telle couche thématique montée, il faut savoir présumer de l'intérêt de présenter telle ou telle donnée,
 - il faut tirer profit des commandes oculomotrices en réalité virtuelle.

2.4.3. Bilan scientifique : vers la rétroconception du système CHEOPS-TCHAD au Knowledge Level

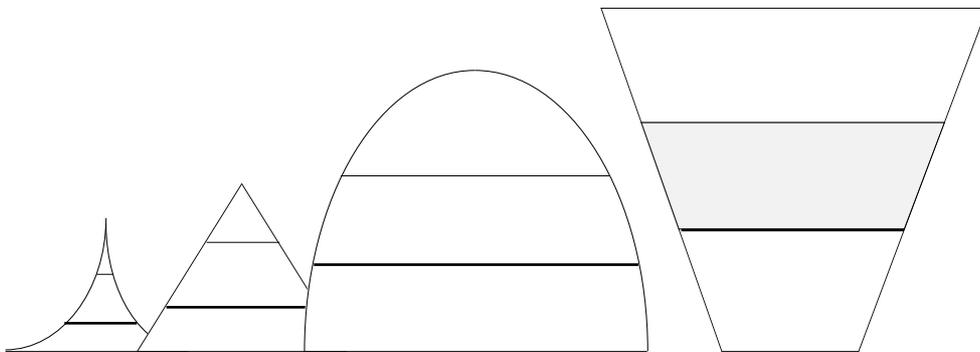
Le démonstrateur d'aide à la gestion de crises militaires CHEOPS-TCHAD a permis de montrer que l'approche Intégration de Systèmes, doublée d'une expertise domaine et d'un minimum de considérations inspirées des sciences cognitives et des sciences humaines, permet de rendre compte, sous l'angle narratif, de la nature d'une crise donnée. Mettre en œuvre ce démonstrateur nous a également permis d'imaginer les problèmes réels d'un acteur effectivement impliqué dans une crise réelle, et de mesurer les questions ontologiques à expliciter pour évoluer d'une ambition de narrativité à une ambition de résolution effective de problèmes collectifs complexes.

Nous avons par la suite réalisé d'autres applications proches de la gestion de crises (aide humanitaire et évacuation des ressortissants dans une grande métropole étrangère, gestion d'inondations catastrophiques dans le Sud de la France, gestion des risques industriels transfrontières au niveau européen), avec le souci constant de progresser dans la capitalisation de nos savoir-faire en termes de connaissances indépendantes des technologies et des architectures d'implémentation informatique et en nous inspirant des démarches issues du projet Knowledge Acquisition and Design Support (KADS), représentées au sein de la Société par le projet européen VITAL.

Lors de la quatrième application, touchant à la protection des frontières d'un état d'Asie du Sud-Est, nous avons formalisé le processus de rétroconception des savoir-faire au niveau des connaissances, en nous appuyant sur des principes simples inspirés des sciences humaines, autant que possible évocateurs de comportements ancestraux et collectifs. Le but est de produire des modèles génériques et réutilisables d'activités. Les parties suivantes décrivent nos résultats.

Partie 3

Contribution à un modèle de coopération multi-agents pour l'aide à la gestion de crises



3.1. Présentation générale de la méthode MADEINCOOP

Le groupe COOP rassemble depuis 1992 des chercheurs de spécialités différentes sur le thème de la modélisation de la coopération hommes-machine. Le groupe COOP est aujourd'hui constitué de :

- Régine Bourguin et Manuel Zacklad, du Groupe de Recherche sur le Risque, l'information et la Décision de l'ENS de Cachan,
- Patrick Brézillon et Pascale Zarate du LAFORIA de l'Université Paris 6,
- Sylvette Petolla et Anne Brygoo du DRI de l'Université Paris 6,
- Françoise Darses et Laurent Karsenty du Laboratoire d'Ergonomie et de Neurosciences du Travail du CNAM,
- Sylvie Després de l'UFR Mathématique et Informatique de l'Université Paris 5,
- Rose Dieng et Alain Giboin de l'INRIA,
- Camille Rosenthal-Sabroux du LAMSADE de l'Université de Paris Dauphine.

Entre autres actions, le groupe COOP s'efforce d'entretenir une analyse bibliographique des publications scientifiques paraissant sur le sujet, et développe une méthode de modélisation multi-agents de la coopération hommes-machine, sous l'appellation de MADEINCOOP : la modélisation se fait au niveau des connaissances, et se décline sous forme d'un modèle de tâche, d'un modèle des agents et d'un modèle d'organisation, avant de raffiner ces modèles par des méthodes inspirées des sciences cognitives.

Le groupe COOP prospectait des champs d'application en vraie grandeur, à un moment où l'équipe CHEOPS était en recherche d'une méthodologie de prise en compte des problèmes de coopération multi-agents et notamment d'interopérabilité entre agents artificiels : les deux équipes ont mené une démarche commune qui a conduit à la définition du projet GEOCOOP et à un Rapport de Recherche INRIA ([Zacklad, COOP & Rousseaux 15]).

Par la suite, Manuel et moi avons continué à travailler sur le sujet ([Zacklad & Rousseaux 21]), en cherchant à appliquer toujours plus rigoureusement la méthode MADEINCOOP aux scénarios de CHEOPS, ce qui ne cesse de faire évoluer MADEINCOOP et qui ne cesse de faire progresser la percolation en milieu industriel de la notion de coopération, considérée au niveau des connaissances. Cette partie du mémoire est un des fruits de cette collaboration, qui hérite par conséquent pleinement des travaux du groupe COOP, et plus particulièrement de ceux de Manuel Zacklad, sans lesquels elle n'existerait pas. Le lecteur intéressé par la méthode MADEINCOOP trouvera de plus amples descriptions dans [Zacklad 93], [Zacklad 94] et [Zacklad & Rousseaux 21].

3.1.1. Principes de la méthode de modélisation MADEINCOOP

La modélisation de la coopération dans MADEINCOOP s'organise autour de quatre grands principes.

a) Conception de l'activité coopérative hommes-machine au niveau des connaissances

Dans MADEINCOOP, la coopération est modélisée au niveau des connaissances, c'est-à-dire que la description du comportement du système et de ses utilisateurs est faite en considérant des agents humains et artificiels à qui on attribue des buts et des connaissances, sans faire référence aux caractéristiques

téristiques techniques des systèmes qu'on conçoit. Cette approche suffit d'ailleurs souvent à discriminer l'approche au regard des démarches comme le CSCW (groupware), qui mettent davantage l'accent sur le rôle de support du travail collectif pris par des techniques informatiques.

b) Positionnement des situations de coopération dans un contexte organisationnel global

La modélisation de la coopération commence par la description d'un Modèle Global de l'Activité Collective (MOGAC) qui décrit l'organisation, les tâches qu'elle effectue et les caractéristiques des agents humains et artificiels qui y participent. Cette première modélisation permet d'identifier des sous-groupes d'agents interagissant fréquemment pour poursuivre un but commun, avant d'aborder la modélisation précise de leur coopération. Au niveau du MOGAC, les modalités de coordination entre agents sont envisagées à un niveau macroscopique, comme dans les recherches en sciences des organisations.

c) Description de la dynamique de la coopération dans la perspective d'acteurs rationnels

Lors de la modélisation fine de la dynamique de coopération, on adoptera une perspective particulière sur les systèmes humains et artificiels qui, au lieu d'être centrée sur leurs procédures et représentations internes, permettra de les appréhender du point de vue de leurs interactions: alors que la description au niveau des connaissances consiste à décrire l'activité des systèmes comme celle d'agents rationnels cherchant à atteindre leurs buts en gérant au mieux leurs connaissances, MADEINCOOP propose de généraliser cette démarche en appréhendant les agents comme de véritables acteurs sociaux engagés dans des activités collectives.

d) Description des activités coopératives de l'acteur rationnel selon trois points de vue

Dans MADEINCOOP, la modélisation de l'activité de l'acteur se fait selon trois points de vue : le point de vue du modèle de résolution de problème, le point de vue de la coordination (à un niveau plus fin qu'elle n'est appréhendée dans le MOGAC) et le point de vue de la communication. Selon chacun de ces points de vue, MADEINCOOP propose d'identifier des actes de résolution de problème, des actes de coordination et des actes de communication.

3.1.2. Le Modèle Global d'Activité Collective dans MADEINCOOP

La première étape de la méthode MADEINCOOP consiste donc à décrire la nature de l'activité réalisée, les agents impliqués et l'organisation adoptée, au niveau global du domaine considéré.

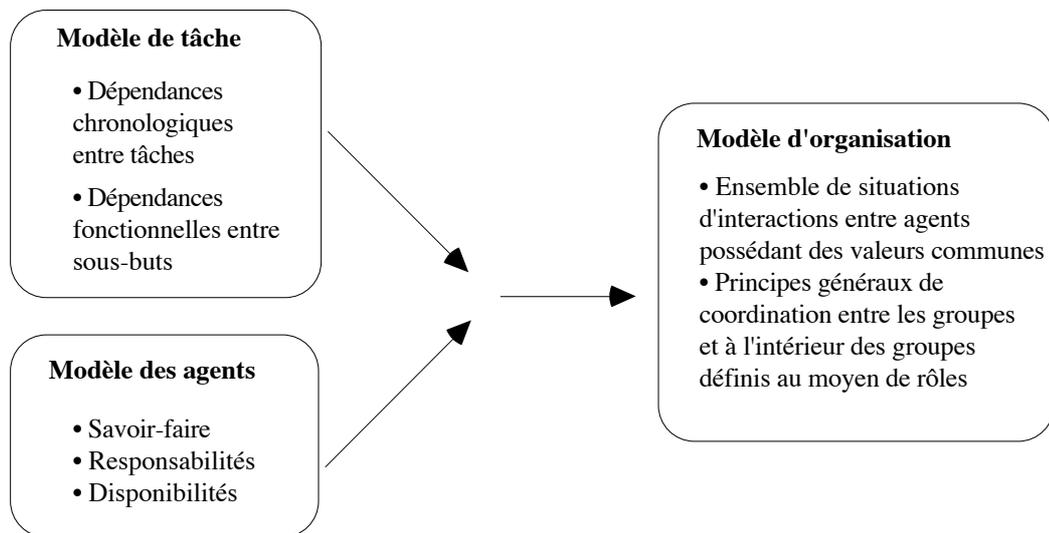


figure 1 : les différents modèles du MOGAC proposés dans MADEINCOOP

a) Le modèle de la tâche de MADEINCOOP

Le modèle global de la tâche doit fournir un premier schéma modélisant les buts globaux de l'activité, et les moyens que l'on prévoit de mettre en œuvre pour atteindre ces buts. Le modèle de la tâche inclut une description des dépendances chronologiques entre les tâches, et une description des dépendances fonctionnelles entre les sous-buts.

b) Le modèle des agents de MADEINCOOP

Le second modèle du MOGAC est le modèle des agents. Pour chaque agent en présence, on définira ses savoir-faire, ses responsabilités et ses disponibilités : alors que le savoir-faire correspond à la maîtrise d'un moyen particulier permettant d'atteindre les sous-buts d'une tâche, la responsabilité correspond au pouvoir de décision que peut exercer un agent par rapport à des alternatives en présence.

c) Le modèle d'organisation de MADEINCOOP

Dans le modèle d'organisation de MADEINCOOP, on commence par mettre en place les modalités d'appariement entre les agents et les tâches, de façon à respecter à la fois les contraintes émanant des caractéristiques des agents et celles provenant des moyens à mettre en œuvre pour atteindre les sous-buts définis par la tâche. Le résultat de cet appariement sera la définition d'un certain nombre de situations d'interaction entre agents, auxquelles on adjoindra des principes généraux de coordination, aussi bien entre les groupes d'agents qu'à l'intérieur des groupes.

Dans MADEINCOOP, les groupes d'agents définis par le modèle d'organisation s'appuient sur trois types de paramètres :

- un cadre spatio-temporel et/ou des moyens de communication à distance, rendant possibles les interactions en simultané et/ou en différé,
- la donnée d'un but commun défini dans le modèle de tâche,
- la donnée d'un certain nombre de rôles définis en termes de savoir-faire et de responsabilités, qui devront être assumés par les agents du groupe.

3.1.3. Le modèle de tâche de MADEINCOOP, appliqué à CHEOPS-CRISE-GEOPOLITIQUE

Nous allons décrire le modèle de tâche de MADEINCOOP sur l'exemple du scénario CHEOPS-CRISE-GEOPOLITIQUE, en nous inspirant du scénario CHEOPS-TCHAD, et en considérant une équipe de spécialistes de gestion de crise composée d'un Etat-Major de crise, constitué de deux Postes de Commandement (PC) : le PC central se tient au sein de la DRM à Paris, et le PC local est situé à N'Djamena.

On s'en souvient, la crise dont il est question se déroule sur une période de temps de trois jours. Durant cette période, on peut distinguer deux types de phases :

- des phases critiques au cours desquelles des événements nouveaux surviennent à un rythme assez rapide, et pouvant nécessiter des prises de décision à court terme,
- des phases non critiques au cours desquelles la situation n'évolue que lentement.

Dans la gestion de cette crise, on distinguera donc deux sous-tâches principales, selon que la situation est jugée critique ou non. Si la situation n'est pas critique, les PC font essentiellement de la gestion prévisionnelle, cherchant à imaginer les différents scénarios possibles et les réponses à y apporter. Si la situation est critique, les PC font de la gestion opérationnelle, qui vise à :

- suivre la situation et son évolution, en enregistrant et en documentant les informations qui parviennent au PC,
- interpréter les événements qui se déroulent sur le théâtre d'opération, pour préparer les décisions,
- définir les situations cibles à atteindre (se fixer des buts),
- planifier les moyens d'atteindre les situations cibles (en utilisant le cas échéant des simulations),
- suivre le déroulement de l'intervention, ce qui peut amener à réviser le plan d'action, les situations cibles visées, ou l'interprétation donnée à la situation.

Dans notre exemple nous allons étudier la sous-tâche d'interprétation de situation, phase névralgique qui conditionne l'ensemble des étapes ultérieures. Interpréter une situation, c'est rendre compte des événements qui se sont déroulés sur le théâtre d'opération et de leur évolution, en mettant en évidence des relations de causalité qui permettent de leur donner une cohérence et un sens. Cette tâche inclut les sous-tâches suivantes :

- générer des hypothèses sur la situation en cours et ses évolutions possibles,
- rechercher des événements susceptibles de confirmer ou d'infirmer ces hypothèses,
- tester la compatibilité entre les hypothèses formulées et les événements observés.

Pour atteindre ces buts, l'interprétation de situation reposera sur les moyens suivants :

- la classification des événements selon leur nature,
- le positionnement des événements cartographiques sur des cartes,

- l'interprétation causale des événements,
- la recherche documentaire pour faciliter le classement des événements ou introduire de nouvelles règles causales,
- l'analyse tactique de la situation (rapports de force en présence à un moment donné),
- l'analyse politico-stratégique de la situation.

Elle nécessitera également les moyens logistiques suivants :

- la communication avec les différents pourvoyeurs d'information et les acteurs extérieurs,
- la communication entre les acteurs de la gestion de crise,
- la gestion de l'environnement de travail du PC.

3.1.4. Le modèle des agents de MADEINCOOP, appliqué à CHEOPS-CRISE-GEOPOLITIQUE

Nous présentons ici les principaux acteurs de la gestion de crise, en portant une attention particulière à ceux du PC local dont nous analyserons l'activité par la suite.

a) Présentation des différents agents

En situation de crise aiguë, le PC central comprend les agents humains suivants :

- le responsable militaire du PC, qui prend les décisions d'intervention en collaboration avec le responsable politique du PC,
- le responsable politique du PC, qui prend les décisions d'intervention en collaboration avec le responsable militaire du PC,
- le responsable du PC armée de terre, armée de l'air ou marine (le cas échéant selon les armes en présence), qui interprète les mouvements des armées ennemies et commande les unités engagées,
- le responsable Logistique, qui analyse des moyens logistiques de l'ennemi et gère des besoins logistiques des troupes nationales et alliées,
- les experts en stratégie et documentation, qui conseillent et aident à l'interprétation des événements dans tous les domaines non strictement militaires (politique, ethnique, géographique, météorologique).

Les agents humains du PC local de renseignement sont les suivants :

- un ou deux Attachés Militaires (AM), officiers supérieurs responsables du PC local, qui sont responsables du recueil d'information auprès des sources locales et de l'envoi de rapports argumentés sur la situation et son évolution,
- un informaticien, qui met en œuvre et manipule les logiciels et les moyens de transmission,
- des secrétaires, qui assument un rôle de support logistique à l'AM.

Les agents logiciels (communs au PC central et au PC local) sont :

- le gestionnaire de la base des événements (GESTEV), chargé de classer chaque événement dans le système de classification des événements,
- le gestionnaire de la base cartographique (GESTCART), qui assure la visualisation de certains événements sur les cartes; sur chaque carte il est possible d'effectuer des opérations de zoom mais aussi de faire apparaître différentes couches thématiques (moyens de communication, forces militaires, démographie, relief, météorologie),

- le messager (MESSAG), chargé de la transmission des messages par voie télématique; ces messages peuvent être des comptes-rendus de nouvelles sous forme textuelle, ou être déjà au format de la base d'événements,
- l'analyste des comptes-rendus de nouvelles (ANALYS), chargé d'analyser les comptes-rendus de message textuels pour les mettre au format de la base de données,
- le simulateur tactique (SIMUL) est chargé de faire des calculs et des simulations, permettant d'estimer les rapports de forces en présence ou les temps de déplacement des unités sur le terrain,
- l'argumenteur (ARGU) permet, à partir d'hypothèses stratégiques, de rechercher les événements qui leur correspondent et, inversement, d'analyser un ensemble d'événements pour déterminer les hypothèses stratégiques qui permettent d'en rendre compte; ARGU interagit directement avec GESTEV et GESTCART dont il partage les bases de données, ce qui explique que GESTEV et GESTCART n'interviennent pas dans le dialogue que nous analysons.

b) Présentation des compétences des agents

Les savoir-faire de l'Attaché militaire du PC local peuvent se résumer ainsi :

- très bonne connaissance des acteurs extérieurs susceptibles d'apporter des informations sur la situation (crédibilité des sources, niveau de précision),
- bonne connaissance générale du contexte, lui permettant d'interpréter les événements susceptibles de se dérouler sur le théâtre d'opération dont il a la charge,
- connaissances générales d'analyse tactique,
- connaissances des enjeux politico-stratégiques.

La disponibilité de l'Attaché Militaire du PC local est caractérisée par :

- en période de crise critique, l'AM peut être dérangé à tout moment y compris pendant son sommeil,
- il ne doit jamais s'absenter plus d'une demie heure de son poste de travail.

Les responsabilités de l'Attaché Militaire du PC local sont :

- l'entière responsabilité du PC local,
- la responsabilité de la qualité des analyses qui sont envoyées au PC central.

3.1.5. Le modèle d'organisation de MADEINCOOP, appliqué à CHEOPS-CRISE-GEOPOLITIQUE

Le modèle d'organisation reprend la distinction entre PC central et PC local, mais nous n'évoquons ici que le groupe de travail du PC local confronté aux tâches d'interprétation de situation. Durant ces tâches, tous les agents du PC local décrits dans le modèle des agents, qu'ils soient humains ou artificiels, sont présents et susceptibles d'interagir en même temps. Leur but commun est celui de la tâche d'interprétation de situation : il s'agit d'élaborer un rapport permettant de défendre une hypothèse stratégique, en l'argumentant à l'aide des événements récents signalés au PC.

On peut dégager trois principaux points pour caractériser l'organisation des agents :

- 1° Les rôles des agents varient à la fois selon les savoir-faire en présence et les responsabilités. En fonction du descriptif des savoir-faire des agents du PC local, on peut déduire que seul l'Attaché Militaire, ARGU et dans certain cas SIMUL, seront en mesure de générer des hypothèses stratégiques sur la situation en cours. Du point de vue des responsabilités, la po-

situation particulière de l'AM justifie qu'il ait droit de décision finale sur la quasi totalité des points pouvant rester en suspens,

2° En ce qui concerne les mécanismes de coordination à l'intérieur du groupe, les modes de coordination principaux semblent être la supervision directe, l'AM assurant le commandement des autres agents, et l'ajustement mutuel dans le contexte de dialogue de résolution de problème plus ouvert incluant notamment ARGU. La complexité des tâches d'interprétation de situation semble exclure un mode de coordination de type standardisation des procédures, car ces tâches génèrent typiquement des activités de résolution de problème,

3° En ce qui concerne les modes de coordination du PC local avec les autres groupes de travail et au premier chef avec le PC central, le mode de coordination principal semble être la standardisation des résultats. En effet, ici aussi, la complexité de la tâche et la distance existant entre les deux PC, qui rend plus difficile les interactions directes, tend à favoriser ce mode de coordination, où le PC local exprime son point de vue au moyen de rapports argumentés répondant à des normes de forme et de contenu.

3.2. Modélisation détaillée de la coopération au cours de la crise

3.2.1. Modéliser la coopération par delà le MOGAC

Dans MADEINCOOP, le MOGAC permet de poser le cadre où se dérouleront les différentes situations de coopération, qui permettront aux agents de résoudre collectivement leurs problèmes. Le passage des modèles du MOGAC aux modèles de coopération entraîne un double changement de perspective.

- on passe d'une vue relativement statique à une vue dynamique, centrée sur les interactions entre les agents,
- on passe à une vue plus fine, dans laquelle les activités de résolution de problème et de coordination sont appréhendées de façon plus détaillée.

Conformément à la plupart des travaux consacrés à la coopération entre agents humains, nous ferons l'hypothèse de base selon laquelle celle-ci se manifeste de manière privilégiée sous la forme de dialogues maïeutiques de résolution de problème. Ces dialogues sont l'allégorie d'un haut niveau d'interactivité, et d'une souplesse dans les modes de coordination qui semble être une condition privilégiée pour le développement de stratégies de résolution collective de problème complexes et évolutives. Quand ils s'engagent dans des situations de coopération, on peut donc considérer que les agents s'inscrivent dans un système de traitement l'information commun qui les entraînera, notamment, à partager une mémoire de travail commune où s'inscrira progressivement l'historique du dialogue qu'ils poursuivent. Cet historique du dialogue peut être appréhendé selon trois perspectives :

- celle du processus de résolution de problème, qui correspond à l'exploration progressive de l'espace problème du groupe,
- celle des processus de coordination, qui correspond à la trace des mécanismes d'engagement progressifs des agents par rapport aux différents thèmes évoqués dans le dialogue, en jouant un rôle de contrôle par rapport au processus de résolution de problème,

- celle des processus de communication, qui permet de suivre la construction progressive et commune d'un discours collectif.

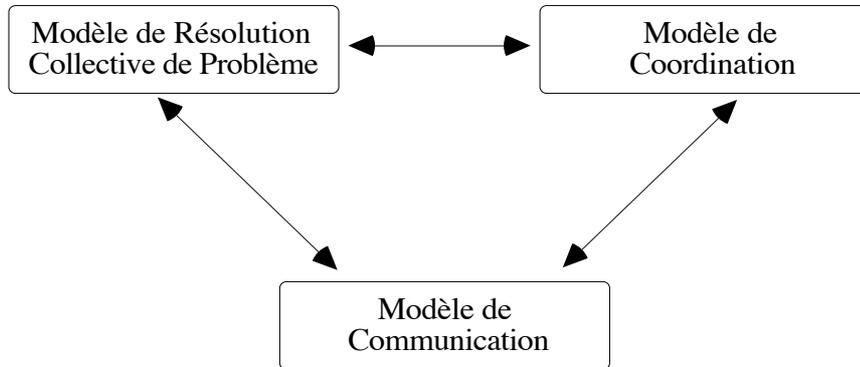


figure 2 : les trois modèles de coopération de MADEINCOOP

a) Le modèle de Résolution Collective de Problème dans MADEINCOOP

Dans MADEINCOOP, on considère toujours que tous les agents partagent le même but, postulat qu'on ne remet pas en cause dans cette partie du mémoire. Ainsi, quand on adopte la perspective du processus de résolution de problème, qui correspond à celle du modèle de Résolution Collective de Problème (RCP), chaque intervention des agents est justifiée par son rôle fonctionnel vis à vis de l'atteinte du but. Pour que la coopération soit possible, il faut que les agents se représentent de façon en partie commune la méthode de résolution de problème qui sera suivie par le groupe. C'est elle qui servira de cadre intégrateur pour les différentes interventions, et qui donnera une structure à la mémoire de travail virtuelle du groupe, à la manière dont un tableau noir est structuré par les zones dédiées aux intervention des différentes sources de connaissances.

b) Le modèle de coordination dans MADEINCOOP

Si le modèle de RCP permet de rendre compte de la sémantique des interventions du point de vue de l'atteinte du but, il ne permet pas de rendre compte des dimensions plus pragmatiques de l'interaction, qui correspondent aux mécanismes d'engagement des agents vis à vis de leurs partenaires et des thématiques introduites. Pour capturer cette seconde dimension, il s'agit d'introduire la perspective du modèle de coordination : selon cette perspective, les ressources temporelles et cognitives du groupe sont limitées et le problème principal est d'arriver à des solutions collectives communément acceptées en un temps raisonnable.

Ces contraintes amènent éventuellement à voir les interactions sous l'angle de la compétition ou même de la contradiction. En effet, il n'est pas possible d'explorer librement l'espace problème du groupe en envisageant toutes les voies et alternatives : étant donné que l'on se situe dans un contexte où les ressources temporelles sont limitées, chaque prise de parole consomme le temps imparti, et aucune intervention ne peut être considérée comme gratuite. La perspective du modèle de coordination amène donc à voir les interactions sous un angle plus argumenté, où l'on rend compte de chaque intervention en terme d'arguments en faveur d'une solution défendue. L'hypothèse est que cette perspective permet de mettre l'accent sur les mécanismes de contrôle de la résolution collective du problème.

c) Le modèle de communication dans MADEINCOOP

Le troisième modèle est le modèle de communication, qui traduit que pour que des échanges aient lieu au sein d'un groupe, il faut que ce groupe partage un ou plusieurs langages de communication et dispose de médias qui les supportent. La communication naturelle est multimodale et dans les dialogues de résolution de problème, les sujets exploitent souvent des aides externes à la mémoire de travail. Nous n'avons pas développé d'exemple de modèle de communication dans le cas de la crise tchadienne, bien que la dimension cartographique se prête à des réflexions sémiotiques, à la manière dont elles ont été esquissées dans la deuxième partie de ce mémoire : c'est, là encore, bien plus un travail (sans doute passionnant) de sociologue et de psychologue que d'informaticien. A titre indicatif, nous évoquons ici un exercice semblable que nous avons mené dans un contexte différent ([Pollet & Rousseaux 14]), qui mettait en scène des cueilleurs de champignons en forêt*.

3.2.2. La spécification des modèles de coopération à partir d'un dialogue de résolution de problème artificiel

Dans la suite de notre exemple, nous allons nous appuyer sur un dialogue de résolution de problème artificiel entre les acteurs du PC local de gestion de crise. Ce dialogue sert simplement de modèle pour dégager certains principes de résolution de problème et de coordination, qui seront opérationnalisés à l'aide d'un modèle de communication différent dans le contexte d'une communication hommes-machine. Le modèle de communication implicite du dialogue artificiel est celui de la langue naturelle, à laquelle se rajoutent des communications gestuelles et l'utilisation de support de visualisation, sous forme cartographique.

* Lorsque deux personnes cueillent des champignons en forêt, il arrive parfois que l'une d'elles perde l'autre de vue. Elle crie alors la question "Où es-tu ?"; passés quelques instants lui parvient le cri "Je suis là !", suivi de ronds de bras qui permettent aux deux amis de se retrouver. Les deux amis savent qu'il est facile de se perdre en forêt; il savent aussi que, si la meilleure façon de ne pas se perdre réside dans une mise en oeuvre coordonnée de tous les modes de communication humains (vue, ouïe, ...), il reste raisonnable, dans le contexte d'une promenade en forêt, de risquer quelques concessions (on peut dans certaines limites se perdre de vue), à condition de rester très vigilant.

Lorsqu'une des personnes s'aperçoit qu'elle ne voit plus l'autre, sans doute à cause des arbres, des fondus de couleur, ou des variations de reliefs, elle décide d'émettre par le mode le plus performant dans ce contexte, de part sa portée, son aspect multi-directionnel, et son franchissement des obstacles : le son de la voix. A cet égard, la question "Où es-tu ?" est intéressante au plan sémiotique : en effet, c'est d'une part une question adressée à un destinataire dont on ne connaît pas l'adresse (mais le son est omni-directionnel), et d'autre part une question dont le texte n'a aucune pertinence autre que pragmatique, et qu'une onomatopée codée aurait fort bien pu remplacer. La réponse "Je suis là !" est une autre perle sémiotique : en effet, elle n'est là que pour provoquer une localisation sonore, qui permettra à l'inquiet de polariser sa vue (médium visuel) selon les informations reçues par le capteur du médium sonore (l'oreille); la personne égarée bouge en effet typiquement les bras et s'agit pour multiplier les opportunités de rencontre visuelle, provoquant la curiosité visuelle de son acolyte. A nouveau, le texte de la réponse n'a pas d'impact évident sur les retrouvailles.

Ce scénario est un exemple de communication multimodale réussie : le résultat est plus riche et plus souple qu'une communication monomodale. Aucun des modes en jeu n'est à lui seul capable de prendre en charge la communication dans toutes ces caractéristiques : ces modes se complètent, s'enrichissent, coopèrent, se relaient, corrént des redondances. Utilisé en concurrence où en surimpression, où encore en compétition / négociation, le multimodal est une richesse, si tant est que l'on sache bien faire communiquer (synchroniser, coordonner, informer) les modes et les média entre eux.

Rappelons que dans notre scénario imaginaire, le Tchad est dans une situation de guerre civile qui oppose un gouvernement considéré comme légitime à des rebelles soutenus par les Libyens. L'armée française est engagée au côté du gouvernement légitime pour assurer sa protection face à une menace Libyenne. Plusieurs événements récents ont justifié la mise en place d'un niveau d'alerte élevé dans le PC de gestion de crise local qui doit envoyer un rapport argumenté sur l'évolution de la situation. L'enjeu de l'interprétation est le suivant : soit on considère que les troubles récents sont des affaires essentiellement intérieures (ressortissant de la lutte entre le gouvernement d'un côté et les forces d'opposition alliées aux rebelles de l'autre), soit on considère que ces troubles sont fomentés par les Libyens, auquel cas il s'agirait d'une tentative d'invasion militaire justifiant le soutien de la France. Si l'invasion a lieu, elle se produira vraisemblablement dans la zone Nord du pays où se trouvent à la fois les forces rebelles et plusieurs régiments Libyens.

Les derniers événements, présentés dans l'ordre chronologique, sont les suivants :

- des troubles ont éclaté dans la caserne de Biltine, située près de la frontière en zone Nord, sans qu'il soit possible de savoir avec précision s'il s'agit de la mutinerie d'un groupe de soldats mal payés ou mal traités, ou d'une tentative de rébellion fomentée par des traîtres ayant rallié la cause ennemie,
- des combats de rue ont été signalés dans la capitale du Tchad, à proximité de l'Assemblée Nationale, et ont motivé l'envoi de troupes gouvernementales de la zone Nord, où ils étaient stationnés, vers la capitale; ici encore la nature précise des troubles de la capitale n'est pas connue : au début du dialogue analysé, des informations complémentaires viennent de parvenir au PC,
- l'aéroport de la capitale du Tchad, N'Djamena, a été bombardé, mais les avions agresseurs n'ont pas été repérés avec certitude. Des experts sont actuellement en train d'analyser les photos d'impacts de bombes à la demande de l'AM. Les rebelles disposent de deux anciens appareils de marque soviétique qui ne leur auraient pas permis d'effectuer ce bombardement.

Dans le dialogue, l'AM défendra une hypothèse de type troubles intérieurs, qui correspond au vœu implicite de l'Etat-Major français qui ne souhaite pas s'engager militairement. ARGU défend la position opposée.

3.3. La Résolution Collective de Problème dans MADEINCOOP

Dans MADEINCOOP, le modèle de Résolution Collective de Problème s'appuie sur le partage d'une méthode de résolution de problème communément représentée par les membres du groupe. Dans notre exemple, il s'agit d'une méthode de résolution de problème de type "induction de structure" ([Simon & Lea 74], [Hoc 87]), retrouvé par Manuel Zacklad. A partir de l'identification de la méthode de résolution de problème suivie par le groupe, on peut définir les actes de résolution de problème et la structure de la mémoire de travail du groupe.

3.3.1. Présentation générale du modèle RCP

Les actes de résolution de problème correspondent à une description des interventions des différents membres du groupe, du point de vue du processus de résolution de problème. L'identification de la méthode de résolution de problème suivie par le groupe permet également de définir la structure de la mémoire de travail virtuelle du groupe qui permet de faciliter la mémorisation de l'historique des échanges (sur ces questions, confer [Zacklad & Rousseaux 21]).

La figure suivante représente la structure d'inférence applicable inspirée de [Simon & Lea 74]. On y lit qu'un événement est construit à partir d'un compte-rendu de nouvelle, avant d'être apparié par classification à des événements-types-candidats. La qualité des appariements sélectionne des événements-types-possibles, dont la compatibilité avec le contexte est à son tour sélectionnée, par confrontation avec les événements-types qui ont été identifiés précédemment (remarquons que l'on pourrait imaginer d'autres structures d'inférence intéressantes, qui testeraient la compatibilité "contextuelle" avant la compatibilité "textuelle", ou bien encore qui la testeraient simultanément, à l'aide d'algorithmes sophistiqués). On lit aussi sur la figure la manière dont sont engendrées les hypothèses-stratégiques.

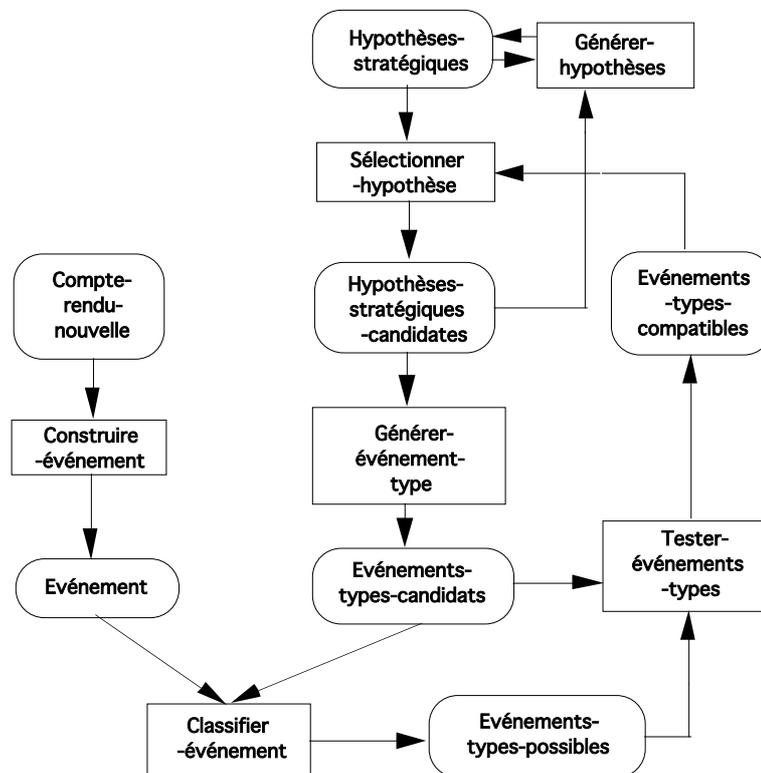


figure 3 : une structure d'inférence inspirée de [Simon & Lea 74], appliquée à l'interprétation de situation

Dépendant de la méthode de résolution de problème suivie par le groupe, les actes de résolution de problème identifiés dans ce dialogue sont les suivants (les catégories entre accolades signifient que l'on peut se trouver en présence de plusieurs occurrences) :

construire-événement (nouvelle, {événement})
classifier-événement (événement, {événement-type-candidat}, {événement-type-possible})
tester-événement-type ({événement-type-possible}, {événement-type-candidat}, {événement-type-compatible})
sélectionner-hypothèse ({hypothèse-stratégique}, {événement-type-compatible}, hypothèse-stratégique-candidate)

générer-événement-type (hypothèse-stratégique-candidate, {événement-type-candidat})
générer-hypothèse-stratégique ({hypothèse-stratégique-(existante)}, hypothèse-stratégique-candidate, hypothèse-stratégique-(nouvelle))

Dans l'exemple qui suit (figure 4), deux hypothèses stratégiques ont été générées, et l'AM cherche à sélectionner l'hypothèse "troubles de protestation". Le processus qui construit un événement à partir d'un compte-rendu de nouvelle, commence par l'extraction de certaines caractéristiques de la description (en l'occurrence c1, c2, c5 et c6). A partir de l'hypothèse-candidate, l'AM a généré un événement-type-candidat qui possède les caractéristiques c1, c2, c3 et c4. En le comparant avec les "troubles de N'Djamena", il conclue que "manifestations étudiantes" est un événement-type possible pour rendre compte de ces troubles (bien qu'il n'en possède pas toutes les caractéristiques : c5 = manifestants équipés d'armes à feu et c3 = présence des syndicats étudiants).

L'étape suivante consiste à tester l'événement-type-possible pour vérifier qu'il permet de définir un ensemble d'événements-types-compatibles avec les autres événements-types-candidats (non représentés sur le schéma). La conclusion du test est favorable car il existe une interprétation des événements de Biltine, "mutineries spontanées" qui, associé à "manifestations étudiantes", est compatible avec l'hypothèse "troubles de protestation".

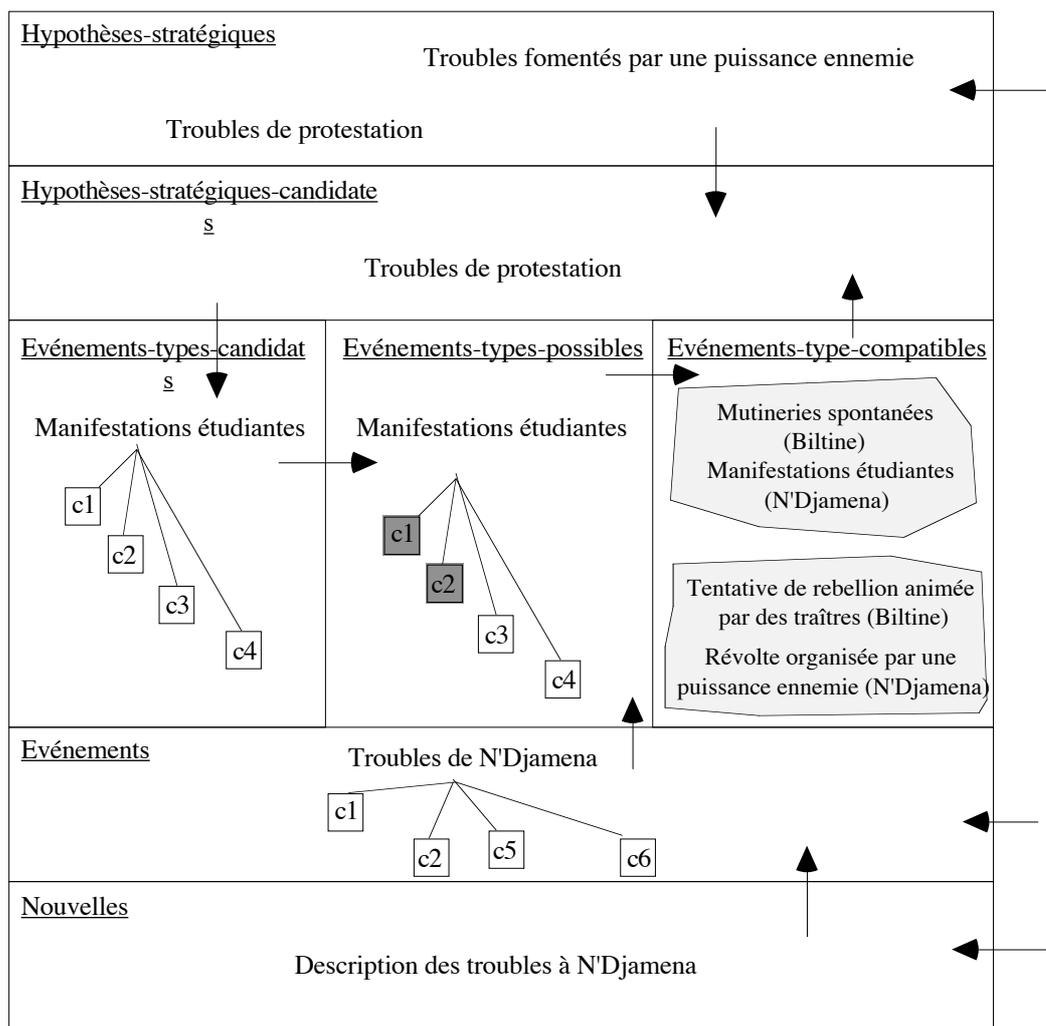


figure 4 : la structure de la mémoire de travail virtuelle du PC local de gestion de crise

3.3.2. Application du modèle RCP au cas des troubles de Biltine

Le tableau suivant présente un extrait de dialogue imaginaire, analysé selon le point de vue du modèle de RCP, sans présenter le détail des arguments.

Interprétation selon le point de vue du processus de résolution de problème		
1	AM : Avez-vous reçu le descriptif relatif aux événements de N'Djamena ? Il semble que ce soient des manifestations organisées par des étudiants proches de l'opposition. Ceci confirme que les événements de Biltine ne sont probablement que la conséquence de problèmes liés à la solde des militaires et que nous sommes donc bien en présence d'affaires intérieures ...	construire-événement classifier-événement tester-événement-type sélectionner-hypothèse
2	ARGU : Je ne suis pas d'accord. La cause précise des événements de Biltine n'est pas connue et l'ethnie M'Boutoul (impliqué dans les troubles de Biltine) est aussi la plus proche des rebelles.	classifier-événement
3	AM : Pouvez-vous montrer qu'il est possible que les rebelles sont impliqués dans les événements récents ?	tester-événement-type
4	ARGU : Oui, je peux le montrer (la démonstration suit)	classifier-événement tester-événement-type
5	AM : Quelles en sont selon vous les conséquences ?	générer-hypothèses-stratégiques
6	ARGU à SIMUL (sans que la communication soit visible pour AM) : Pourriez vous me faire une estimation des rapports de force en zone sud en tenant compte des derniers événements ?	générer-hypothèses-stratégiques
7	SIMUL à ARGU (sans que la communication soit visible pour AM) : En intégrant les forces rebelles et les régiments Libyens, le rapport de force est défavorable aux Tchadiens.	générer-hypothèses-stratégiques
8	ARGU à AM : Si les rebelles et les Libyens sont impliqués, cela signifie qu'une attaque en zone Nord est peut-être imminente, alors que le potentiel de défense Tchadien est affaibli dans cette zone.	générer-hypothèses-stratégiques
12	Intervention de MESSAG : Je viens d'avoir l'information que nous attendions : il est possible que les avions qui ont largué des bombes sur l'aéroport de N'Djamena soient de type Marchetti SF 260.	construire-événement
13	AM à ARGU : Il se pourrait que vous ayez raison.	sélectionner-hypothèse-stratégique-candidate
14	ARGU : Pourquoi ce changement d'opinion ?	sélectionner-hypothèse-stratégique-candidate
15	AM : Parce qu'il se peut que le bombardement ait été le fait des Libyens, qui possèdent ce genre d'avion italien, ce qui peut signifier qu'une attaque de grande envergure est peut-être en train de se préparer.	construire-événement classifier-événement tester-événement sélectionner-hypothèse-stratégique-candidate

Plus précisément, la modélisation de la première tirade du dialogue se fait de la manière suivante :

<p>AM : Avez-vous reçu le descriptif relatif aux événements de N'Djamena ? Il semble que ce soient des manifestations organisées par des étudiants proches de l'opposition. Ceci confirme que les troubles de Biltine ne sont probablement que la conséquence de problèmes liés à la solde des militaires et que nous sommes donc bien en présence d'affaires intérieures ...</p>	<p>construire-événement (compte-rendu de nouvelle sur les événements de N'Djamena, {troubles de N'Djamena}) classifier-événement (troubles de N'Djamena, {manifestations étudiantes, révolte organisée par une puissance ennemie}, {manifestations étudiantes}) tester-événement-type ({manifestation étudiante}, {mutineries spontanées, tentative de rébellion animée par des traîtres}, {[manifestation étudiante, mutineries spontanées]}) sélectionner-hypothèse ({troubles fomentés par puissance ennemie, troubles de protestation} {[manifestations étudiantes, mutineries spontanées]}, troubles de protestation)</p>
---	---

3.3.3. Allocation précise des rôles aux différents agents

Sur la base de la méthode de résolution de problème du RCP, on est en mesure d'allouer des rôles aux différents agents, plus finement que ceci n'était fait dans le modèle d'organisation (figure 5).

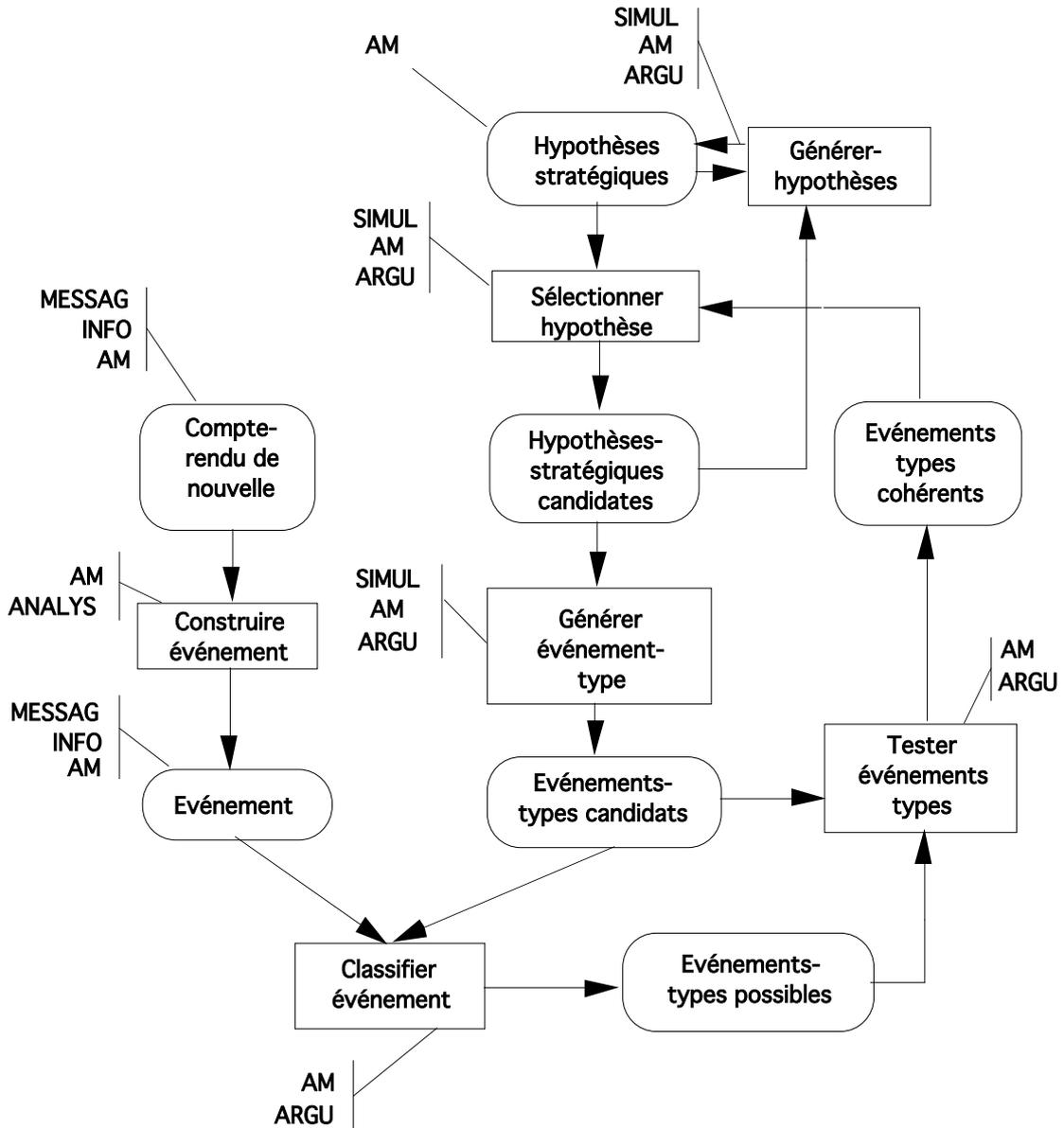


figure 5 : la contribution des différents agents à la méthode de résolution de problème

Dans le cadre du modèle de RCP, cette allocation est essentiellement basée sur les savoir-faire des agents, mais on peut également projeter cette allocation sur la mémoire de travail virtuelle du groupe (figure 6), les flèches venant de l'extérieur correspondant à l'introduction directe d'une information.

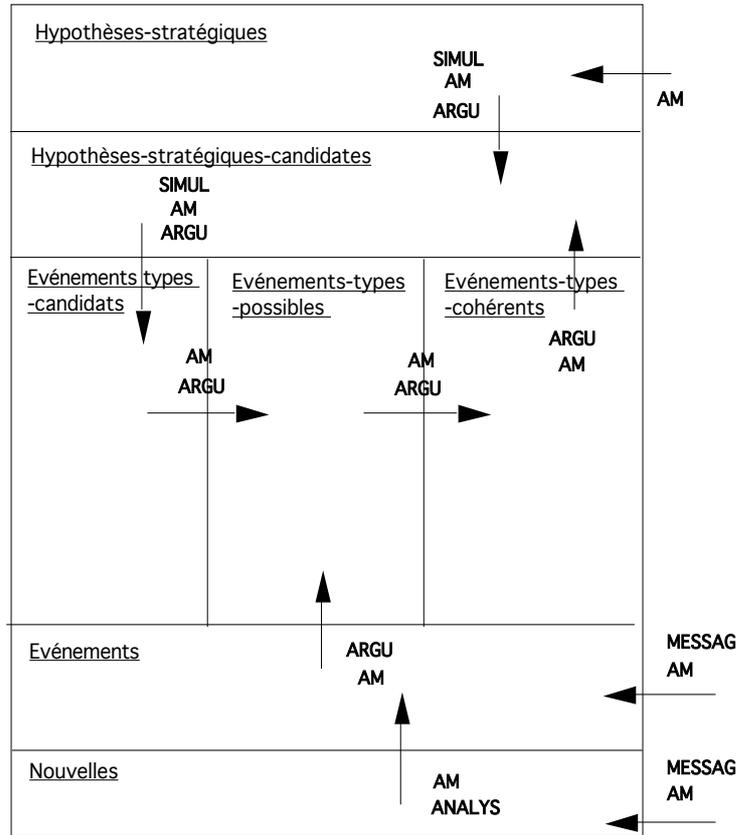


figure 6 : les différentes possibilités d'intervention des agents sur la mémoire de travail virtuelle du groupe

3.4. Le modèle de coordination dans MADEINCOOP

Alors que, dans le modèle de RCP, on analyse les échanges du point de vue de leur rôle fonctionnel par rapport à l'atteinte du but, on les envisagera dans le modèle de coordination du point de vue de leur rôle par rapport au contrôle de la résolution du problème. Selon le point de vue de la coordination, l'objectif n'est pas d'explorer l'espace problème afin d'enrichir le nombre des solutions possibles mais de converger rapidement vers une solution. Le point de vue du modèle de coordination reflète l'axiome de la rationalité limitée, qui pose que le temps alloué à la résolution d'un problème est restreint, et qu'il importe avant tout de prendre une décision, même sous-optimale.

Remarque : cette partie est le résultat exclusif du travail de Manuel Zacklad. Nous la relatons ici parce qu'elle prolonge de façon riche nos réflexions communes ... et aussi parce que nous en ferons une critique constructive dans la partie suivante de ce mémoire.

3.4.1. Définition du modèle de coordination

L'analyse de la coordination s'inscrit donc d'emblée dans un enjeu de prise de décision distribuée, au sein duquel les positions des différents partenaires du groupe, tout en étant complémentaires, n'en sont pas moins dans certains cas concurrentes, voire incompatibles. Les actions des partenaires

s'exercent, comme dans la perspective du RCP, sur la mémoire de travail virtuelle du groupe. Cependant nous considérerons que dans la perspective de la coordination, des zones différentes sont à réserver, pour l'inscription des positions communes du groupe, et pour celle des positions individuelles des membres quand elles sont divergentes.

Dans la zone des positions communes du groupe sont inscrites toutes les décisions et tous les arguments qui sont considérés comme étant avalisés par le groupe, et comme reflétant par conséquent sa position commune officielle ou publique. Selon les modes de coordination institués dans le groupe, l'inscription d'une position dans une zone de décision commune doit faire l'objet d'un consentement explicite selon, par exemple, une procédure de vote. Dans certains mécanismes de coordination, par exemple dans certaines situations d'ajustement mutuel, toute position exprimée au nom du groupe est considérée comme étant avalisée en l'absence de manifestation d'opposition explicite. A la fin de la période consacrée à la discussion d'un problème, la position du groupe sera celle des décisions non contredites se trouvant dans la zone commune du tableau. L'analyse du processus de coordination se fera par la description d'actes de coordination, qui jettera un éclairage différent sur les interventions que celui fournit par le point de vue des actes de résolution de problème.

3.4.2. La notion d'acte de coordination

Pour analyser les actes de coordination, le premier principe a consisté à chercher à s'extraire le plus possible des caractéristiques induites par le langage utilisé dans l'interaction. En effet, l'analyse de la coordination semble devoir être menée le plus indépendamment possible des modalités de communication existantes, afin de laisser ouvert un champ le plus large possible à une approche innovante dans ce domaine. Le second principe a consisté à interpréter les communications, non pas en tant qu'elles s'adressaient à un agent particulier pour modifier ses croyances et ses buts, mais en tant qu'elles contribuaient à constituer une mémoire de travail commune aux membres du groupe possédant une structure particulière.

Le codage des actes de coordination est donc principalement déterminé par les actions des membres du groupe sur la mémoire de travail virtuelle. Sa structure est de type ACTION (OBJET, LIEU, DROIT, SEQUENCE) dans laquelle :

- les OBJETS sont les thématiques abordées, envisagées uniquement du point de vue de leur impact sur la décision finale,
- les LIEUX sont les différentes mémoires dans lesquelles s'inscrivent les interventions,
- les DROITS sont les conditions qui autorisent un interlocuteur à intervenir sur une mémoire de travail virtuelle collective ou privée,
- la SEQUENCE est la caractérisation des interventions, selon qu'elles représentent un mouvement d'initiative ou de réaction, suivant leur position dans des configurations d'actes de langages ([Armengaud 85]).

a) Les actions

Les actions retenues sont les suivantes, directement liées aux interventions sur la mémoire de travail du groupe :

Catégorie	Commentaire
inscrire	avancer une position pour le groupe ou à titre individuel
effacer	retirer une position pour le groupe ou à titre individuel

faire inscrire	agir pour amener un partenaire à inscrire une position (groupale ou individuelle)
faire effacer	agir pour amener un partenaire à retirer une position (groupale ou individuelle)

b) Les objets

Du point de vue de la coordination dans le dialogue, les catégories utilisées sont essentiellement relatives au processus de décision collective. On retiendra uniquement les catégories suivantes :

Catégorie	Commentaire
décision(s)	dans le contexte de l'exemple les décisions, sont relatives aux hypothèses stratégiques qui doivent être défendues
argument orienté (pour ou contre une décision)	quand deux décisions A et B sont contradictoires, les arguments en faveur de l'une sont des arguments opposés pour l'autre
argument neutre	positionne les enjeux de la prise décision - la neutralité étant en partie relative -

c) Les lieux

Ils permettent d'introduire deux types de différenciation :

- une différenciation entre les zones communes de la mémoire de travail, correspondant aux positions communément acceptées par le groupe, et les zones réservées aux positions individuelles (parfois parce que les agents ne peuvent pas les faire accepter par le groupe),
- une différenciation entre l'espace de dialogue public du groupe et des espaces de dialogues privés, dans lesquels les agents ont la possibilité de communiquer sans être entendu du reste du groupe. On suppose alors que les dialogues privés génèrent des mémoires de travail virtuelles privées, c'est-à-dire réservées à un petit nombre d'interlocuteurs du groupe.

Les lieux que nous utilisons dans l'analyse de l'exemple sont :

- la zone commune de la mémoire de travail du collectif,
- les zones des positions individuelles de la mémoire de travail du collectif,
- les mémoires de travail privées des agents qui constituent temporairement des sous-groupes.

d) Les droits d'intervention

Les droits d'intervention sont relatifs aux lieux, c'est à dire aux interlocuteurs, et aux moments où sont faites les interventions. Pour analyser l'exemple, nous utilisons les catégories suivantes :

autorité de co-décisionnaire	Les intervenants n'ont pas autorité les uns sur les autres, mais ont autorité sur la décision finale. Ils peuvent prendre la parole à tout moment, si leur intervention respecte le principe des tours de parole et un principe de pertinence par rapport au processus de décision.
autorité fonctionnelle directe	En fonction des dépendances fonctionnelles entre les rôles des agents, ils ont la possibilité d'intervenir sur certaines mémoires de travail, au sujet des thématiques relatives à leur rôle.
autorité conditionnée à thématique	Elle vient généralement renforcer le droit d'intervention lié à l'autorité fonctionnelle directe, en ajoutant des conditions liées à la thématique courante.

Notons que selon les situations, les droits d'intervention peuvent correspondre à des positions institutionnelles stables, ou à des conventions locales à une séquence d'interaction ou à une réunion particulière. Par exemple, on peut nommer un président de séance qui sera doté d'un droit d'intervention, découlant d'une autorité fonctionnelle directe, uniquement pendant le temps de la réunion.

A titre d'exemple, nous évoquons ici le cas de la concurrence au sein d'un groupe d'experts : la confrontation mal organisée entre des experts tend à éliminer les idées les plus originales, car elles sont plus difficiles à défendre. Et pourtant, ce sont celles dont la réfutation apporte le moins d'information relative, quand leur validation aurait été très informative ([Popper 69]). A l'inverse, c'est la réfutation d'idées couramment admises qui apporte le plus d'information relative, quand leur validation est peu informative. Il est donc important que des experts puissent juger de l'opportunité de négocier leurs idées : c'est-à-dire qu'ils choisiront eux-mêmes l'objet de leur négociation, le moment de leur négociation, la teneur de leur argumentaire et la détermination de leur engagement; tout système (même s'il est par ailleurs organisé sur le mode démocratique) qui convoque de façon autoritaire le débat des experts, ou qui circonscrit de manière rigide l'ordre du jour, est en fait un système qui limite la richesse des négociations. De plus, il est nécessaire que les idées puissent être archivées, brevetées, qu'elles aient ou non été retenues à l'heure de leur présentation. En effet, il est important de pouvoir les utiliser a posteriori : c'est notamment un moyen de préserver les idées encore immatures, et de les retrouver au bon moment; un système informatique doit savoir faire cela, et pourra exhiber au moment opportun les idées abandonnées susceptibles de renaissance.

3.4.3. La notion de séquence

La séquence sera simplement notée initiative ou réaction (x), où x pointe sur l'initiative qui motive la réaction. Ainsi le codage de la première intervention en terme d'acte de coordination aura la forme suivante :

<p>AM : Avez-vous reçu le descriptif relatif aux événements de N'Djamena ? Il semble que ce soient des manifestations organisées par des étudiants proches de l'opposition. Ceci confirme que les événements de Biltine ne sont probablement que la conséquence de problèmes liés à la solde des militaires et que nous sommes donc bien en présence d'affaires intérieures ...</p>	<p>INSCRIRE(décision(sur hypothèse affaire intérieure), zone commune de la MT du Système de Traitement de l'Information de Groupe -STIg-, droit de co-décisionnaire, initiative)</p>
---	---

Le codage du dialogue analysé selon le modèle de coordination aura donc la forme suivante :

Interprétation selon le point de vue de la coordination	
1	<p>AM : Avez-vous reçu le descriptif relatif aux événements de N'Djamena ? Il semble que ce soient des manifestations organisées par des étudiants proches de l'opposition. Ceci confirme que les événements de Biltine ne sont probablement que la conséquence de problèmes liés à la solde des militaires et que nous sommes donc bien en présence d'affaires intérieures ...</p> <p>INSCRIRE (décision (hypothèse affaire intérieure), zone commune de la MT du STIg, droit de co-décisionnaire, initiative)</p>

2	ARGU : Je ne suis pas d'accord. La cause précise des événements de Biltine n'est pas connue et l'ethnie M'-Boutoul (impliqué dans les troubles de Biltine) est aussi la plus proche des Libyens.	EFFACER (décision (hypothèse affaire intérieure), zone commune de la MT du STIg, droit de co-décisionnaire, réaction (AM-1)) INSCRIRE (argument orienté (troubles fomentés par puissance ennemie), zone commune de la MT du STIg, droit de co-décisionnaire, réaction (AM-1))
3	AM : Vous pouvez montrer que les rebelles sont impliqués dans les événements récents ?	FAIRE INSCRIRE (argument-orienté (troubles fomentés par puissance ennemie), zone commune de la MT du STIg, droit de co-décisionnaire, réaction (ARGU-2))
4	ARGU : Oui je peux le montrer (la démonstration suit)	INSCRIRE (argument orienté (conséquence troubles fomentés par puissance ennemie), zone commune de la MT du STIg, droit de co-décisionnaire, réaction(AM-3))
5	AM : Quelles en sont selon vous les conséquences ?	FAIRE INSCRIRE (argument neutre (conséquences troubles fomentés par puissance ennemie), zone commune de la MT du STIg, droit de co-décisionnaire, initiative)
6	ARGU à SIMUL (sans que la communication soit visible pour AM) : Pourriez vous me faire une estimation des rapports de force en zone sud en tenant compte des derniers événements.	FAIRE INSCRIRE (argument neutre (conséquence troubles fomentés par puissance ennemie), zone privée ARGU-SIMUL, droit lié à autorité fonctionnelle directe, initiative)
7	SIMUL à ARGU (sans que la communication soit visible pour AM) : En intégrant les forces rebelles et les régiments Libyens, le rapport de force est défavorable aux Tchadiens.	INSCRIRE (argument neutre (conséquence troubles fomentés par puissance ennemie), zone privée ARGU-SIMUL, droit lié à autorité fonctionnelle directe, réaction (ARGU-6))
8	ARGU à AM : Si les rebelles et les Libyens sont impliqués cela signifie qu'une attaque en zone Sud est peut-être imminente alors que le potentiel de défense Tchadien est affaibli dans cette zone.	INSCRIRE (argument neutre (conséquence troubles fomentés par puissance ennemie), zone privée ARGU-SIMUL, droit lié à autorité fonctionnelle directe, réaction (ARGU-6))
12	Intervention de MESSAG : Je viens d'avoir une information que nous attendions. Il semble que les avions qui ont largué des bombes à N'Djamena soient de type Marchetti SF 260.	INSCRIRE (argument neutre (origine des troubles à N'Djamena), zone commune de la MT du STIg, droit lié à autorité conditionnée à thématique, initiative)
13	AM à ARGU : Il se pourrait que vous ayez raison.	EFFACER (décision (hypothèse affaire intérieure), zone privée AM de la MT du STIg, droit de co-décisionnaire, initiative) INSCRIRE (décision (hypothèse affaire intérieure), zone commune de la MT du STIg, droit de co-décisionnaire, initiative)
14	ARGU : Pourquoi ce changement d'opinion ?	FAIRE INSCRIRE (argument-orienté (troubles fomentés par puissance ennemie), zone commune de la MT du STIg, droit de co-décisionnaire, réaction (ARGU-13))
15	AM : Parce qu'il se peut que le bombardement ait été le fait des Libyens, qui possèdent ce genre d'avion italien, ce qui peut signifier qu'une attaque de grande envergure est peut-être en train de se préparer.	INSCRIRE (argument orienté (troubles fomentés par puissance ennemie), zone commune de la MT du STIg, droit de co-décisionnaire, réaction (ARGU-14))

3.5. Remarques conclusives sur cette partie du mémoire

3.5.1. Vers des structures d'inférence plus riches de fusion, corrélation et agrégation

A travers les exemples considérés, nous avons privilégié des structures d'inférence visant à générer des hypothèses de causalité, en laissant de côté la prévision des conséquences : nous avons d'une certaine façon privilégié l'explication de la perception sur la justification de l'action, comme si le présent ne dépendait que du passé et pas aussi du futur. En d'autres termes, nous n'avons encore rien fait pour réconcilier la perception et l'action dans leur intimité cognitive.

Au niveau des connaissances, il reste donc un travail important à accomplir pour mettre au point des structures d'inférence de corrélation, de fusion et d'agrégation de phénomènes et d'événements ([Pollet & Rousseaux 14], [Cardon & Rousseaux 20]), appuyées sur des notions sémantiques et pragmatiques qui prennent en compte des aspects aussi syntaxiques que la proximité dans le temps et l'espace, mais aussi des notions plus cognitives telles que l'intention et l'attention. Notre plan de travail s'appuiera sur l'approfondissement de travaux que nous avons identifiés grâce aux apports du groupe COOP, tels que [Baker 92], [Bond 88], [Bouron 92], [Boy 92], [Brézillon 92], [Cavalli-Sforza & al. 92], [Cawsey & al. 92], [Cerri & al. 86], [Delouis & al. 92], [Drogoul & al. 92], [Drozda-Senkowska 92], [Dupuy & Livet 92], [Falzon 92], [Feiner 93], [Fischer 89], [Galliers 88], [Gasser 93], [Havel 93], [Jodelet 92], [Karsenty & al. 92], [Kidd 88], [Piolat 92], [Rosenschein 93] et [Zeghal 93]. Nous comptons bien continuer à être les expérimentateurs pilotes et par là, d'une certaine façon, des co-producteurs, de la méthode MADEINCOOP, qui nous a déjà beaucoup apporté.

3.5.2. Vers la prise en compte des notions de flou, d'incertain, d'imprécis et d'incomplet

Par ailleurs, avec l'aide de Laurent Cervoni et Yann Pollet de l'Université de Rouen, nous allons mettre l'accent sur les notions de flou, d'incertain, d'imprécis, d'incomplet, en particulier dans le registre temporel, pour répondre à un besoin exprimé par les opérationnels des SIC, et tenter d'enrichir dans ce sens les primitives de langage et les structures d'inférence des modèles. En effet, nous soupçonnons qu'il y a matière à imaginer des inférences plus souples et plus continues, moins manichéennes.

Pour préciser un peu, examinons le processus de reconnaissance d'un événement; il dépend :

- des événements-types dont on dispose dans le modèle,
- de l'importance contextuelle qu'on attache à ces événements-types (qu'on manifeste d'ailleurs naturellement lorsqu'on sélectionne des événements-types pour construire une couche thématique cohérente),
- de la situation considérée, représentée par des événements affublés des doutes d'interprétation (flou, incertitudes, imprécisions ou incomplétudes),
- des faits portés à notre attention.

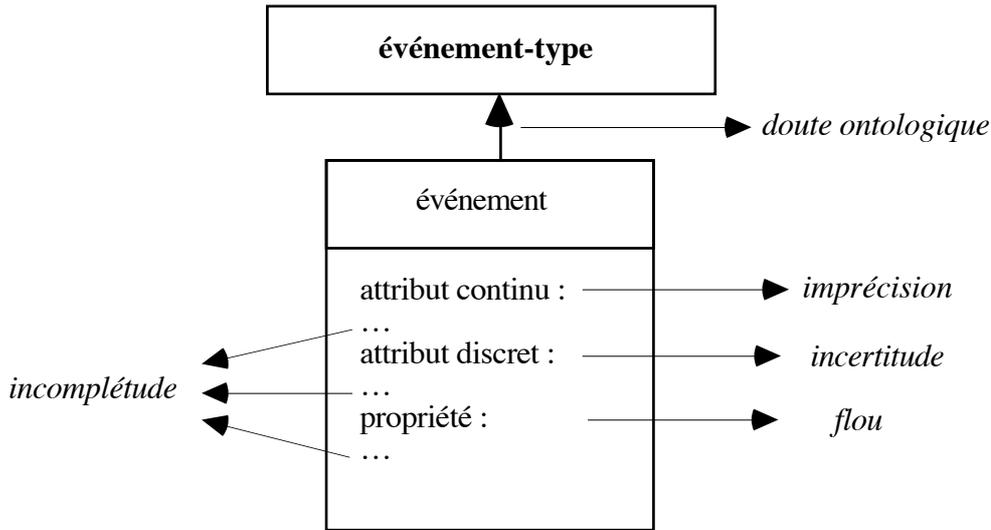


figure 7 : le flou, l'incertain, l'imprécis et l'incomplet se sont pas des caractéristiques indépendantes pour un système d'interprétation

L'évaluation du caractère flou, incertain, imprécis ou incomplet de certaines caractéristiques de l'événement interprété conditionne d'une certaine façon le doute ontologique, celui qui concerne la nature même de l'événement dans un système d'interprétation ([Pollet 93], [Pollet 94], [Pollet & Ricard 94]). La réciproque est également vraie, et un doute ontologique, même inspiré de façon irrationnelle, aura tendance à être justifié par l'incomplétude ou l'incohérences des descriptions, l'incertitude sur les valeurs des attributs discrets, le flou sur les propriétés reconnues ou l'imprécision sur les valeurs des attributs continus.

3.5.3. Vers l'expression formelle d'un niveau de description par delà le niveau des connaissances

a) L'hypothèse maïeutique comme appel à l'inspiration des valeurs communes

Dans l'approche que nous avons commencé à développer avec Manuel Zacklad, l'hypothèse maïeutique est fondamentale, et contraint la forme des actes de résolution de problème, de coopération et de coordination. Cependant, la question demeure de rendre compte de l'inspiration des acteurs rationnels poursuivant leur but commun : il n'est pas satisfaisant de postuler une salubre propension rationnelle à coopérer.

Une autre contrainte forte de la méthode MADEINCOOP réside dans l'exigence d'un but commun rationnel partagé par les acteurs rationnels. N'y a-t-il pas moyen d'imaginer de se contenter d'une contrainte plus faible, qui n'irait pas jusqu'à l'exigence d'un but rationnel commun mais qui se contenterait de postuler une inspiration immanente commune, sous la forme d'un but social immanent ?

Une autre question soulevée par MADEINCOOP a trait à la prolifération des modèles au niveau des connaissances, qui ne manque pas d'inquiéter un peu. N'y a-t-il pas lieu d'organiser plus rigoureusement ce niveau de description, en éliminant soigneusement les sources de confusion possible

entre ce qui concerne strictement la connaissance des agents rationnels et ce qui concerne leur source d'inspiration collective immanente ?

b) L'introduction de la figure du Titan immanent

Nous proposons de contribuer à la clarification de l'organisation du niveau des connaissances en prônant les options suivantes :

- la notion d'agent rationnel artificiel doit rester strictement conforme à la vision conceptuelle de Newell, comme s'opérant au niveau d'une machine symbolique et servant de métaphore anthropomorphique à un agent humain souhaitant collaborer avec un agent virtuel idéalement rationnel,
- l'agent rationnel ne devient pas acteur rationnel comme par enchantement, mais il peut être vu comme un acteur "mystérieusement engagé dans la réalisation de son propre destin à travers une existence sociale faite d'engagements collectifs"; pour cela, il n'est pas besoin de postuler l'existence de buts communs partagé au niveau des connaissances par les acteurs, encore que ce cas existe comme contrainte forte (nous l'appellerons "hypothèse forte de coopération au niveau des connaissances"),
- il faut comprendre l'acteur "mystérieusement engagé dans la réalisation de son propre destin à travers une existence sociale faite d'engagements collectifs" comme la contribution à l'implémentation au niveau des connaissances d'un collectif immanent, qui procède d'un autre niveau de représentation, fondamentalement plus général que le niveau des connaissances rationnelles,
- pour représenter ce niveau, que nous proposons d'appeler le "niveau des valeurs communes", nous suggérons d'invoquer une figure mythique très forte, celle d'un Titan Immanent nativement collectif, qui certes s'opérationnalise au niveau des connaissances sous forme d'un collectif d'acteurs (dont on comprend maintenant mieux le mystérieux élan vital et la native motivation sociale, les génies étant ceux d'entre eux qui pressentent le mieux leur sublimation essentielle dans le Génie / Titan), mais qui possède également sa logique existentielle propre, sans présumer qu'elle soit ou non guidée par un niveau transcendantal supérieur.

3.5.4. L'organisation et l'opérationnalisation du niveau des valeurs communes

Nous venons de proposer un certain nombre de préceptes pour structurer le niveau des valeurs communes. Ajoutons qu'à la différence du niveau des connaissances, qui est récent, mal réparti socialement (contrairement à l'affirmation de Descartes sur le bon sens partagé) et très mal réparti culturellement (c'est une valeur essentiellement occidentale) dans la conscience collective de l'homme moderne, et donc qui donne lieu à une métaphore (celle de Newell) élitiste et non populaire par excellence, qu'on ne pourra ne plus souvent concevoir que par rétroconception d'un niveau vécu (le Symbol Level pour les informaticiens "hackers"), le niveau des valeurs communes, bien qu'il puisse émerger d'une rétroconception, est fondamentalement (on pourrait presque dire "par construction") accessible et compréhensible à tous, communément, en tant qu'il procède du mythe ancestral et collectif. Il est potentiellement réconciliateur des hommes dans l'espace et le temps, mais aussi dans

la compréhension, la reconnaissance et la valorisation de leur intelligence collective et de leur vocation sociale.

Ainsi donc, il y aurait deux grandes classes de coopération. La coopération au niveau des connaissances (Knowledge-Based Cooperation) mettrait en scène des agents rationnels qui partagent un but commun, et qui deviennent en quelques sortes de ce fait des acteurs rationnellement coopératifs, dont MADEINCOOP vise à modéliser l'activité dans leur domaine de coopération contextuel et circonstanciel. La coopération au niveau des valeurs communes (Social-Based Cooperation) caractériserait quant à elle le fait social, et ne supposerait pas nécessairement de but rationnel affiché au niveau des connaissances, mais seulement le partage de valeurs communes : elle serait immanente, et constitutive de nos destinées mystérieusement entrevues. Elle serait corps social du Titan, incarnation multi-agents de nos consciences collectives.

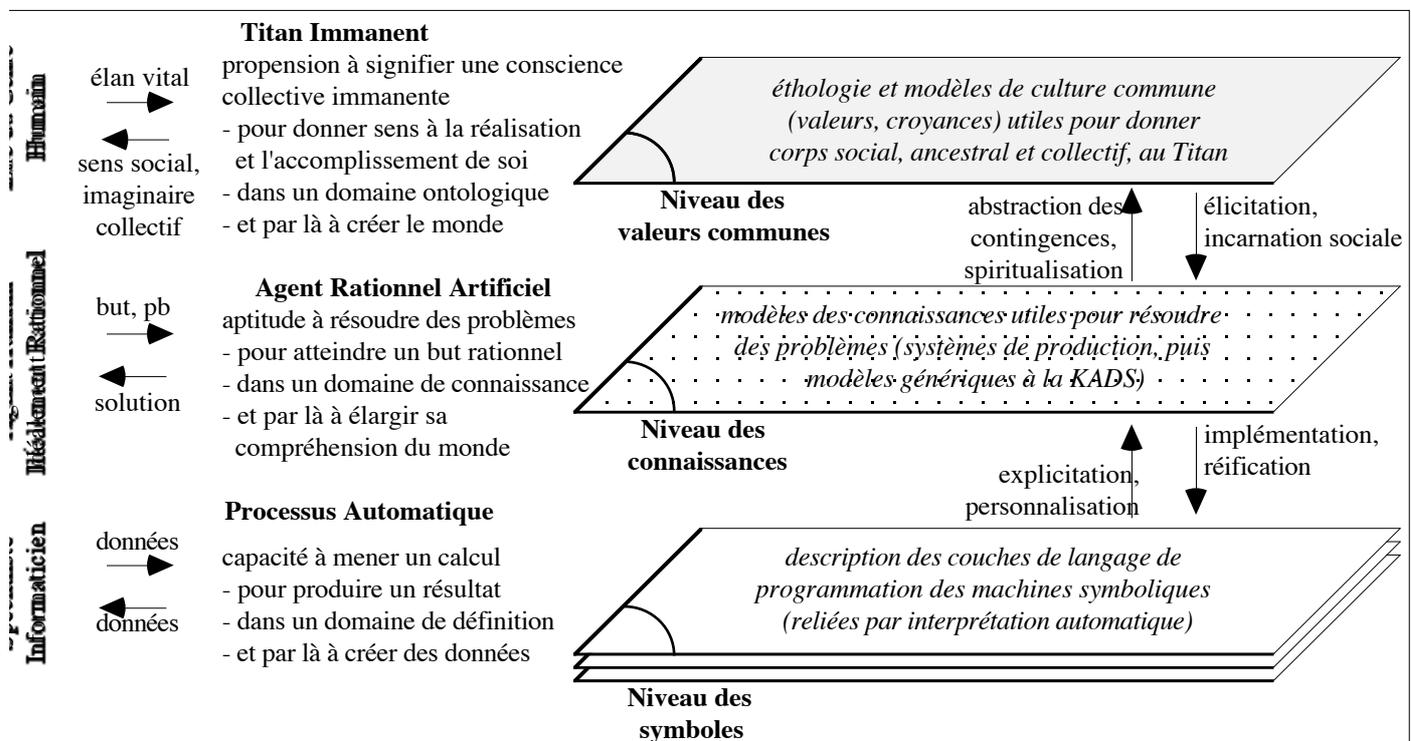
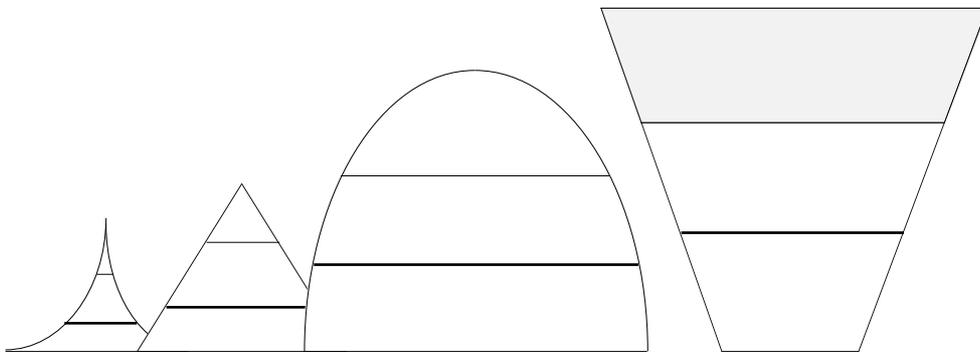


figure 8 : l'hypothèse du niveau des valeurs communes et l'introduction de la figure du Titan Immanent

Partie 4

Vers une ontologie de l'interprétation de situations de crise géopolitique



4.1. Proposition méthodologique pour l'élaboration d'une ontologie

4.1.1. La notion d'ontologie en Intelligence Artificielle

a) Histoire de la notion d'ontologie

La notion d'ontologie provient du champ philosophique : étymologiquement, elle est l'étude de l'être, et constituait déjà une préoccupation majeure chez les présocratiques comme Parménide ("De la nature", 460 av. J.-C.), mais aussi Héraclite et Anaxagore. Elle fut réhabilitée comme science moderne par le courant de la phénoménologie, avec notamment Husserl, Heidegger et Merleau-Ponty, préparée par les réflexions de Kant ou de Leibniz ([Leibniz 1714]) : aujourd'hui, certaines questions comme la question du temps ([Dastur 94], [Prigogine & al. 92]) sont réexaminées sous l'angle phénoménologique. Par construction, l'approche ontologique vise à décrire un sujet ou un objet indépendamment de toute modalité ontique : elle concerne l'être essentiel (le Dasein de Heidegger), sans envisager ses traductions en étants existentiels ou, comme disent les philosophes, abstraction faite des contingences.

b) La notion d'ontologie en Acquisition des Connaissances

En acquisition des connaissances, une ontologie d'un domaine d'activité est souvent définie comme une description minimale, stable et universelle du domaine. Son but est essentiellement l'explicitation des préjugés, dans la perspective d'une modélisation indépendante de toute implémentation, qui pourra par exemple donner lieu par la suite à des modèles de coopération multi-agents, toujours décrit au niveau des connaissances. Comme exemple de préjugé, nous aurons l'occasion d'évoquer ceux que manifestent souvent les opérationnels du domaine de l'interprétation de situation, qui sont très souvent persuadés qu'il existe des événements qui surviennent et dont il faut maîtriser les effets, ces événements étant absolument objectifs et provenant d'un monde extérieur parfois hostiles : ils participent par là à un préjugé à la fois solide et courant, proche d'un dogme ([Segundo 89]), et qui postule un monde extérieur parfaitement ordonné, et dont il s'agit de découvrir progressivement les modèles sous-jacents, existants dans l'absolu ([Bachelard 38], [Popper 69]).

4.1.2. Principes de base pour conduire l'élaboration d'une ontologie

a) L'ontologie comme réconciliation populaire

Remarquons qu'il est souvent efficace, lorsqu'on écoute des personnes s'exprimer sur leurs activités, de se référer à des repères ancestraux et collectifs pour garantir le caractère stable et général de la compréhension qu'on se construit de leur domaine d'activité. A ce titre les mythes, qui peuvent être considérés comme le fruit du travail du temps et des générations, constituent nos vérités les plus raffinées, stables, générales et minimales : ils pourront souvent être mis à profit dans le processus d'élaboration d'une ontologie. Ainsi, et même si les apports des sciences humaines pour construire des descriptions de niveau ontologique sont considérables, et que les modèles issus de la sociologie,

de la psychologie et de la philosophie sont souvent exploités dans cette phase du travail de construction, notamment pour guider le travail d'explicitation des préjugés ([Rorty 79]), on aurait tort de négliger les ressources populaires communes que constituent les mythes.

Pour notre part, nous avons constaté qu'il est souvent fructueux de postuler l'existence d'un agent ancestral et collectif, tout droit venu du mythe, le Titan, ou l'humanité personnifiée, pour simplifier la description d'une activité collective en la supposant traitée par un surhomme unique, omnipotent et omniscient, et en se demandant a posteriori à quelles puissances et à quelles sciences il a dû faire appel pour réussir.

b) L'ontologie obtenue par rétroconception

S'il est exacte qu'on peut partir du mythe pour construire une ontologie, on peut aussi partir du vécu, l'un n'empêchant d'ailleurs pas l'autre, bien au contraire. On pourra ainsi s'appuyer sur des difficultés ressenties lors de la confrontation des préjugés à la réalité. Cette approche s'impose notamment quand l'existant est important, et que de nombreux préjugés sont déjà bien installés. Par exemple, pour décrire l'ontologie d'un domaine d'activité informatisée, l'interview des agents humains impliqués dans le système hommes-machine est indispensable; mais elle ne suffit pas toujours, et l'explicitation par simple introspection, même guidée, des préjugés (qui sont des ontologies implicites) est souvent plus difficile qu'on croit (c'est le propre des préjugés que de se propager facilement et de se consolider spontanément).

Ce genre de rétroconception opère en quelque sorte le plongement d'une partie inintelligible dans un tout intelligible qui explicite le rôle de la partie difficile à comprendre en procédant exactement à l'inverse du second précepte du "discours de la méthode" de Descartes, connu sous le nom de principe d'analyse ([Le Moigne 77]).

c) L'ontologie comme inspiration des modèles de coopération

Il faut se convaincre que le Titan fait sens sans qu'il soit besoin de savoir comment il s'implémentera au niveau du collectif d'agents rationnels. Pour cela, il faut dépasser la difficulté qui réside au fond de chaque lecteur, à la fois homme et donc engagé à un niveau d'abstraction bien précis du système épistémologique, et penseur d'une abstraction qui l'englobe. On a naturellement tendance à voir le social comme une abstraction accessible isolément à chaque individu, et n'ayant pas de nature immanente : seule l'individualité existerait vraiment, et serait en quelque sorte première. Cette vision est égocentrique : est-il besoin d'analyser la texture de la lettre B dessinée ci-dessous pour qu'elle soit porteuse de sens ? Le A est-il antérieur au B dans la construction du sens ?



figure 1 : la lettre B fait sens, sans qu'il soit besoin de remarquer qu'elle est constituée de plusieurs lettres A

Aussi, ce n'est qu'une fois une ontologie décrite complètement qu'il est fécond de décliner le Titan, idéal et virtuel, en un collectif constitué à la fois d'acteurs humains et d'acteurs artificiels qui collaborent effectivement au sein du domaine d'activité décrit par l'ontologie. Il s'agira alors de modéliser cette collaboration hommes-machine au niveau des connaissances, avant de structurer une architecture de système hommes-machine appropriée aux besoins plus spécifiques de l'application recherchée, au niveau de l'implémentation, si l'on cherche à réaliser un système comportant des agents logiciels.

C'est l'incarnation sociale du Titan, qui se réalisera notamment en appliquant les modèles de coopération, qui produira alors du sens du niveau des connaissances : la téléologie de l'agent rationnel, utilisant des connaissances pour résoudre des problèmes afin d'atteindre un but, ne fait sens que par le truchement de la conscience sociale immanente.

4.1.3. Présentation de la figure du Titan Immanent

Les spécialistes de la coopération proposent des modèles qui viennent enrichir et compléter les modèles de connaissance au KL. Cependant, leur élaboration nécessite de s'appuyer sur une vision ontologique de l'activité, primitivement indépendante des contraintes sociales particulières, introduites par les modalités de la coopération. Il est utile d'introduire la figure du Titan, héritée de la mythologie grecque : le Titan est à lui seul un corps social immanent, qui a propension à signifier une conscience collective immanente, pour donner sens à la réalisation et l'accomplissement de l'agent rationnel au sein d'un domaine ontologique. Par là, le Titan crée littéralement le monde.



figure 2: la figure du Titan Immanent (statue en bronze découverte au large d'Istiafa, en Grèce, vers 460 av. J.-C.)

Le mythe de Prométhée* est parfaitement significatif du monde des Titans. Prométhée symbolise la conscience collective immanente des hommes, qui doit d'une part rendre compte à Zeus, symboli-

* D'après Diel, le mythe de Prométhée évoque la multiplication des désirs et leur réunion finale dans le désir essentiel. Prométhée symbolise la pensée prévoyante, par laquelle l'humanité se distingue de l'animalité. Par la fonction intellectuelle, l'animal conscient, l'homme est créé : Prométhée est le créateur de l'homme. L'histoire de la pensée est l'histoire de l'humanité : le mythe de Prométhée symbolise le sort essentiel et évolutif de l'humanité. L'homme est l'animal intellectualisé, il sort par l'intellectualisation de l'animalité : Prométhée crée l'homme avec de la terre. Être nouveau, sortant de l'animalité, l'homme, fils de la terre, demeure selon le mythe trop attaché aux désirs terrestres. Créature de Prométhée, il n'aimera que la terre, il utilisera la nouvelle faculté, la pensée, pour s'installer commodément sur la terre, autrement dit : il multiplie ses désirs terrestres et sa pensée, qui n'est encore qu'intellectuelle, lui indiquera les moyens de les satisfaire. Il oubliera l'esprit : il entrera en conflit avec Zeus. L'intellectualisation est un premier degré de spiritualisation. Mais l'intellect n'est que l'esprit utilitaire : faussement employé, il peut détourner l'homme du vrai sens de la vie, de l'esprit dans sa plus haute signification (de Zeus). Or, le symbole constant de l'esprit, vrai guide de l'homme, est la flamme luisante : la lumière; le symbole constant de l'intellect est la flamme de moindre intensité : le feu. Ce feu, l'intellect, forme parente de l'esprit lumière, appartient à Zeus. Prométhée, pour rendre sa créature, l'homme, apte à pourvoir à ses désirs multiples, apporte le feu de la région lumineuse où réside la vérité ultime. Mais le feu n'est dérobé qu'en vue d'être mal employé. Plus l'homme saura satisfaire ses désirs multiples, plus il les multipliera : il se détournera de l'esprit et ne se fiera plus qu'à l'intellect; il s'obstinera à ne pas continuer la route évolutive vers la spiritualisation, dont l'intellectualisation n'était qu'un premier pas. Le feu, l'intellect, exclusivement employé pour la satisfaction des désirs terrestres, ne parvient qu'à les exalter toujours davantage : l'intellect devient contresens, le feu est employé contre le sens de la vie, contre la volonté de l'esprit : le feu est volé. Le rapt du feu implique une culpabilité envers l'esprit : le rapt suscite le châtement par l'esprit. Ce châtement n'est pas une injustice : il est au contraire la justice la plus parfaite, car ce châtement est la réalisation de ce que convoitent les désirs multipliés et intellectualisés : l'enchaînement à la terre. A Prométhée (personnification de l'humanité) n'arrive que ce qu'il a voulu : il n'a rien voulu que la terre et il est enchaîné à la terre, impuissant à se lever. La pensée prévoyante a perdu la force essentielle d'élévation, l'élan évolutif. Prométhée, l'humanité, est enchaîné à la terre pour avoir oublié l'esprit; mais l'esprit ne l'oublie pas : journalièrement il le visite, il envoie son messenger, l'aigle, qui lui ronge le foie. L'aigle symbolise la force d'élévation et sa morsure est la morsure de la culpabilité et du remords. Mais le mythe de Prométhée n'indique pas seulement le châtement de l'humanité, il figure aussi l'espérance. L'intellectualisation étant, malgré sa révolte, malgré son mésusage possible, un premier indice de spiritualisation, elle finira par évoluer vers la spiritualisation. Prométhée ne reste pas enchaîné à la terre, il se réconcilie avec Zeus. Le remords subconscient, inavoué, manifesté sous forme d'accusation contre l'esprit, exprimé par les vociférations de Prométhée contre Zeus, se transforme finalement en regret avoué. Les désirs multipliés se réunissent en désir essentiel de satisfaire entièrement la vie et sa loi : symboliquement dit, les hommes se soumettent à la volonté de Zeus, ils se soumettent à la loi de l'esprit, au sens de la vie, ils évoluent vers l'esprit. L'intellectualisation progresse vers la spiritualisation. L'intellect révolté, le titan Prométhée, devient esprit purifié : sous cet aspect Prométhée symbolise non plus seulement le sort de l'être devenu conscient actuellement en état de chute (à comparer au mythe judaïque de la Genèse), mais l'idéal-guide de l'humanité. Il devient une divinité immortelle.

Ce motif central du mythe est varié par un motif parallèle : Prométhée, l'intellect prévoyant, a un frère, Epiméthée, qui symbolise, selon la signification du nom, le contraire de la prévoyance, l'intellect obnubilé, l'intellect qui a perdu sa lucidité prévoyante. Or l'intellect ne peut être obnubilé que par l'affect, donc précisément par la multiplication des désirs. Epiméthée, frère de Prométhée, signifie donc la pensée affective. L'intellect en révolte contre l'esprit, oubliant l'esprit, est inséparablement lié, comme un frère à son frère, à la déformation de sa propre qualité consciente et prévoyante, à l'obnubilation affective contraire de l'élan évolutif. Epiméthée, la pensée affective (l'intellect en perte de sa qualité consciente), n'arrive même plus à satisfaire les désirs multiples et terrestres à l'aide de projets. Perdant sa prévoyance, l'intellect régresse vers l'imaginatif : Epiméthée épouse l'imagination exaltée, symbolisée par Pandore. L'intellect, obnubilé, subit la séduction de l'imagination exaltée. Pandore, dépourvue d'âme mais parée de tous les charmes, la séduction trompeuse, avait été créée par Zeus et envoyée à Prométhée pour punir sa révolte. Selon la loi de l'esprit, le fléau séduisant, l'imagination exaltée, apparaît dans la mesure où l'intellect ne veut plus que satisfaire les désirs terrestres. Bien que Prométhée soit suffisamment prévoyant pour refuser Pandore, l'imagination exaltée trouve inévitablement le moyen de s'imposer à mesure que l'intellect s'aveugle imaginativement. Epiméthée épouse Pandore,

sant la transcendance, et d'autre part inspirer les hommes du sens collectif et les aider à se réaliser, s'accomplir et faire sens. Prométhée prend auprès de Zeus le risque de dérober le feu, qui symbolise l'esprit, pour en faire profiter les hommes à travers leur conscience collective. Pourquoi y a-t-il un risque ? Les hommes pourraient être tentés d'utiliser l'esprit pour se conforter dans leurs rôles d'agents rationnels individuels, pour renforcer leur intelligence rationnelle au détriment de la conscience collective. C'est d'ailleurs ce qu'ils font dans un premier temps, le payant des maux inévitables qu'ils provoquent par leur attitude individualiste et égocentrique (la jalousie, la vanité). Seule reste l'espérance, les maux se répandant sur l'humanité en s'échappant de la boîte de Pandore, piège imparable tendu à Prométhée par Zeus, furieux d'un échec dû à sa trop grande confiance en l'humanité. Mais les hommes finissent par comprendre leur erreur et donnent enfin raison à Prométhée, leur conscience immanente personnifiée (les Titans disposent de l'éternité pour se faire comprendre) : ils se tournent alors vers l'esprit, se libérant de la torture infligée à leur conscience collective (le foie infiniment rongé par l'aigle symbolisant le remords). Les hommes ne sauraient donner sens à leur vie individuelle et sociale sans Prométhée.

croyant avoir reçu le cadeau le plus précieux. Il en est dupe : de la boîte apportée par Pandore en cadeau nuptial, s'échappent tous les vices qui se répandent sur la terre, ne laissant aux hommes que l'espérance.

4.1.4. L'hypothèse du niveau des valeurs communes appliqué à la crise Tchadienne

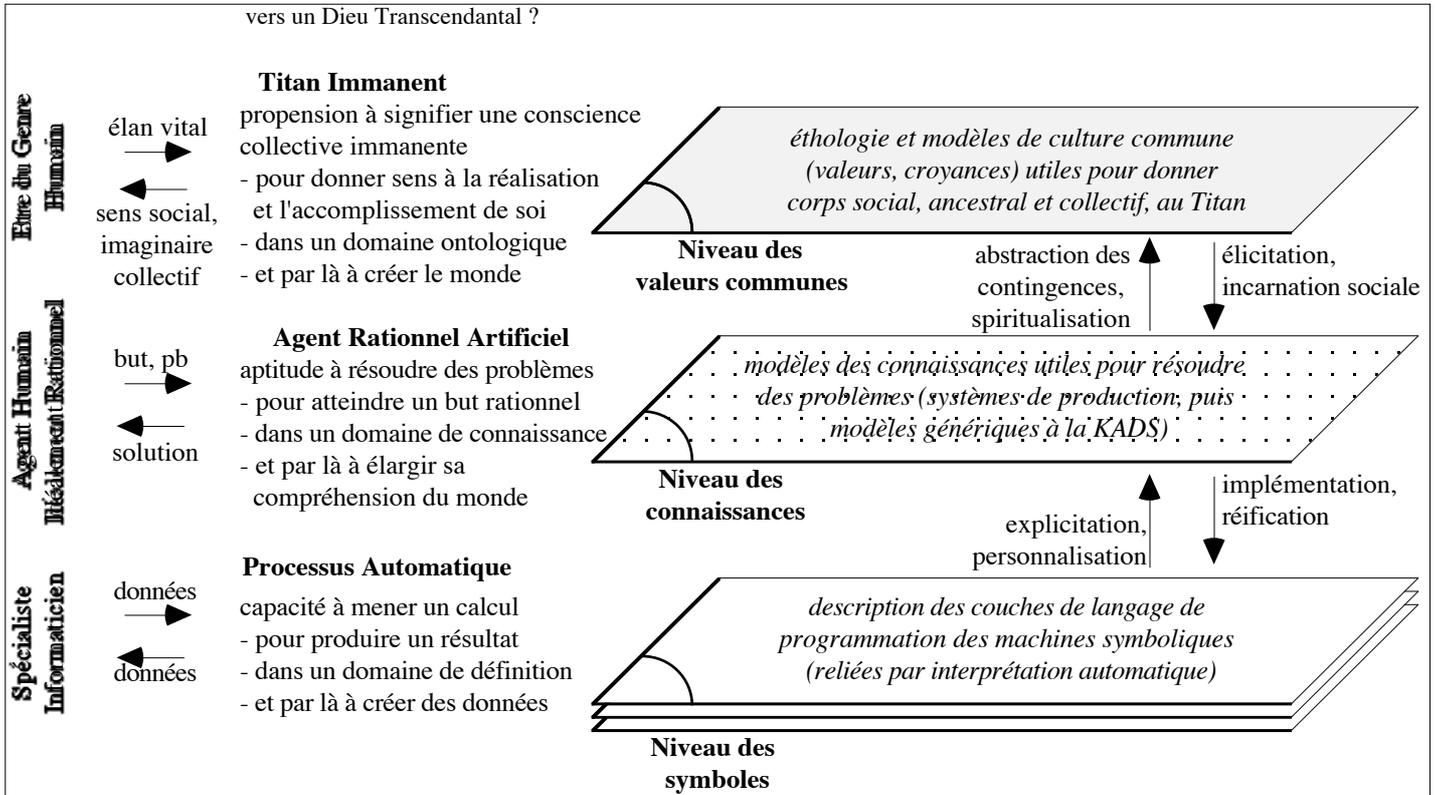


figure 3 (rappel) : l'hypothèse du niveau ontologique et l'introduction de la figure du Titan Immanent

Dans la suite, nous réfléchissons aux grands invariants ontologiques qui paraissent régir les activités de reconnaissance d'événements et d'interprétation de situation, qui sont au cœur du domaine de la gestion de crise, dans la perspective ouverte par l'hypothèse du niveau des valeurs communes. Plus précisément, on cherchera à montrer que pour qu'une situation soit intelligible au niveau des connaissances, il est nécessaire qu'une concurrence harmonieuse s'établisse entre :

- un ensemble cohérent de valeurs communes, qui se traduisent au niveau des connaissances par la prégnance des concepts clés (événements-types dans le vocabulaire opérationnel, comme nous l'expliquerons par la suite) qui interviennent dans la définition au KL de cet ensemble de valeurs, les événements-types prégnants rendant saillants des événements par le truchement de faits "observés" (ils sont ici plutôt attirés par notre attention intentionnelle qu'observés),
- des faits choisis sur le terrain et observés, qui tendent à rendre saillants des événements, qui rendent eux-mêmes prégnants des concepts clés, qui à leur tour provoquent des valeurs plus ou moins cohérentes.

A titre d'exemple simple de sensibilisation, disons que :

- la valeur "sécurité des biens et des personnes" stimule l'événement-type "incendie à éteindre", ce qui tend à faire "surgir" du monde de véritables incendies : l'intention force la

reconnaissance, oriente la forme du monde, et concentre l'attention sur une sélection de faits choisis parmi l'infinité des faits candidats à être relevés; c'est ainsi le propre du schizophrène de souffrir d'une exacerbation de ce processus reliant la vie intérieure au monde extérieur,

- des faits observables, comme la fumée sortant des fenêtres de l'immeuble et les cris de panique des habitants, évoquent un événement du type de l'événement-type incendie, cette évocation provoquant certaines réactions, comme le secours aux personnes en détresse, par activation des valeurs communes en jeu.

4.2. Vue ontologique du scénario CHEOPS-TCHAD

4.2.1. Présentation des accords de Défense franco-tchadiens

Le gouvernement français et son homologue tchadien sont supposés avoir passé des accords de Défense qui stipulent les conditions d'intervention des forces armées françaises au Tchad, en respect du droit international. Le texte signé précise :

- qu'en cas d'intrusion ou d'invasion du Tchad par une puissance étrangère, les forces armées françaises s'engagent militairement aux côtés des forces tchadiennes,
- qu'en cas de troubles intérieurs fomentés par une puissance ennemie, les forces françaises fournissent un appui logistique et des moyens suffisants pour infiltrer le réseau et identifier les traîtres, sans s'engager directement au plan militaire,
- qu'en cas de troubles intérieurs spontanés ou organisés par une opposition intérieure, fût ce avec le concours d'une puissance étrangère, les forces françaises n'interviennent en aucune façon en dehors du soutien logistique classique de formation, d'instruction et d'aide à l'équipement des troupes.

Les deux parties s'entendent également sur la typologie des troubles de l'ordre public susceptibles de survenir (figure 4), sur les phénomènes permettant clairement de caractériser et d'identifier ces troubles, ainsi que sur un modèle des actions à mener en cas de trouble constaté (figure 5).

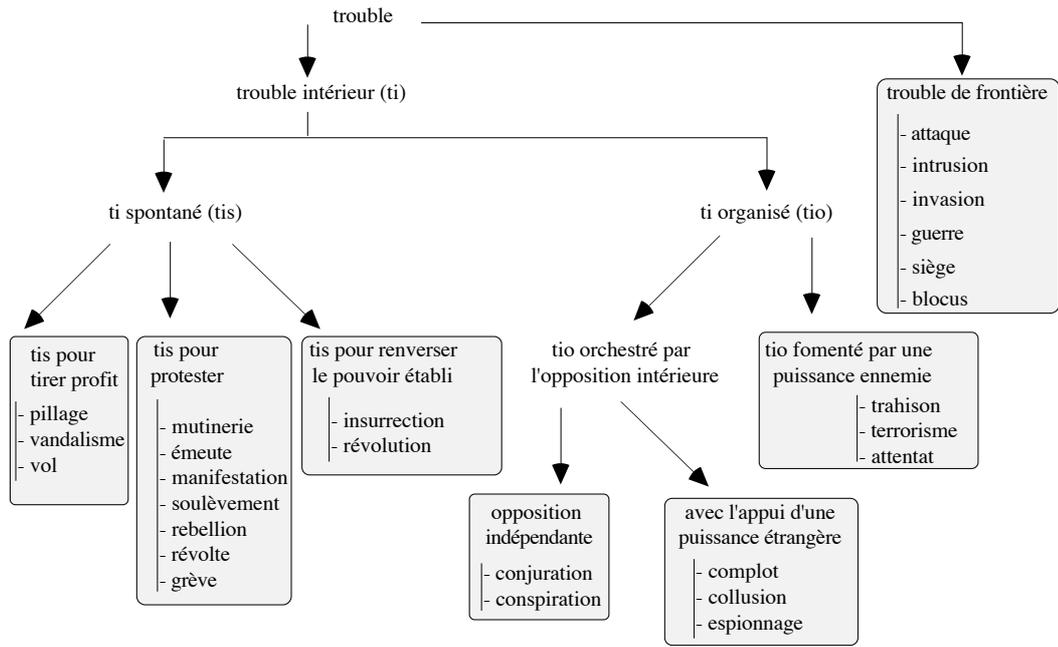


figure 4 : la typologie simplifiée des troubles de l'ordre public reconnus par les gouvernements signataires des accords de défense

Nom du trouble	Nature	Objectif	Réaction typique du gouvernement tchadien
pillage , vol, vandalisme	trouble intérieur spontané	profit économique	réprimer les troubles, punir les coupables, appeler au calme
mutinerie , émeute, grève, manifestation, soulèvement, rébellion, révolte	trouble intérieur spontané	protestation auprès des autorités	rétablir l'ordre par la négociation ou en poussant les mutins à la reddition, sanctionner les meneurs, appeler au sens civique
insurrection , révolution	trouble intérieur spontané	renversement du pouvoir établi	stigmatiser les responsables, vaincre le mouvement
conjuration , conspiration	trouble intérieur orchestré par une opposition intérieure indépendante	déstabilisation du pouvoir en place au profit de l'opposition, troubler l'ordre public	déjouer la conjuration, mater les opposants
collusion , espionnage, complot	trouble intérieur orchestré par une opposition intérieure avec appui d'une puissance étrangère	déstabilisation du pouvoir en place au profit de l'opposition, atteindre à la sûreté de l'état	infiltrer le réseau, contre-espionner, arrêter les espions si difficultés à rétablir l'ordre, essayer de faire jouer les accords de défense
trahison , terrorisme, attentat	trouble intérieur fomenté par une puissance ennemie	préparation d'une invasion, création d'un climat d'insécurité	organiser la rétorsion et les représailles, menacer la puissance ennemie, infiltrer le réseau, identifier les traîtres, faire jouer les accords de défense
intrusion , attaque, invasion, guerre, siège, blocus	trouble de frontière et atteinte à l'intégrité du territoire	occupation du pays	se défendre, enjoindre les attaquants d'abandonner, forcer la capitulation des envahisseurs, faire jouer les accords de défense

figure 5 : les réactions à conduire par le gouvernement tchadien en face de troubles de l'ordre public

Lorsqu'il arrive que le gouvernement tchadien demande l'appui du gouvernement français, l'Attaché Militaire de l'Ambassade de France au Tchad, aidé en cela par la DRM et par des agents artificiels spécialisés, expertise la situation pour le compte de son gouvernement, et examine la légitimité de la demande en vertu des accords de Défense. Cette mission ne consiste pas seulement à interpréter des faits observables sur le terrain tchadien : elle doit également prendre en compte la doctrine de l'Armée française, le contexte géopolitique de l'Afrique Centrale, ainsi que les grandes valeurs et sensibilités politiques du gouvernement français.

Dans la suite, nous transformons virtuellement l'AM en un Titan omnipotent, qui regroupe idéalement les savoir-faire de l'AM réel, les savoir-faire de la DRM et ceux des agents artificiels, sans chercher à les discriminer. Dans ce cadre imaginaire, examinons le processus de décision de l'attribution d'une aide militaire au Tchad lors des troubles de Biltine, imaginés pour la circonstance.

4.2.2. L'analyse contradictoire des troubles de Biltine

Le 4 août en début d'après-midi, peu de temps avant que le gouvernement tchadien ne demande officiellement le soutien de la France pour "venir à bout d'une attaque terroriste orchestrée par la Libye à partir de la caserne de Biltine", un coopérant, Volontaire pour le Service National Actif (VSNA) et enseignant à l'école d'un village proche de la caserne de Biltine, raconte par téléphone à l'Attaché Militaire de l'Ambassade de France à N'Djamena :

"Ce matin vers 10 heures, alors que je m'apprêtais à partir pour Biltine, des villageois m'ont signalé des phénomènes anormaux aux alentours de la caserne, dont je me suis alors rapproché par curiosité. Parvenu à quelques centaines de mètres des bâtiments, j'ai entendu des coups de feu et des cris, et j'ai vu s'enfuir des hommes armés, en uniforme national, qui m'ont paru être de l'ethnie M'Boutoul : en effet, tous étaient de taille plutôt grande et il m'a semblé reconnaître sur plusieurs d'entre eux, qui fuyaient dans ma direction, la cicatrice rituelle caractéristique de cette ethnie. Ces hommes ont été poursuivis peu de temps après par un détachement armé : sur l'injonction du commandant de ce détachement, je suis retourné à la poste du village d'où je vous appelle, ayant trouvé vos coordonnées dans la revue que nous adresse l'Ambassade de France."

L'Attaché Militaire pense que le témoignage du VSNA lui fournit des éléments intéressants, susceptibles de guider son enquête contradictoire. Laissant momentanément l'interprétation des "événements de Biltine" fournie par le gouvernement tchadien, il entreprend d'élaborer sa propre vision de la situation, en commençant par rassembler les phénomènes décrits par le VSNA, à savoir :

- les coups de feu et les cris, évoquant des combats,
- les hommes en fuite, susceptibles d'appartenir à l'ethnie M'Boutoul,
- le détachement armé poursuivant les fuyards.

Par la suite, il entreprend deux tâches parallèles; la première est basée sur l'analyse des faits et vise à identifier à travers eux des types d'événements qui représenteraient synthétiquement la situation; la seconde est basée sur l'analyse des intérêts et des principes français, et vise à identifier et favoriser les interprétations avantageuses :

- d'une part, il organise une série d'enquêtes sur les conditions de vie à la caserne de Biltine, et sur l'éventualité de problèmes récents de solde ou de nourriture qui auraient pu causer une mutinerie, ainsi que sur l'histoire socio-ethnique et les sympathies politiques des M'Boutoul,

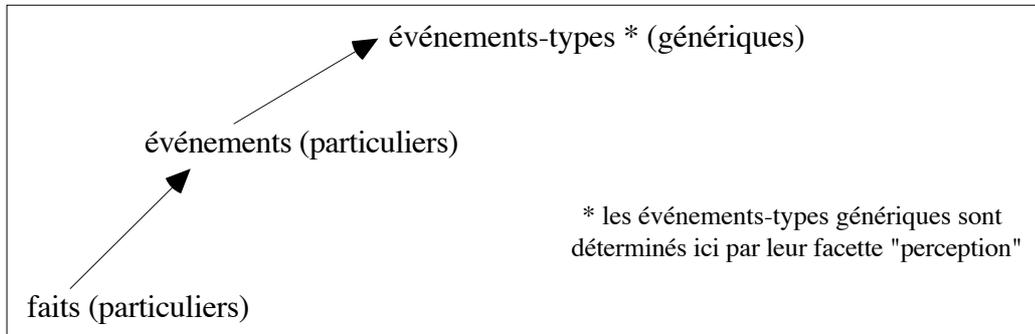


figure 6 : la reconnaissance d'événements-types par leur facette "perception", à travers un processus guidé par les faits

- d'autre part, il cherche à repositionner sa réflexion en fonction des objectifs du gouvernement français, dans le but de sélectionner des hypothèses de travail dont la validation servirait les intérêts qu'il représente.

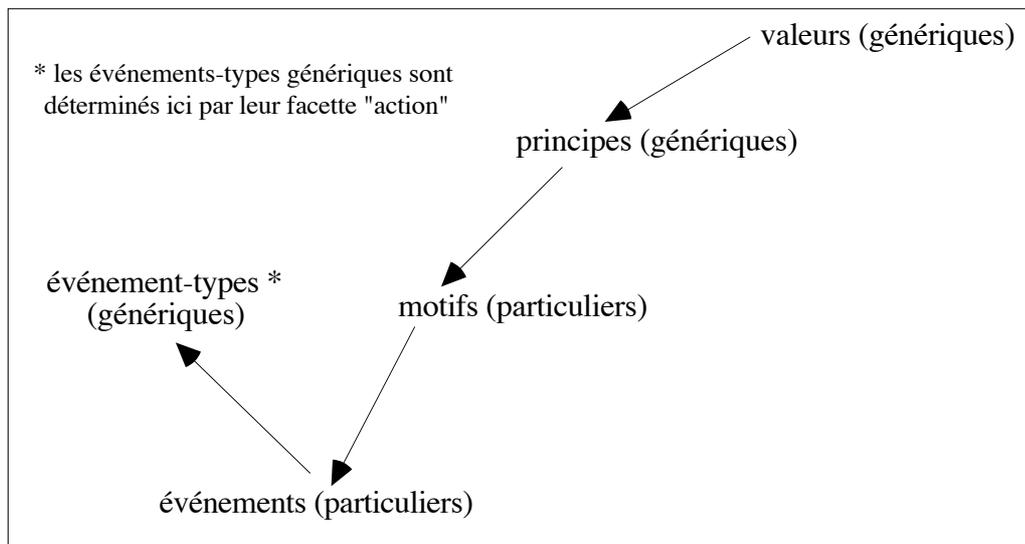


figure 7 : la reconnaissance d'événements-types par leur facette "action", à travers un processus guidé par les valeurs

Contrairement à la description de la deuxième partie de ce mémoire, qui ne portait que sur la composante "guidée par les faits" de la reconnaissance de types d'événements, nous allons mettre l'accent ici sur la composante "guidée par les valeurs" du processus, sans perdre de vue que ces deux processus sont, au plan cognitif, à la fois concurrents et simultanés.

4.2.3. Les primitives de description et les structures d'inférence utiles pour déterminer la nature des troubles de Biltine

Le tableau suivant présente les catégories de base des primitives de description utilisées soit au niveau du modèle, soit au niveau du domaine, soit au niveau du formalisme de représentation. Le vocabulaire opérationnel de l'Attaché Militaire se retrouve typiquement dans les exemples de la quatrième colonne du tableau, et son vocabulaire théorique se retrouve dans la colonne présentant les catégories du domaine de la politique étrangère. Quant au système épistémologique de la première colonne, il expose les appellations des catégories selon la théorie phénoménologique. Enfin le formalisme des pavés, dont les catégories sont présentées en troisième colonne, propose un système de représentation des connaissances adapté à la gestion de crise, qui demeure en cours d'élaboration en collaboration avec Alain Cardon.

Catégories du modèle (phénoménologie)	Catégories du domaine (politique étrangère)	Catégories du formalisme (gestion de crise)	Exemples (crise tchadienne des années 80)
• syst. épistémologique	• système politique	• système de représentation	- <i>politique étrangère de la France au Tchad entre 1980 et 1990</i>
• valeur	• doctrine	• gestalt	- <i>(respect du) droit international</i> - <i>(maintien de la) stabilité géopolitique</i> - <i>primauté des solutions diplomatiques</i> - <i>(respect des) droits de l'homme</i> - <i>développement socio-politique</i> - <i>développement économique</i> - <i>(fidélité aux) engagements contractés</i>
• principe	• règle de conduite	• attracteur de forme	- <i>non ingérence dans les affaires intérieures</i> - <i>intangibilité des frontières</i> - <i>démilitarisation des conflits</i> - <i>devoir d'ingérence humanitaire</i> - <i>aide économique conditionnée à la démocratisation</i> - <i>abaissement du surendettement</i> - <i>tenu des accords de Défense signés</i>
• motif	• objectif	• prégnance	- <i>éviter de se compromettre</i> - <i>préserver des avantages acquis</i> - <i>promouvoir son image internationale</i> - <i>satisfaire son opinion publique</i> - <i>contrôler une évolution politique</i> - <i>prévenir une cessation de paiement</i> - <i>défendre des intérêts économiques</i>
• concept clé	• événement-type	• classe d'ouverts	- <i>mutinerie</i> - <i>tentative d'invasion d'une puissance étrangère</i>
• noumène	• événement	• pavé saillant	- <i>mutinerie de Biltine du 4 août 1984</i> - <i>bombardement de l'aéroport de N'Djamena le 5 août</i>
• phénomène	• fait	• facette passante	- <i>individus blessés</i> - <i>hommes en fuite</i>

• état	• situation	• pavage de pavés	- le pays est sur le point de céder à la pression des envahisseurs et risque de se rendre sous 48 heures
--------	-------------	-------------------	--

figure 8 : le vocabulaire de base proposé pour l'interprétation de situations de crise géopolitique

4.2.4. Représentation des connaissances ontologiques propres à la crise tchadienne

Revenons à l'Attaché Militaire (AM) en proie au doute sur la rigueur de l'analyse que fournit le gouvernement tchadien des troubles de Biltine, et qui cherche à repositionner sa réflexion en fonction des objectifs du gouvernement français, afin de privilégier les hypothèses de travail qui servent les intérêts qu'il représente. Selon nous, le travail de l'AM est modélisable par un système de valeurs, de principes et de motifs (nous nous exprimerons dorénavant dans le vocabulaire des catégories du modèle phénoménologique), qui présenterait les caractéristiques suivantes :

- les valeurs sont plus générales que les principes, et eux mêmes que les motifs : une valeur fonde et justifie certains principes, un principe sert et conforte certaines valeurs,
- un principe donné peut être utilisé pour inspirer et légitimer certains motifs, mais aussi pour contraindre la conformité d'un motif,

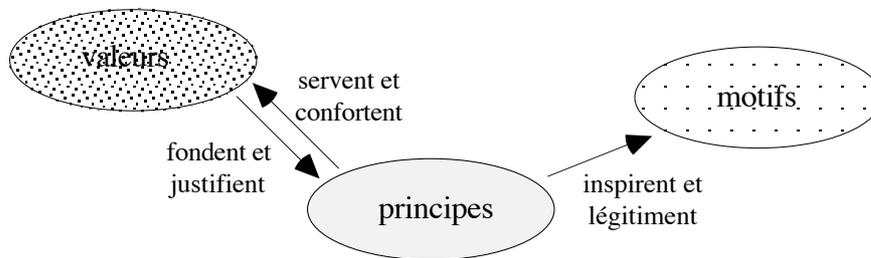


figure 9 : les structures d'inférence du système de valeurs

- un principe donné peut également être utilisé pour couvrir un motif caché, sous prétexte de servir une valeur.

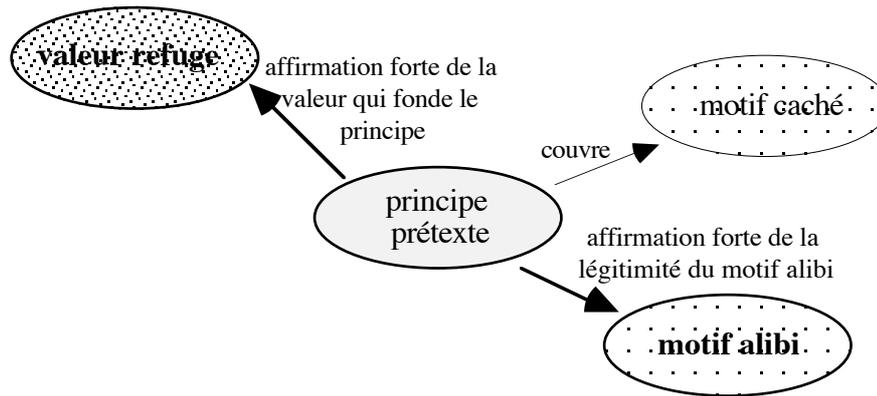


figure 10 : mode d'exploitation des structures d'inférence pour couvrir un motif caché

On remarquera que le motif, qu'il soit clair, alibi ou caché, correspond à l'objectif de l'agent rationnel de Newell au niveau des connaissances. Quant à la notion de valeur, elle est par construction du niveau des valeurs communes, les principes étant quant à eux typiquement de l'ordre de l'interface entre les deux niveaux, c'est-à-dire de l'opérationnalisation des valeurs au niveau des connaissances. A titre d'exemple, nous présentons quelques couples légitimes principe-valeur (en sachant qu'au delà de ces couples, la valeur impliquée peut fonder d'autres principes et que le principe peut servir d'autres valeurs), ainsi que quelques exemples plausibles de triptyques "valeur refuge - principe prétexte - motif caché".

principe : : non-ingérence dans les affaires intérieures valeur : : respect du droit international	<i>non ingérence</i>
principe : : intangibilité des frontières valeur : : maintien de la stabilité géopolitique	<i>respect des frontières</i>
principe : : démilitarisation des conflits valeur : : primauté des solutions diplomatiques	<i>règlement diplomatique</i>
principe : : devoir d'ingérence humanitaire valeur : : respect des droits de l'homme	<i>devoir d'ingérence</i>
principe : : aide économique conditionnée à la démocratisation valeur : : développement socio-politique	<i>ouverture démocratique</i>
principe : : abaissement du surendettement valeur : : développement économique	<i>désendettement</i>

figure 11 : quelques exemples de couples principe-valeur

principe prétexte: non-ingérence dans les affaires intérieures .	<i>non compromission</i>
valeur refuge: respect du droit international .	
motif caché: éviter les compromissions .	
principe prétexte: intangibilité des frontières .	<i>préservation des avantages</i>
valeur refuge: maintien de la stabilité géopolitique .	
motif caché: préserver des avantages acquis .	
principe prétexte: démilitarisation des conflits .	<i>promotion de son image</i>
valeur refuge: primauté des solutions diplomatiques .	
motif caché: promouvoir son image internationale .	
principe prétexte: devoir d'ingérence humanitaire .	<i>satisfaction de l'opinion</i>
valeur refuge: respect des droits de l'homme .	
motif caché: satisfaire son opinion publique .	
principe prétexte: aide économique conditionnée à la démocratisation .	<i>pression politique</i>
valeur refuge: développement socio-politique .	
motif caché: contrôler l'évolution politique .	
principe prétexte: abaissement du surendettement .	<i>prévention de la banqueroute des débiteurs</i>
valeur refuge: développement économique .	
motif caché: prévenir une cessation de paiement .	

figure 12 : quelques triptyques "valeur refuge - principe prétexte - motif caché"

4.2.5. Un modèle concurrent pour l'interprétation de la situation considérée par l'attaché militaire de l'Ambassade de France

La manière dont l'AM va traiter les troubles de Biltine dépendra étroitement de l'événement qu'il vise à "reconnaître" pour caractériser ses troubles : en fait, il construira l'événement autant qu'il le reconnaîtra, à partir des intérêts qu'il défend, des motifs plus ou moins cachés qu'il saura légitimer, et in fine des actions qu'il a l'intention d'entreprendre et qu'il faudra bien justifier. Ainsi, l'événement (le concept clé comme catégorie épistémologique) encapsule, réifie, et dans les deux sens du mot, "comprend" un ensemble d'actions qu'il justifie et un ensemble d'interprétation d'observations qu'il explique : le concept clé ne fait sens que parce qu'il est construit ainsi, trait d'union d'intelligibilité, véritable réconciliation entre l'action et la perception. Remarquons encore que pour faire sens collectif, les valeurs de référence doivent être communes, ce qui n'est pas nécessaire pour les objectifs exprimés au niveau des connaissances.

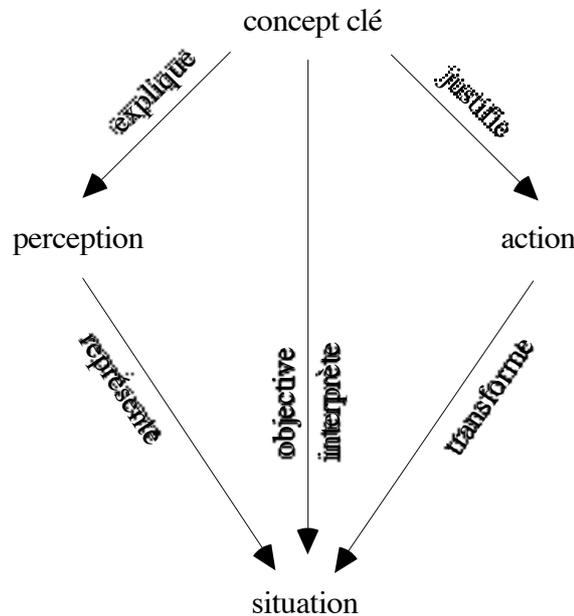


figure 13 : le concept clé comme réconciliation construite de l'action et de la perception

a) L'hypothèse de la mutinerie

Ainsi quand surviennent les troubles de Biltine, l'attitude à adopter face à une demande d'intervention militaire du gouvernement tchadien peut consister à chercher à démontrer que la thèse de "l'attaque terroriste orchestrée par une puissance ennemie et susceptible de préparer une invasion" est fautive, et que par conséquent les accords de Défense franco-tchadiens n'ont pas lieu de se traduire par un engagement français. Cette attitude est recommandée si l'Attaché Militaire considère que la priorité est d'écartier tout risque d'enlèvement lié à une intervention militaire coûteuse, impopulaire et hasardeuse. Pour cela, sachant qu'il sera nécessaire d'argumenter soigneusement l'antithèse, le plus simple est de prouver que les troubles de Biltine correspondent à une simple mutinerie, causée par exemple par des problèmes de paye ou de nourriture. Pour cela, l'AM doit :

- démontrer qu'il s'agit de troubles à caractère non militaire,
- montrer que les frontières ne sont pas menacées,

- démontrer le caractère négociable du conflit entre les protagonistes,
- minimiser l'intensité, la durée, l'étendue, l'importance, la gravité, la portée des troubles,
- affaiblir les corrélations, et avoir tendance à considérer les troubles comme indépendants.

La première chose à faire est de trouver un alibi pour mener cette enquête contradictoire, et renvoyer la question sur d'autres instances internationales, afin de gagner du temps. Le schéma d'inférence que cherche à établir l'Attaché Militaire passe par l'invocation de la valeur refuge "respect du droit international", confortée par le principe de "non ingérence dans les affaires intérieures d'un état souverain", pour motiver une enquête complémentaire et :

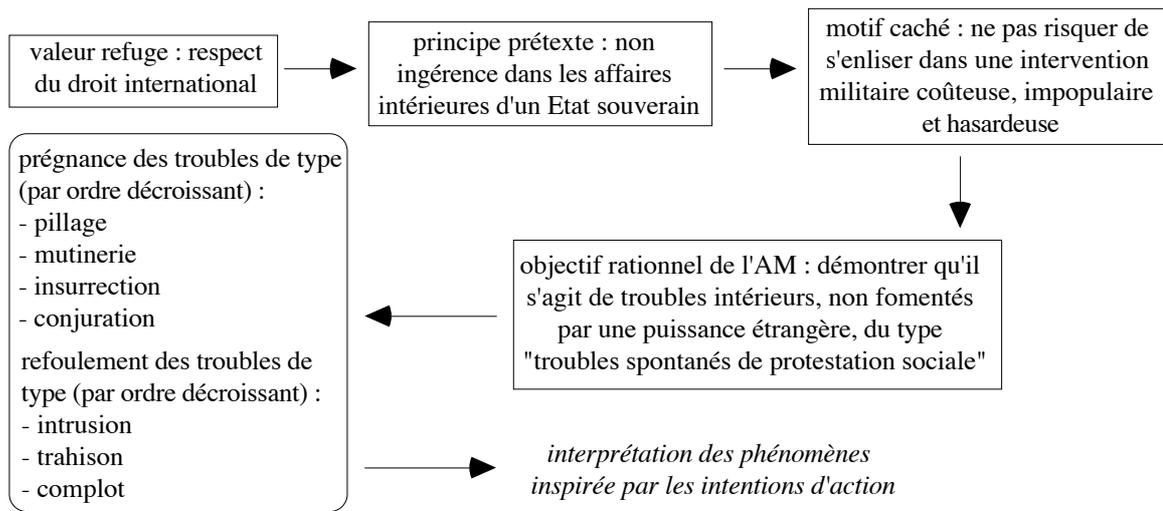


figure 14 : l'interprétation des troubles de Biltine inspirée par le motif caché de non compromission

Alors seulement, fort de son alibi, l'AM cherchera à organiser et à corroborer certains phénomènes soigneusement choisis, auxquels il prêtera une attention particulière, comme par exemple :

- des problèmes récents de paye ou de nourriture,
- un état d'insatisfaction patent des soldats de la caserne,
- des indices de la faible autorité morale du commandement de la caserne,
- la preuve de la présence d'un leader préalablement identifié chez les mutins.

b) L'hypothèse de l'imminence d'une invasion

En revanche, si l'AM est sensible au risque circonstancié de perdre la face devant la communauté internationale et de voir une autre puissance économique supplanter la France dans cette partie du Monde, il pourra chercher à défendre la thèse d'une invasion imminente du Tchad par une puissance étrangère. Le dispositif d'argumentation qu'il va chercher à développer s'appuiera alors sur les actions suivantes :

- démontrer qu'il s'agit de troubles à caractère militaire, et exalter leur importance,
- montrer que les frontières sont menacées, et à travers elles l'intégrité du territoire,
- démontrer le caractère potentiellement non négociable du conflit entre les protagonistes,
- maximiser l'intensité, la durée, l'étendue, la gravité, la portée des troubles,
- renforcer les corrélations, et avoir tendance à considérer les troubles comme dépendants.

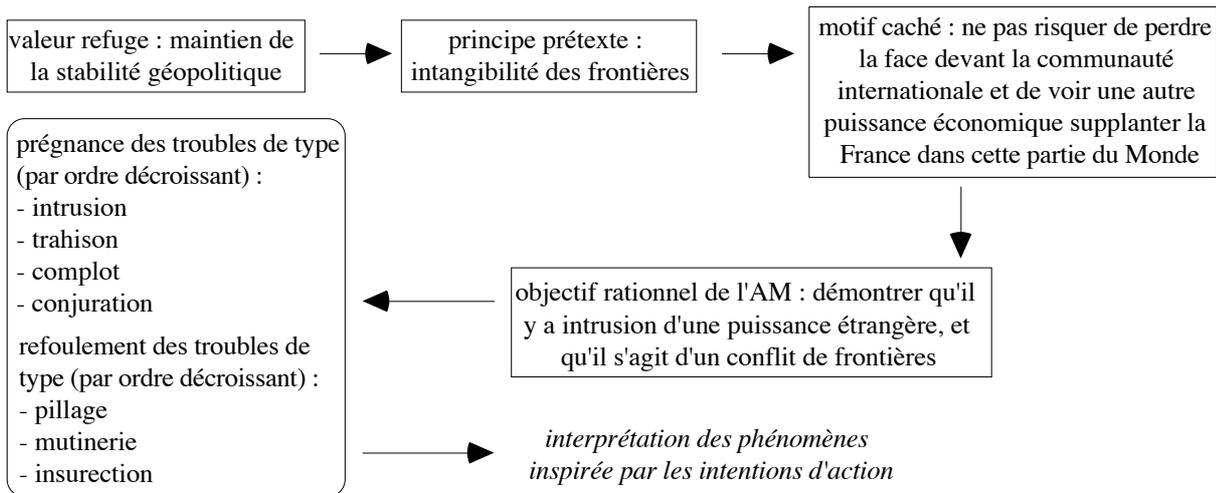


figure 15 : l'interprétation des troubles de Biltine inspirée par le motif caché de promotion sur la scène internationale d'une image de fermeté en matière de politique étrangère

Selon qu'il vise l'interprétation des troubles en "trahison de Biltine" ou "attentat de Biltine", l'AM cherchera à faire apparaître les phénomènes suivants :

- trahison de Biltine :
 - présence d'un traître dans le commandement,
 - motivations du commanditaire présumé,
 - les cris entendus sont de nature "cris de soulèvement",
 - indices de collusion avec une puissance étrangère,
 - présence de terroristes en fuite.
- attentat de Biltine :
 - destructions matérielles importantes,
 - présence de nombreux blessés,
 - les cris entendus sont de nature "cris de panique",
 - certification des revendications.

4.3. L'interprétation de situations comme activité de modélisation constructive

4.3.1. Réflexions sur la nature de l'activité de reconnaissance d'événements

Quand on traite de tenue de situation, de gestion de crise, d'interprétation d'intention, de préparation de mission ou de renseignement du champ de bataille avec des militaires ou des fonctionnaires opérationnels, on est frappé par l'importance qu'ils accordent à la notion d'événement pour évoquer la réalité : ils parlent par exemple d'un bombardement ou d'un incendie comme d'un événement qui surviendrait de façon absolument objective et rationnelle.

Selon ces acteurs opérationnels, le monde réel est en première analyse constitué :

- d'objets qui existent dans un espace-temps circonscrit (un théâtre d'opérations) et qui manifestent des comportements ([Cauvet & al. 92]), certains pouvant par exemple se déplacer, comme les unités de combat,
- d'événements qui surviennent, et qu'il s'agit de maîtriser pour gérer la situation.

Ils préconisent volontiers le modèle suivant de système d'aide à la gestion de situations :

- une représentation du théâtre d'opérations (une représentation de l'espace territorial par des cartes, des plans et des photographies, et une représentation du temps linéaire continu par une métaphore appropriée),
- une représentation des objets réels du théâtre d'opération et de leurs propriétés, ainsi que des événements qui surviennent,
- un modèle permettant de traduire la situation réelle en situation virtuelle et de simuler des hypothèses sur la situation virtuelle à l'aide d'outils adaptés.

En travaillant avec des opérationnels pour spécifier et concevoir le système CHEOPS, nous avons déterminé que cette représentation du réel pouvait conduire à une modélisation informatique productive ([Chaudron 94], [Poirel & Chaudron 94]), à condition de lever les quelques apories susceptibles d'en affaiblir la puissance. En premier lieu, nous avons réfléchi à la notion d'événement.

a) La notion d'événement dans le sens commun

Pour Larousse, un événement est un fait important / marquant, qui arrive / apparaît / se produit. Le mot est de la même famille que le mot "éventuel" qui indique la dépendance des circonstances, le caractère hypothétique, possible; l'événement est donc au sens commun une éventualité réalisée (un fait) particulièrement importante / marquante.

L'événement serait donc par nature un fait plus important que les autres, et ce qui permettrait la mesure du caractère événementiel, c'est le constat de l'importance des conséquences (réelles ou potentielles) causées par l'apparition de l'événement. Nous héritons ainsi, dans le sens commun, d'une notion très passive de la notion d'événement, qui sur-gît, sur-prend, sur-vient, c'est-à-dire vient par le haut, vient du ciel, et qui n'inspire rien d'autre que subir, constater, mesurer la gravité des conséquences. Que faire d'autre en effet dans cette vision ? Seules comptent finalement les conséquences de l'événement sur la situation, dont on s'efforcera de discerner la gravité. On peut schématiser comme suit l'arrivée d'un événement sur une situation, impactant les objets et les sujets "par le haut".

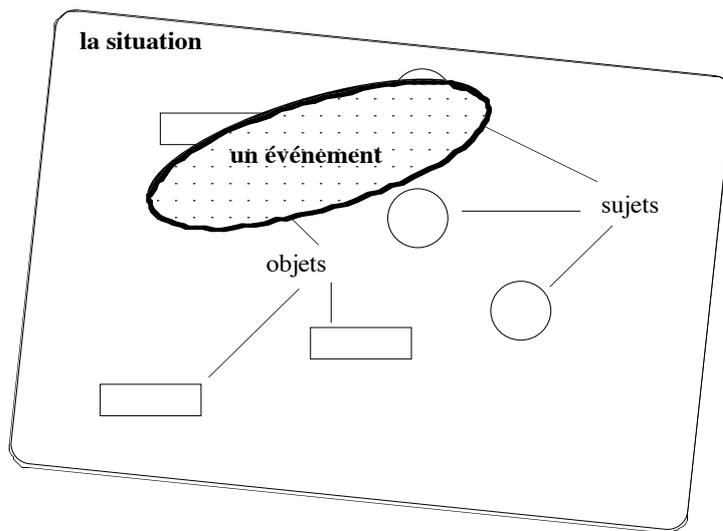


figure 16 : l'événement sur-vient et touche à des degrés divers des objets et des sujets

Demandons-nous ce qui peut bien distinguer dans la pratique un événement d'un fait banal / non important / non marquant : reprenons pour cela l'idée qu'un événement arrive / apparaît / se produit.

- n'arrive (étymologiquement, arriver c'est atteindre la rive) que ce qu'on attend; un événement qui arrive doit donc sa qualité d'événement à son importance présumée plus qu'à la surprise : il n'est événement que parce qu'on suppose a priori (d'expérience personnelle ou collective) qu'il va modifier / changer / transformer le regard porté sur la situation courante de façon importante / marquante (la marque est alors mise a posteriori sur l'événement), c'est-à-dire plus exactement qu'il va impacter profondément et/ou durablement les actions en cours (c'est le cas dans l'expression "attendre un heureux événement"),
- n'apparaît (étymologiquement apparaître, c'est se montre plus ou moins brusquement) que ce qui existe déjà et qui se manifeste à la perception ou la pensée; un événement qui apparaît doit donc son statut d'événement à son rôle inspirateur et fédérateur de l'action : c'est le cas dans l'expression "la crise de 1929 est apparue aux américains à l'occasion du krach de Wall Street", quand la reconnaissance d'une crise constitue une grille de lecture structurante des actions à mener pour analyser l'économie et la société américaine dans la perspective de leur restauration,
- quant à l'idée de se produire, elle est pour le moins paradoxale, et Lavoisier aurait pu dire que "rien ne se produit, tout se forme"; un événement qui se produit est en fait un événement qui sur-vient, qui sur-git, qui sur-prend : il se manifeste brusquement, subitement, par surprise, à l'improviste, inopinément (ce dernier mot signifiant exactement "sans qu'on y ait pensé"), accidentellement (un accident étant plus précisément un événement imprévu, qui modifie ou interrompt fortuitement le cours d'une action, comme dans les expressions "accident de carrière" ou "accident de parcours"). L'accident nous prend au dépourvu, par construction, non pas nécessairement parce qu'il était inconcevable ou jugé impossible / peu probable, mais parce qu'il gêne le déroulement prévu de nos actions, qu'il contrarie nos intentions et notre attention.

b) La notion d'événement en gestion de crise

Ainsi, pour essayer de préciser la notion d'événement dans le domaine de la gestion de crise, on pourra dire qu'un événement n'a de sens que :

- rapporté à un ensemble de circonstances qui le relie à des faits et donc à des objets de l'environnement : l'événement est circonstancié,
- rapporté au contexte d'une situation globale (espace-temps) qui circonscrit entièrement l'événement circonstancié : l'événement est situé,
- rapporté à un environnement attentionnel qui conditionne les dispositions de l'interprète à décider du caractère événementiel : l'événement est interprété,
- rapporté à un environnement intentionnel qui détermine les dispositions de l'interprète à décider d'actions appropriées : l'événement est utilisé.

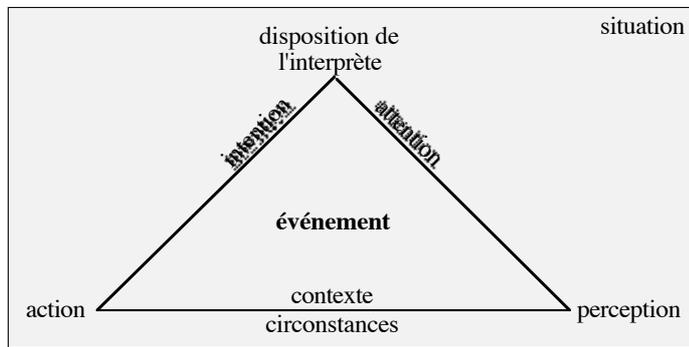


figure 17: l'événement est circonstancié, situé, interprété, utilisé

En fait, ces diverses dépendances constitutives de l'événements se déterminent les unes en fonction des autres, de manière typiquement incrémentale, mais c'est la pragmatique qui dirige, c'est-à-dire l'utilité pratique de reconnaître un événement, dans la perspective de l'action. D'une certaine façon, les concepts d'action et d'événement sont très proches : on peut définir une situation comme un état caractéristique, déterminé dans l'espace-temps, issu d'une action ou d'un événement.

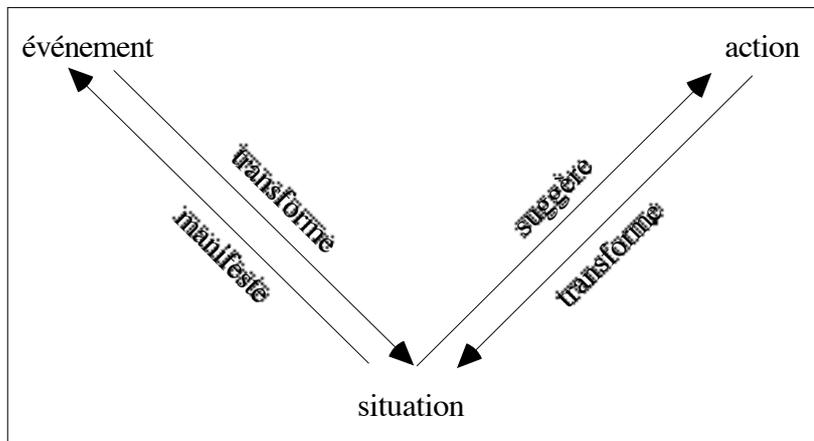


figure 18 : l'événement est indissociablement lié à l'action

Ainsi, notre compréhension du sens commun du mot événement, centré sur les conséquences, se recentre sur le processus ontologique de reconnaissance de l'événement, motivé par l'action appuyée sur les disposition de l'interprète en terme d'intention ([Sperber 92]) et d'attention ([Siéroff 92]).

c) Pour une réconciliation de l'action et de la perception autour de la notion d'événement

Ainsi donc, il apparaît que le caractère événementiel d'un fait est fondamentalement subjectif, ou plus exactement qu'il est lié à l'interprétation (interprétation : action de donner un sens à quelque chose) du fait dans une perspective intentionnelle (le fait a le statut provisoire d'événement car il va probablement peser lourdement sur des intentions à venir, soit en les renouvelant, soit en les structurant) ou attentionnelle (le fait a le statut provisoire d'événement car il force la restructuration d'une attention); rétrospectivement, le statut d'événement est réalloué (que le fait ait été ou non pressenti en son avènement comme événementiel) au fait qui contribue à baliser / structurer / marquer l'histoire de la situation dans sa temporalité : on passe ainsi naturellement d'un caractère événementiel prédictif (de l'avenir) à un caractère événementiel explicatif (du passé).

Il est curieux de remarquer combien cette vision de la notion d'événement est proche de celle des stoïciens antiques (Zénon, Sénèque, Epictète); ainsi Marc Aurèle, au premier siècle après J.-C. : "les choses elles-mêmes ne touchent notre âme en aucune manière; elles n'ont pas d'accès dans l'âme; elles ne peuvent ni modifier notre âme, ni la mettre en mouvement. Elle seule se modifie et se met en mouvement, et les accidents sont pour elle ce que les font les jugements qu'elle estime dignes d'elle-même".

4.3.2. Réflexions sur la nature de l'activité d'interprétation de situations

a) La notion de situation en psychologie

Qu'est-ce qu'une situation ? On dira qu'une situation est la représentation d'une réalité modélisée. On écarte ainsi définitivement l'idée qu'il puisse exister des situations indépendamment d'un modèle d'interprétation, et donc qu'il puisse exister une réalité connaissable en soi. La situation doit faire sens, c'est-à-dire qu'elle doit être intelligible et évocatrice d'actions efficaces. Quant à interpréter une situation, c'est s'efforcer de rendre toujours plus cohérente et harmonieuse le système réalité / situation / modèle. On s'appuie ici sur [Koch 94], [Black 93], [Granger 94], [Vera & Simon 93], [Clancey 92], [Clancey 93], [Minsky 65], [L'Ecclésiaste -20].

Si la situation n'indiffère pas, elle provoque une expression ou évoque une impression. L'expression provoquée, appelée au dehors, l'est alors soit en direction de la réalité (l'action "réaction", par opposition à l'action réfléchie, qui fige le modèle et change le monde), soit en direction de soi-même (l'émotion). Quant à l'impression évoquée et attirée à soi, elle l'est soit en terme de sentiment / sensation, soit en terme de souvenir qui s'associe à la situation, de manière plus ou moins exploitable en terme d'analogie (la seule possibilité de révision du modèle).

On voit qu'une situation donnée peut inspirer divers modes d'interprétation à un agent diversement disposé. En fait, l'agent qualifie a posteriori de stable une situation qui évoque, et d'instable une situation qui provoque, et plus généralement, il caractérise la situation en fonction d'interprétation qui dépendent de ses dispositions. Quant à l'interprétation pragmatique, elle vise à l'action réfléchie qui ne reconnaît comme sanction que la pratique, le fait que "ça marche". Il faut noter que dans cette approche, la sémantique est asservie à la pragmatique, qui construit la sémantique et l'intelligibilité

sur la base de la pratique expérimentée. L'enjeu est d'obtenir que "ça marche" et que le modèle en rende compte incrémentalement, en évitant de recourir au métamodèle sans enrichir le modèle, comme c'est le risque avec les émotions, sentiments et associations.

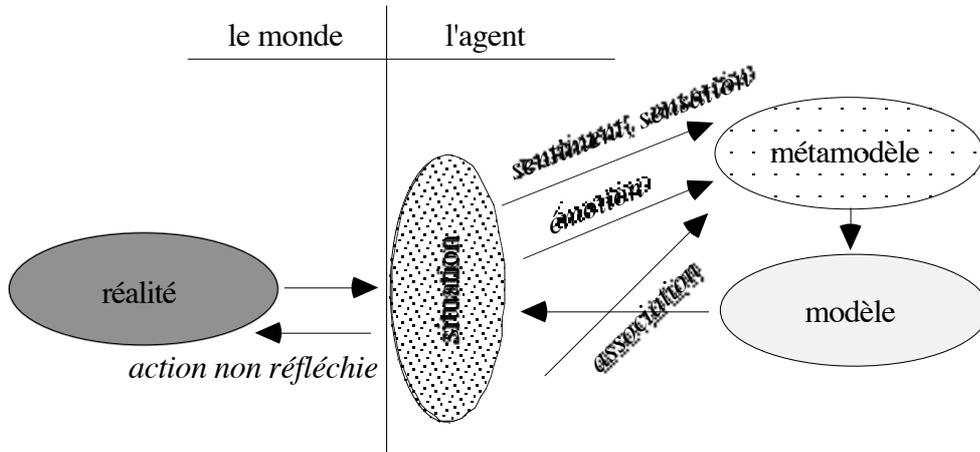


figure 19 : l'agent dans le monde

b) La dialectique impression / expression

Le préjugé classique pourrait s'exprimer ainsi :

- il existe une sorte d'inverseur cognitif à deux branches "disposition à la compréhension" et "disposition à l'action",
- interpréter une situation, c'est positionner l'inverseur sur "disposition à la compréhension" jusqu'à reconnaître et modéliser correctement une situation, initialement réduite à une réalité brute, qui aurait un sens "attendant" d'être découvert,
- pour poursuivre l'interprétation, il faut décider d'inverser l'inverseur sur la position "disposition à l'action",
- pour concrétiser le processus d'interprétation, il ne reste plus qu'à agir.

On retrouve là le modèle en couche traditionnel des SIC, à savoir qu'une première couche rend la situation compréhensible et en produit une représentation, qu'une seconde décide qu'il faut agir et explicite des buts d'action que le SIC aiderait à décider, et qu'une troisième couche commande, planifie et contrôle les actions. Ce découpage est à notre avis arbitraire.

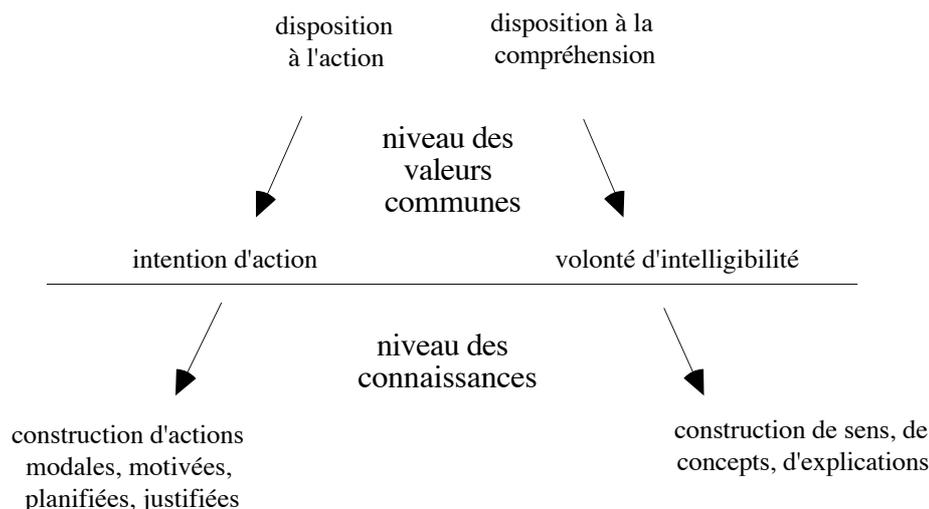


figure 20 : l'inverseur de la vision mécaniste naïve

D'après nous, une pragmatique relie la propension à l'action et la propension à la compréhension, dès leur co-présence ontologique : l'être rêve d'une réconciliation essentielle entre l'impression et l'expression, l'intérieur et l'extérieur.

L'ontologie du domaine de l'interprétation de situation doit rendre compte de la dialectique expression / impression autrement que par la vision naïve. Elle prendra en considération la concurrence qui existe entre deux propensions arbitrées par des dispositions contextuelles : la propension à l'action (l'expression), et la propension à la compréhension (l'impression), ces deux propensions ayant pour vocation concurrente de se commettre au monde pour le créer. "Je n'ai rien que je n'aie reçu; et pourtant il faut en même temps que tout surgisse de moi, même l'être que j'ai reçu et qui me semble imposé; il faut, quoi que je fasse et quoi que je subisse, que je sanctionne cet être et que je l'engendre pour ainsi dire à nouveau par une adhésion personnelle, sans que jamais ma plus sincère liberté le désavoue ..." (l'action 1893, [Blondel 1893]).

4.3.3. Réflexions sur les notions de décision et de crise

a) Les fondements de l'utopie SIC

Il existe une utopie largement présente dans la communauté des utilisateurs de SIC qui pose que :

- les SIC permettent de percevoir plus et mieux, de décider plus et mieux, et d'agir plus et mieux,
- les SIC permettent aux décisionnaires d'exercer le pouvoir sans vivre l'angoisse de la décision, un système ayant rationalisé pour eux ces décisions (confer le mythe de Prométhée, sans la conscience et le remords).

Il est vrai que les SIC actuels ont tendance à exalter les désirs multiples, à forcer la perception, à contraindre les obligations d'agir, à multiplier les faux problèmes (qui ne sont pas ressentis profondément comme tels). Il est vrai qu'ils ont tendance à reposer entièrement sur le divorce du monde intérieur et du monde extérieur, sur la non-compréhension de ce qu'est la dialectique action / perception, Janus à deux faces de notre façon de créer le monde et de nous réaliser. Or, on ne peut pas

séparer les deux faces de Janus, dont le temple n'était fermé à Rome qu'en temps de paix : une intimité expérimentée est nécessaire pour fonder l'intelligibilité de la décision par création d'un sens qui unifie l'action et la perception.

b) La crise comme incitation au dépassement de nos valeurs communes

Larousse définit :

- une catastrophe comme un événement subit qui cause un bouleversement,
- un sinistre comme un événement catastrophique,
- un risque comme un sinistre éventuel soit, par application des définitions précédentes, une éventualité catastrophique,
- quant à la crise, elle est caractérisée dans le sens commun par un changement subit, une phase instable et à risque élevée.

Et si expliquer et justifier n'était rien d'autre que légitimer ces événements comme des concepts clé pour rendre la situation collectivement intelligible ? Et si cet événement, objet charnière de notre entendement, était l'indice que notre modèle implicite de perception / décision / action était faux / insuffisant ? Et s'il fallait repenser ce modèle de façon bien plus constructiviste, en renonçant au modèle implicite du monde bien ordonné dont l'observateur n'aurait qu'à découvrir le modèle sous-jacent ?

Considérons la notion de problème, définie comme une situation dont le dépassement requiert l'action réfléchie : l'action n'étant pas ici spontanée (par construction), elle naîtra d'une modélisation renouvelée de la situation qui pose problème, dont le principal effet de fond sera précisément la création d'un modèle de compréhension et d'action, la résolution du problème par la solution opératoire ne constituant qu'une propension à valider ce modèle. A l'échelle sociale, on peut définir une crise comme une situation dont le dépassement requiert l'action collective réfléchie et coordonnée. Ce point de vue est à la fois riche et fructueux : poser la crise comme une institution dont le but profond est de fonder dynamiquement le référentiel des valeurs communes du collectif qui la gère renouvelle fondamentalement l'approche de la gestion de crises; là encore, il s'agit moins d'exhiber des solutions que d'enrichir le problème, c'est à dire d'enrichir et d'adapter nos concepts et nos valeurs.

4.3.4. La notion de saillance et de prégnance

On appelle prégnance une intention d'action qui intervient comme heuristique de structuration de la situation : on peut voir la prégnance comme un attracteur qui cherche à révéler une saillance susceptible de lui correspondre.

On appelle saillance un objet qui force l'attention, que ce soit pour inciter à l'action ou pour signifier une incompréhension. L'agent qui interprète une situation peut refouler une saillance (ne pas la prendre en compte), la traiter en renforçant la prégnance qui l'a révélée ou en construisant une prégnance qui lui correspond, ou encore la sublimer (renforcer une prégnance de plus haut niveau).

On peut émettre l'hypothèse que nous percevons la réalité en fonction de nos intentions d'action : appelons-les nos prégnances pour évoquer la morphogénèse de René Thom ([Thom 91]). La réalité se manifeste alors à notre attention sous la forme d'un pavage de formes saillantes intelligibles, c'est-à-dire qu'elles entretiennent des rapports de correspondance avec nos prégnances, qui jouent le

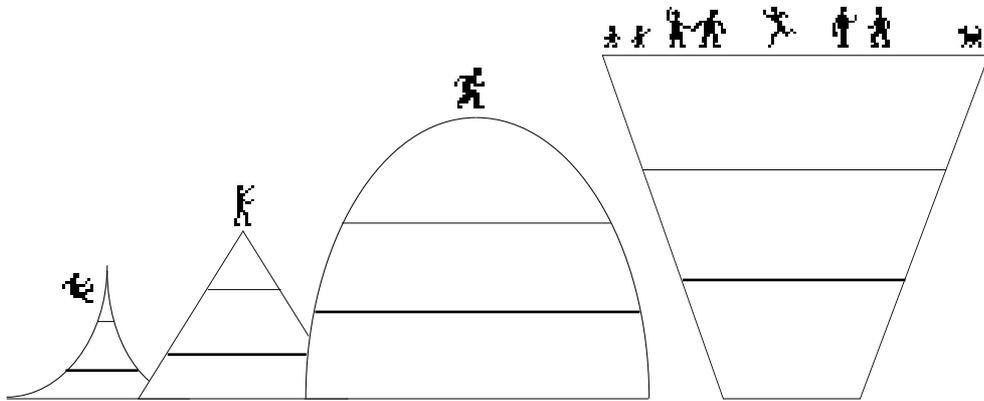
rôle d'attracteurs de forme et conditionnent notre intelligence (compréhension) d'une situation. Le pavage est souple et réactif : il évolue dans le temps en fonction de la réalité brute et de nos prégnances, mais évolue aussi qualitativement de façon continue avec l'échelle de détermination de nos prégnances; il y a là une topologie du pavage à mettre en place, en considérant la quasi-stabilité des pavés dans le temps.

On dira que la réalité fait sens quand il y a une certaine lisibilité (harmonie) entre nos prégnances et le pavage des saillances, et on aura alors une interprétation de la situation, directement exploitable en action, car les pavés suggèrent l'action : en effet, ils sont constitués par encapsulation (réification) de perception et d'action qui font sens commun.

A quelle occasion nous forgeons-nous de nouveaux pavés ? On peut postuler que lorsque l'harmonie entre la réalité pavée de saillances quasi-stables et nos prégnances n'est pas satisfaisante ou pas stable, il est possible de circonscrire ce que nous appelons des problèmes : un problème, c'est notre volonté de faire sens par création d'un pavé en réifiant le couple saillance-prégnance qui pose problème, c'est-à-dire qui ne fait pas encore sens. Il faut imaginer une économie de notre façon de décider de nos problèmes consistante avec notre gestion des pavés : la création d'un pavé peut conduire à la restructuration ou l'aménagement de notre bibliothèque de pavés, voire à la création d'une nouvelle classe de pavés.

Conclusion

**Les SIC comme programme de recherche
scientifique transdisciplinaire**



Les SIC comme invitation à l'intelligence collective

Nous avons souhaité contribuer à une méthodologie d'acquisition des connaissances pour l'ingénierie des Systèmes d'Information et de Communication, en nous appuyant sur l'exemple du système CHEOPS conçu pour l'aide à la gestion de crises collectives à caractère géographique.

Pour ce faire, nous avons structuré les bases d'une science adaptée aux caractéristiques des Systèmes d'Information et de Communication, considérés comme des systèmes hommes-machine complexes. L'enjeu consistait à envisager une description systémique au niveau des connaissances sans négliger les contraintes d'organisation industrielle : nous avons abouti à une pragmatique de type science-expérimentation dans laquelle une méthodologie de conception guide la réalisation pratique tout en l'utilisant comme base de rétroconception permanente.

Le contexte industriel a ses propres exigences, et la faisabilité de tout programme d'envergure doit être démontrée : nous avons développé un SIC d'aide à l'interprétation de situations de crises militaires, en prenant comme base narrative le scénario CHEOPS-TCHAD, inspiré de l'expérience vécue d'un expert en géopolitique. Nous avons adopté une démarche d'intégration de systèmes, tout en privilégiant la modélisation abstraite des connaissances. L'expérience ayant connu un succès industriel indéniable, nous avons pu élargir incrémentalement notre champ d'expérimentation à d'autres cas concrets, et augmenter nos objectifs technologiques d'un but scientifique.

Une des questions majeures posées par les SIC en gestion de crises étant de l'ordre de l'interopérabilité des systèmes et du caractère multiparticipant des usages, nous avons décidé de modéliser la coopération multi-agents, humains et artificiels, au niveau des connaissances, en nous appuyant sur des méthodes d'acquisition des connaissances comme KADS et MADEINCOOP et sur l'expertise de chercheurs du domaine. Ces travaux nous ont amené à formuler l'hypothèse de l'existence d'un "niveau des valeurs communes" par delà le niveau des connaissances proposé par Newell.

Afin d'accroître la réutilisabilité et la généricité des modèles obtenus, il s'est avéré indispensable d'approfondir la réflexion sur la nature profonde des activités engagées par les protagonistes d'une crise. Ces travaux, largement ouverts aux sciences humaines, se sont traduits par des descriptions de primitives ontologiques et de structures d'inférence pour l'interprétation de situations de crise géopolitique.

Il reste beaucoup à faire. Cependant, le sujet est suffisamment riche au plan scientifique pour permettre à de nombreux chercheurs, dans des domaines pluridisciplinaires, d'apporter leurs contributions.

Ce sujet est aussi un défi à nos sociétés, par delà les aspects technologiques et même strictement scientifiques. En effet, les Systèmes d'Information et de Communication nous invitent à l'intelligence collective.

De l'écoute musicale à l'interprétation de situations de crise

On peut s'étonner qu'un chercheur connu pour ses travaux sur l'écoute musicale ([Rousseaux 7], [Rousseaux 8], [Rousseaux 10]) se pique de contribuer au domaine de l'interprétation de situations de crise. Quel rapport y a-t-il entre la musique et la crise ? Quelle légitimité le fait d'avoir proposé des modèles d'enseignement collectif de l'écoute basés sur des processus d'aide à la découverte ([Rousseaux 4]) procure-t-il pour aborder le domaine des SIC, plutôt réservé à des ingénieurs rompus aux techniques de fusion de données multisenseur et à des méthodes analytiques spécifiques, issues des sciences exactes ? Pourquoi l'intelligence artificielle, et en particulier l'acquisition des connaissances et l'apprentissage symbolique, aurait-elle un rôle à jouer dans un processus industriel de production rationnelle de systèmes informatiques ?

L'écoute musicale comme activité constructive de modélisation

Certes, le vocabulaire présente d'étranges points communs, et on parle d'interpréter un morceau de musique aussi bien que d'interpréter une situation militaire, de diriger un orchestre ou une manœuvre, d'analyser une œuvre ou une crise, et Carl von Clausewitz dans son célèbre "de la guerre", se demande même si l'on doit parler d'art ou de science de la guerre ([Clausewitz 1849]).

Mais pour se convaincre de façon plus profonde des étonnantes similarités qu'on peut trouver entre l'écoute de la musique et l'interprétation d'une situation, qui sont autant d'activités visant à résoudre l'énigme de la forme, relisons quelques extraits de [Rousseaux 5] :

"Il y a sans doute différentes manières de percevoir la musique, allant de l'audition distraite qui se contente d'installer une certaine ambiance, jusqu'à l'écoute attentive et engagée qui tente de retrouver le projet du compositeur et qui, passant par toutes sortes de dispositions, tend à abstraire l'œuvre, cette forme d'écoute pouvant être vue comme un ensemble de processus d'intégration, de symbolisation et de structuration du son musical.

Selon McAdams ([McAdams & al. 88]), la cohérence de l'objet sonore tient à des limites structurelles : l'appréhension de la forme dans la musique dépend de l'aptitude du médium sonore à proposer des articulations perceptibles à l'auditeur, et à entrer dans des mécanismes d'arrangement et d'ordonnement. Pour lui, l'action de percevoir suppose une aptitude à opérer des discriminations qui permettent une identification des événements et des objets. Ainsi, l'acte perceptif passerait par des comparaisons du perçu présent à un perçu passé, anciennement reconnu et conservé en mémoire. Ces comparaisons procurent une évaluation du perçu en termes de degrés de similarité par rapport à des références en provenance d'un passé plus ou moins lointain ([Winograd 68]). Mais la perception de la similarité entre les motifs peut être envisagée comme un des fondements de la forme, à travers l'abstraction d'invariants perceptifs à des transformations de ces motifs.

Irène Deliège ([Deliège 88]) montre que l'éducation musicale intervient dans notre aptitude à opérer des regroupements de structures formelles et à accéder à des structures hiérarchiques; car l'activité musicale consiste selon elle en un acte analytique de détermination, associé à une action organisatrice. La mémoire, au sein de cette économie, se livrerait à un travail simultané d'articulation et de composition ([Tiberghien 92], [Rosenfield 88]); elle constituerait ainsi une véritable puissance de schématisation. C'est encore cette problématique qu'elle aborde, en défendant l'existence d'une certaine organisation des informations musicales, qui permet de définir une œuvre comme l'histoire de la réception, de l'accumulation et de l'assimilation de ces informations. A ce stade, on peut postuler avec Irène Deliège un méca-

nisme d'extraction d'indices pertinents, fournis par des propriétés récurrentes ou itératives de la surface musicale.

L'indice est donc destiné à faciliter la formation de groupements hiérarchiques et à permettre de circonscrire l'oeuvre : il permet de baliser le déroulement temporel de l'oeuvre par ses apparitions récurrentes, où ses absences imprévues. La mémoire ne semble pas conserver tous les indices : au contraire, il s'opère une sorte de sélection des indices. Ainsi, deux principes d'organisation articulent l'écoute analytique de la forme musicale : le principe du similaire cimente les structures qui constituent les groupements; le principe du différent les délimite : en vertu d'une certaine capacité d'assimilation, l'ensemble des variations existant autour d'un noyau invariant sera minimisé alors que les différences plus importantes seront surestimées et érigées en frontières, et étendront l'espace des perceptions."

Je vais maintenant essayer de dire ce qui fait qu'une réflexion approfondie sur un domaine artistique confère, à celui ou celle qui l'a menée, une disposition à poser les problèmes au niveau des valeurs communes.

L'écoute musicale comme révélation du social

On admet couramment que l'art est subjectif, et que la compréhension du phénomène artistique échappe au rationnel. Cherchant à dire l'indicible, à exprimer par delà les canaux d'expressions codés, l'art nous révèle que nous savons plus que nous croyons que nous savons, et que nous sommes plus que ce que nous savons* . L'art manifeste et revendique une grille de lecture plus riche, plus mystérieuse et plus universelle de nos vies, au delà des interprétations que nous prétendons objectives.

Par exemple, pour comprendre ce qu'est l'écoute musicale, il est indispensable de définir mémoire et culture, et de mettre en scène un individu qui s'efforce de retrouver le projet d'un compositeur, et par là de valider heuristiquement un corpus culturel qui fait lien social : si je sais écouter Bach et que tu sais écouter Bach, nous formons corps social ... mais rien n'est acquis, et comme ce que j'entends de Bach ne cesse d'évoluer, le corps social est perpétuellement à réorganiser. Pour comprendre l'art, il est indispensable d'imaginer une téléologie sociale qui prend forme culturelle, et la réflexion sur l'art, à cause précisément de sa subjectivité, c'est-à-dire de l'impossibilité d'en réifier les concepts, nous interdit les refuges habituels de la rationalité objective.

Cette approche, appliquée hors du champ artistique, éclaire bien la dimension sociale et collective des problèmes. Aujourd'hui, beaucoup de questions sont levées autour du social et du collectif, qui sont souvent abordées à partir du rationnel individuel, comme s'il fallait produire le social alors que le social est immanent. Par exemple, il y a de la naïveté à chercher à fusionner des points de vue individuels sur une situation pour produire une sorte de point de vue collectif, en ignorant que ces points de vue individuels sont nativement les expressions différenciées d'un point de vue collectif dont l'existence leur est indissociablement et ontologiquement liée.

* Claude Bernard avait coutume de dire que "nous pouvons plus que nous ne savons, que nous savons plus que nous ne comprenons, et que nous comprenons plus que nous ne pouvons expliquer".

Je suis pour ma part persuadé qu'interpréter une situation relève du même processus social qu'écouter une pièce de musique, mêlant mémoire et culture, et structuré autour de valeurs communes implicites ou explicites, en perpétuelle élaboration dynamique : l'enjeu n'est pas tant l'interprétation de la situation que le dépassement et la découverte expérimentés des valeurs communes.

Références

Bibliographies et documentation

Articles

- [Adiba & al. 86]; M. Adiba et N. Bui-Quang, "Aspects historique dans les bases de données généralisées", 2ème journée Bases de Données Avancées, avril 1986
- [Anjewierden 92]; A. Anjewierden & al., "Supporting Knowledge Acquisition, in Enhancing the Knowledge Engineering Process: Contribution from ESPRIT", L. Steels et al, Eds, North Holland, 1992
- [Baker 92]; M. Baker, "Le rôle de la collaboration dans la construction d'explications", 2èmes Journées Explication du PRC-GDR-IA du CNRS, Sophia-Antipolis, juin 1992
- [Banatre 94]; Michel Banatre, "Systèmes distribués ouverts", Ecole SIC, Campus THOMSON, avril 1994
- [Barès 92]; Michel Barès, "Systèmes de Commandement et Aide à la Décision : introduction au projet MATIS", journées INFAUTOM, mars 1992
- [Barès & Renouard 94]; Michel Barès et Frédérique Renouard, "Decision Making Aid for CIS : Introduction to MATIS", Symposium SIC, Ecole SIC, Campus THOMSON, avril 1994
- [Barès 94]; Michel Barès, "Les SIC dans le contexte militaire", Journée SIC Haute Normandie, DRET, juillet 1994
- [Barès & al. 94]; Michel Barès, D. Cañamero, J-F. Delannoy, Y. Kodratoff, "XPlans : Case-Based Reasoning for Plan Recognition", Applied Artificial Intelligence, Vol. 8, N° 2, Spécial Issue on Real World Applications of Machine Learning, 1994
- [Barthet 88]; M-F. Barthet, "Logiciels interactifs et ergonomie : modèles et méthodes de conception", Paris, Dunod, 1988
- [Black 93]; Michaël Black, "Action, representation and purpose : reevaluating the foundations of computational vision", panel program of IJCAI, Chambéry, 1993
- [Bond 88]; A-H. Bond, "The cooperation of Experts in Engineering Design Research notes in AI", "Distributed Artificial Intelligence", vol 2, Morgan Kaufmann Publishers, 1988
- [Booch 92]; Grady Booch, "OOD with applications", Prentice Hall, 1992
- [Bouaziz & al. 92]; R. Bouaziz, M. Moalla et Colette Roland, "Approche globale pour la gestion de l'historisation dans les bases de données temporelles", INFORSID, Clermont-Ferrand, 1992
- [Boudier & al. 92]; V. Boudier et M. Fajon, "Validation et recette des SBC : conséquences sur les méthodes de développement", Journées francophones de la validation / vérification, Dourdan, 1992
- [Boutrouille 94]; Pierre-André Boutrouille, "Structure d'accueil : la Base Commune Interopérable", Ecole SIC du Campus THOMSON, avril 1994
- [Brachman 79]; R-J. Brachman, "on the epistemological status of semantic networks", Associative Networks, Academic Press, New-York, 1979
- [Brézillon 92]; P-J. Brézillon, "User's intervention in cooperative explanations". In AAAI Spring Symposium on Producing Cooperative Explanations, Stanford University, mars 1992
- [Carcagno 94]; Denis Carcagno, "ALCIDE : plate-forme de développement des systèmes C3I d'Alcatel", Ecole SIC, Campus THOMSON, avril 1994
- [Cauvet & al. 92]; C. Cauvet et Colette Roland, "An Event-Driven Approach to the Dynamic Modelling of Objects", Dynamic Modelling of Information Systems, Noordwijkerhout, juin 1992
- [Cavalli-Sforza & al. 92]; V. Cavalli-Sforza et J-D. Moore, "Collaborating on Arguments and Explanations", AAAI Symposium on Producing Cooperative Explanations, Stanford University, mars 1992
- [Cawsey & al. 92]; A. Cawsey, J. Galliers, S. Reece et J-K. Sparck, "The Role of Explanation in Collaborative Problem Solving", ECAI-92 Workshop "Improving the Use of Knowledge-Based Systems with Explanations", Vienna, Austria, août 1992
- [Cerri & al. 86]; S-A. Cerri, P. Landini et M. Leoncini, "Cooperative Agents for Knowledge-based Information Systems : Dialogue about the Archeology of Rome", 1986
- [Chandrasekaran 92]; B. Chandrasekaran, T.R. Johnson et J.W. Smith, "Task-Structure Analysis for Knowledge Modelling", Communications of the ACM, 35 (9), 1992

Références bibliographiques

- [Chaudron 94]; Laurent Chaudron, "Symbolic formalization of the situation", Symposium SIC, Ecole SIC, Campus THOMSON, avril 1994
- [Clancey 92]; B. Clancey, "Model Construction Operators", *Journal of Artificial Intelligence*, 53 (1), 1992
- [Clancey 93]; William J. Clancey, "Situating Action : A Neuropsychological Interpretation - Response to Vera and Simon", *Cognitive Science* 16, 1993
- [Cotte 93]; Pierre Cotte, "Caractérisation d'un programme PALP", Ecole SIC du Campus THOMSON, avril 1993
- [Cotte 94]; Pierre Cotte, "Structure d'accueil pour les SIC", Ecole SIC du Campus THOMSON, avril 1994
- [Dachelet 90]; R. Dachelet, "Etat de l'art de la recherche en informatique documentaire : la représentation des documents et l'accès à l'information", Rapport INRIA Programme 8, Communication homme-machine, avril 1990
- [Dejong & Mooney 86]; G. Dejong et R. Mooney, "Explanation-Based Learning: An Alternative View", *Machine Learning* 1, 1986
- [Deliège 88]; Irène Deliège, "Contraintes psychologiques sur les dimensions porteuses de forme en musique", *la musique et les sciences cognitives*, Edts Mardaga, 1988
- [Delouis & al. 92]; I. Delouis et J-P. Krivine, "Opérationnalisation du modèle conceptuel : vers une architecture permettant une meilleure coopération système-utilisateur", 12èmes Journées Internationales Intelligence Artificielle, Systèmes Experts, Langage Naturel, juin 1992
- [Donsez & al 93]; D. Donsez, P. Homond et P. Faudemay, "WEA : un gérant d'objets persistants basés sur une hiérarchie distribuée d'espaces de travail", Rapport MASI 93/58, 1993
- [Drogoul & al 92]; A. Drogoul, J. Ferber et C. Cambier, "Multi-Agent Simulation as a Tool for Analysing Emergent Processes in Societies", *Simulating societies Symposium*, University of Surrey, Guildford, 1992
- [Drozda-Senkowska 92]; Ewa Drozda-Senkowska, "Cognition et communication", *Le courrier du CNRS*, n° 79 Sciences Cognitives, octobre 1992
- [Dubois & al. 87]; D. Dubois, J. Lang et M. Prade, "Time possibilistic logic", *Fundamental Informaticae*, Special Issue on Artificial Intelligence
- [Dupuy & Livet 92]; Jean-Pierre Dupuy & Pierre Livet, "Rationalité située et savoir collectif", *Le courrier du CNRS*, n° 79 Sciences Cognitives, octobre 1992
- [Fabiani 94]; Patrick J. Fabiani, "Probabilities or possibilities ? Towards a new approach in temporal representation of beliefs : Application to autonomous surveillance systems", AI'94, Paris, mai 1994
- [Faller 92]; Benoît Faller, "Fusion de données pour le renseignement", *Journées Science et Défense*, Dunod, 1992
- [Falzon 92]; Pierre Falzon, "Vers des partenaires cognitifs", *Le courrier du CNRS*, n° 79 Sciences Cognitives, octobre 1992
- [Feiner 93]; Steven Feiner, "knowledge-based graphics and virtual worlds", invited lecture, IJCAI, Chambéry, 1993
- [Fischer 89]; G. Fischer, "Communication Requirements for Cooperative Problem Solving Systems". *Information Systems*, 15(1), pp.21-36, 1989
- [Fraboul & Cocquet 94]; Christian Fraboul et Patrick Cocquet, "Bases de modélisation de systèmes complexes applicables aux SIC", Ecole SIC, Campus THOMSON, avril 1994
- [Galliers 88]; J-R. Galliers, "A Strategic Framework for Multi-Agent Cooperative Dialogue". In *Proc. of the 8th ECAI*, Munich, 1988
- [Galton 93]; Anthony Galton, "Towards an Integrated Logic of Space, Time, and Motion", IJCAI, Chambéry, 1993
- [Ganascia 91]; Jean-Gabriel Ganascia, "L'hypothèse du Knowledge Level : théorie et pratique", Rapport LAFORIA 20/91, octobre 1991
- [Gasser 93]; Les Gasser, "Social knowledge and social action", invited lecture, IJCAI, Chambéry, 1993
- [Geldof 94]; Sabine Geldof, "KREST : towards more flexibility in reuse", AI'94, Paris, mai 1994

- [Ghallab 94]; Malik Ghallab, "Past and future chronicles for supervision and planning", AI'94, Paris, mai 1994
- [Gilbert 88]; N. Gilbert, "Explanation as process", Proceedings of the 4th Alvey Explanation Workshop, Manchester, UK, 1988
- [Hatchuel 94]; Armand Hatchuel, "Apprentissages collectifs et activités de conception", La revue française de gestion, juin 1994
- [Havel 93]; Ivan M. Havel, "Artificial thought and emergent mind", invited lecture, IJCAI, Chambéry, 1993
- [Hiérard-Dubreuil 94]; G. Hiérard-Dubreuil, "Action distribuée et risque; un premier bilan des effets psychiques et sociaux de l'accident de Tchernobyl", Quatrième rencontre MCX, Aix-en-Provence, juin 1994
- [Jacob 92]; Pierre Jacob, "Information et représentation", Le courrier du CNRS, n° 79 Sciences Cognitives, octobre 1992
- [Jacquart 94]; René Jacquart, "Principles for Complex Systems Modeling", Symposium SIC, Ecole SIC, Campus THOMSON, avril 1994
- [Jensen & al. 92]; C. Jensen, M. Soo et R. Snodgrass, "Unification of temporal data models", Report TR92-15, Arizona University, 1992
- [Jodelet 92]; Denise Jodelet, "Les représentations sociales", Le courrier du CNRS, n° 79 Sciences Cognitives, octobre 1992
- [Karsenty & al. 92]; L. Karsenty et P. Falzon, "Spontaneous explanations in cooperative validation dialogues", ECAI-92 Workshop on Improving the use of knowledge-based systems with explanations, Vienna, août 1992
- [Kidd 88]; A. Kidd, "Cooperative Problem Solving as a Framework for Describing and Understanding the Role of Explanation in Knowledge-Based Systems", AAAI'88 Workshop on Explanation, Saint-Paul, Minnesota, août 1988
- [Koch 94]; P. Koch, "Epistémologie de la conception et prolongements sur l'action", Quatrième rencontre MCX, Aix-en-Provence, juin 1994
- [Kodratoff 90]; Yves Kodratoff, "Characterising Machine Learning Programs: a European Compilation", Artificial Intelligence, Research Directions in Cognitive Science, European Perspectives, Vol. 5, Sleeman et Bernsen (Eds), Lawrence Erlbaum, 1990
- [Kodratoff 94]; Yves Kodratoff, "FX-Plans for enemy intentions recognition", Symposium SIC, Ecole SIC, Campus THOMSON, avril 1994
- [Krivine 92]; Jean-Paul Krivine, "L'acquisition des connaissances", Le courrier du CNRS, n° 79 Sciences Cognitives, octobre 1992
- [Laublet 94]; Philippe Laublet, "Objets et Intelligence Artificielle : des langages aux méthodes", Journée Méthodes objets & Intelligence Artificielle, Paris RIA, Juin 1994
- [Lévine & Pomerol 92]; P. Lévine et Jean-Charles Pomerol, "La négociation aidée par ordinateur : vue d'ensemble et apports de l'Intelligence Artificielle", l'aide à la décision dans la crise internationale, M. Rudnianski Editor, FEDN, La Documentation Française, 1992
- [Lowry & al. 91]; M.R. Lowry et R.D. McCartney, "Automating Software Design", MIT Press, 1991
- [Lozinguez 93]; Y. Lozinguez & al., "When PCTE helps to channel the reconciliation of knowledge engineering and software engineering", Proc. of PCTE, 1993
- [McAdams & al. 88]; Stephen McAdams et Irène Deliège, "la musique et les sciences cognitives", Edts Pierre Mardaga, Paris, mars 1988
- [Meinadier 92]; J-P. Meinadier, "Introduction à l'Intégration de Systèmes", Journées d'Etude IS, SEEE, mars 1992
- [Michalski 86]; R.S. Michalski, "Inference-based Theory of Learning", International Meeting on Advances in Learning, Les Arcs, août 1986
- [Michalski 93]; Ryszard S. Michalski, "Multistrategy learning", Tutorial T15 de l'IJCAI Chambéry, août 1993
- [Minsky 65]; Marvin Minsky, "Matter, Mind and Models", MIT Project MAC, Cambridge MA, AI Project Memo 77, mars 1965

Références bibliographiques

- [Mitchell & al. 83]; Tom M. Mitchell, P.E. Utgoff et R.B. Banerji, "Learning by Experimentation: Acquiring and Refining Problem-solving Heuristics", Machine Learning, Palo Alto, 1983
- [Newell 82]; Alan Newell, "The Knowledge Level", Journal of Artificial Intelligence 18, 1982
- [Newell 89]; Alan Newell, Discours de clôture de l'IJCAI, Detroit, Michigan, août 1989
- [Perrot 93]; Jean-François Perrot, "Langages à Objets", Courrier du CNRS n°80 La recherche en informatique, février 1993
- [Perrot 94]; Jean-François Perrot, "Des objets aux connaissances", Journée Méthodes objets & Intelligence Artificielle, Frontières, Ponts et Synergies, Paris RIA, Juin 1994
- [Piolat 92]; Michel Piolat, "Le traitement cognitif des objets sociaux", Le courrier du CNRS, n° 79 Sciences Cognitives, octobre 1992
- [Poirel & Chaudron 94]; Olivier Poirel et Laurent Chaudron, "ECOSIT : modèle d'élaboration coopérative de situation", AI'94, Paris, mai 1994
- [Pollet & Defude 94]; Yann Pollet & Bruno Defude, "CORPUS, un modèle de correspondance possibiliste pour les données documentaires dans les SIC", RIA Paris, 1994
- [Pollet & Ricard 94]; Yann Pollet et Eric Ricard, "Un modèle de données spatio-temporelles floues pour les SIC", AI'94, Paris, mai 1994
- [Pollet 93]; Yann Pollet, "Une approche formelle de la manipulation des nombres mal connus dans les SIC", IMRV Montpellier, 1994
- [Pollet 94]; Yann Pollet, "Une approche pour la représentation de situations opérationnelles dans les systèmes de fusion", Les Applications des Ensembles Flous, Nîmes, 1993
- [Pomerol 93]; Jean-Charles Pomerol, "Multicriteria DSSs : state of the art and problems", Rapport LAFORIA 93/32, 1993
- [Pomerol 94]; Jean-Charles Pomerol, "Des préférences au choix, des mathématiques à l'intelligence artificielle : le monde de l'aide à la décision", Rapport LAFORIA 9420, Octobre 1994
- [Popper 69]; Karl R. Popper, "Conjectures et réfutations. La croissance du savoir scientifique", trad. Marc B. de Launay, Paris, Payot 1985, Edt anglaise de 1969
- [Potts 93]; C. Potts, "Software-Engineering Research Revisited", IEEE Software, Août 1993
- [Rich 83]; E-A. Rich, "Users are individuals: individualizing user models", International Journal of Man-Machines Studies, 1983
- [Rolland & al. 87]; Colette Roland, M. Léonard et F. Bodart, IFIP conference on Temporal Aspects of Information Systems, North Holland, 1987
- [Rolland 93]; Colette Roland, "Modelling the Requierements Engineering Process", Euro-Japanese Seminar on Information and Knowledge Modelling, Budapest, 1993
- [Rosenschein 93]; Jeffrey S. Rosenschein, "Consenting agents : fondations of distributed artificial intelligence", invited lecture, IJCAI, Chambéry, 1993
- [Sacerdoti 86]; E.D. Sacerdoti, "Managing Expert-System Development", AI Expert, May 1991, ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 11, 4, ACM, New York 1986
- [Schank 86]; Roger Schank, Conférence Invitée à la Première Conférence IMAL, Les Arcs, France, juillet 1986
- [Schreiber 93]; A-T. Schreiber & al., "KADS: A principled approach to Knowledge-Based System Development", Academic Press, San Diego, California, 1993
- [Shadbolt & al. 93]; N. Shadbolt, E. Motta et A. Rouge, "Engineering Knowledge Engineering", Kennistechnologie'93, Amsterdam, 1993
- [Siéoff 92]; Eric Siéoff, "L'attention sélective", Le courrier du CNRS, n° 79 Sciences Cognitives, octobre 1992
- [Simon 90]; Herbert Simon, "Sur la complexité des systèmes complexes", Revue Internationale de Systémique, volume 4, n°2, 1990
- [Simon & Lea 74]; Herbert Simon et G. Lea, "Problem Sovling and Rule Induction : A Unified View", In Gregg L-G. (ed.), Knowledge and Cognition, pp. 105-28, Lawrence Erlbaum, 1974
- [Snodgrass 92]; R. Snodgrass, "Temporal databases", GIS : From space to territory, Vol. 629, 1992

- [Sperber 92]; Dan Sperber, "De l'attribution d'intention à la communication", Le courrier du CNRS, n° 79 Sciences Cognitives, octobre 1992
- [Steels 90]; Luc Steels, "Components of Expertise", AI Magazine, Summer 1990
- [Thomas & al. 93]; J. Thomas, Philippe Laublet et Jean-Gabriel Ganascia, "A Machine Learning Tool for a Model-Based Knowledge Acquisition Approach", EKAW'93, Toulouse, 1993
- [Tiberghien 92]; Guy Tiberghien, "La mémoire, forme de la cognition", Le courrier du CNRS, n° 79 Sciences Cognitives, octobre 1992
- [Vera & Simon 93]; Alonso H. Vera & Herbert A. Simon, "Situating Action : Reply to William Clancey", Cognitive Science 17, 1993
- [Waldinger 77]; R.J. Waldinger, "Achieving several goals simultaneously", MI 8, pages 94-136, 1977
- [Wielinga & al. 92]; B.J. Wielinga, A.Th. Screuber et J.A. Breuker, "KADS: A Modelling Approach to Knowledge Engineering", Knowledge Acquisition Journal 4(1), 1992
- [Wielinga & al. 93]; Wielinga, Van de Velde, Schreiber, Akkermans, "The CommonKADS framework for knowledge modelling", report KADS-II Esprit P5248, 1993
- [Winograd 68]; Terry Winograd, "Linguistics and the computer analysis of harmony", journal of Music Theory, 1968
- [Winston 80]; Patrick Winston, "Learning and Reasoning by Analogy", Communication ACM.23, pages 689-703, 1980
- [Wuu & al. 93]; G-T. Wu et U. Dayal, "A uniform model for temporal and versioned object-oriented databases", Benjamin Cummings, 1993
- [Wylbolt 91]; N. Wylbolt, "CASE Repositories and Tool Integration - A Reality Check", Proceedings Toulouse'91, décembre 1991
- [Zacklad 94]; Manuel Zacklad, "MadeIn'Coop : préliminaires pour le développement d'une méthodologie de modélisation de la coopération Homme-Machine", Ergo IA, Biarritz, octobre 1994
- [Zeghal 93]; K. Zeghal, "Un modèle de coordination d'actions pour agents mobiles réactif et décentralisé", Rapport LAFORIA 93/41, 1993

Thèses

- [Bouron 92]; Thierry Bouron, "Structures de communication et d'organisation pour la coopération dans un univers multi-agents", Université Paris VI, novembre 1992
- [Boy 92]; Guy Boy, "Méthodologies et outils pour l'interaction cognitive homme-machine", rapport du LAFORIA n° 92/24, juin 1992
- [Cervoni 94]; Laurent Cervoni, "L'apport de la Programmation Par Contraintes dans les SIC", Université de Rouen, juillet 1994
- [Chen 93]; Z. Chen, "Représentation et gestion des connaissances temporelles et incertaines", Université de Paris XI, avril 1993
- [Rousseaux 90]; Francis Rousseaux, "Une contribution de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage symbolique automatique à l'élaboration d'un modèle d'enseignement de l'écoute musicale", cahier du LAFORIA n° 80, février 1990
- [Zacklad 93]; Manuel Zacklad, "Principes de modélisation qualitative pour l'aide à la décision dans les organisations : méthode d'utilisation du logiciel d'acquisition des connaissances C-KAT", Université de Compiègne, décembre 1993

Livres

- [Armengaud 85]; F. Armengaud, "La Pragmatique", Que sais-je ?, PUF, Paris, 1985.
- [Hoc 87]; J.M. Hoc, "Psychologie Cognitive de la Planification", PU de Grenoble, 1987.
- [Authier & Lévy 92]; Michel Authier et Pierre Lévy, "Les arbres de connaissances", La découverte, 1992

Références bibliographiques

- [Bachelard 38]; Gaston Bachelard, "La formation de l'esprit scientifique", Vrin, 1980
- [Balladur & Léotard 94]; Edouard Balladur et François Léotard, "Livre blanc sur la Défense", 1994
- [Blondel 1893]; Maurice Blondel, "L'action", PUF, 1973
- [Clausewitz 1849]; Carl von Clausewitz, "De la guerre", Edts Gérard Lebovici, 1989
- [Chalmer 81]; Alan Chalmer, "Qu'est-ce que la science ? Kuhn, Popper, Lakatos, Feyerabend", La Découverte, 1982
- [Dastur 94]; Françoise Dastur, "Heidegger et la question du temps", PUF, 1994
- [Davidson 93]; Donald Davidson, "Actions et événements", PUF Epiméthée, 1993
- [Dewey 1938]; John Dewey, "Logique, la théorie de l'enquête", PUF, 1993
- [Diel 1947]; Paul Diel, "Psychologie de la motivation", Petite Bibliothèque Payot, 1991
- [Ganascia 90]; Jean-Gabriel Ganascia, "L'Ame Machine, les enjeux de l'intelligence artificielle", Seuil, 1990
- [Goichon 71]; Anne-Marie Goichon, "La philosophie d'Avicenne et son influence en Europe médiévale", Librairie d'Amérique et d'Orient, 1984
- [Granger 94]; Gilles-Gaston Granger, "Formes, opérations, objets", Vrin, 1994
- [Heidegger 1927]; Martin Heidegger, "Être et temps", Vrin, 1990
- [Husserl 1929]; Edmund Husserl, "Méditations cartésiennes", Vrin, 1992
- [Jorion 90]; Paul Jorion, "Principes des systèmes intelligents", Masson Sciences cognitives, 1990
- [Kaës 79]; Missenard Kaës, "Crise, rupture et dépassement", Dunod, 1990
- [Kodratoff 86]; Yves Kodratoff, "Leçons d'apprentissage symbolique automatique", Cepadues, 1986
- [L'Ecclésiaste - 20]; L'Ecclésiaste, "Un temps pour tout", Arléa, 1990
- [Laborit 76]; Henri Laborit, "Eloge de la fuite", Laffont, 1976
- [Latour 89]; Bruno Latour, "La science en action", La Découverte, 1989
- [Le Moigne 77]; Jean-Louis Le Moigne, "La théorie du système général" : théorie de la modélisation, PUF, 1983
- [Le Moigne 86]; Jean-Louis Le Moigne, "Intelligence des mécanismes, mécanismes de l'intelligence", Fayard, 1986
- [Leibnitz 1714]; Gottfried-Wilhelm Leibnitz, "La monadologie", Grasset, 1990
- [Lemagny 91]; Jean-Claude Lemagny, "L'ombre et le temps : essai sur la photographie comme art", Nathan, 1991
- [Lévine & Pomerol 89]; Pierre Lévine et Jean-Charles Pomerol, "SIAD et Systèmes Experts", Hermès, 1989
- [Marc-Aurèle 175]; Marc-Aurèle, "Pensées pour moi-même", Flammarion, 1992
- [Popper 1934]; Karl-Raimund Popper, "La logique de la découverte scientifique", Vrin, 1986
- [Prigogine & al. 92]; Ilya Prigogine et Isabelle Stengers, "Entre le temps et l'éternité", Flammarion, 1992
- [Ricœur 65]; Paul Ricœur, "Le conflit des interprétations", Seuil, 1990
- [Rorty 79]; Richard Rorty, "L'homme spéculaire", Seuil 1990
- [Rosenfield 88]; Isaac Rosenfield, "The invention of memory : a new view of the brain", Basic Book, New York, 1988
- [Segundo 89]; Juan-Luis Segundo, "Qu'est-ce qu'un dogme ? : vers un dogme libérateur", Les éditions du Cerf, 1992
- [Stengers & al. 91]; Isabelle Stengers et Judith Schlanger, "Les concepts scientifiques", Gallimard, 1991
- [Thom 91]; René Thom, "Prédire n'est pas expliquer", Flammarion, 1993
- [Vié le Sage 75]; Renaud Vié le Sage, "La terre en otage", Seuil, 1985
- [Von Neumann 57]; John Von Neumann, "L'ordinateur et le cerveau", La découverte, 1992
- [Weizenbaum 70]; Joseph Weizenbaum, "Raisonnement de l'homme, intelligence de la machine", Edition de l'informatique, 1975

- [Wittgenstein 1918]; Ludwig Wittgenstein, "Tractatus logico-philosophicus", Préface de Bertrand Russell, TEL gallimard, 1961

Publications de l'auteur

- [Kodratoff & Rousseaux 1]; Yves Kodratoff (Directeur de Recherche CNRS, LRI d'Orsay), Gheorghe Tecuci (Professeur à GM University) et Francis Rousseaux, "DISCIPLE; un Système Apprenti adapté aux domaines à Théorie Faible", COGNITIVA '87, Paris, mai 1987
- [Rousseaux & al. 2]; Gheorghe Tecuci (Professeur à GM University) et Francis Rousseaux, "DISCIPLE; a Learning Apprentice Expert Systems", EXPERT SYSTEM '87, Brighton, décembre 1987
- [Rousseaux 3]; "La conception d'un Système Apprenti d'aide à la formation musicale", APPLICA '88, Intelligence Artificielle et Applications, Lille, mai 1988
- [Rousseaux 4]; "LE MUSICOLOGUE, a Learning Apprentice System for Music Education", Workshop IJCAI '89, Artificial Intelligence & Music, Detroit, août 1989
- [Rousseaux 5]; "Une contribution de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage symbolique automatique à l'élaboration d'un modèle d'enseignement de l'écoute musicale", Thèse d'Université de Paris VI, février 1990
- [Rousseaux 6]; "How artificial intelligence can be useful in multimedia teaching ?", CAINN '90, Artificial Intelligence & Neural Network, Zürich, mai 1990
- [Rousseaux 7]; "LE MUSICOLOGUE, or how to take advantage of a teaching environment", ICMC '90, International Conference on Music Computing, Glasgow, septembre 1990
- [Rousseaux 8]; "One example of how artificial intelligence and groupware communication can be useful in music field", COGNITIVA '90, Madrid, novembre 1990
- [Rousseaux & al. 9]; Francis Rousseaux et Jacques Arnol (Directeur Technique SYSECA), "Une méthode de Conception Orientée Objet adaptées aux grands systèmes temps réels", OBJECTIF OBJETS '91, revue AFCET INTERFACE Spécial Objets, Numéro spécial, Paris, avril 1991
- [Rousseaux 10]; "Informatique musicale, pédagogie et communication", IPMC '91, revue de pédagogie musicale MARSYAS, dossier n°20 "Informatique et pédagogie", décembre 1991
- [Rousseaux & al. 11]; Francis Rousseaux et Laurent Cervoni (Docteur de l'Université de Rouen), "Solving Temporal Constraints Satisfaction Problems with an O-O Model", TOOLS '92, TOOLS EUROPE, Dortmund, mars 1992
- [Rousseaux & al. 12]; Francis Rousseaux et Laurent Cervoni (Docteur de l'Université de Rouen), "C/O; a Tool Reusing Object Oriented Design for Temporal CSP", PPMTISD '92, putting into practice methods and tools for information system design, Nantes, septembre 1992
- [Lévy & Rousseaux 13]; Pierre Lévy (Professeur à l'Université de Paris VIII) et Francis Rousseaux, "PATRIMOINE; vers une pragmatique de l'échange de connaissance / compétence", IHM '93, conférence invitée aux Journées ENS rue d'Ulm & Campus Thomson, Jouy en Josas, août 1993
- [Pollet & Rousseaux 14]; Yann Pollet (Doctorant de l'Université de Rouen) et Francis Rousseaux, "Contribution des Systèmes multiparticipant à la gestion de crises; l'apport des réflexions sur le temps aux SIC", SITEF '93, Toulouse, septembre 1993
- [Zacklad, COOP & Rousseaux 15]; Manuel Zacklad (Docteur de l'Université de Compiègne), groupe COOP et Francis Rousseaux, "GEOCOOP; conception d'une méthode d'acquisition des connaissances contextuelles et de modèles de coopération : application au développement d'un système d'aide à l'estimation du risque et à la gestion de crises", Rapport de Recherche de l'INRIA, N° 2052, programme 3 : IA, systèmes cognitifs et interaction homme-machine, octobre 1993
- [Cervoni & Rousseaux 16]; Laurent Cervoni (Docteur de l'Université de Rouen) et Francis Rousseaux, "CHEOPS; CartographHie en Environnement Opérationnel de Présentation de Situations", IMRV '94, Interface des Mondes Réel et Virtuel, Montpellier, février 1994
- [Rousseaux 17]; "CHEOPS; how can various technologies cooperate in a geographical shell ?", EGIS/MARI '94, European Geographical Information Systems, Paris, mars 1994
- [Rousseaux & al. 18]; Francis Rousseaux, Jean Zeïtoun (PDG de MOST Software) et Gérard Weidenfield (Maître de Conférences à Amiens), "ABSCISSE; Approche de la Bureautique par le Sens, la Com-

Références bibliographiques

- munication, l'Intégration de Systèmes et la Simplification de l'Environnement", IDT '94, Paris, juin 1994
- [Rousseaux 19]; "L'interprétation de situations par reconnaissance multiparticipant de concepts clés dans le système CHEOPS", CNED '94, Congrès National de l'Écrit et du Document, Rouen, juillet 1994
 - [Cardon & Rousseaux 20]; Alain Cardon (Maître de Conférence de l'Université de Rouen) et Francis Rousseaux, "Vers une modélisation des Systèmes d'Information et de Communication d'aide à la gestion de crises, considérés comme des systèmes coopératifs : rétro-conception au Knowledge Level inspirée de l'expérience CHEOPS", International Workshop on the Design of Cooperative Systems, INRIA, Antibes, janvier 1995
 - [Zacklad & Rousseaux 21]; Manuel Zacklad et Francis Rousseaux, "Explicitation d'un modèle de coopération au Knowledge Level", International Workshop on the Design of Cooperative Systems, INRIA, Antibes, janvier 1995

Table des Matières

Introduction : les SIC pour l'aide à la gestion de crises - motivations et objectifs de recherche.....	9
Acquisition des connaissances pour les systèmes hommes-machine complexes.....	11
Une méthodologie d'acquisition des connaissances basée sur l'expérience CHEOPS	12
Plan de lecture du mémoire	13
Partie 1 : pour une science des Systèmes d'Information et de Communication	15
1.1. Etat de l'art du domaine SIC	17
1.2. L'acquisition des connaissances comme fondement possible d'une science des SIC	24
1.3. Principe méthodologique et méthode pour la structuration d'une activité de conception de SIC dédiés.....	28
1.4. Une approche pragmatique de la science des SIC adaptée aux réalités industrielles.....	32
Partie 2 : description du système d'aide à la gestion de crises militaires CHEOPS-TCHAD	37
2.1. Le contexte industriel du projet CHEOPS-TCHAD	39
2.2. Représentation des connaissances du système CHEOPS-TCHAD	45
2.3. Conception et réalisation du système CHEOPS-TCHAD	59
2.4. Evaluation et retour d'expérience de CHEOPS-TCHAD	61
Partie 3 : contribution à un modèle de coopération multi-agents pour la gestion de crises	67
3.1. Présentation générale de la méthode MADEINCOOP.....	69
3.2. Modélisation détaillée de la coopération au cours de la crise	74
3.3. La Résolution Collective de Problème dans MADEINCOOP.....	77
3.4. Le modèle de coordination dans MADEINCOOP.....	82
3.5. Remarques conclusives sur cette partie du mémoire	86
Partie 4 : vers une ontologie de l'interprétation de situations de crise géopolitique	91
4.1. Proposition méthodologique pour l'élaboration d'une ontologie.....	93
4.2. Vue ontologique du scénario CHEOPS-TCHAD	98
4.3. L'interprétation de situations comme activité de modélisation constructive.....	107
Conclusion : les SIC comme programme de recherche scientifique transdisciplinaire	115
Les SIC comme invitation à l'intelligence collective	117
De l'écoute musicale à l'interprétation de situations de crise	117
Références.....	121
Articles.....	123
Thèses.....	127
Livres.....	127
Publications de l'auteur	128