

# **Bilan d'étape du projet « Formalisation et simulation des systèmes d'action concrets : pour une approche complexe de la sociologie de l'action organisée » :**

Pascal Roggero, Pascal Pons, CIRESS-LEREPS, université de Toulouse 1

Christophe Sibertin-Blanc

IRIT, Université de Toulouse 1, 21 allées de Brienne, 31042 Toulouse Cedex

sibertin@univ-tlse1.fr

mmailia@univ-tlse1.fr ; famblard@univ-tlse1.fr

avec la collaboration de Simon Laflamme, UFO, Université Laurentienne, Sudbury

de Nicolas Golochenvko, CERTOP, Université Toulouse 2

de Michel Liu, CERSO, Université de Paris-Dauphine

## **Introduction**

L'expression peu amène de « sciences molles » renvoie très généralement les sciences sociales à leur défaut de formalisation et de caractère expérimental. Le présent projet propose une tentative de formalisation d'une théorie sociologique éprouvée – la sociologie de l'action organisée (Friedberg, 1993) – dans un formalisme utilisé en informatique – entités, associations – dans le but d'élaborer un méta-modèle permettant la simulation de « systèmes d'action concrets ». Au-delà de la formalisation proposée, il s'agira donc d'avancer dans le sens d'une forme d'« expérimentation virtuelle », inédite dans le domaine. Notre présentation de ce bilan d'étape comptera trois parties. Nous nous attacherons à définir succinctement la sociologie de l'action organisée (SAO) et exposer plus précisément les ambitions de ce projet tant du point de vue de la sociologie que de l'informatique (1). Nous examinerons ensuite le méta-modèle élaboré et quelques interrogations que sa construction a soulevées (2). Puis nous proposerons l'exposition d'un cas-jouet illustrant le fonctionnement du méta-modèle sur une situation simple (3). Enfin, nous nous interrogerons, en conclusion, sur les perspectives du travail en cours en insistant notamment sur le « laboratoire virtuel » que nous souhaiterions construire pour le sociologue.

## **1. De la sociologie de l'action organisée à sa formalisation**

### **1.1 Eléments de sociologie de l'action organisée**

Depuis les années 1970, l'école française de sociologie des organisations a développé un programme de recherche dont la fécondité n'est pas discutée. Ce corpus sociologique est l'un des plus enseignés en France tant aux spécialistes qu'aux non spécialistes notamment les futurs cadres dirigeants. Rappelons succinctement qu'il s'agit de découvrir le fonctionnement réel d'une organisation

au-delà des règles formelles qui le codifient. Les organisations sont des « construits sociaux » actualisés dans et par les relations que les acteurs organisationnels entretiennent entre eux. Ces acteurs sont dotés d'une rationalité limitée et mobilisent leurs ressources pour disposer du pouvoir leur permettant de préserver et/ou d'accroître leur autonomie et leur capacité d'action dans l'organisation. Le pouvoir d'un acteur résulte de la maîtrise d'une ou de plusieurs « zones d'incertitude » c'est-à-dire d'une ressource nécessaire à l'action d'autrui et dont il maîtrise, au moins partiellement, l'accès. Cette maîtrise lui permet à la fois de fixer, dans une certaine mesure, « les termes de l'échange » dans la relation avec autrui et de rendre son comportement plus ou moins imprévisible. Dès lors, les relations de pouvoir structurent des configurations sociales, relativement stabilisées, qualifiées de « systèmes d'action concrets » (SAC). Un SAC peut être défini comme l'ensemble constitué, dans un contexte organisationnel donné, par les acteurs et leurs alliances, leurs relations et la régulation de ces dernières. Un SAC est donc un contexte d'interaction assez précisément délimité qui structure la coopération d'un ensemble déterminé d'acteurs, de façon certes contraignante mais sans leur ôter toute marge de manœuvre. Si, selon Friedberg, « tout contexte d'action peut être conceptualisé comme sous-tendu par un SAC » (93, p 156), la finalité d'une recherche s'inscrivant dans ce corpus est bien d'identifier le SAC qui sous-tend toute organisation ou « action organisée ».

Avec la sociologie de l'action organisée, Friedberg a proposé d'étendre l'application du raisonnement organisationnel (Crozier et Friedberg, 1977) à toutes les formes d'action « organisée » quel que soit leur niveau de codification ou de formalisation. En d'autres termes, la recherche s'est déplacée vers l'identification des processus organisationnels aussi bien dans les organisations traditionnelles – fortement formalisées – que vers les actions plus floues

– moins formalisées–. Il proposait, de la sorte, de passer d’une sociologie spécialisée – celle des organisations – à une sociologie générale – celle de l’action organisée.

Cependant, la sociologie de l’action organisée demeure l’héritière de la sociologie des organisations. C’est-à-dire que son domaine de prédilection reste les organisations à savoir des ensembles assez fortement codifiés, assez précisément délimités et où les acteurs sont durablement ensemble et où il existe un objectif – celui de l’organisation– partiellement différenciable des objectifs de chaque acteur.

### 1.2 Une ambition scientifique limitée

Mais si cette perspective a donné lieu à de nombreuses applications empiriques de qualité, il est permis de penser qu’elle est néanmoins obérée par une stagnation à la fois théorique et méthodologique. Sur le plan théorique, les concepts mobilisés sont globalement les mêmes que ceux développés dès 1977 – système d’action concret, pouvoir, zone d’incertitude, relations, régulation – et n’ont pas fait l’objet d’un réexamen approfondi.

Sur le plan méthodologique, la sociologie de l’action organisée. utilise toujours quasi exclusivement des outils de nature qualitative –entretiens semi-directifs, analyse des sources documentaires, éventuellement observation participante – et plus rarement des enquêtes par questionnaires.

Dès lors, cette analyse sociologique a produit une accumulation de monographies dont la comparaison s’avère problématique. La connaissance produite, certes utile localement, s’avère néanmoins difficilement généralisable et limite la légitimité scientifique popperienne de la démarche ce qu’admet volontiers Friedberg (93, p. 310 et s.). Il apparaît pourtant que toutes les pistes n’ont pas été explorées pour dépasser ces limites d’ordre épistémologique, théorique et méthodologique. notamment celle ouverte, dans la mouvance des « systèmes complexes », de la formalisation et de la simulation orientée agents.

### 1.3 La démarche adoptée

L’originalité de notre démarche réside dans la tentative de formalisation d’une théorie sociologique éprouvée dans la discipline et cherchant à reproduire expérimentalement ses résultats. Plutôt que de partir de l’assemblage heuristique de divers éléments théoriques plus ou moins hétérogènes, nous avons cherché à formaliser les concepts essentiels de la SAO afin de minimiser la « distorsion de modélisation » entre le système considéré et son modèle formel. Cette perspective n’a pu être mise en œuvre sans une interaction forte entre sociologues et informaticiens et un investissement cognitif mutuel de long terme. La première phase du travail a donc consisté en une familiarisation des uns à l’univers

disciplinaire des autres et réciproquement (langage – l’explicitation de l’implicite –, méthodes, outils, références,...) principalement sur la SAO et les systèmes multi-agents. Ensuite, la réflexion a porté sur l’élaboration d’un méta-modèle dans un formalisme permettant de construire un modèle de tout système d’action concret. La démarche, figurée ci-contre, aboutissant à la construction du méta-modèle et de certains modèles dérivés, peut être décrite en partant de la théorie discursive de la sociologie de l’action organisée.

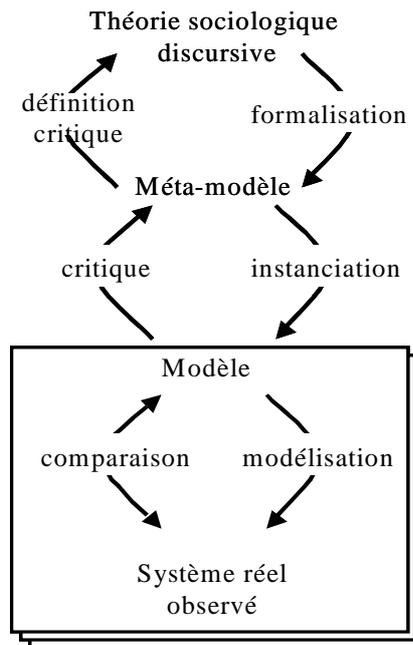


FIG. 1 – Le phasage de la démarche.

Le méta-modèle est envisagé dès lors comme une formalisation de cette théorie et le(s) modèle(s) comme instanciation(s) du méta-modèle pour la modélisation d’un (ou plusieurs) système(s) particulier(s). La relation entre le système concret auquel on s’intéresse et son modèle est des plus classiques : elle s’appuie sur des observations qualitatives ou quantitatives de manière à élaborer, critiquer, affiner pour enfin valider le modèle. La relation ascendante qui relie modèle et méta-modèle trouve davantage sa source dans le cadre du génie logiciel. La définition d’un formalisme, langage ou patron de conception (Gamma *et al.*, 1995) s’élabore et se valide à partir de l’accumulation des modèles qui en sont dérivés. A partir des différents cas d’études, correspondant à des contextes différents, les modèles réalisés permettent de remettre en cause le méta-modèle et d’affiner par expériences la construction d’une abstraction générique. Dès lors, le méta-modèle permet de critiquer la théorie discursive, non seulement au cours de l’étape de formalisation

qui permet de mettre le doigt sur les éléments peu « opérationnaliser, » mais, avec le retour d'expérience, il permet également de critiquer la théorie au regard des cas d'études en prenant pour intermédiaire les modèles et le méta-modèle réalisé. Ces derniers aspects sont plutôt originaux dans le cadre de la simulation sociale. D'ores et déjà, les exigences de la formalisation ont amené les sociologues à préciser et clarifier, dans une forme d'ascèse dont ils ne sont pas familiers, les concepts – pouvoir, stratégie, régulation – qu'ils utilisaient. Le méta-modèle qui doit encore évoluer et son instanciation pour rendre compte de cas concrets a montré un certain nombre de limites de la théorie elle-même, notamment sa faible prise en compte de la dimension proprement institutionnelle. Le méta-modèle se révèle être un outil pédagogique pour l'enseignement de la SAO car il permet d'objectiver les attendus et les résultats de l'analyse sociologique. Et, évidemment, on attend avec impatience la phase active de simulation pour disposer d'une sorte de « laboratoire virtuel » sur lequel nous reviendrons en conclusion.

Du point de vue de l'informatique et plus précisément des Systèmes Multi-Agents, ont été mises en évidence les limites des approches qui, inspirées de métaphores issues de la psychologie et des sciences cognitives, sont centrées exclusivement sur la structure et les capacités des agents (Ferber, 1995 ; Ferber et Gutknecht, 1998). L'importance primordiale reconnue au niveau organisationnel dans les SMA fait aujourd'hui l'objet de nombreux travaux, dont certains s'inspirent de métaphores issues de l'éthologie. Notre travail s'inscrit dans la ligne de travaux qui, comme ceux de Malone (94), Castelfranchi (98) ou d'Hermann (04), recherchent dans la sociologie une métaphore pertinente et bien fondée comme modèle de coordination pour définir le niveau organisationnel dans les SMA. Les mécanismes de coordination émergente de la SAO, qui reposent sur des concepts très abstraits, sont susceptibles d'être mis en œuvre dans de nombreux domaines d'application et pourraient être une proposition dans cette voie.

Examinons maintenant la formalisation des concepts de la SAO et le méta-modèle.

## 2. La formalisation des concepts et le méta-modèle

Une formalisation de la SAO conduit à considérer que les éléments constitutifs d'un système d'action concret sont de trois types différents (cf. Fig. 2) : des *Ressources*, des *Relations* et des *Acteurs*, ces éléments étant reliés les uns aux autres par quatre types d'associations – maîtriser, fonder, contrôler et dépendre. (Nous adoptons ici le terme « Ressource » de préférence à l'expression « Zone

clairement définis de la théorie pour pouvoir les d'Incertitude » de la terminologie de la SAO car il nous semble plus juste : toute zone d'incertitude au sens de la SAO est une ressource, alors que le trait constitutif d'une zone d'incertitude n'est pas tant l'incertitude sur le comportement de celui qui la maîtrise que l'existence d'acteurs qui ont besoin de cette ressource et qui pourtant ne maîtrisent pas les conditions de son utilisation.)

Ainsi, pour décrire brièvement ce schéma avant de l'analyser plus en détails, une *Ressource* peut être le *fondement*, ou support d'une ou plusieurs *Relations* dans chacune desquelles interviennent des *Acteurs*, qui soit la *contrôlent* soit en *dépendent*. Chaque Acteur place des *enjeux* et se voit attribuer un *solde* pour chaque Relation dans laquelle il est impliqué. L'Acteur qui *maîtrise* une Ressource (par le biais d'une Relation qu'il contrôle) décide de la manière dont sont distribués les soldes entre les acteurs impliqués dans la relation. Ainsi, chaque acteur maîtrise une ou plusieurs zones d'incertitude.

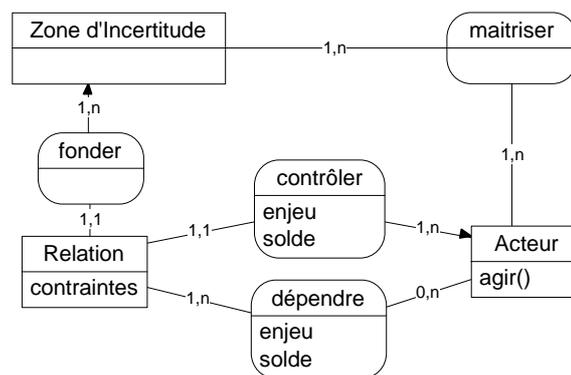


FIG. 2 – Modèle de la structure des SAC (exprimé selon le formalisme entité-association)

### 2.1 Les Acteurs, les Zones d'Incertitudes et leurs Relations

Les *Ressources* d'un SAC sont, dans le sens le plus large du terme, les éléments nécessaires à l'action organisée dont la disponibilité est requise pour réaliser une certaine action. Chaque Ressource possède une propriété *nature*, dont la valeur est l'une des quatre sources de pouvoir identifiées par la SAO : une compétence difficilement remplaçable, la maîtrise de relations avec l'environnement du système, la maîtrise de l'information et de la communication interne et, enfin, l'utilisation stratégique des règles organisationnelles à l'occasion des marchandages auxquels elles donnent lieu.

Toute Ressource est *maîtrisée* par un ou plusieurs Acteurs ; maîtriser une Ressource c'est être en situation de la rendre plus ou moins disponible et ain-

si influencer sur la capacité d'action des acteurs qui en ont besoin.

Chaque Ressource donne lieu à un nombre déterminé de *Relations*. Une relation correspond à un certain type de transactions concernant la Ressource sur laquelle elle est fondée, et elle est déséquilibrée : un (unique) acteur – l'un de ceux qui maîtrisent la Ressource – contrôle cette relation, tandis que d'autres acteurs – ceux qui ont besoin de cette ressource pour atteindre leurs objectifs – sont contrôlés, dominés, ou encore dépendants dans cette relation. En effet, c'est l'acteur qui contrôle la relation qui détermine dans quelle mesure la ressource est accessible et qui ainsi contrôle la possibilité pour les acteurs dépendants de réaliser les actions liées à leurs objectifs.

Tout *Acteur* maîtrise une ou plusieurs Ressources ; c'est donc reconnaître à tout Acteur d'un SAC une certaine liberté de manœuvre, celle qu'il exerce sur les Ressources qu'il contrôle, et par là même dénier le statut d'acteur social à toute personne qui ne maîtriserait aucune Ressource. L'exercice effectif de la maîtrise d'une Ressource passant nécessairement par le contrôle de l'une des Relations qu'elles fonde, chaque acteur contrôle au moins une Relation. C'est l'une des hypothèses fondamentales de la SAO que chaque acteur, quelque soit sa position, a la possibilité d'exercer sa maîtrise sur certaines Ressources. Tout acteur maîtrise donc au moins une relation, et c'est cette maîtrise qui lui confère son statut d'acteur social. De façon dialogique, les notions de Ressource et d'Acteur se définissent l'une par rapport à l'autre : une Ressource n'est telle que dans la mesure où certains acteurs en dépendent pour réaliser leur activité ; est acteur social celui qui contrôle une Ressource.

Il en résulte que, dans la modélisation d'un SAC, la correspondance acteur – personne physique n'a rien d'automatique : les individus marginaux au point d'être transparents ne sont pas des acteurs ; certains individus peuvent correspondre à plusieurs acteurs si ils n'opèrent aucune interférence entre différentes fonctions qu'ils exercent, en totale indépendance les unes des autres ; une population homogène peut être agrégée en un acteur unique si chacun de ses membres est en situation de dépendance et de contrôle vis à vis des mêmes relations (et ce avec les mêmes enjeux, cf. ci-dessous), si bien qu'ils auront des comportements similaires ; enfin un groupe, une assemblée ou une coalition peut constituer un acteur collectif si seul le comportement résultant de l'ensemble a un impact. C'est donc bien l'analyse sociologique qui identifie les acteurs d'un SAC, à un niveau de granularité qui dépend de la finalité de cette analyse. La seule caractéristique constitutive d'un acteur est d'être en situation de dépendance ou de contrôle vis à vis de relations bien identifiées, et d'être capable d'exercer ce contrôle de façon finalisée.

## 2.2 Les enjeux et les soldes

Chaque acteur répartit des *enjeux* sur chacune des relations auxquelles il participe, que ce soit en tant que contrôleur de cette relation ou en tant que dépendant. Il opère cette répartition en fonction de l'importance de la ressource correspondante vis à vis de ses objectifs propres : plus l'usage de la ressource accessible via la relation est *nécessaire* pour atteindre un objectif qui est *important* pour l'acteur, plus l'enjeu que l'acteur place sur cette relation est élevé. La Figure 3 montre comment on pourrait intégrer explicitement le concept d'*Objectif* dans le modèle d'un SAC (l'entité Ressource n'y est pas montrée pour ne pas surcharger le diagramme).

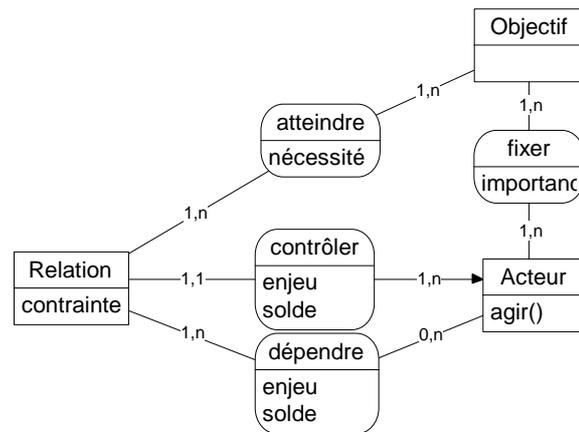


FIG. 3 – la place du concept d'Objectif dans la formalisation des SAC

Pour un Acteur et une Relation donnés, la valeur de la propriété *enjeu* des associations *contrôler* ou *dépendre* est déterminée par la valeur des propriétés *importance* et *nécessité*. Cette répartition des enjeux d'un acteur correspond à l'impact opérationnel de ses objectifs sur son comportement et pour l'analyse du fonctionnement d'un SAC, ce qui importe ce n'est pas tant la nature des objectifs d'un acteur que ce que ces objectifs le conduisent à réaliser. Les enjeux sont le maillon qui, conformément à l'hypothèse de rationalité des acteurs, permet de relier causalement le comportement d'un acteur avec ses objectifs. Les enjeux peuvent prendre leur valeur sur une échelle *nul, négligeable ... important ... vital*.

L'acteur qui contrôle une relation est celui qui détermine les « termes de l'échange », c'est à dire les conditions selon lesquelles les tractations, les marchandages concernant l'accès à la Ressource se déroulent et, surtout, se concluent. Nous lui préférons le terme de *solde* qui présente le double avantage d'être plus concis et surtout d'évoquer plus précisément le résultat de la transaction plutôt que les (détails des) modalités de son déroulement. C'est donc l'acteur qui contrôle une relation qui fixe la valeur du solde pour chacun des acteurs partici-

pant à cette relation, c'est à dire lui-même et tous les acteurs dépendants dans cette relation. Ce solde correspond à la *qualité de la disponibilité* la ressource ; plus ou mieux la ressource sera utilisable par un acteur, plus son solde pour cette relation sera élevé.

Le critère de répartition des soldes entre les différents participants d'une relation est spécifique à chaque relation. On s'attend à trouver des relations où les soldes sont « à somme nulle », ou du moins se compensent : si l'usage de la ressource est bon pour certains acteurs, il le sera d'autant moins pour les autres. D'autres relations, dans lesquelles le solde du contrôleur et celui des acteurs dépendants varient dans le même sens, peuvent être qualifiées de *gagnant-gagnant*, ou de *perdant-perdant* selon que ces soldes ont tendance à être favorables ou défavorables. Les soldes peuvent prendre leur valeur sur une échelle *exécutable* : *mauvais ... neutre ... bon ... maximal*.

Il nous reste à donner l'interprétation de la propriété *contraintes* figurant dans les Relations ; elle n'est pas explicitement pensée dans le corpus théorique de la SAO, mais semble indispensable à la modélisation du fonctionnement d'un SAC. En effet, l'acteur qui contrôle une relation ne peut pas pour autant attribuer n'importe quelle valeur aux soldes des acteurs participant à cette relation. Il doit respecter « les règles du jeu social ». qui déterminent, pour partie, l'espace des valeurs qu'il peut donner aux soldes des acteurs de la relation, y compris lui-même. L'origine de ces contraintes est soit institutionnelle de par les règles formelles internes ou imposées à l'organisation (par exemple la nature des contrats de travail légaux), soit technique ou de faisabilité de par l'impossibilité physique tenant à la nature de la Ressource (on ne peut donner moins d'information que pas d'information du tout, ... sauf à verser dans la désinformation), soit encore normative tenant à l'acceptabilité sociale en fonction des normes en vigueur. Nous proposons de formaliser les contraintes associées à une relation de la manière suivante :

- deux valeurs  $b_{min}$  et  $b_{max}$  telles que :

$$-1 \leq b_{min} < b_{max} \leq 1$$

- tout acteur  $A$  participant à la relation a une fonction ainsi définie :

$$Effet_A : [-1, 1] \longrightarrow [-10, 10].$$

L'intervalle  $[-1, 1]$  correspond à l'*espace de choix* de l'acteur contrôleur quand il dispose d'une totale maîtrise de la Relation. En choisissant une valeur dans cet intervalle, il définit les règles de l'échange ou encore la manière, le genre d'accès à la Ressource. Le choix (par l'Acteur contrôleur) d'une valeur  $\alpha \in [-1, 1]$  produit l' $Effet_A(\alpha)$  c'est-à-dire la valeur du *Solde* de l'Acteur  $A$ . Il est clair que tout

autre nombre pourrait être employé pour borner l'*espace de choix* et que seule la comparaison entre les différentes fonctions d'Effet des Acteurs de la relation nous importe.

Quant aux valeurs  $b_{min}$  et  $b_{max}$ , elles permettent de rendre compte du fait que l'Acteur contrôleur ne peut pas fixer n'importe quelle valeur de l'*espace de choix* théorique et que sa maîtrise de la relation ne peut s'exercer seulement que dans un intervalle  $[b_{min}, b_{max}]$ . L'espace de l'intervalle  $(b_{max} - b_{min})$  représente donc le niveau de sa maîtrise effective sur la Relation. Une telle formalisation décrit les spécificités de chaque Relation comme outil de pouvoir sur les Acteurs dépendants dans la Relation. Elle permet de donner une valeur quantitative aux processus sociaux étudiés et autorise une comparaison des Acteurs et des Relations. Nous nous contenterons de donner quelques illustrations qui exigeraient une réflexion approfondie afin d'obtenir une sémantique correctement fondée. Considérons le *pouvoir* que l'Acteur contrôlant la Relation ( $R$ ) exerce sur un autre Acteur ( $A$ ) engagé dans la relation tel que :

$$pouvoir_R(A) = \max \{ Effet_A(\alpha) - Effet_A(\beta) ; \alpha, \beta \in [b_{min}, b_{max}] \}$$

On a la différence maximale entre les soldes qu'il peut attribuer à l'Acteur  $A$  compte tenu de son choix et des contraintes dans la fixation de  $\alpha$  et de  $\beta$ .

De même, la grandeur :

$$\max \{ Effect_A(\alpha) - Effect_A(\beta) ; A \text{ Acteur concerné par la relation } R, \alpha \text{ et } \beta \in [-1, 1] \}$$

est considérée comme la force de cette Relation dans l'exercice du pouvoir. Dès lors le *pouvoir* du contrôleur de la Relation  $R$  consiste pour lui à peser sur la Relation grâce à son niveau de maîtrise

$(b_{max} - b_{min})$ .

Ce fondement que l'on peut associer à chaque contrainte jette les bases d'une typologie qui est à rapprocher des quatre sources de pouvoir évoquées plus haut à propos des Zones d'Incertitude.

### 2.3 Dimensions structurelle et fonctionnelle du comportement des acteurs

Le formalisme de modélisation que nous venons d'exposer permet de distinguer, dans un SAC, ce qui relève de sa *structure* – ses éléments constitutifs, leurs relations et les opérations auxquelles ils peuvent donner lieu –, et ce qui relève de son *état* dont l'évolution accompagne l'accomplissement des finalités du système. La structure d'un SAC se décrit en termes d'Acteurs, de Relations-transactions fondées sur des Ressources, de contrôle et d'enjeux placés sur ces Relations ; quant à l'état d'un SAC, il se décrit pour chacun des acteurs en terme de soldes

des relations auxquelles il participe, c'est-à-dire de moyens d'action à sa disposition.

Cela nous amène à distinguer deux dimensions dans l'action d'un acteur qui cherche à conforter son pouvoir : une dimension structurelle qui agit sur la structure du système, et une dimension fonctionnelle qui agit sur son état. La *dimension structurelle* de l'action est la part qui contribue à la construction de l'organisation du SAC, à l'établissement des règles du jeu social et qui donc consiste, selon notre formalisation, à agir sur les éléments qui constituent sa structure : Ressources, Relations, contraintes et enjeux. Quant à la *dimension fonctionnelle* de l'action d'un acteur, c'est celle qui assure le fonctionnement régulier du système et fait évoluer son état de façon synchronique ; elle concourt à la réalisation des objectifs immédiats de l'acteur. Cette dimension fonctionnelle s'exerce à règles du jeu constantes, sans changement ni dans les objectifs et les missions (*i.e.* des enjeux) ni dans les moyens d'actions (*i.e.* les relations et leurs contraintes). Dans l'action concrète d'un acteur, ces deux dimensions sont indissociables l'une de l'autre : chaque acte comporte une composante structurelle et une composante fonctionnelle, dans une proportion qui est spécifique aux circonstances de la réalisation de cet acte. Pour autant, nous ne cherchons pas à modéliser les modalités pratiques des actes et ne nous intéressons qu'à leurs effets ; ces effets sur les deux dimensions structurelle et fonctionnelle étant bien disjoints, nous avons la possibilité, en ce qui concerne la simulation, de modéliser l'action des acteurs par des mécanismes spécifiques à chacune de ces dimensions.

Dans la dimension structurelle du comportement des acteurs, les actions portent sur les Ressources, les Relations, les contraintes et les enjeux. Concernant les Ressources, on peut introduire une nouvelle Ressource avec une Relation associée que l'on maîtrisera en utilisant ses capacités propres, ou bien introduire une nouvelle Relation fondée sur une Ressource que l'on maîtrise déjà. On peut aussi neutraliser toute possibilité de contrôler une relation, par exemple en rendant la ressource banale d'accès ou au contraire définitivement inaccessible en toutes circonstances. Concernant les contraintes qui s'appliquent aux soldes d'une relation, on peut diminuer leur sévérité de façon à élargir sa marge de manœuvre dans une relation que l'on contrôle, ou au contraire chercher à renforcer la sévérité d'une relation contrôlée par un autre acteur. Enfin, concernant les enjeux, on peut déplacer les siens propres pour renforcer son autonomie, mais aussi – et même surtout ! – chercher à influencer sur les enjeux des autres acteurs.

Dans la dimension fonctionnelle du comportement des acteurs, toute action consiste à exercer le contrôle sur une relation que l'on maîtrise, c'est à dire à manipuler la valeur des soldes attribués aux partici-

pants tout en restant dans les limites imposées par les contraintes de cette relation. Cette manipulation peut être absolue, dans ce cas elle modifie la valeur des soldes sans égard pour leur valeur courante, ou bien relative si elle se contente de modifier cette valeur, de façon positive ou négative. Ce deuxième cas correspond à un exercice du contrôle dans la continuité, sans rupture brutale, ce qui semble être la norme dans la plupart des rapports sociaux.

#### 2.4 La satisfaction d'un acteur et son comportement fonctionnel

La distribution des soldes et des enjeux sur des échelles de valeurs numériques, et non pas seulement qualitatives permet, par l'application d'opérations simples, d'agréger ces valeurs en des grandeurs synthétiques et significatives.

On peut par exemple convenir de graduer les enjeux sur une échelle :

$nul = 0, négligeable = 1, \dots important = 5, \dots vital = 10,$

et celle des soldes par une correspondance de la forme :

$exécration = -10, \dots mauvais = -5, \dots neutre = 0, \dots bon = 5, \dots maximal = 10.$

S'il est bien évident que ces valeurs numériques ne correspondent à rien en elles-mêmes, elles ouvrent la voie à la comparaison. Pour ce faire, il faut normaliser la somme des enjeux des acteurs, c'est-à-dire attribuer à chaque acteur le même total de points d'enjeux qu'il répartira sur les relations auxquelles il participe, comme contrôleur ou comme dépendant. Cette normalisation revient à reconnaître à chaque acteur le même investissement, la même possibilité d'implication personnelle dans le jeu des relations sociales. En ce qui concerne l'échelle des soldes, son étendue doit être harmonisée avec celle des enjeux ; il s'agit d'une question de calibration du modèle qui doit être encore approfondie. Le codage numérique des soldes d'une relation permet une expression plus concise et donc plus précise des contraintes qui s'appliquent à leurs valeurs. Ces contraintes portent d'abord sur la plage de valeur du solde qui peut être attribué à chacun des acteurs participants ; elles portent aussi sur la répartition de ces valeurs les unes par rapport aux autres, qui peut être exprimée soit de façon fonctionnelle (par ex. une fonction dont le paramètre est la valeur du solde que le contrôleur de la relation s'attribue) soit par un prédicat.

Il devient alors possible de quantifier un certain nombre de concepts de la SAO en leur attribuant des valeurs numériques qui appartiennent à la même échelle de grandeur et deviennent ainsi comparables. Par exemple, la *pertinence d'une Ressource* peut être estimée comme la somme des enjeux placés par l'ensemble des acteurs sur les relations dont elle est le support, puisque ces enjeux reflètent

l'importance de ces relations pour les acteurs. Le *pouvoir d'un Acteur* peut être apprécié comme la somme, sur les relations qu'il contrôle, d'une combinaison de la pertinence de cette relation avec les contraintes qui s'appliquent à ses soldes. Autre exemple, *l'autonomie d'un acteur* peut être évaluée comme la somme des enjeux qu'il place sur les relations qu'il contrôle, ce qui correspond à sa possibilité d'atteindre ses objectifs indépendamment des autres acteurs, la *dépendance d'un acteur* étant évaluée inversement comme la somme des enjeux qu'il place sur les relations dont il dépend. D'autres notions peuvent être définies telles que le pouvoir d'un acteur sur un autre, le *réseau des dépendances* entre acteurs ou encore la zone d'influence d'un acteur.

Une grandeur particulièrement significative est, pour chaque acteur, le cumul sur l'ensemble des relations auxquelles il participe d'une combinaison de son enjeu avec le solde qui lui est attribué. Nous l'appellerons la *satisfaction* d'un acteur (de préférence au terme couramment employé *d'utilité*, en ce qu'il est plus évocateur d'une rationalité limitée) ; elle reflète la possibilité qu'a l'acteur d'accéder aux ressources dont il a besoin pour atteindre ses objectifs, pondérée par son utilité pour ces ressources. Une version très simple et linéaire en est de considérer la somme, pour toutes les relations auxquelles un acteur participe, du produit de l'enjeu qu'il place sur cette relation par son solde :

$$Satis(a) = \sum_{r \text{ tq } a \text{ participe à } r} enjeu(a, r) * solde(a, r)$$

Le caractère stratégique du comportement d'un acteur le conduit, par définition, à chercher à atteindre ses objectifs et donc avoir une valeur acceptable (à défaut de l'optimum) pour sa satisfaction. Si l'on s'en tient à la dimension fonctionnelle du comportement des acteurs, les relations, les enjeux et les contraintes sont figés, et un acteur ne peut jouer que sur les soldes qu'il attribue. Nous définirons donc le comportement fonctionnel d'un acteur comme les déplacements qu'il opère sur les soldes des relations qu'il contrôle, en vue d'obtenir la satisfaction la plus élevée possible. L'hypothèse de rationalité conduit à fonder ce comportement sur le cycle de base :

1. percevoir l'état du système et notamment sa propre satisfaction,
2. calculer pour décider de l'action à entreprendre,
3. exécuter cette action.

L'opération centrale, le calcul de l'action à réaliser, peut être implantée de différentes façons. Une approche *cognitive* pourrait utiliser une logique des croyances de profondeur limitée (Simon, 91) permettant à chaque acteur d'identifier explicitement les acteurs dont il dépend (Sichman 93). C'est une autre approche que nous avons implantée dans l'environnement SocLab (Mailliard *et al.* 2003). Il utilise les classeurs, qui reposent sur *l'apprentissage*

de règles comportementales par essais-erreurs et renforcement des règles en fonction des résultats qu'elles produisent (Holland *et al.* 1978, 2000). Cette approche présente deux avantages par rapport à celle cognitive : elle se contente d'un modèle global du SAC, alors que l'approche cognitive requiert d'explicitier la représentation que chacun des acteurs se fait du SAC. Elle fait très peu d'hypothèses sur les aptitudes requises pour être un acteur dans un SAC, et notamment elle ne préjuge pas de ce que seraient des règles explicites du comportement social que les acteurs appliqueraient.

### 3 Un exemple d'application : le cas Trouville

En guise d'illustration de l'application du méta-modèle, nous proposons de rendre compte d'un cas très simple de fonctionnement organisationnel : le cas Travel-Tours emprunté à P. Smets. Travel-Tours est un « tour operator » dont deux agences, TRO1 et TRO2, sont situées dans la même ville, Trouville. Depuis quelques mois, les résultats de l'agence TRO1 s'accroissent alors que ceux de TRO2 stagnent, voire régressent. Le directeur régional décide de récompenser l'équipe de TRO1 en proposant d'en titulariser le secrétaire jusque là à mi-temps sur les deux agences sur des contrats à durée déterminée. On s'attend à ce que tant le directeur que la secrétaire soient heureux de cette proposition ; or, tous les deux la refusent fermement. Comment expliquer ce double refus ? En identifiant les zones d'incertitude et les ressources associées au sein de TRO1, une analyse en termes de SAO permet de montrer qu'aussi bien le directeur que la secrétaire ont rationnellement raison de s'opposer à cette proposition qui, si elle se concrétisait, induirait pour chacun d'entre eux une perte de pouvoir. En effet, une étude plus attentive du système relationnel révèle que :

- l'agence TRO2 est plus inventive que TRO1 en matière de conception de produits touristiques alors que TRO1 dispose d'une équipe commerciale très efficace. Travaillant à mi-temps au sein de TRO2, la secrétaire informe le directeur de TRO1 des projets de TRO2 si bien que TRO1 utilise à plein ces informations avec son équipe commerciale.
- Pour des raisons personnelles, l'obtention d'un emploi stable ne fait pas partie de ses objectifs, à court terme au moins. Par contre, elle entretient de bonnes relations avec les employés de TRO1 et apprécie la situation dans laquelle elle se trouve, où les directeurs de TRO1 et TRO2 n'aient pas la possibilité d'exercer un contrôle précis sur son travail.

Aussi, si la proposition de la titularisation à temps complet à TRO1 se concrétisait, d'une part, elle

perdrait cette relative liberté dans son travail (ce qu'elle ne veut pas) et, d'autre part, le directeur perdrait les informations qu'elle lui fournit sur TRO2 (ce qu'il souhaite éviter).

### 3.1 Le système relationnel rendant compte de la décision : un modèle de SAC

Il s'agit de comprendre le comportement du directeur et de la secrétaire qui sont les acteurs du système de relations qui les unit. Chacun dispose d'une zone d'incertitude ou de ressource : « l'information sur TRO2 » pour la secrétaire et le « travail de la secrétaire » pour le directeur. Cette dernière fonde deux relations différentes : d'une part, la relation concernant « la stabilité dans l'emploi » de la secrétaire, et, d'autre part, celle relative au « contenu du travail » de celle-ci. Le tableau 1, ci-contre, indique les valeurs données aux différents paramètres du modèle. La valeur des enjeux traduit les souhaits de chacun des acteurs sachant que chacun a une somme de 10 d'enjeux à répartir sur trois relations. La pertinence de chaque relation étant, rappelons-le, la somme des enjeux qui sont placés sur elle. La valeur de  $b_{max}$  et de  $b_{min}$  et la définition des fonctions d'effet nécessitent plus d'explications. Concernant « la stabilité dans l'emploi » le directeur ne dispose que d'une maîtrise partielle de la relation. En effet, s'il peut renouveler le contrat temporaire de la secrétaire, il n'est pas dans ses attributions de lui offrir un contrat définitif ce que seul le directeur régional peut faire.; aussi  $b_{max}$  est-il fixé à un niveau nettement inférieur à 1, c'est-à-dire 0,4. Sur le plan de ses possibilités de durcir la relation, le directeur est aussi contraint : il doit respecter la législation du travail, justifier sa décision auprès de sa hiérarchie et prendre en compte les réactions éventuelles des autres salariés en cas d'injustice caractérisée ; il en résulte  $b_{min} = -0,4$ . Avoir un emploi stable produit un plein effet pour la secrétaire, c'est-à-dire que si elle l'a :  $Effet(1) = 10$ , dans le cas contraire :  $Effet(-1) = -10$ , -10 et 10 étant les valeurs extrêmes des soldes. Quant au directeur, sa préoccupation pour cet emploi est en proportion avec sa stabilité, mais elle reste limitée, d'où  $Effet_{directeur} = 3 * x$ .

Le directeur dispose d'une plus grande marge de manoeuvre en ce qui concerne le contenu de l'emploi de la secrétaire. Nous interprétons les valeurs négatives dans l'espace de choix comme un contrôle strict de la quantité et de la qualité du travail réalisée par la secrétaire et de la façon dont elle s'organise, et les valeurs positives comme l'absence d'un tel contrôle. La valeur  $b_{min} \approx -0,3$  provient de l'importance que le directeur accorde à la cordialité de ses relations avec les employés ; cependant, sa fonction le rend responsable de la production de l'agence et donc de ce que réalise chaque employé, donc  $b_{max} \approx 0,7$ . L'effet sur la secrétaire est tota-

lement proportionnel au niveau de ce contrôle, car tout employé se trouvera bien de n'avoir pas à subir un contrôle étroit de son travail d'où  $Effet_{secrétaire}(x) = 7 * x$ . Quant au directeur, la fonction  $Effet_{directeur}(x) = -3 * x^2$  correspond à l'idée que tout excès dans l'exercice de ce contrôle ne peut que lui attirer des difficultés, et que le plus confortable pour lui est d'exercer un contrôle modéré.

Concernant l'information à sur l'activité de l'agence TRO2, nous interprétons les valeurs positives de l'espace de choix comme la divulgation d'informations, les valeurs négatives comme de la désinformation et la valeur nulle comme la discrétion de la secrétaire à propos de ce qu'elle peut savoir de l'activité de TRO2. Les valeurs proposées pour  $b_{min}$  et  $b_{max}$  correspondent à la quantité d'informations dont la secrétaire peut disposer et rendre crédible auprès du directeur de TRO1. L'effet sur le directeur correspond à la pleine exploitation qu'il fera de cette information, d'où  $Effet_{directeur}(x) = 10 * x$ . Quant à la secrétaire, sa tranquillité lui commanderait de ne diffuser aucune information, qu'elle soit exacte ou fausse car toute autre situation peut être comme présentant des risques, d'où  $Effet_{secrétaire}(x) = 2 * |x|$ .

**Tableau 1.** Paramètres d'un modèle formel du cas Travel-Tours

		Stabilité de l'emploi	Contenu du travail	Info. sur TRO2
<b>Acteur</b>		Dir.	Dir.	Secr.
<b>Contrôleur</b>		Dir.	Dir.	Secr.
<b>Enjeux</b>	Dir.	1	2	7
	Secr.	2	7	1
<b>Pertinence</b>		3	9	8
<b>Effets</b>	Dir.	$3 * x$	$-3 * x^2$	$10 * x$
	Secr.	$10 * x$	$7 * x$	$-2 *  x $
<b>b_min , b_max</b>		-0.4 ,0.4	-0.3, 0.7	-0.3 , 0.8
<b>Pouvoir</b>		$0.8 * 10 = 8$	$1 * 7 = 7$	$1.1 * 10 = 11$

### 3.2 Le comportement des acteurs

Le tableau 2 présente trois états caractéristiques du système résultat des valeurs choisies dans le tableau 1. Le cas où la secrétaire (colonne 1) et le directeur (colonne 2) obtiennent chacun leur satisfaction maximale ne sont pas réalistes au regard de la SAO. En effet, les trois premières lignes du tableau montrent les choix faits par les Acteurs contrôlant la relation quand ils obtiennent leur satisfaction maxi-

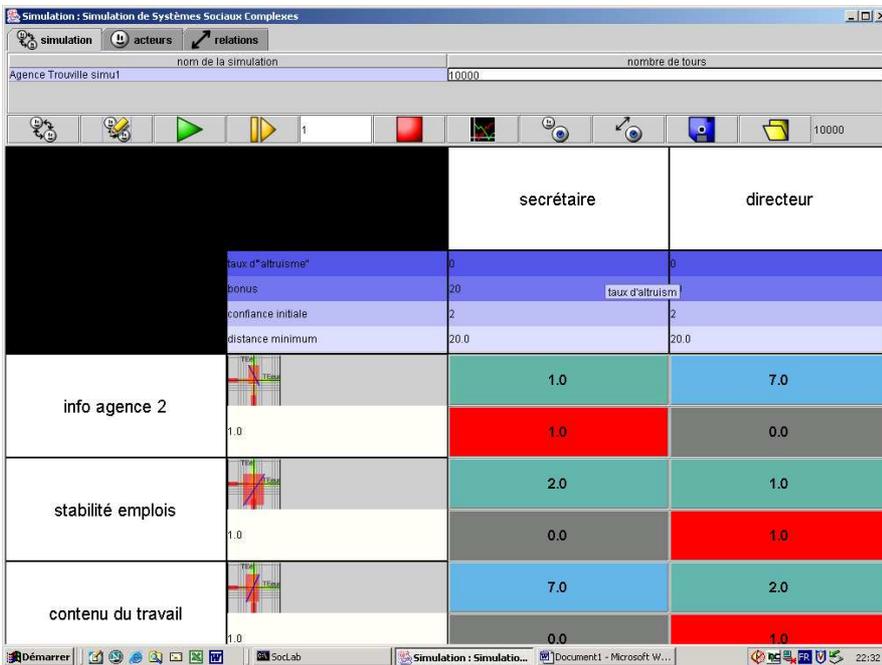
		Satisfaction maximale. Secrétaire	Satisfaction maximale. Directeur	Meilleure Satisfaction Globale	Auto-nomie	Pouvoir
Valeur dans l'espace de choix	Stabilité emploi	0,4	0,4	0,4		
	Contenu du travail	0,7	0	0,7		
	Info sur TRO2	0	0,8	0,8		
Satisfaction	Dir	-1,7	57,2	54,3		75
	Secrétaire	42,3	6,4	40,7	1	80
	Satisfaction globale	40,5	63,5	95		

**Le Tableau 2.** La satisfaction et le pouvoir des acteurs dans trois situations remarquables

male : pour la secrétaire, cela implique qu'elle ne livre aucune information sur TRO2 mais alors on ne comprend pas pourquoi le directeur ne la contrôle pas plus dans son travail. De même, on ne voit pas pourquoi la secrétaire accepterait de livrer beaucoup d'informations sur TRO2 si, par ailleurs, elle est plus contrôlée dans son travail, cas de la satisfaction maximale du directeur. La satisfaction globale maximale est obtenue ici quand chaque acteur adopte un comportement coopératif. Mais, il faut bien considérer qu'il s'agit là d'un cas simple voire simpliste dont il faut, bien sûr, ne pas tirer de leçons générales. Les figures 4 et 5 présentent des résultats de simulation de cette étude de cas avec un environnement SocLab.

Dans toutes ces simulations, la satisfaction des deux Acteurs se stabilise à un niveau proche de la meilleure satisfaction globale. L'écart entre la satisfaction de la

fectivement que le directeur et la secrétaire sont très dépendants l'un de l'autre et qu'ils ont un niveau de contrôle proche l'un sur l'autre. En d'autres termes, ils ont le même niveau de pouvoir dans cette situation. Tous ces résultats numériques doivent, bien sûr, être considérés avec beaucoup de prudence avant qu'ils n'autorisent une interprétation sociologique significative. En premier lieu, les échelles de valeur sont arbitraires ; aussi chaque valeur prise isolément n'a pas de signification, elle n'en a une que relativement les unes aux autres. Ensuite, l'écart entre ces valeurs doit être important – de l'ordre de 20 à 30 % – pour être considéré comme significatif. En effet, les paramètres sont fixés d'après une étude sociologique qualitative qui ne requiert pas, habituellement, le niveau de précision ici exigé par la quantification. Au passage, le sociologue mesure le caractère approximatif des résultats dont il se satisfait en général dans ce genre d'étude organisationnelle. N'est-ce là une nécessité pour que ses résultats aient du sens pour les acteurs de l'organisation qu'il étudie ? Il y a donc une forme d'arbitraire – certes raisonné – dans la fixation des paramètres du modèle. De plus, les formules proposées pour évaluer le pouvoir ou la satisfaction des Acteurs ne résultent pas d'un argument formel mais sont fondées sur une formalisation, nécessairement simplificatrice des concepts de la SAO que la formulation primitive dans le seul langage naturel rend



**Figure 4** Matrice des enjeux et les niveaux de contrôle dans les relations

secrétaire et celle du directeur avoisinant les 20 %, cela nous permet de conclure quelque chose comme : « le directeur a au moins autant de moyens d'agir que la secrétaire ». En considérant les deux dernières colonnes du tableau 2, il apparaît ef-

difficile à synthétiser formellement Il y a encore beaucoup à faire dans ce sens pour disposer d'une batterie conceptuelle formalisée à la fois plus large et plus fine. Cependant, pour le cas ici exposé, ainsi que le montre une analyse de sensibilité, le modèle présenté est assez robuste même si le recours aux calculs flous pour actionner le modèle et interpréter ses résultats serait sans doute préférable. Cela fait partie des perspectives de travail qui sont les nôtres aujourd'hui et que nous voudrions évoquer brièvement en conclusion.

## Conclusion

Nous sommes en phase d'instanciation du méta-modèle sur des cas plus complexes notamment, pour l'heure, celui classique du « monopole industriel (Crozier, 1963). Ce travail doit nous permettre d'amender le méta-modèle et, ce qui est inédit à notre connaissance, discuter les fondements théoriques de la SAO à partir des exigences de la formalisation, par exemple essayer d'y intégrer plus formellement la dimension institutionnelle. Dans ce sens, il nous faut penser la dynamique « structurelle » du méta-modèle alors que, jusqu'à présent, nous ne maîtrisons que sa dimension « fonctionnelle ». Des pistes peuvent être dégagées pour avancer : la prise en compte des acteurs de type *coalition* ; une *typologie* des *contraintes* associées aux relations qui dispense l'analyste d'un SAC de réaliser, pour chaque relation, une étude spécifique sur la nature et la formulation des contraintes ; l'introduction des *méta-relations* : telles qu'elles sont définies ici, les relations sont toutes indépendantes les unes des autres, leur fondation sur une même ressource n'étant pas exploitée, alors qu'il apparaît clairement que, dans certains cas, une certaine manipulation sur une relation entraîne mécaniquement une modification sur une autre relation . Autres pistes à exploiter : la *dynamique des ressources* : comment caractériser les ressources et relations qui peuvent disparaître (du fait que les enjeux placés sur elles deviennent nuls) ou au contraire être introduites dans un SAC ; l'intégration des *rôles institutionnels* et des *rôles effectifs* des Acteurs et des *écarts* que les stratégies de pouvoir créent entre les deux, écarts dont on peut penser qu'ils sont générateurs de dynamique « structurelle ».

Une fois amendé et validé, le méta-modèle devrait pouvoir nous ouvrir la perspective de la simulation d'un nombre suffisant de cas pour qu'on puisse disposer d'un outil s'apparentant à un dispositif d'« expérimentation virtuelle ». Les potentialités d'un tel outil pourraient être considérables tant du point de vue de la théorie – possibilité heuristique concernant la manière dont se structurent et évoluent les SAC – que de celui de l'enseignement, déjà évo-

qué, que de l'intervention sociologique. Sur ce dernier point, qui intéresse d'ailleurs aussi la théorie, il apparaît envisageable de mettre en lumière la dimension potentielle des systèmes étudiés et ainsi d'enrichir sensiblement le conseil organisationnel mais aussi d'approcher ce que Barel (1979) considérerait comme l'une des clefs de l'analyse systémique du social. Mais, pour concrétiser cette perspective et tenter de lever les réticences, voire les résistances, de la communauté des sociologues, il est prévu d'accompagner notre « atelier de simulation » d'un « guide méthodologique » qui oriente l'analyste dans son travail de modélisation d'un SAC et dans l'interprétation des résultats. D'ores et déjà, une réflexion sur l'édition graphique associée au méta-modèle est engagée.

Du point de vue informatique, ce méta-modèle de la SAO reste à comparer avec les différents modèles de coordination qui ont été proposés et sont utilisés dans le domaine des SMA. Comme d'autres modèles, il comporte un mécanisme qui régule le comportement d'entités autonomes de manière à ce que le fonctionnement global du système apparaisse comme finalisé vers la réalisation d'objectifs, les uns spécifiques aux entités, les autres appartenant en propre au système. Sa principale singularité est de proposer un ressort pour rendre compte de l'évolution diachronique de la structure d'un système, dans un temps plus long que celui de l'action-réaction avec son environnement.

Pour terminer, signalons que le présent projet s'est traduit institutionnellement par le renforcement de l'équipe avec le recrutement d'un jeune maître de conférences spécialisé dans la simulation sociale et le travail conjoint de deux doctorants, l'un sociologue et l'autre informaticien, par la création d'un master recherche « systémique complexe appliquée » à l'université de Toulouse 1 destiné principalement aux sociologues, et, par effets induits, par une contribution importante aux projets qui émergent sur le site toulousain autour des problématiques promues par l'ACI *Systèmes complexes en SHS*.

## Références

- Amblard, F., « Comprendre le fonctionnement de simulations sociales individus-centrées : Application à des modèles de dynamiques d'opinions », *Thèse de doctorat en Informatique* de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, 2003.
- Barel, Y., *Le paradoxe et le système. Essai sur l'imaginaire social*, PUG, 1979
- Bernoux, P., *La sociologie des organisations*, Seuil, 1985.
- Carabelea, C., Boissier, O., Castelfranchi, C., Using social power to enable agents to reason about being part of a group, Proc *ESAW 2004* M-P Gleizes, A. Omicini, F. Zambonelli (Eds), LNCS xx, 2005

- Castelfranchi, C. *Modelling social action for AI Agents*. Artificial Intelligence, 103, p. 157 – 182, 1998.
- Castelfranchi, C. "Engineering Social Order". International Workshop on *Engineering Societies in the Agents World* (ESAW 2000), A. Omicini, R. Tolksdorf, F. Zambonelli Eds., LNAI 1972, pp. 1-18, Berlin, Springer-Verlag, 2000.
- Crozier, M., *Le phénomène bureaucratique*, Seuil, 1963
- Crozier, M. et Friedberg, E., *L'acteur et le système : Les contraintes de l'action collective*, Seuil, 1977.
- Ferber, J. *Les systèmes multi-agents : Vers une Intelligence Collective*. Interéditions, 1995.
- Ferber J. et Gutknecht, O. "A Meta-Model for the Analysis and Design of Organizations in Multi-Agent Systems", in *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Multi-Agents Systems (ICMAS)*, IEEE CS Press, June 1998.
- Friedberg, E., *Le pouvoir et la règle : Dynamiques de l'action organisée*,. Seuil, 1993.
- Gilbert, N. et Troitzsch, K. *Simulation for the social scientist*, Open University Press, Londres, 1999.
- Hermann, T., Jahnke, I., Loser K-U., The Role Concept as a Basis for Designing Community Systems . In *Cooperative Systems Design*, M. Zacklad et al. (Eds), IOS Press, 2004.
- Holland J. H., Reitman J., Cognitive System based on Adaptive Algorithms. *Pattern Directed Inference Systems* pp 313-329, New-York : Academic Press, 1978.
- J. Holland, L. B. Booker, M. Colombetti, M. Dorigo, D. E. Godberg, S. Forrest, R. Riolo, R. E. Smith, P. L. Lanzi, W. Soltzmann et S. W. Wilson. *What Is a Learning Classifier System?* LCS'99, LNAI 1813, pages, 3-32, 2000.
- Mailliard, M., Audras, S., et Casula, M., Multi-Agents Systems based on Classifiers for the Simulation of Concrete Action Systems. In *Proceedings of the 1<sup>st</sup> European Workshop on Multi-Agent Systems (EUMAS)*, Mark d'Inverno, Carles Sierra & Franco Zambonelli (Eds), Oxford University, 2003.
- Mailliard, M., Roggero, P. et Sibertin-Blanc, C. L'émergence des Pays : une étude par simulation multi-agents de l'auto-organisation institutionnelle. dans : *Anthropolitique et gouvernance des systèmes complexes territoriaux*. P. Roggero (Eds.), Presse de l'Université Tlse 1, 2004.
- Malone, T. W. et Crowston, K. The interdisciplinary study of coordination. *ACM Computing Survey* 26, 1, mars 1994.
- Sichman, J., Conte, R., Demazeau Y. et Castelfranchi, C. Reasonning about others using dependence networks. In *Proc. of the 3<sup>ème</sup> italian Workshop on Distributed Artificial Intelligence*, Rome, 1993
- Simon, H., *Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel*. Dunod, 1991 (traduction par J-L LeMoigne de *The sciences of the artificial* 2<sup>de</sup> édition, 1981)
- Sibertin-Blanc C., Roggero, P., Pour une formalisation de la Sociologie de l'Action Organisée. Communication au *XVII<sup>ème</sup> congrès international des sociologues de langue française*, 5-9 juillet 2004, Tours, 2004.
- Smets P. *L'agence Travel-Tours (Trouville)*. <http://homepages.ulb.ac.be/~psmets1/travel.pdf>.