

Formalisation, modélisation et simulation orientée agents des systèmes d'action concrets : approche complexe de la sociologie de l'action organisée

Pascal Roggero¹, Christophe Sibertin-Blanc², Matthias Mailliard², Françoise Adreit², Claude Vautier¹, Sandra Sandri³

¹LEREPS-CIRESS, Université Toulouse 1

²IRIT, CNRS-Université de Toulouse 1

³IIA/CSIC, Artificial Intelligence Research Institute, SNRC, Bellaterra, Catalogne.

Introduction

Comme le signale Nigel Gilbert, les théories sociologiques travaillent plus sur des corrélations qu'elles ne modélisent des processus¹ alors que la complexité sociale réside bien dans la nature processuelle du social. Les systèmes complexes, notamment à travers les modélisations multi-agents, ont ouvert la possibilité de modéliser de manière rigoureuse des processus². Notre recherche s'inscrit dans cette perspective avec cependant une certaine originalité dans sa démarche. Alors que la plupart des modèles de simulation sociale sont construits à partir de données, nous avons pris le parti d'élaborer notre modèle de simulation à partir de la formalisation d'une théorie sociologique particulière, la sociologie de l'action organisée dont les deux auteurs majeurs sont bien connus : Michel Crozier et Erhard Friedberg³. Notre ambition a été de produire un méta-modèle formel de cette théorie afin de l'appliquer à des cas organisationnels concrets pour en simuler le fonctionnement. On peut donc parler d'un méta-modèle sociologiquement fondé dans la mesure où il s'enracine dans la tradition sociologique. Ce travail de formalisation d'une théorie exprimée exclusivement de manière discursive rencontre une réflexion épistémologique qui intéresse l'ensemble de la sociologie⁴. Formaliser les théories sociologiques pourrait permettre de les soumettre à une « confrontation réglée⁵ » autorisant une cumulativité des connaissances sociologiques qui fait encore défaut ;

Nous proposons donc une formalisation d'une théorie sociologique éprouvée – la sociologie de l'action organisée (Friedberg, 1993) – dans le but d'élaborer un méta-modèle permettant la simulation de « systèmes d'action concrets ». Outre l'explicitation

¹ « Simulation: A new way of doing social science », *American Behavioural Scientist*, 1999, vol. 40, n° 10, 1485-1487. Michel Grossetti va dans le même sens en affirmant qu'il travaille à une « ontologie des états » et non à une « ontologie des êtres », *Sociologie de l'imprévisible. Dynamiques de l'activité et des formes sociales*. Paris, PUF, 2004, p. 21.

² Voir à ce sujet : Norman P. Hummon et Thomas J. Fararo, « The emergence of computational sociology », *Journal of mathematical sociology*, vol. 20, n°2-3, 1995, pp. 79-87 et plus largement, de ce dernier auteur, « Reflections on mathematical sociology », *Sociological Forum*, vol. 1é, n°1, mars 1997, pp. 73-102.

³ Michel Crozier, *Le phénomène bureaucratique*, Paris, Seuil, 1964 ; Michel Crozier et Erhard Friedberg, *L'Acteur et le système. Dynamiques de l'action collective*, Paris, Seuil, 1977 ; Erhard Friedberg, *Le Pouvoir et la Règle. Dynamiques de l'action organisée*, Paris, Seuil, 1993.

⁴ Voir à ce sujet le travail de Jean-Michel Berthelot qui a tenté de formaliser les « schèmes d'intelligibilité » du social : *L'intelligence du social*, Paris, PUF, 1991, et *Les Vertus de l'incertitude*, Paris, PUF, 1996, réédition "Quadrige" 2004 ; « Les nouveaux défis épistémologiques de la sociologie », *Sociologie et sociétés*, vol. XXX, n°1, Montréal, 1998 ; *La sociologie. Epistémologie d'une discipline*, Bruxelles, De Boeck, 2000.

⁵ Jean-Michel Berthelot, « Pluralité et cumulativité. D'un sain usage de la formalisation en sociologie », *Sociologie et sociétés*, vol. XXV, automne 1993, p. 35

de l'implicite de la théorie, cette modélisation est un outil permettant d'explorer analytiquement les états possibles du jeu social que constitue un « système d'action concret ». Quant à la simulation, elle permet d'étudier l'émergence de la régulation en indiquant vers quels états le jeu social se stabilise. Permettant une forme de « validation » inédite dans les études organisationnelles, la simulation couplée à l'étude des états du système enrichit cette sociologie sur le plan analytique et méthodologique, même si cela ne peut se faire sans une forme de simplification.

La suite de cet article compte quatre parties. Nous nous attacherons d'abord à définir succinctement la sociologie de l'action organisée (SAO) en précisant la démarche que nous avons adoptée dans notre projet (1). Nous présenterons ensuite le méta-modèle élaboré(2) dont nous définirons les propriétés structurelles (3). Enfin nous examinerons notre simulation du comportement des acteurs d'un système d'action concret (4) et les états remarquables du système (5). Les quatre derniers points seront exemplifiés par un cas concret élémentaire, le cas Trouville.

1. DE LA SOCIOLOGIE DE L'ACTION ORGANISEE A SA FORMALISATION

Après avoir défini la sociologie de l'action organisée dans ses grandes lignes il s'agira de présenter notre démarche de formalisation de cette dernière.

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 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. D'après Friedberg, « tout contexte d'action peut être conceptualisé comme sous-tendu par un SAC » (93, p 156), ce qui implique quela finalité d'une recherche s'inscrivant dans ce corpus est bien d'identifier le SAC pour rendre compte (de la régulation) du fonctionnement de l'organisation.

Si, selon Friedberg, la sociologie de l'action organisée peut être appliquée à toutes les formes d'action « organisée », son domaine de prédilection reste les organisations à savoir des ensembles assez fortement codifiés, assez précisément délimités, où les

acteurs sont durablement ensemble et où il existe un objectif – celui de l’organisation – partiellement différenciable des objectifs de chaque acteur.

Cette perspective a donné lieu à de nombreuses applications empiriques de qualité, mais elle est obérée par un usage quasi-exclusif de techniques qualitatives – entretiens semi-directifs, analyse des sources documentaires, éventuellement observation participante – et plus rarement enquêtes par questionnaires.

Dès lors, cette analyse sociologique a produit une accumulation de monographies dont la comparaison est problématique. La connaissance produite, certes utile localement, s’avère difficilement généralisable et limite la légitimité scientifique poppérienne de la démarche, ce qu’admet volontiers Friedberg⁶. L’approche « systèmes complexes » nous semble une bonne piste pour dépasser ces limites.

1.2 La démarche adoptée

Plutôt que de partir de l’assemblage heuristique d’éléments théoriques plus ou moins hétérogènes, nous avons cherché à formaliser les concepts essentiels de la SAO au plus proche de leur sens pour les sociologues et de minimiser les « distorsions de modélisation » entre le système considéré et son modèle formel.

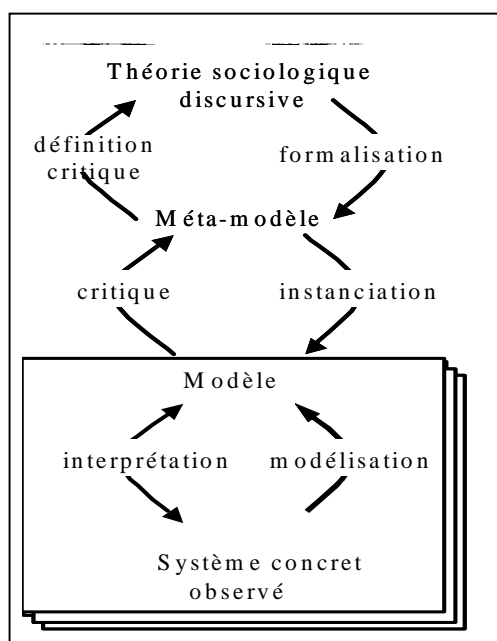


FIG. 1 – Le phasage de la démarche.

Le méta-modèle est envisagé comme une formalisation de cette théorie, et chaque modèle est une instanciation du méta-modèle pour la modélisation d’un système particulier. La relation entre le système concret auquel on s’intéresse et son modèle est des plus classiques en sociologie: elle s’appuie sur des observations qualitatives ou quantitatives de manière à élaborer, critiquer, affiner pour enfin valider le modèle. La relation qui relie modèle et méta-modèle trouve davantage sa source dans le génie du logiciel. La définition d’un formalisme 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

⁶ Erhard Friedberg, *op. cit.*, p. 310 et s.

des contextes organisationnels différents, les modèles réalisés permettent de remettre en cause le méta-modèle et d'affiner par expériences sa définition. Enfin, le méta-modèle amène à critiquer la théorie discursive, non seulement au cours de l'étape de formalisation qui nécessite de lever les ambiguïtés et de préciser les concepts pour pouvoir les opérationnaliser, et même de faire apparaître de nouveaux concepts, mais aussi, avec le retour d'expérience, au regard des cas d'études. Ces derniers aspects sont plutôt originaux dans le cadre de la simulation sociale.

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

2. LA FORMALISATION DES CONCEPTS ET LE META-MODELE

Procédant par éliminations successives, nous avons proposé comme noyau structurant de la théorie, les trois constituants suivants : les *Ressources* ou zones d'incertitude⁷, les *Relations* et les *Acteurs*. Cette réduction pourrait paraître abusive mais cette sociologie est bien une sociologie d'acteurs entretenant des relations en manipulant des ressources leur conférant du pouvoir. Comme l'écrit Friedberg : « pas de pouvoir sans relation, pas de relation sans échange »⁸. Le pouvoir suppose donc la relation qui implique l'échange qui lui-même nécessite des objets d'échange : les ressources.

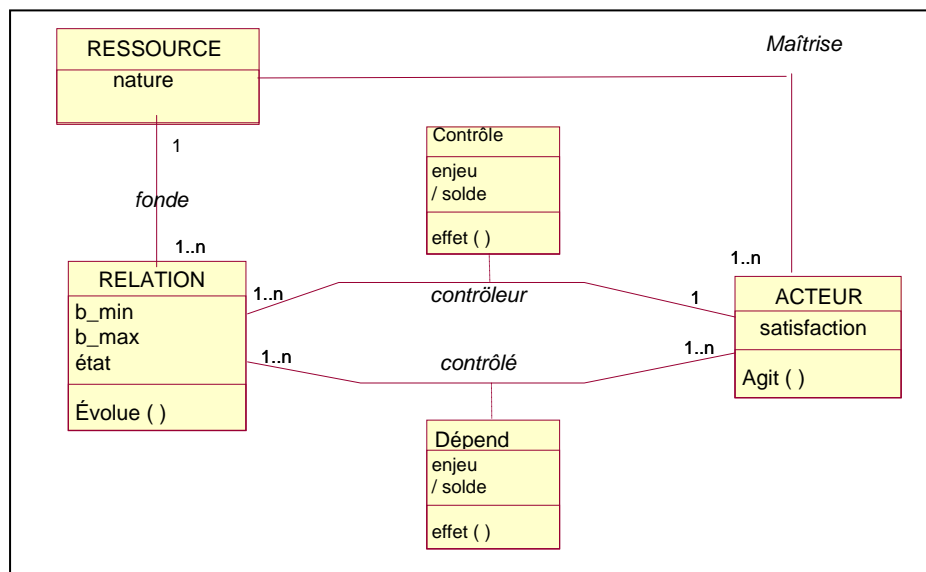


FIG. 2 – Le méta-modèle de la structure des systèmes d'action concrets

La FIG. 2 présente le méta-modèle de la structure des systèmes d'action concrets, dont les éléments constitutifs sont des *Acteurs*, des *Ressources* et de *Relations*, reliés par les associations *Contrôle*, *Dépend* et *Maîtrise*. Ainsi, une *Ressource* est le

⁷ Nous adoptons ici le terme « ressource » de préférence à l'expression « zone 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.

⁸ Erhard Friedberg, *op. cit.*, p. 115

fondement, ou support, d'une ou plusieurs *Relations* dans chacune desquelles interviennent des *Acteurs*, un qui la *contrôle* et d'autres qui en *dépendent*. Chaque *Acteur* place des *enjeux* et se voit attribuer un *solde* pour chaque *Relation* dans laquelle il est impliqué. L'*Acteur* qui contrôle une *Relation* en définit l'*état* c'est-à-dire qu'il fixe les « termes de l'échange » de cette *Relation* à l'intérieur d'un espace de choix éventuellement limité par l'existence de contraintes : *b_min* pour la borne inférieure et *b_max* pour la borne supérieure. En agissant sur l'*état* d'une *Relation*, l'*Acteur* qui la *contrôle* décide de la manière dont sont distribués les *soldes* entre les *Acteurs* compte tenu de leur fonction d'*effet* qui définit, pour chaque *Relation* et chaque *Acteur*, le *solde* reçu par ce dernier en fonction de l'*état* de la *Relation*. Chaque *Acteur maîtrise* une ou plusieurs *Ressources*. Après cet aperçu général, il convient d'examiner les choses plus en détail.

2.1 Les *Ressources*, les *Acteurs* et leurs *Relations*⁹

Les *Ressources* d'un système d'action concret 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 types de zones d'incertitude identifiées par la sociologie de l'action organisée : 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.

Chaque *Ressource* donne lieu à un certain nombre 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 en ont besoin 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. L'idée que la relation de pouvoir est toujours déséquilibrée est centrale dans la sociologie de l'action organisée, il y a toujours un acteur en position de force dans une relation¹⁰. Mais cette dépendance est réciproque, le dominé a toujours les moyens de monnayer, dans une certaine mesure, sa collaboration. Cette réciprocité apparaît dès que l'on considère l'ensemble des relations entre les acteurs : un *Acteur* a dominé par *b* dans une *Relation* peut dominer *b* dans une autre *Relation*, éventuellement via un troisième *Acteur* *c*.

La sociologie de l'action organisée postule que chaque acteur, quelque soit sa position, a la possibilité d'exercer sa maîtrise sur certaines zones d'incertitudes, fussent-elles mineures. Tout *Acteur* maîtrise donc une ou plusieurs *Ressources* ; c'est reconnaître à tout *Acteur* d'un système d'action concret une certaine marge de manœuvre, celle qu'il exerce sur les *Ressources* qu'il contrôle, et par là même dénier le statut d'*Acteur* à toute personne qui ne parvient à maîtriser aucune *Ressource*. De façon dialogique, les notions de *Ressource* et d'*Acteur* se définissent l'une par rapport à

⁹ Nous écrivons dans cette section les éléments du méta-modèle en italique afin de bien spécifier qu'il s'agit des entités du méta-modèle qu'on ne peut confondre avec ce qu'elles sont censées représenter, le système concret.

¹⁰ Erhard Friedberg, *op. cit.*, p. 113

l'autre : une *Ressource* n'est telle que dans la mesure où certains acteurs en dépendent pour réaliser leur activité ; est *Acteur* quiconque contrôle une *Ressource*.

Il en résulte que, dans la modélisation d'un système d'action concret, la correspondance entre *Acteur* et personne physique n'a rien d'automatique. Si un individu qui ne maîtrise aucune *Relation* n'est pas un *Acteur*, une population homogène peut être agrégée en un *Acteur* unique si chacun de ses membres est dans la même situation de dépendance et de contrôle vis à vis de toutes les *Relations* (et ce avec les mêmes enjeux, cf. ci-dessous), si bien qu'ils auront des comportements similaires. C'est donc bien l'analyse sociologique qui identifie les *Acteurs* du système d'action concret, 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 Ce qui se joue dans la *Relation* : les enjeux et les soldes

Considérer un acteur comme stratégique revient à lui attribuer un comportement intéressé, c'est-à-dire « motivé[e] par une visée, sans préciser davantage la nature de cette visée ou de ce mobile »¹¹. Cette « visée », ou ces objectifs, l'amène à mobiliser les moyens dont il dispose pour tenter de l'atteindre et donc à jouer des relations dans lesquelles il est impliqué. Chacune de ces relations aura plus ou moins de valeur à ses yeux, c'est ce que traduit la notion d'*enjeu*. Chaque acteur répartit des *enjeux* sur chaque relation auxquelles il participe, que ce soit en tant que *contrôleur* ou en tant que *dépendant*. Il opère cette répartition en fonction de l'*importance* de la ressource correspondante vis à vis de sa *visée* : 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 comme le montre la FIG. 3.

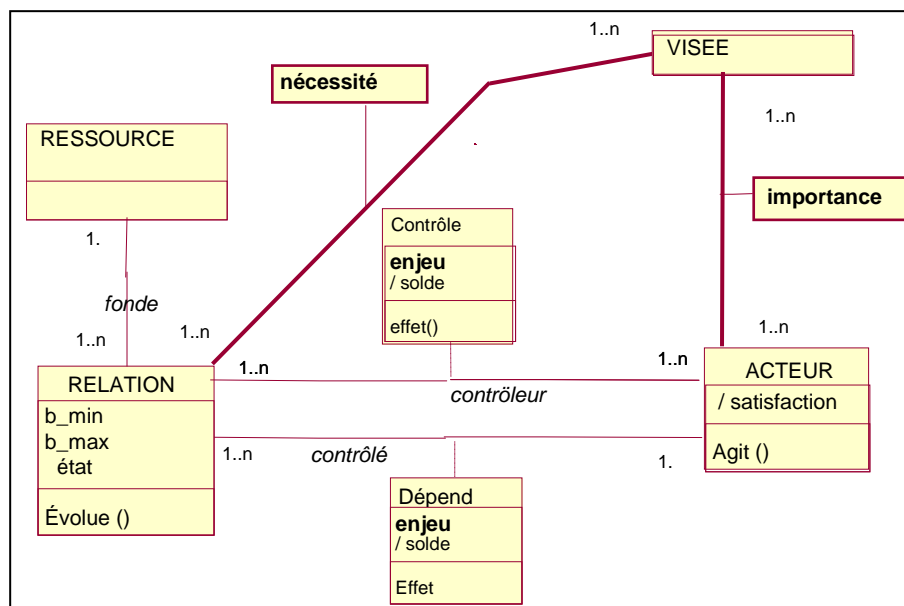


FIG. 3 : Les visées d'un *Acteur* déterminent l'enjeu qu'il place sur chaque *Relation*

¹¹ *Ibid.*, pp. 214-215.

Cette répartition des enjeux d'un acteur correspond à l'impact opérationnel de sa « visée » sur son comportement. Pour l'analyse du fonctionnement d'un système d'action concret, ce n'est pas tant la nature des objectifs d'un acteur qui importe que ce qu'ils le conduisent à faire. Les enjeux sont le maillon qui, conformément à l'hypothèse de rationalité¹² des acteurs, permet de relier causalement le comportement d'un acteur avec ses objectifs.

La distribution des *enjeux* sur une échelle de valeurs numériques, et non pas seulement qualitatives, permettra, par l'application d'opérations simples, de dégager des indicateurs synthétiques et interprétables sociologiquement. On peut graduer les enjeux sur une échelle de 0 à 10 :

nul = 0, négligeable = 1, ..., important = 5, ... vital = 10.

De plus, nous attribuons à chaque *Acteur* la même quantité de points d'*enjeux* à répartir, ici fixée arbitrairement à 10. Sur le plan théorique, on peut discuter cette condition d'une quantité totale unique d'*enjeux* pour tous les *Acteurs*, mais elle ne contrevient pas aux hypothèses de la sociologie de l'action organisée¹³.

Ce que les *Acteurs* « retirent » de l'échange, nous l'exprimons par le concept de *solde*. Bien qu'assez frustré et non dénué d'une connotation comptable un peu réductrice, ce terme désigne le résultat de la transaction pour un acteur, qui résulte, et se distingue, des « termes de l'échange » que nous appellerons plus loin *l'état* de la *Relation*. C'est donc l'*Acteur* qui contrôle une *Relation* qui, selon l'état dans lequel il place cette *Relation*, fixe la valeur du *solde* pour chacun des *Acteurs* participant à cette *Relation*. Ce *solde* correspond à la *qualité de la disponibilité* de la *Ressource* ; plus le *solde* pour une *Relation* sera élevé, plus ou mieux la *Ressource* sera utilisable par l'*Acteur*.

En ce qui concerne les soldes, nous pouvons les graduer sur une échelle de -10 à 10, elle aussi arbitraire :

pire cas = -10, extrêmement mauvais = -8, ..., neutre = 0, assez bon = 2, ... optimal = 10

2.3 Les contraintes sur les « termes de l'échange » et les fonctions d'effet

Nous considérons que chaque *Relation* dispose d'un « espace de choix » [-1, +1], là encore fixé arbitrairement, à l'intérieur duquel l'*Acteur* qui la contrôle va fixer les « termes de l'échange » que nous appellerons, par commodité, *l'état* de la *Relation*. En choisissant une valeur dans cet intervalle, il définit les « termes de l'échange », et par voie de conséquence le *solde* qu'il accorde à chacun des *Acteurs* pour l'accès à la

¹² Que Friedberg qualifie de « située » pour insister sur les limitations que Simon a mises en lumière et les faire dépendre ou les inscrire dans le contexte d'action. Je reviendrai plus loin sur la discussion de cette hypothèse de rationalité. Erhard Friedberg, *op. cit.*, p. 214.

¹³ En effet, Friedberg écrit qu'« aucun acteur d'un système (construit comme tel par l'analyste) ne peut y être sans intérêt et sans enjeu ». Il propose de distinguer l'« engagement dans le jeu » et les « préférences » pour le jeu ie avoir des intérêts dans le jeu. On peut être peu engagé dans le jeu c'est-à-dire, comme les postiers « retraitistes » des centres de tris postaux étudiés par F. Paradeise, vivre pour les loisirs mais on ne peut pas ne pas y avoir un intérêt. Pour être en mesure de bien se désengager du jeu, il faut jouer le jeu pour obtenir par exemple le maximum d'arrangements d'horaires, des « entorses » au règlement, etc. Donc, nous plaçons bien ici sur le plan des « préférences » et non sur le plan de l'« engagement » pour le jeu. Dans ce cadre, notre quantité d'enjeux égale pour chacun des acteurs n'est pas infondée.

Ressource. Pour définir la valeur des soldes selon son état, une *fonction d'effet* est associée à chaque Relation r :

$$Effet_r : A \times [-1, 1] \longrightarrow [-10, 10], \text{ où } A \text{ est l'ensemble des Acteurs.}$$

Le choix (par l'Acteur contrôleur) d'une valeur $e \in [-1, 1]$ dans l'espace de choix d'une Relation r se traduit par un solde égal à $Effet_r(a, e)$ pour l'Acteur a vis à vis de r .

Il est évidemment possible d'utiliser tout autre nombre pour délimiter l'*espace de choix*. Seule compte ici l'interprétation sociologique que l'on donnera aux différents points de cet espace de choix et la forme des fonctions pour chacun des acteurs. Les fonctions $Effet_r(a, -)$ prennent des formes spécifiques pour chaque Acteur et définissent la manière dont les *soldes* pour chaque Acteur a évoluent en fonction de l'état de la Relation r . Les formes typiques de la plupart des *fonctions d'effet* sont linéaires, quadratiques ou sigmoïdes.

Il nous reste à donner l'interprétation des propriétés b_{min} et b_{max} des Relations, qui décrivent les contraintes auxquelles est soumis l'Acteur qui contrôle une Relation. Bien que cette notion ne soit pas explicitement pensée mais juste citée dans le corpus théorique de la sociologie de l'action organisée, elle nous semble indispensable à la modélisation du fonctionnement d'un système d'action concret. En effet, l'Acteur qui contrôle une Relation ne peut pas pour autant attribuer n'importe quelle valeur aux *soldes* des Acteurs participants 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. Si l'on considère que les extrémités -1 et $+1$ de l'espace des choix correspondent aux limites techniques, de faisabilité ou physiques tenant à la nature de la Relation, l'origine de ces *contraintes* est soit institutionnelle de par les règles formelles internes ou imposées à l'organisation (par exemple les clauses des contrats de travail légaux), soit encore normative tenant à l'acceptabilité sociale en fonction des normes en vigueur. Nous proposons de formaliser les contraintes associées à une relation par deux valeurs : b_{min} et b_{max} telles que $-1 \leq b_{min} < b_{max} \leq 1$

Les paramètres b_{min} et b_{max} d'une Relation permettent de rendre compte du fait que l'Acteur contrôleur ne peut pas choisir n'importe quelle valeur dans l'espace de choix théorique $[-1, 1]$, sa maîtrise de la relation ne peut s'exercer que dans une partie de cet espace de choix. L'amplitude ($b_{max} - b_{min}$) de l'intervalle $[b_{min}, b_{max}]$ représente donc le *niveau de contrôle* effectif de l'Acteur qui contrôle la Relation¹⁴.

2.4 Représentation mathématique de la structure d'un SAC

A partir de ce qui précède, nous pouvons formuler la définition d'un système d'action concret sous forme mathématique, de la façon suivante.

- $\mathbf{A} = \{\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_N\}$, l'ensemble des Acteurs.
- $\mathbf{R} = \{\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_M\}$, l'ensemble des Relations.

A chaque Relation sont associés deux paramètres, b_{min} et b_{max} tels que $-1 \leq b_{min} < b_{max} \leq 1$, ainsi qu'une variable *état* qui prend ses valeurs dans l'intervalle $[b_{min}, b_{max}]$.

¹⁴ Notre méta-modèle intègre aussi l'existence de *contraintes* qu'une Relation peut exercer sur une autre en agissant sur son intervalle $[b_{min}, b_{max}]$ et donc l'étendue du contrôle effectif de cette dernière. Nous ne présentons pas ici ce dispositif car il n'est pas utilisé dans notre cas illustratif.

L'état d'un SAC est alors défini comme la donnée de l'état de chacune des *Relations*, c'est-à-dire un vecteur $e = (e_{r1}, \dots, e_{rM}) \in [-1, 1]^M$.

- Pour chaque relation r , une fonction **effet_r** : $\mathbf{A} \times [-1, 1] \longrightarrow [-10, 10]$ indique le solde obtenu par chacun des acteurs en fonction de l'état de r .
- **enjeu** : $\mathbf{A} \times \mathbf{R} \longrightarrow [0, 10]$, une fonction qui indique l'enjeu que chaque *Acteur* place sur chacune des *Relations*, telle que : $\forall a \in \mathbf{A}, \sum_{r \in \mathbf{R}} \text{enjeu}(a, r) = 10$.
- **m** : $\mathbf{R} \longrightarrow \mathbf{A}$, une fonction qui indique quel est l'*Acteur* qui contrôle, ou maîtrise, chacune des *Relations*

Un SAC apparaît en fait comme étant un automate, puisque les *Acteurs* peuvent modifier l'état de ce SAC en agissant sur l'état des relations qu'ils contrôlent. Les actions que peut réaliser un *Acteur* a consistent à déplacer l'état des *Relations* qu'il contrôle tout en laissant l'état de chacune de ses *Relations* entre ses bornes b_{\min} et b_{\max} . Une telle action peut donc être caractérisée comme un vecteur $(d_r)_{r \in m^{-1}(a)}$ tel que $b_{\min_r} \leq e_r + d_r \leq b_{\max_r}$ pour chaque *Relation* $r \in m^{-1}(a)$.

Considérant que les *Acteurs* agissent de façon synchrone, tous en même temps, conduit à définir la fonction de transition suivante :

Transition : **Etat** \times **Action** \longrightarrow **Etat**

$(e_{r1}, \dots, e_{rM}) \times (d_{r1}, \dots, d_{rM}) \longrightarrow (e_{r1} + d_{r1}, \dots, e_{rM} + d_{rM})$

où d_{ri} est fixé par l'*Acteur* $m(ri)$, pour $i = 1 \dots M$.

2.5 Satisfaction et pouvoir d'un Acteur

L'état d'une organisation étant défini comme la donnée de l'état de chacune de ses *Relations*, une grandeur particulièrement significative est alors, 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 de l'*Acteur* d'accéder aux *Ressources* dont il a besoin pour atteindre ses *objectifs*, pondérée par son utilité pour ces *Ressources*. De ce fait, elle mesure, pour un *Acteur*, sa *possibilité d'action* en disposant des moyens nécessaires à la réalisation de ses *objectifs*. Il s'agit d'une définition originale qui ne se confond pas avec l'utilité des économistes.

Une version très simple et linéaire de cette *satisfaction* est de considérer la somme, pour toutes les *Relations* auxquelles un *Acteur* participe, du produit des enjeux qu'il place sur cette *Relation* par son solde :

$$\text{Satis}(a, e) = \sum_{r \in \mathbf{R}} \text{enjeux}(a, r) * \text{effet}_r(a, e_r)^{15}$$

Le caractère stratégique du comportement de l'acteur de la sociologie de l'action organisée le conduit, par définition, à chercher à atteindre ses objectifs ou sa « visée » et

¹⁵ Nous verrons plus loin que l'*Effet* peut aussi être caractérisé comme le *pouvoir potentiel* dont un *Acteur* dispose sur un ou tous les autres. Toutefois, la satisfaction d'un *Acteur* peut dépendre de celle d'un (ou de plusieurs) autre *Acteur*. Il s'agit de traduire ici le concept d'alliance. Nous avons donc introduit dans le calcul de la *satisfaction* d'un *Acteur* cette dimension de la solidarité en l'exprimant par des coefficients de solidarité. Ces coefficients mesurent dans quelle mesure un *Acteur* a prend en compte dans sa propre *satisfaction* celle des *Acteurs* dont il est solidaire positivement (coefficient compris entre 0 et 1) ou négativement (coefficient compris entre -1 et 0). En notant *solidarité*(a, b) la solidarité d'un acteur a envers un acteur b , la satisfaction devient donc : $\text{Satis}(a, e) = \sum_{b \in \mathbf{A}} \text{solidarité}(a, b) * \sum_{r \in \mathbf{R}} \text{enjeux}(b, r) * \text{Effet}_r(b, e)$ avec $\forall a \in \mathbf{A}, \forall b \in \mathbf{A}, -1 \leq \text{solidarité}(a, b) \leq 1$ et $\forall a \in \mathbf{A}, \sum_{b \in \mathbf{A}} \text{solidarité}(a, b) = 1$.

donc le méta-objectif commun à tous les acteurs sociaux : obtenir les moyens de ses objectifs, à savoir une valeur acceptable (à défaut de l'optimum) pour sa satisfaction. Un SAC apparaît alors comme étant un jeu, dans lequel le comportement des acteurs est déterminé par la satisfaction qu'il obtient en fonction de l'état de ce jeu. Cependant, nous y reviendrons en section 4, un tel *jeu social* se distingue des jeux considérés en économie en ce que l'objectif n'est pas du tout de maximiser la satisfaction (cumulée) des acteurs mais d'atteindre un état stationnaire. Dans un tel état du jeu, chacun a une satisfaction acceptable et donc ne cherche pas à modifier l'état des relations qu'il contrôle, les interactions entre les acteurs sont équilibrées, et donc régulées.

Une autre grandeur très significative à considérer est la mesure dans laquelle un acteur contribue à la satisfaction d'un autre, c'est à dire la quantité de capacité d'action qu'il lui prodigue. C'est ce qui nous semble le mieux exprimer la notion de pouvoir qui est au coeur de la sociologie de l'action organisée. Nous pouvons alors quantifier le pouvoir qu'un *Acteur c* exerce sur un *Acteur b* dans un *état* du système d'action *e* de la façon suivante :

$$\text{Pouvoir}(c, b, e) = \sum_{r \in R; c \text{ contrôle } r} \text{enjeux}(b, r) * \text{effet}_r(b, e_r)^{16}$$

Appliquons maintenant sur un exemple notre méta-modèle.

2.6 Le méta-modèle appliqué au cas Trouville

En guise d'illustration, nous proposons de rendre compte d'un cas très simple de fonctionnement organisationnel : le cas Travel-Tours emprunté à P. Smets¹⁷.

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 la secrétaire jusque là à mi-temps dans les deux agences sur des contrats à durée déterminée. On s'attend à ce que tant le directeur que la secrétaire se réjouissent de cette proposition ; or, tous 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

¹⁶ Si l'on intègre les liens de solidarité entre les *Acteurs* (*supra* note 15) ce que nous ne ferons pas dans l'illustration, le pouvoir de *c* sur *b* dans un état *e* s'exprime de la manière suivante :

$$\text{Pouvoir}(c, b, e) = \sum_{b \in A} \text{solidarité}(c, b) * \sum_{r \in R; c \text{ contrôle } r} \text{enjeux}(b, r) * \text{Effet}_r(b, e)$$

¹⁷Patrick Smets, *L'agence Travel-Tours (Trouville)*. <http://homepages.ulb.ac.be/~psmets1/travel.pdf>, consulté en juin 2004.

employés de TRO1 et apprécie la situation dans laquelle elle se trouve, où les directeurs de TRO1 et TRO2 n'ont 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).

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 *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. La valeur des *enjeux* traduit les souhaits de chacun des *Acteurs*, sachant que chacun a une somme de 10 points d'*enjeux* à répartir sur les trois *Relations*. Ainsi la secrétaire, peu gênée par son statut précaire (2 sur la stabilité) – et peu concernée par la diffusion de l'information (1) – privilégie-t-elle le contenu de son travail (7). Le directeur quant à lui place la majeure partie de ses enjeux sur la diffusion de l'information, vitale pour lui (7), sans pouvoir se désintéresser de ce qu'il fait faire à sa secrétaire (2) et tout en négligeant la question de son statut (1).

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, outre le respect de 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 : $Effet(sec, 1) = 10$, dans le cas contraire : $Effet(sec, -1) = -10$, -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 $Effet(dir, x) = 3 * x$.

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 $b_{min} = -0,4$ 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 $b_{max} = 0,4$. L'effet sur la secrétaire est totalement 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 $Effet(sec, x) = -7 * x$. Quant au directeur, la fonction $Effet(dir, x) = -3 * x^2$ 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 enfin l'information 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 $Effet(dir, x) = 10 * x$. Quant à la secrétaire, sa tranquillité lui commanderait de ne diffuser aucune information, qu'elle soit exacte ou fautive car toute autre situation présente des risques, d'où $Effet(sec, x) = -2 * |x|$.

		stabilité de l'emploi	contenu du travail	Information sur TRO2
Enjeux	Directeur	1	2	7
	Secrétaire	2	7	1
Effet	Directeur	$3 * x$	$-3 * x^2$	$10 * x$
	Secrétaire	$10 * x$	$-7 * x$	$-2 * x $
b min , b max		-0.4 , 0.4	-0.4 , 0.4	-0.3 , 0.7

Tableau 1 : Enjeux, fonctions d'effet et contraintes associés aux Relations

Les grandeurs que nous venons de définir et d'exemplifier permettent de calculer ce que nous appelons les propriétés structurelles du méta-modèle.

3. Les propriétés structurelles d'un SAC : du pouvoir aux réseaux

Poursuivant notre travail de formalisation, il est possible de définir formellement des concepts que la sociologie de l'action organisée ne traite que de manière littéraire, notamment la *pertinence* des Relations, l'*autonomie* et le *pouvoir potentiel* des acteurs. Plus précisément, la définition d'un SAC comme une structure mathématique particulière permet de définir un ensemble de grandeurs qui s'avèrent significatives pour le sociologue et peuvent être interprétées dans les termes de la sociologie de l'action organisée. Après avoir introduit ces grandeurs, nous montrerons comment elles permettent de construire des structures résiliantes qui mettent en évidence les liens entre les acteurs.

3.1 Formalisation de la pertinence des relations, de l'autonomie et du pouvoir des acteurs

Notre démarche permet de définir la *pertinence* des relations, l'*autonomie* et le *pouvoir potentiel* des Acteurs à partir des éléments formalisés et quantifiés précédemment. Or, il s'agit de concepts centraux de la sociologie de l'action organisée. Examinons d'abord la *pertinence* des Relations.

La première source du pouvoir selon Friedberg réside dans « la pertinence des possibilités d'action¹⁸ » qu'un acteur contrôle. Comment avons-nous formalisé cette « pertinence des possibilités d'action » ? Dans notre vocabulaire, il s'agit d'évaluer la pertinence d'une ressource et donc de la (ou des) relation qu'elle fonde. Cette

¹⁸Ce que Friedberg explicite ainsi : « Plus ego est capable par ses actions ou ses comportements d'apporter une solution plus ou moins permanente et plus ou moins adaptée à un problème qui pèse, menace, voire empêche la réalisation des projets cruciaux de alter, plus ce comportement de ego est important pour alter [...] Reste qu'une ressource a plus ou moins de pertinence pour l'action organisée », *op. cit.*, p. 118.

pertinence va dépendre de l'importance que les acteurs vont lui accorder. Plus la ressource est pertinente plus les acteurs qui en ont besoin vont la considérer comme importante. Nous disposons pour exprimer cela de la notion d'*enjeu* : la valeur que la ressource et les relations auxquelles elle donne lieu ont pour l'acteur. Dès lors, la pertinence d'une relation *r* peut être évaluée comme la somme des *enjeux* que les acteurs participant à cette relation placent sur elle :

$$Pertinence(r) = \sum_{a \in A} enjeux(a, r)$$

Quant à l'*autonomie* des acteurs, elle va de pair avec leur *dépendance*. Si « la coopération [qui] suppose toujours une dépendance mutuelle » entre les acteurs, cette dépendance est néanmoins « déséquilibrée ». Certains acteurs ont plus de pouvoir et/ou, ici, plus d'autonomie que d'autres. Il faut distinguer, avec Crozier et Friedberg¹⁹, les deux. Si le pouvoir d'un acteur consiste à exercer un contrôle sur une ressource pertinente pour les autres, l'autonomie de l'acteur réside dans le fait qu'il contrôle la ou les ressources dont il a besoin. Elle correspond à la possibilité d'un acteur d'atteindre ses objectifs indépendamment des autres acteurs. Nous proposons donc de formaliser cette notion d'*autonomie*²⁰ comme la somme des *enjeux* qu'il place sur les relations qu'il contrôle :

$$Autonomie(a) = \sum_{r \in R; a \text{ contrôle } r} enjeux(a, r)$$

La *dépendance* d'un acteur est alors évaluée inversement comme la somme des *enjeux* qu'il place sur les relations qu'il ne contrôle pas :

$$Dépendance(a) = \sum_{r \in R; a \text{ ne contrôle pas } r} enjeux(a, r)$$

Dans le cas Trouville nous obtenons les grandeurs suivantes :

	stabilité de l'emploi	contenu du travail	Diffusion de l'info	Autonomie
Enjeux de la secrétaire	2	7	1	1
Enjeux du directeur	1	2	7	3
Pertinence	3	9	8	

Tableau 2 : *Pertinence* des relations et l'*autonomie* des acteurs

On constate que la deuxième et la troisième relations sont les plus pertinentes et que si directeur est plus autonome que la secrétaire, leurs niveaux respectifs d'*autonomie* sont faibles. Cela exprime le fait qu'ils sont fortement *dépendants* l'un et l'autre, en l'occurrence l'un de l'autre. Mais qu'en est-il de leur pouvoir ?

En prenant en compte les fonctions d'effet, on peut revenir sur la notion du pouvoir qui est au centre de la sociologie de l'action organisée..

Considérons la grandeur $\max \{Effet_r(a, \alpha) - Effet_r(a, \beta) ; \alpha, \beta \in [b_min_r, b_max_r]\}$.

¹⁹ Michel Crozier et Erhard Friedberg, *L'Acteur et le Système*, op. cit., pp. 91-103

²⁰Dans une démarche différente, Emmanuel Lazega a montré que ces deux notions de pouvoir et d'autonomie, pouvaient être opérationnalisées et quantifiées par l'analyse structurale : *Réseaux sociaux et structures relationnelles*, Paris, PUF, coll. QSJ, 1998, pp. 105-113.

Elle représente l'écart entre le meilleur et le plus mauvais solde que le contrôleur de la Relation r peut attribuer à l'acteur a . En la pondérant par l'enjeu que l'acteur a placé sur la Relation r , nous proposons de la qualifier de pouvoir potentiel, en l'occurrence le pouvoir que l'Acteur contrôlant la relation r est en mesure d'exercer sur l'acteur a par l'intermédiaire de cette relation que nous exprimons ainsi :

$$Pouvoir_potentiel(r, a) = enjeu(a, r) * \max\{Effet_r(a, \alpha) - Effet_r(a, \beta); \alpha, \beta \in [b_min_r, b_max_r]\}.$$

Mais on peut aussi calculer ce *pouvoir potentiel cumulé* d'un acteur a sur un acteur b à travers toutes les relations qu'il contrôle :

$$Pouvoir_potentiel\ cumulé(a, b) = \sum_{r \in R\ a\ contrôle\ r} pouvoir_potentiel(r, b)$$

Enfin, il peut être intéressant de mesurer le *pouvoir potentiel cumulé* d'un acteur a sur tous les autres acteurs par le biais de toutes relations qu'il contrôle.

$$Pouvoir_potentiel\ global\ (a) = \sum_{b \in A} pouvoir_potentiel(a, b)$$

Ce *pouvoir potentiel* représente la mesure dans laquelle un acteur peut contribuer à la satisfaction d'un ou plusieurs autres acteurs. Cette contribution dépendra de la manière dont il fixera effectivement les « termes de l'échange » dans l'intervalle qui lui est ouvert, ce que nous appelons l'état des relations. Ainsi à chaque *état* du système correspond un niveau de pouvoir actualisé tel que nous l'avons défini en 2.5, qu'il faut différencier du pouvoir potentiel ou théorique. Le premier est fonction de l'état actuel du système, le second dépend de la seule structure du modèle et exprime le jeu des possibles.

Un grand nombre d'autres grandeurs susceptibles d'être interprétées dans les termes de la sociologie de l'action organisée peuvent être définies, nous ne nous y attardons pas. Dans le cas Trouville, celles que nous avons présentées prennent les valeurs suivantes :

	Stabilité de l'emploi			Contenu du travail			Information sur TRO2		
	Effet	Enjeux	Pouvoir potentiel	Effet	Enjeux	Pouvoir Potentiel	Effet	Enjeux	Pouvoir Potentiel
Directeur	3* x	1	2,4	- 3 * x ²	2	9,6	10 * x	7	70
Secrétaire	10*x	2	16	-7 * x	7	39,2	-2 * x	1	1,4
Pouvoir cumulé	18,4			48,8			71,4		
Pouvoir global	Directeur : 67,2						Secrétaire : 71, 4		

Tableau 3 : *Pouvoir potentiel et pouvoir potentiel cumulé* par relation et par acteur

A la lecture du **Tableau 3**, on constate que la troisième relation contrôlée par la secrétaire est celle qui confère le plus de *pouvoir global* (71,4). Mais comme le directeur maîtrise les deux autres relations, il dispose d'un niveau de *pouvoir global* (67,2) voisin de celui de la secrétaire. En d'autres termes, le directeur contrôle plus de relations que la secrétaire mais cette dernière maîtrise une relation qui impacte

fortement la satisfaction du directeur. Il en résulte une situation où chacun dispose d'un niveau de pouvoir comparable sur l'autre qui est conforme à l'analyse du système d'action que l'on peut faire de manière plus traditionnelle. Elle explique que la proposition du directeur régional soit refusée par les deux. En effet, dans le nouveau jeu tel qu'il résulterait de la titularisation à plein temps de la secrétaire dans l'agence TRO1, les deux acteurs directement concernés disposeraient d'une capacité à atteindre leurs objectifs plus réduite. Le directeur perdrait la source d'information sur l'activité de TRO 2 que lui assure la présence à mi-temps de la secrétaire. Or cette information est pour lui essentielle, c'est sur la relation qui lui est liée qu'il place principalement ses enjeux.

Quant à la secrétaire, dans la nouvelle configuration elle perdrait le moyen de peser sur la relation qui l'intéresse le plus, celle liée au contenu de son propre travail et à la manière dont il est contrôlé. En coopérant, les deux acteurs s'assurent mutuellement un niveau de satisfaction dont rien ne leur assure qu'ils le conserveraient dans une nouvelle structure de jeu.

Mais pour confirmer cette analyse encore faut-il montrer que l'état du jeu social tel qu'il se déroule se stabilise dans une situation assurant à chacun un niveau de satisfaction acceptable, c'est-à-dire une situation voisine d'un optimum de Pareto. C'est l'objet de la simulation que nous verrons dans la section suivante après avoir montré que notre méta-modèle s'analyse aussi en termes de réseaux.

3.2 Les SAC comme réseaux d'acteurs

Notre formalisation permet de nourrir une sorte de topographie du système d'action, assez proche en fait de l'analyse structurale avec des notions comme la *position* et la *zone d'influence* d'un acteur ou encore le *réseau des dépendances* entre acteurs. Nous ne détaillerons pas la façon dont ces réseaux peuvent être analysés et nous contentons de les introduire.

On peut tout d'abord considérer le graphe bi-partite dont les nœuds sont l'ensemble des acteurs et l'ensemble des relations, et les arcs (orientés) d'un acteur vers chacune des relations qu'il contrôle, et d'une relation vers chacun des acteurs qui a un enjeu non nul sur cette relation. Il ne s'agit en fait de rien d'autre que de l'instanciation du méta-modèle de la FIG. 2, qui montre les acteurs et les relations et comment ils sont reliés par les associations contrôle et dépend. Il est possible de pondérer de diverses façons les nœuds de ce graphe ; par exemple, un nœud relation par sa pertinence ou son niveau de contrôle ($b_{max} - b_{min}$), un nœud acteur par la somme de la pertinence des relations qu'il contrôle, son autonomie, sa dépendance ou encore son pouvoir potentiel global. Quant aux arcs, ils peuvent être pondérés par les enjeux, par le pouvoir potentiel ou par des propriétés caractéristiques des fonctions d'effet. La FIG. 4 (a) montre un tel réseau pour le cas Trouville, dans lequel les relations sont étiquetées par leur pertinence et les acteurs par leur autonomie.

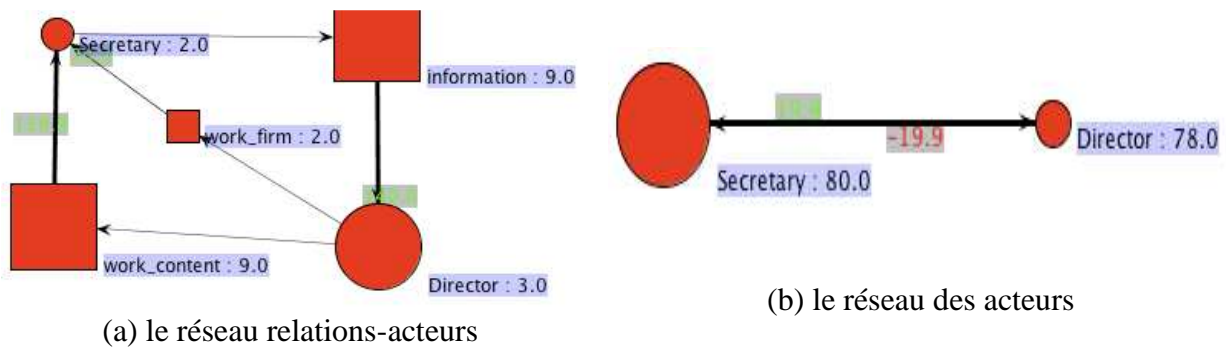


FIG. 4 : Exemples de réseaux pour le cas Trouville

On peut aussi ignorer les relations, qui ne sont que l'instrument des relations de pouvoir entre les acteurs, et se focaliser sur l'essentiel, le réseau des acteurs. Les nœuds peuvent en être pondérés comme dans le cas précédent. Quant aux arcs, il y a plusieurs façons de les envisager. On peut tout d'abord définir un arc d'un acteur a vers un acteur b si *Pouvoir_potentiel cumulé* (a, b) est non nul, et pondérer cet arc par cette quantité. Dans ce cas, deux nœuds d'acteurs seront fréquemment reliés par deux arcs, un dans chaque sens, comme montré FIG. 4 (b). Si l'on veut avoir un réseau plus synthétique qui résume l'équilibre des relations de pouvoir entre deux acteurs, on peut relier deux acteurs a et b soit par un arc non orienté étiqueté par $Pouvoir_potentiel(a, b) + Pouvoir_potentiel(b, a)$ si cette quantité est non nul, ce qui exprime l'intensité des relations entre a et b , soit par un arc orienté étiqueté par $Pouvoir_potentiel(a, b) - Pouvoir_potentiel(b, a)$ si cette quantité est strictement positive, ce qui exprime que a domine b plus qu'il n'est dominé par lui.

Ces réseaux sont construits à partir de la structure d'un SAC et ils reflètent les contraintes qui s'imposent nécessairement aux acteurs. En considérant les grandeurs définies en 2.5, on voit que l'on peut tout aussi bien construire des réseaux qui rendent compte des liens entre acteurs tels qu'ils sont actualisés (par ces mêmes acteurs) dans un état particulier du jeu.

Notre méta-modèle permet de simuler le fonctionnement de systèmes organisationnels, examinons ce point maintenant.

4. LA SIMULATION DU COMPORTEMENT DES ACTEURS

Pour comprendre ce que nous simulons, il faut distinguer ce que nous désignons comme étant les dimensions *fonctionnelle* et *structurelle* d'un système. Cela étant fait, nous pourrions présenter un dispositif d'apprentissage permettant de simuler la dimension fonctionnelle du comportement des acteurs, sa dimension structurelle restant à étudier.

4.1 Les dimensions fonctionnelle et structurelle du comportement de l'acteur

Le formalisme de modélisation que nous venons d'exposer permet de distinguer, dans un système d'action concret, 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 système d'action concret se décrit en termes d'acteurs, de relations-transactions fondées sur des ressources, d'enjeux placés sur ces relations et de

fonctions d'effet et de contraintes sur le contrôle. Quant à l'état du système d'action, il se décrit en terme d'état des relations. Pour chaque acteur, les soldes qu'il reçoit en fonction de cet état des relations correspondent aux 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 système d'action concret, à l'établissement des règles du jeu social et qui donc consiste, selon notre formalisation, à agir sur les éléments qui constituent sa structure : acteurs, 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 i.e. des enjeux, ni dans les moyens d'actions i.e. les fonctions d'effet des relations et leurs contraintes. Evidemment, 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. Nous avons modélisé l'action « fonctionnelle » des acteurs et travaillons à la modélisation de l'action « structurelle » mais cette dernière nécessite un modèle du changement organisationnel qui n'est pas présent dans la sociologie de l'action organisée.

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 l'état de cette relation (les « termes de l'échange ») et par là la valeur des soldes attribués aux participants tout en restant dans les limites imposées par les contraintes de cette relation. Ce faisant, chaque acteur met en œuvre des stratégies visant à obtenir la plus grande capacité à atteindre ses objectifs que nous exprimons par le terme *satisfaction*. Quand les niveaux de satisfaction des acteurs se stabilisent lors d'une simulation, c'est que chacun a trouvé les valeurs des « termes de l'échange » qui lui conviennent et qu'il va maintenir. En d'autres termes, certaines zones de l'espace des états du système constituent des attracteurs qui traduisent l'existence d'une *régulation* du système modélisé. Or la régulation, qui permet qu'un système d'action concret puisse exister et être repéré par le sociologue, est bien le phénomène dont la sociologie de l'action organisée s'assigne pour objectif la mise en lumière. Si cette régulation produite par la simulation correspond à un état du système modélisé qui peut être interprété sociologiquement comme étant conforme aux résultats de l'étude empirique, alors nous considérons avoir réussi à simuler le fonctionnement du système d'action concret étudié. Pour comprendre le fonctionnement des simulations, il faut bien distinguer, d'une part l'espace des états du système et, d'autre part, l'espace des satisfactions des acteurs ainsi que l'interaction entre les deux : au cours d'une simulation, les acteurs modifient l'état du système (en agissant sur l'état des relations qu'ils contrôlent) en fonction de leur satisfaction courante, et réciproquement l'état du système détermine le niveau de leur satisfaction. Le système est régulé lorsque cette boucle est stationnaire, chacun des acteurs ayant une satisfaction qui l'incite à ne pas modifier l'état des

relations qu'il contrôle. Mais la simulation nécessite de doter nos acteurs d'un modèle de rationalité.

4.2. Un modèle par apprentissage de la dimension fonctionnelle du comportement des acteurs

L'hypothèse de rationalité de la sociologie de l'action organisée conduit à fonder ce comportement sur le cycle de base :

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

et ce jusqu'à ce que le jeu se stabilise, c'est-à-dire aucun acteur ne souhaite plus modifier l'état des relations qu'il contrôle ; il accepte sa propre satisfaction et celle des autres. Concrètement, il se comportera dans ses transactions avec les autres acteurs de façon à leur octroyer les soldes correspondant à l'état actuel des Relations qu'il contrôle, le jeu social est régulé. Le principe de la simulation consiste donc à doter les acteurs d'une rationalité leur permettant, à partir d'un état arbitraire du système, de découvrir collectivement un état (ou l'un des états) pour lequel le système régulé.

Demeure la question de l'état du système d'action vers lequel nous souhaitons que la simulation converge. Fondamentalement, les organisations sociales fonctionnent, et ce parce que les acteurs sociaux sont globalement coopératifs tant que ce n'est pas à leur désavantage manifeste ; la « grève du zèle » reste un comportement de crise. Nous cherchons donc à doter les acteurs d'un comportement tel que le système converge vers des états qui soient, aux variations stochastiques près, des *optima* de Pareto (ce qui ne préjuge pas de l'immense intérêt de trouver des modèles de rationalité des acteurs tels que le « jeu social » converge vers des équilibre de Nash, ou les états élitistes ou égalitaires que nous évoquons en section 5). De plus, si l'algorithme qui modélise le comportement d'un acteur social est bien un domaine relevant de la compétence spécifique de l'informaticien, les conséquences des choix opérés ont des conséquences sur les résultats des simulations et le sociologue ne peut pas s'en désintéresser : la logique de cet algorithme et les valeurs de ses paramètres doivent pouvoir être mis en relation avec la nature même du comportement social.

L'opération centrale, le choix de l'action à réaliser, peut être implantée de différentes façons. Une approche *cognitive* pourrait utiliser une logique des croyances de profondeur limitée²¹ permettant à chaque acteur de raisonner pour identifier explicitement les acteurs dont il dépend²² et se comporter en conséquence. Une autre approche, de type résolution de problème, consisterait à utiliser des algorithmes génétiques, mais sans que l'on puisse alors interpréter le processus de régulation en termes de compétences cognitives des acteurs sociaux. C'est une autre approche que nous avons implantée dans l'environnement SocLab²³. Il repose sur *l'apprentissage* de

²¹ Herbert Simon, *Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel*. Dunod, 1991 (1981)

²² Sichman, J., Conte, R., Demazeau Y. et Castelfranchi, C., « Reasoning about others using dependence networks » In *Proc. of the 3ème italian Workshop on Distributed Artificial Intelligence*, Rome, 1993

²³ Matthias Mailliard, Frederic Amblard, Pascal Roggero, Pascal Pons, Christophe Sibertin-Blanc. Cooperation is not always so simple to learn.... AESCS'05 : *Agent-based Approaches in Economic and Social Complex Systems*, Tokyo, Japan, 9-15 juillet 2005 ; Mailliard, M., Audras, S., et Casula, M., Multi-Agents Systems based on Classifiers for the Simulation of Concrete Action Systems. In

règles comportementales par essais-erreurs et renforcement des règles en fonction des résultats qu'elles produisent²⁴. Cette approche présente deux avantages par rapport à l'approche cognitive : elle se contente d'un modèle global du système d'action concret, alors que l'approche cognitive requiert d'explicitier la représentation que chacun des acteurs se fait du système en question. De plus, elle fait très peu d'hypothèses sur les aptitudes requises pour être un acteur dans un système d'action concret, et notamment elle ne préjuge pas de ce que seraient des règles explicites du comportement social que les acteurs appliqueraient.

Ce système de règles permet donc aux acteurs d'apprendre des stratégies par renforcement de règles comportementales qu'ils inventent au hasard. En schématisant : nos acteurs agissent de manière incrémentale sur « les termes de l'échange », c'est-à-dire l'état, des relations qu'ils contrôlent, et ils sont renforcés dans cette action si leur satisfaction augmente. Il y a donc un facteur « récompense » dont résulte ce que l'on va appeler la *force* de la règle. La règle est du type : dans tel état du système, je modifie de telle manière l'état des relations que je contrôle. Le processus d'apprentissage de l'acteur consiste donc à se constituer une *base de règles* que l'on peut considérer comme une forme de mémoire. Cette base de règles est actualisée de manière continue selon un mécanisme associant au facteur récompense, qui augmente ou affaiblit la force de la règle, un facteur d'*oubli*. Ce facteur d'oubli diminue un peu la force de la règle quand elle n'est pas appliquée et la supprime – elle disparaît de la base de règles – lorsque sa force est négative. Dans le cas, inévitable au début de la simulation, où aucune règle n'est applicable (ou connue), l'acteur joue au hasard, il invente une règle. Il reste que l'évaluation de la pertinence d'une règle suppose que l'acteur puisse comparer l'état courant du système avec celui enregistré dans les règles de sa base. En d'autres termes, qu'il puisse, dans une situation du système qu'il n'a jamais rencontrée, regarder s'il a connu des situations proches, et considérer les règles qui s'y sont appliquées. Il reste à déterminer cet espace. Nous l'avons représenté sous la forme d'un disque, ou d'une hyper-boule suivant le nombre de Relations que compte le système, dont la taille dépend de la valeur du paramètre *rayon*. Ce *rayon* fixe donc l'espace des situations considérées par l'acteur comme étant proches, et c'est dans cet espace qu'il va rechercher la *règle* la plus forte et l'appliquer. Ce paramètre, qui peut s'interpréter comme la capacité de discrimination de l'acteur, a donc une influence considérable sur son comportement. Ainsi, si on lui fixe une valeur élevée, l'acteur va plus *exploiter* les règles déjà connues qu'*explorer* de nouvelles règles et inversement si la valeur du rayon est faible. Cette problématique *exploration-exploitation*²⁵ est très féconde pour le sociologue qui peut ainsi tenter de caractériser de manière formelle des dimensions très significatives du comportement des acteurs telle que le conformisme, le ritualisme, l'aventurisme, etc. Il y a là une vraie heuristique sociologique.

Pour obtenir des résultats de simulation intéressants, il s'est avéré nécessaire de considérer que notre acteur possédait une aptitude à évaluer socialement sa satisfaction.

Proceedings of the 1st European Workshop on Multi-Agent Systems (EUMAS), Mark d'Inverno, Carles Sierra & Franco Zambonelli (Eds), Oxford University, 2003.

²⁴ Holland J. H., Reitman J., "Cognitive System based on Adaptive Algorithms". *Pattern Directed Inference Systems* pp 313-329, New-York : Academic Press, 1978 et J. Holland, L. B. Booker, M. Colombetti, M. Dorigo, D. E. Goldberg, 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.

²⁵ James G. March, Exploration and Exploitation in Organizational Learning, *Organization Science*, 1991, 2:1, pp 71-87.

Terminologie

R : l'ensemble des relations du jeu

A : l'ensemble des acteurs du jeu

S : ensemble des états du jeu

$$s = (te_t)_t \in S \Leftrightarrow \forall r \in R, b_min_r \leq te_t \leq b_max_r$$

P : $P \subset \mathbb{R}^R$, l'ensemble des états perçus du jeu

P_a : $P_a \subset P$, l'ensemble des états perçus par un acteur a

$p(s, a)$: $S \times A \rightarrow P_a$, la fonction de perception de l'acteur a telle que

$$p(s, a) = p((te_t)_t, a) = (Effet_r(a, te_t))_t$$

Π : l'ensemble des règles. $\pi \in \Pi$, est une règle de la forme

$$(p, (action)_t, force), \text{ telle que } p \in P, action \in \mathbb{R}, force \in \mathbb{R}^+$$

M_a : la mémoire d'un acteur a , $M_a \subset \Pi$.

$M_{a, p, dmin}$: ensemble des règles π de M_a telle que $distance_euclidienne(p, p\pi) \leq dmin$.

Paramètres

a) constantes (numériques)

dmin : finesse de distinction des états du jeu

bonus : incrément ou décrétement de la force d'une règle

force₀ : force initiale d'une règle

seuil_sat₀ : valeur initiale de seuil_sat

opiniâtreté : facteur de résignation

b) variables (numériques)

oubli : décrétement des règles à chaque tour.

intensité : fixe l'amplitude maximum de l'action.

seuil_sat : niveau de satisfaction aspiré par un acteur.

Algorithme

tant qu'il existe un acteur a tel que $satis_t < seuil_sat_t$,

pour chaque acteur a de A

1) mettre à jour son bilan

$$bilan_t \leftarrow satis_t - satis_{t-1}$$

2) mettre à jour l'amplitude de l'action

$$intensité = 1 + 10 * (seuil_sat_{t-1} - satis_{t-1}) / (seuil_sat_{t-1} - sat_min)$$

3) mettre à jour le seuil de satisfaction

$$seuil_sat_t = seuil_sat_{t-1} + (satis_{t-1} - seuil_sat_{t-1}) * opiniâtreté$$

4) mettre à jour les paramètres du système de classeur (oubli)

if ($seuil_sat_t \geq satis_t$)

$$oubli_t = 1 + bonus * (seuil_sat_t - satis_t) / (seuil_sat_t - sat_min)$$

sinon $oubli_t = 1$;

5) mettre à jour les règles du système de classeur

a) rétribution

si $bilan > 0$ alors $force_{r\grave{e}gle_choisie_{t-1}} += bonus$

si $bilan < 0$ alors $force_{r\grave{e}gle_choisie_{t-1}} -= bonus$

b) oubli

pour chaque règle $\pi \in M_a$

$$force_\pi = force_\pi - oubli_t$$

c) Suppression des règles

pour chaque règle $\pi \in M_a / force_\pi \leq 0$

$$M_a \leftarrow M_a - \pi$$

6) choisir une action

$$p_{s,t} \leftarrow p(s_t, a)$$

si $M_{a, p_{s,t}, dmin} \neq \emptyset$

alors $r\grave{e}gle_choisie_t \leftarrow au_hasard_dans(M_{a, p_{s,t}, dmin})$

sinon $r\grave{e}gle_choisie_t \leftarrow (p_{s,t}, (au_hasard() * intensité)_t, force_0)$

$$M_a \leftarrow M_a \cup r\grave{e}gle_choisie_t$$

pour chaque acteur a de A, pour chaque relation r de R

appliquer $action_{t, r\grave{e}gle_choisie_{t, a}}$

FIG. 5. L'algorithme du comportement des acteurs pour la simulation du jeu social

En d'autres termes, s'il peut comparer des niveaux de satisfaction successifs, il est aussi en mesure de porter un jugement plus général sur sa satisfaction présente par rapport à ses attentes, à ce qu'il peut attendre plus globalement du jeu. Ces attentes, évidemment, existent dans le monde social dans lequel l'acteur juge sa situation présente non seulement par rapport à celle qui précède mais aussi par rapport à des attentes subjectives plus globales comme le montrent bien, à leur manière, les théories de la frustration relative²⁶. Cela nous amène à introduire dans l'algorithme de chaque acteur un *seuil de satisfaction* qui évolue au fur et à mesure. Cette évolution est à la baisse en partant d'une situation initiale que nous avons choisie comme étant sa satisfaction maximale. La rapidité de cette évolution est fonction d'une part de la distance entre ce seuil et sa satisfaction courante (à la façon d'un élastique) et d'autre part d'un coefficient lié à la complexité du jeu social, c'est-à-dire le nombre d'acteurs et de Relations. Ainsi, le comportement de l'acteur peut être différent selon qu'il estime se trouver dans une situation acceptable au regard de ses attentes ou pas. Dans le premier cas, notre acteur aura un comportement marqué par l'*exploitation*, dans le second, il sera plus *explorateur*. En d'autres termes, il change peu, voire pas, une situation qui le satisfait par rapport à ses attentes. Dans le cas symétrique, au contraire, il tente de changer la situation, et le jeu sera régulé lorsque chaque acteur aura une satisfaction au moins égale à son seuil de satisfaction.

La propension à l'exploration ou à l'exploitation amène à moduler la récompense et l'oubli des règles, ainsi que l'intensité des actions, *i.e.* l'importance des déplacements de l'état des Relations. Plus précisément, en mode exploratoire une récompense positive nécessite un gain de satisfaction important, l'oubli est plus rapide, et les actions sont plus intenses. La FIG. 5 donne le détail de l'algorithme et les résultats de simulations présentées à propos du cas Trouville intègrent ce modèle de rationalité. Il est maintenant nécessaire de proposer une application de ce méta-modèle.

4.3 La simulation du cas Trouville

L'espace des états du système présente ici trois dimensions puisqu'il y a trois Relations. Il peut être décrit analytiquement et il définit toutes les configurations possibles du système. Ainsi pour chaque triplet définissant les « termes de l'échange » des trois relations, on peut calculer les valeurs de grandeurs telles que le pouvoir et la satisfaction de chaque acteur, ou la satisfaction globale. Tous les points dans cet espace à trois dimensions existent mathématiquement mais tous n'ont pas de sens ou de plausibilité sociologiques. Il faut donc identifier les situations remarquables dans cet espace, en d'autres termes des situations que l'on peut interpréter sociologiquement. C'est ce que nous avons fait dans le tableau suivant en ne retenant que la grandeur *Satisfaction* que nous jugeons comme étant la plus synthétique.

Ainsi avons-nous identifié des triplets significatifs qui définissent des situations sociologiquement interprétables. La satisfaction maximale de la secrétaire (27,6) est obtenue pour le triplet (- 0,4 ; 0,4 ; 0) mais la satisfaction du directeur est alors négative (-8,4). Cette situation n'est pas vraisemblable, et la satisfaction globale qu'elle produit - 19,2 - est très éloignée du maximum théorique. Pour le directeur, c'est le triplet (0 ; 0,4 ; 0,7) qui lui procure la meilleure satisfaction (50,2) mais avec une très faible

²⁶Ted Gurr, *Why men rebel?*, Princeton, Princeton University Press, 1970, et Jean Kellerhals, Josette Coenen-Huther et Marianne Modak, *Figures de l'équité. La construction des normes de justice dans les groupes*, Paris, PUF, coll. Le sociologue, 1992.

satisfaction de la secrétaire (6,6) et toutefois une meilleure satisfaction globale que dans le cas précédent. Enfin, dernière situation remarquable considérée ici, la meilleure satisfaction globale (74,4), est associée à des niveaux de satisfaction élevés pour chacun des acteurs. Elle correspond au triplet (-0,4 ; 0,4 ; 0,7). Cette situation est aussi un optimum de Pareto, et c'est la plus vraisemblable au regard du cas empirique : elle correspond à la coopération entre les acteurs, chacun mettant du sien pour que l'autre fasse de même.

		Satisfaction max. de la Secrétaire	Satisfaction maximale du Directeur	Satisfaction totale maximale
Etat des relations	Contenu du travail	- 0,4	0	- 0,4
	Stabilité emploi	0,4	0,4	0,4
	Info sur TRO2	0	0,7	0,7
Satisfaction	Directeur	- 8,4	50,2	48,2
	Secrétaire	27,6	6,6	26,2
	Satisfaction Globale	19,2	56,8	74,4

Tableau 3. Calcul analytique de la *Satisfaction* des acteurs dans trois états remarquables

Une fois, ce cadre analytique fixé, on explore par la simulation le comportement des acteurs en regardant si le jeu virtuel tend vers une zone particulière de l'espace. La figure 6 montre les résultats d'une telle simulation ayant convergé au bout de 450 pas de simulation. La forme erratiques des courbes tient à l'apprentissage des acteurs.

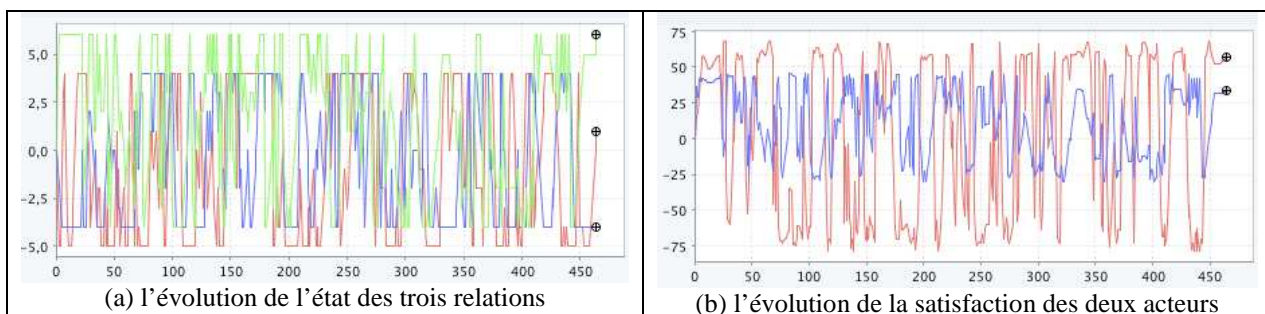


FIG. 6 Un exemple de simulation du cas Trouville
(abscisses : pas de simulation, ordonnées : état des relations / satisfaction des acteurs)

L'expérience de simulation sur le modèle confirme donc l'analyse empirique réalisée en convergeant vers la coopération²⁷.

Bien sûr, tous ces résultats numériques doivent 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 aucune signification, elle n'en a que relativement aux autres. Ensuite, l'écart entre ces valeurs doit être important – de l'ordre de 20 à 30 %, ce qui est le cas dans notre

²⁷ Pascal Roggero, Christophe Sibertin-Blanc, Pascal Pons, Frédéric Amblard, Matthias Mailliard, « Bilan d'étape du projet *Formalisation et simulation des systèmes d'action concrets* », Conseil scientifique de l'ACI *Systèmes complexes en SHS*, Paris, octobre 2005.

exemple – 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. Il y a donc une forme d'arbitraire – certes raisonné – dans la fixation des valeurs numériques 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 sociologie de l'action organisée, que la formulation primitive dans le seul langage naturel rend difficile à synthétiser formellement.

5. Les états remarquables et rationalités

Notre méta-modèle de la sociologie de l'action organisée correspond à un modèle du jeu social. Instancié sur des cas concrets il permet d'étudier analytiquement certains états remarquables du système modélisé. Ainsi peut-on calculer pour chaque acteur les états du système où sa satisfaction ou son pouvoir sont minimaux ou maximaux et examiner à quels niveaux de satisfaction et de pouvoir pour les autres acteurs ces états correspondent. On peut rechercher les situations optimales (global et parétien), d'équilibre de Nash, égalitaires ou anti-égalitaires c'est-à-dire minimisant ou maximisant la somme des écarts à la moyenne des satisfactions, ou bien encore celles qui minimise ou maximise la satisfaction de l'acteur ayant la satisfaction minimale, ou celle de l'acteur ayant la satisfaction maximale.

Une telle exploration de l'espace des satisfactions que les acteurs peuvent obtenir (en fonction de l'état des relations du système), dont certains peuvent être calculés analytiquement, est très instructive sur le potentiel d'un système. A titre d'exemple, si les *optima* de Pareto sont rares, on peut s'attendre à ce que la coopération entre les acteurs soit difficile ; si le maximum de l'un des acteurs correspond au maximum de l'autre et inversement, ces deux acteurs sont condamnés soit à passer un accord (éventuellement implicite) soit à s'opposer fortement ; si l'optimum de global est éloigné des équilibres de Nash et des *optima* de Pareto, la possibilité qu'il soit atteint est faible. En soi, cette manière de poser les problèmes est un puissant stimulant de l'interrogation sociologique dont on peut, assez rapidement et rigoureusement, tester la pertinence.

La multiplicité de ces états d'une organisation soulève un problème, certes théorique mais intéressant. Dans la section précédente, nous avons donné un modèle de la rationalité des acteurs qui tend à faire converger le système vers les *optima* de Pareto. Se pose alors la question de trouver, pour chacun de ces états remarquables, un algorithme qui conduit les acteurs à réguler le système de cette façon.

Conclusion

Le méta-modèle proposé résulte d'une formalisation de la sociologie de l'action organisée qui permet d'analyser la structure des systèmes d'action concrets et par la simulation de mettre en évidence les comportements des acteurs correspondants aux situations dans lesquelles il est régulé. Il s'agit d'un résultat inédit dans le domaine. Il ouvre des voies de recherche tant par l'analyse statique des états remarquables du système que par la recherche, grâce à la simulation, des rationalités d'acteurs qui conduisent à sa stabilisation dans ces états. Cette expression numérique est certes concise et permet ensuite une formalisation rigoureuse des concepts de la sociologie de

l'action organisée, mais elle pose des problèmes d'évaluation empirique. Il est souvent difficile de déterminer ces valeurs et de leur donner du sens. Il nous faudra résoudre cette difficulté en réalisant un guide d'entretien spécifique orientant la recherche de terrain mais on n'échappe pas à une forme d'arbitraire même s'il est raisonné. Cependant, sauf cas d'erreur majeure dans l'appréciation de la valeur de ces paramètres et qui correspondrait en fait à une erreur sociologique, il est possible de relativiser l'impact de l'imprécision des valeurs fixées en n'interprétant les résultats simulés du modèle comme étant significatifs que dans une fourchette d'imprécision équivalente de l'ordre de 20 à 30 %.

Il nous reste à l'éprouver sur un grand nombre de cas concrets bien documentés par des enquêtes empiriques dédiées et tester son pouvoir d'expression avant d'en faire un outil de diagnostic organisationnel à vocation publique. Un environnement, SocLab, est actuellement disponible (sur SourceForge.net) qui permet au sociologue de décrire le modèle d'un système d'action concret, de mettre en évidence ses caractéristiques par les résultats de son analyse (cf. section 3) et d'obtenir des résultats de simulation. Parmi les travaux en cours ou imminents, on peut citer :

- l'introduction du flou pour définir (et appliquer) les fonctions d'effet, sachant que le flou est déjà pris en compte dans les valeurs enjeux et des solidarités,
- l'étude de différentes rationalités,
- l'analyse de sensibilité des résultats de simulation,
- le développement d'expériences de « sociologie expérimentale » permettant, grâce à un environnement qui vient d'être développé, à des acteurs humains de jouer des parties du jeu social en disposant de plus ou moins d'informations sur la structure et l'état du jeu.

Références

- Amblard, Frédéric, « 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.
- Bernoux, Philippe, *La sociologie des organisations*, Paris, Seuil, 1985.
- Berthelot, Jean-Michel, *La sociologie. Epistémologie d'une discipline*, Bruxelles, De Boeck, 2000
- Berthelot, Jean-Michel, *Les Vertus de l'incertitude*, Paris, PUF, 1996, (2004)
- Berthelot, Jean-Michel, « Les nouveaux défis épistémologiques de la sociologie », *Sociologie et sociétés*, vol. XXX, n°1, Montréal, 1998
- Berthelot, Jean-Michel « Pluralité et cumulativité. D'un sain usage de la formalisation en sociologie », *Sociologie et sociétés*, vol. XXV, automne 1993
- Berthelot, Jean-Michel, *L'intelligence du social*, Paris, PUF, 1991, et ; .
- Boudon, Raymond, *La crise de la sociologie*, Genève, Droz, 1971
- Carabelea, C., Boissier, O., Castelfranchi, Carlo., "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, Carlo, "Modelling social action for AI Agents", *Artificial Intelligence*, 103, 1998, pp. 157-182.
- Castelfranchi, Carlo, "Engineering Social Order". International Workshop on *Engineering Societies in the Agents World* (ESAW 2000), A. Omicini, R. Tolksdorf, F. Zambonelli, (Eds.), *LNAI 1972*, Berlin, Springer-Verlag, 2000, pp. 1-18.
- Crozier Michel., *Le phénomène bureaucratique*, Paris, Seuil, 1963
- Crozier, Michel et Friedberg, Erhard, *L'acteur et le système : Les contraintes de l'action collective*, Paris, Seuil, 1977.

- Fararo Thomas .J., « Reflections on mathematical sociology », *Sociological Forum*, vol. 1é, n°1, mars 1997, pp. 73-102.
- Ferber, Jacques, *Les systèmes multi-agents : : Vers une Intelligence Collective*. Interéditions, 1995.
- Ferber, Jacques et Gutknecht, O. "A Meta-Model for the Analysis and Design of Organizations in Multi-Agent Systems", in *Proceedings of the 3rd International Conference on Multi-Agents Systems (ICMAS)*, IEEE CS Press, June 1998.
- Friedberg, Erhard., *Le pouvoir et la règle : Dynamiques de l'action organisée*, Paris, Seuil, 1993.
- Gilbert, Nigel, « Simulation: A new way of doing social science », *American Behavioural Scientist*, 1999, vol. 40, n° 10, 1485-1487.
- Gilbert, Nigel et Troitzsch, Karl, *Simulation for the social scientist*, Londres, Open University Press, 1999.
- Grossetti, Michel, *Sociologie de l'imprévisible. Dynamiques de l'activité et des formes sociales*. Paris, PUF, 2004.
- Gurr, Ted, *Why men rebel ?*, Princeton, Princeton University Press, 1970
- Hermann, T., Jahnke, I., Loser K-U., "The Role Concept as a Basis for Designing Community Systems" in *Cooperative Systems Design*, Zacklad M. et al. (Eds), IOS Press, 2004.
- Holland, John. H., Reitman J., "Cognitive System based on Adaptive Algorithms.", *Pattern Directed Inference Systems*, New-York : Academic Press, 1978, pp 313-329.
- Holland, John H., Booker L. B., Colombetti M., Dorigo M., Godberg D. E., Forrest S., Riolo R, Smith R. E.,Lanzi P. L, Soltzmann W. et Wilson S. W., "What Is a Learning Classifier System?" *LCS'99*, LNAI 1813, 2000, pp. 3-32.
- Hummon, Norman P. et Fararo, Thomas .J., « The emergence of computational sociology », *Journal of mathematical sociology*, vol. 20, n°2-3, 1995, pp. 79-87.
- Kellerhals, Jean, Coenen-Huther, Josette et Modak, Marianne, *Figures de l'équité. La construction des normes de justice dans les groupes*, Paris, PUF, coll. Le sociologue, 1992.
- Lazega, Emmanuel , *Réseaux sociaux et structures relationnelles*, Paris, PUF, coll. QSJ, 1998.
- Maillard, Matthias, Roggero Pascal et Sibertin-Blanc, Christophe, « Un modèle de rationalité limitée des acteurs sociaux », Vincent Chevrier et Marc-Philippe Hugué, *Systèmes multi-agents : articulation entre l'individuel et le collectif*, Paris, Hermès Lavoisier, 2006, pp. 95-98
- Maillard, Matthias, Audras, Stéphane, et Casula, Marina, « Multi-Agents Systems based on Classifiers for the Simulation of Concrete Action Systems », in d'Inverno, Carles Sierra & Franco Zambonelli (Eds), *Proceedings of the 1st European Workshop on Multi-Agent Systems (EUMAS)*, Mark Oxford University, 2003.
- Maillard, Matthias, Roggero Pascal. et Sibertin-Blanc Christophe, « L'émergence des Pays : une étude par simulation multi-agents de l'auto-organisation institutionnelle » dans Roggero Pascal: *Anthropolitique et gouvernance des systèmes complexes territoriaux*, Presse de l'Université des Sciences Sociales de Toulouse 1, 2004.
- Malone, T. W. et Crowston, K., « The interdisciplinary study of coordination. », *ACM Computing Survey* 26, 1, mars 1994.
- March, James G., "Exploration and Exploitation in Organizational Learning", *Organization Science*, 1991, 2:1, pp 71-87.
- Sichman, J., Conte Rosaria., Demazeau Y. et Castelfranchi Carlo. « Reasoning about others using dependence networks", In *Proc. of the 3ème italian Workshop on Distributed Artificial Intelligence*, Rome, 1993
- Simon, Herbert A., *Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel*, Paris, Dunod, 1991 (trad. J-L Le Moigne)
- Sibertin-Blanc, Christophe et Maillard, Matthias, *Un modèle de rationalité orienté vers la coopération*, *Proceedings des Journées francophones pour la planification, la décision et l'apprentissage*, Toulouse, mai 2006
- Sibertin-Blanc, Christophe, Roggero, Pascal, « Pour une formalisation de la Sociologie de l'Action Organisée », *XVII^e congrès international des sociologues de langue française*, 5-9 juillet 2004, Tours, 2004.
- Smets, Patrick, *L'agence Travel-Tours (Trouville)*. <http://homepages.ulb.ac.be/~psmets1/travel.pdf>.