



**HAL**  
open science

# Analyse structurelle des champs de capacité d'action dans les organisations sociales Outils analytiques pour la caractérisation de la coopération

Paul Chapron

► **To cite this version:**

Paul Chapron. Analyse structurelle des champs de capacité d'action dans les organisations sociales Outils analytiques pour la caractérisation de la coopération. *Studia Informatica Universalis*, 2012, pp.98-128. hal-03014137

**HAL Id: hal-03014137**

**<https://hal.science/hal-03014137>**

Submitted on 19 Nov 2020

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

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

---

# Analyse structurelle des champs de capacité d'action dans les organisations sociales

## Outils analytiques pour la caractérisation de la coopération

**Paul Chapron \***

\* IRIT/Université de Toulouse Capitole  
2 rue du doyen Gabriel Marty 31402 Toulouse Cedex 9  
paul.chapron@univ-tlse1.fr

---

**RÉSUMÉ.** *Nous exposons dans cet article des outils analytiques qui permettent de mieux caractériser les résultats de simulations du comportement des acteurs dans une organisation sociale. Nous employons ces outils dans le cadre d'un méta-modèle de la structure des organisations sociales, issue d'une collaboration entreprise avec des sociologues, qui formalise une théorie de la sociologie des organisations, la Sociologie de l'Action Organisée. Suivant ce formalisme, la structure d'une organisation sociale peut être représentée comme un ensemble d'objets mathématiques. L'analyse de cette structure et l'interprétation en termes sociologiques des résultats de cette analyse permet de dégager certaines contraintes que la structure induit sur le comportement des acteurs qui constituent le système, notamment en termes de coopération. Plus précisément, nous nous proposons dans cet article d'étudier la topographie de l'espace des comportements notre modèle, espace qui représente les niveaux de coopération possibles entre les acteurs de l'organisation. Cette analyse permet de mieux caractériser une situation particulière de l'organisation et de révéler les propriétés de l'ensemble des situations dans laquelle elle peut se trouver.*

**ABSTRACT.** *In this article, we present a set of analytical tools aimed at clarifying some simulation results of social actors behaviors in social organizations. These tools are used within a meta-model of social organizations structure, which is the result of a formalization of the Sociology of Organized Action theory. Following this formalization, the structure of a social organization is depicted by some mathematical objects. By providing a sociological interpretation to the results of the structure analysis, some properties of the organization can be highlighted,*

*such as quality of cooperation among social actors, conflicts or constraints they are subjected to. We focus on the properties of the actors situations space, which is shaped by the structure of the organization. The analysis also provides insights about a particular situation of the organization and reveals global properties of the situations space.*

**MOTS-CLÉS :** *Sociologie de l'action organisée, Formalisation multi-agents, Coopération, Simulation sociale*

**KEYWORDS:** *Sociology of organized action, Agent-based modeling, Coopération, Social simulation*

---

## 1. Introduction

L'un des objectifs de la simulation sociale est de révéler, par l'étude du comportement d'un modèle individu-centré du système simulé, des régularités, des équilibres, des propriétés de ce système, indiscernables à première vue du fait de sa complexité et de la non-linéarité des dynamiques et/ou des interactions des agents qui le constituent. La simulation orientée agent, puisqu'elle repose sur la modélisation de comportements individuels simples des agents et de leurs interactions, est polyvalente et relativement aisée à concevoir au niveau microscopique, ce qui conduit à une grande variété de modèles dans des domaines tout aussi variés. En contrepartie, la validation, mais surtout la caractérisation et la comparaison des résultats de ces simulations, est souvent délicate du fait de l'émergence de phénomènes globaux et de la spécificité des comportements individuels qui dépendent des objectifs du modèle.

Le comportement de tels systèmes ne pouvant pas se déduire du comportement des agents, la mise en évidence les propriétés émergentes du système est effectuée par simulation[DMP07],[GT05]. La simulation sociale est alors utilisée comme substitut à l'étude empirique du phénomène étudié et à l'analyse mathématique de son modèle, pour mettre en évidence les causes possibles d'un "fait social" particulier et ses conséquences sur une société artificielle ; ce qui nous amène à modéliser ce phénomène et cette société, avant d'en explorer les configurations possibles par simulation.

Afin de proposer des outils pour assister le modélisateur dans la tâche difficile du traitement des résultats de simulation, les techniques présentées dans cet article se situent à la jonction entre formalisation mathématique et simulation informatique : les résultats de l'analyse mathématique permettent de mieux comprendre et interpréter les résultats des simulations, tandis que les résultats des simulations indiquent les points qui méritent une analyse mathématique plus poussée. Cette approche analytique constitue un complément à l'exploration extensive et parfois coûteuse de la dynamique de tels modèles.

Nous nous plaçons pour cela dans le cadre d'un méta-modèle des organisations sociales, issu d'une formalisation de la théorie de la Sociologie de l'Action Organisée (notée SAO dans la suite de cet article) entreprise en collaboration avec des sociologues [SBAC<sup>+</sup>10],[RSB08]. Selon ce formalisme, une organisation est modélisée comme un système multi-agents qui peut être décrit par un ensemble d'objets mathématiques qui caractérisent le contexte d'interaction des agents (que l'on appelle dans ce cas "acteurs") qui la constituent sous la forme d'un jeu social. Dans ce cadre, la simulation est employée pour rendre compte d'une des propriétés constitutives des organisations sociales : la régulation des comportements. Le corpus de la SAO indique que les acteurs d'une organisation ajustent leurs comportements les uns par rapport aux autres, de sorte que les comportements observés sont relativement stabilisés[Fri93],[CF78]. Un algorithme simulant la rationalité des acteurs dans la régulation de leur comportement [EGCASB11] est utilisé pour calculer les configurations dans lesquelles il est plausible que l'organisation se stabilise. Dans l'optique de mieux positionner ces configurations par rapport à l'ensemble des possibles, et de mieux les caractériser, les techniques présentées ici considèrent une organisation comme un système qui produit de la "capacité d'action" (c'est-à-dire qui donne aux acteurs les moyens de réaliser leurs objectifs) en fonction des comportements de ces mêmes acteurs. L'analyse de la fonction de transfert de ce système nous renseigne sur la forme de l'espace des capacités d'actions, nous permettant d'y positionner les configurations résultant de la simulation et de révéler certaines propriétés globales de cet espace.

Le reste de cet article est organisé de la façon suivante : nous présentons dans un premier temps les fondements de la théorie de la SAO, avant de décrire le méta-modèle de la structure d'une organisation sociale, puis de l'instancier sur un cas simple de la littérature de la SAO. Dans une deuxième partie, après avoir clarifié l'articulation entre structure de l'organisation et comportements, telle qu'elle est présentée dans la théorie de la SAO, nous montrons comment l'analyse de la structure de l'organisation s'interprète en terme de coopération entre acteurs, avant de l'appliquer au cas de la littérature présenté.

## **2. La sociologie de l'action organisée**

La sociologie de l'action organisée est une théorie initiée par M. Crozier et E. Friedberg [Fri93],[CF78],[Cro64] dont l'objectif est d'explicitier le fonctionnement réel d'une organisation, au-delà des règles formelles qui le codifient. Les organisations sociales dont il est question sont des "construits sociaux", stables dans le temps, assez précisément délimités. Ces construits sociaux sont constitués par des acteurs en relation, ayant chacun leurs propres objectifs tout en oeuvrant au bon fonctionnement du système.

Ces acteurs, pour agir, mobilisent des ressources dont certaines sont maîtrisées par d'autres acteurs. Cette situation de dépendance permet à l'acteur qui maîtrise une ressource de fixer "les termes de l'échange" sur cette ressource vis-à-vis des acteurs qui en dépendent, ce qui donne lieu à des relations déséquilibrées. De ces déséquilibres dans chacune des relations résulte un pouvoir, exercé par les acteurs les uns sur les autres, qui structure l'ensemble des configurations sociales qui peuvent être rencontrées dans une organisation.

Une telle configuration, relativement stabilisée, est appelée "Système d'Action Concret" (nous écrirons SAC tout au long de cet article pour y faire référence) et est constituée, pour une organisation donnée, de l'ensemble des acteurs, de leurs alliances et de leurs relations. Un système d'action concret délimite donc un contexte d'interaction dont l'analyse et l'identification permettent de rendre compte du fonctionnement de l'organisation, et de la régulation de celle-ci. Cette façon d'appréhender une organisation révèle notamment l'écart entre l'organisation telle

qu'elle est (le système d'action concret) et telle qu'elle a été conçue (les règles formelles qui codifient l'action au sein de l'organisation).

La SAO constitue une grille de lecture pour l'analyse des phénomènes organisationnels, centrée sur les jeux de pouvoirs entre les acteurs. La formalisation des éléments de cette théorie, exposée dans la partie suivante, conduit à l'élaboration d'objets mathématiques qui modélisent les éléments d'un système d'action concret. L'analyse mathématique de ces objets permet d'appréhender la structure de ces jeux de pouvoirs, et d'apporter un éclairage nouveau sur le fonctionnement réel d'une organisation.

### 3. Un méta-modèle des organisations sociales

Nous présentons dans cette section le méta-modèle d'organisation à partir duquel sont produits les modèles de SAC. La nature des choix de modélisation, et la méthodologie employée pour modéliser une organisation est détaillée dans [ACSB<sup>+</sup>09] et [RSB08]. Une application de ce modèle sur un cas concret d'évaluation des pratiques agricoles dans le cadre de la gestion de l'eau est exposée dans [VRASB09]. La figure 1 présente sous la forme d'un diagramme de classe UML, les éléments constitutifs de la structure d'un système d'actions concret, dont les éléments sont décrits ci-après.

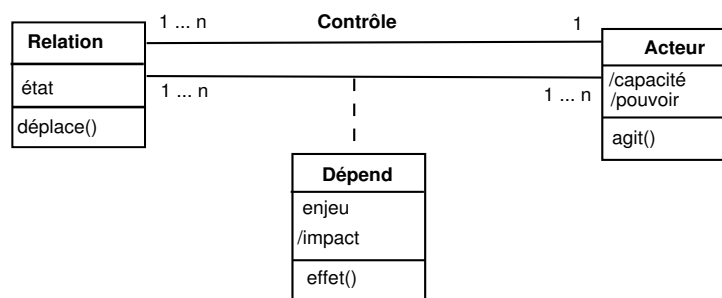


Figure 1 – Méta-modèle UML de la structure des organisations sociales

### 3.1. La structure d'un système d'action concret

Ce formalisme repose sur deux types d'objets : les *acteurs* et les *relations*. Les entités actives sont les acteurs, qui manipulent l'état d'une ou de plusieurs relations<sup>1</sup>. Ces relations sont toujours déséquilibrées : chaque relation est contrôlée par un seul acteur ; seul l'acteur qui *contrôle* une relation peut en déplacer l'état, imposant ainsi ses "termes de l'échange" dans l'interaction qui le relie aux autres acteurs qui dépendent de la relation. Notons que cette dépendance est réciproque et que l'acteur dominé sur une relation donnée peut dominer à son tour le contrôleur, par l'intermédiaire d'une autre relation, voire d'un autre acteur.

L'état d'une relation reflète le comportement de l'acteur qui la contrôle, la façon dont il la gère, et il détermine la qualité d'accès à la relation par les acteurs qui en dépendent. Le domaine de valeur de l'état d'une relation représente donc l'ensemble des comportements dont l'acteur contrôleur dispose pour la gestion de la relation. Ce domaine est orienté, dans la mesure où certains comportements sont plus coopératifs que d'autres. On choisira par convention l'espace de comportement  $[-1; 1]$  pour représenter ce domaine de valeurs<sup>2</sup>, du pire cas d'accès (l'acteur contrôleur ne cède aucun accès à sa relation) au cas optimal d'accès.

Pour représenter la dimension stratégique du comportement des acteurs, chacun d'eux place un certain *enjeu* sur les relations dont il dépend. L'enjeu représente l'importance que revêt une relation aux yeux d'un acteur pour la réalisation de ses objectifs. Chaque acteur dispose de 10 points d'enjeux. Par convention, on gradue les enjeux sur une échelle de 0 à 10 : *nul* = 0, *négligeable* = 1, ..., *important* = 5, *vital* = 10.

Tous les acteurs qui ont placé un enjeu sur une relation retirent de cette relation une *capacité*, déterminée par l'application d'une fonction d'effet à l'état de la relation, propre à chaque acteur qui en dépend.

1. les relations sont fondées sur des *ressources* qui sont les objets nécessaires à l'action organisée et dont la disponibilité est requise pour l'accomplissement des objectifs des acteurs ; ce sont les "zones d'incertitude" de la SAO[CF78].

2. L'état d'une relation est mesuré à l'aide d'une unité abstraite appelée *coopérativité*

Cette valeur représente ce que l'acteur retire de l'interaction engagée avec le contrôleur de la relation, et dans quelle mesure l'accès à cette relation lui permet d'atteindre ses objectifs. La modélisation d'organisations concrètes montre que l'on peut s'en tenir à des fonctions usuelles : fonctions affines, quadratiques ou sigmoïdes. Ces fonctions sont définies et continues sur l'espace de comportement des relations et à valeurs dans  $[-10; 10]$ .

Plus formellement, définir un SAC selon ce modèle revient à définir les acteurs sociaux, les relations, et les enjeux que posent les acteurs sur les relations, ainsi que les contrôles, de la façon suivante :

- $\mathcal{A} = a_1, \dots, a_n$ , l'ensemble des acteurs
- $\mathcal{R} = r_1, \dots, r_m$ , l'ensemble des relations

A chaque relation  $r_i$  est associée une valeur d'état, noté  $e_i$  à valeurs dans son espace de comportement  $EC_i$ , choisi arbitrairement égal à  $[-1; 1]$ . L'état de l'organisation est alors défini comme le vecteur

$$e = (e_1, \dots, e_m) \in \prod_{r \in \mathcal{R}} EC_r$$

-  $C \in \mathcal{M}_{n,m}(0, 1)$ , la matrice de contrôle dont le terme  $C_{i,j}$  vaut 1 si l'acteur  $i$  contrôle la relation  $j$ , 0 sinon.

- Pour toutes les relations  $r \in \mathcal{R}$ , une fonction  $effet_r : A \times EC_r \rightarrow [-10; 10]$  indique la capacité obtenue par chaque acteur en fonction de l'état de la relation  $r$ . Ces fonctions sont de classe  $\mathcal{C}^2$  sur  $[-1; 1]$ . La fonction d'effet de la relation  $i$  dans l'état  $e_i$  sur l'acteur  $a$  est notée  $effect_i(a, e_i)$ .

-  $Enj \in \mathcal{M}_{n,m}(\mathbb{N})$ , la matrice d'enjeux dont le terme  $Enj_{a,i}$  correspond à l'enjeu que l'acteur  $a$  place sur la relation  $i$ .

Un SAC peut donc être vu comme un automate, dans lequel on passe d'un état à l'autre en modifiant l'état des relations. Plus précisément, ce sont les acteurs qui modifient l'état des relations qu'ils contrôlent. Si ces actions se déroulent de façon synchrone, on peut définir la fonction de transition suivante :

$$\begin{aligned} Etat \times Action &\rightarrow Etat \\ (e_1, \dots, e_m) \times (d_1, \dots, d_m) &\mapsto (e_1 + d_1, \dots, e_m + d_m) \end{aligned}$$



où  $d_i$  est un déplacement de l'état  $e_i$ , opéré par l'acteur qui contrôle la relation  $r_i$  tel que  $e_i + d_i \in EC_i$ .

A chaque état du système, correspond une certaine valeur de *capacité* qu'un acteur obtient des relations qu'il entretient avec les autres. Le "jeu social" qui s'opère dans un SAC consiste donc pour un acteur à déplacer l'état des relations qu'il contrôle, afin d'obtenir une capacité suffisante pour la réalisation de ses objectifs. Nous décrivons dans la section suivante les indicateurs qui évaluent cette capacité dans un état donné de l'organisation.

### 3.2. Capacité d'action et pouvoir d'un acteur

Chaque acteur d'une organisation dépend d'une ou plusieurs relations pour la réalisation de ses objectifs. Un acteur  $a$  retire d'une relation dont il dépend une certaine capacité, calculée par la fonction d'effet  $effet_r(a, e_r)$ . La pondération de cette capacité par l'enjeu que l'acteur pose sur la relation est appelée *impact* de la relation  $r_i$  dans l'état  $e_i$  sur l'acteur  $a$ .

$$impact(a, r_i, e_i) = Enj_{a,i} \times effet_{r_i}(a, e_i)$$

Dans un état donné de l'organisation, l'agrégation des impacts que retire un acteur des relations dont il dépend fournit une évaluation quantitative de sa capacité à atteindre ses objectifs. Cette grandeur est appelée *Capacité d'Action* (abrégée en CA). Sous l'hypothèse que les états des relations sont indépendants, cette agrégation peut être définie comme la somme, pour toutes les relations  $r_i$  dont un acteur  $a$  dépend, des impacts de ces relations sur lui.

$$\begin{aligned} \mathcal{A} \times [-1, 1]^m &\rightarrow [-100; 100] \\ CA(a, e) &\mapsto \sum_{r_i \in \mathcal{R}} impact(a, r_i, e_i) \end{aligned}$$

Puisqu'un acteur d'une organisation contrôle une ou plusieurs relations nécessaires aux autres dans la réalisation de leurs objectifs, il

contribue plus ou moins partiellement à la capacité d'action de ces autres acteurs. L'agrégation de ces contributions semble bien représenter le concept de pouvoir dans le contexte d'un SAC [RSB08]. Sous les mêmes hypothèses que pour la capacité d'action, on peut agréger ces contributions par la somme, pour toutes les relations qu'un acteur contrôle, des impacts de ces relations sur l'ensemble des acteurs de l'organisation.

$$\mathcal{A} \times [-1, 1]^m \rightarrow [-100; 100]$$

$$Pouvoir(a, e) \mapsto \sum_{k \in \mathcal{A}} \left[ \sum_{r_i, C_{a,i}=1} impact(k, r_i, e_i) \right]$$

Ces deux indicateurs sont complémentaires : La capacité d'action d'un acteur représente ce qu'il retire des relations, et le pouvoir représente ce qu'il octroie aux autres par l'intermédiaire des relations qu'il contrôle.<sup>3</sup>

### 3.3. Capacité d'action globale et coopération

Dans une organisation non triviale, c'est à dire dans laquelle les acteurs ont des objectifs parfois conflictuels, nécessitant de parvenir à des compromis selon les différentes relations qu'ils entretiennent, l'agrégation des capacités d'action des acteurs mesure, d'un point de vue global, la plus ou moins bonne *coopération* au sein de l'organisation. Du fait de l'interdépendance des acteurs pour l'accès aux relations, un bon niveau de capacité d'action globale signifie que chacun s'est comporté de façon à ce que les autres puissent avoir les moyens d'atteindre leurs objectifs. Ici, nous choisissons la somme comme agrégation des capacités d'action des acteurs. D'autres techniques d'agrégation peuvent tout aussi bien être envisagées selon les cas, le problème devenant alors un pro-

---

3. Ces valeurs de capacité d'action et de pouvoir sont mesurées à l'aide d'une unité abstraite appelée simplement *capacité*.

blème d'agrégations des préférences, pour lequel des techniques spécifiques peuvent être employées [Gra06].

$$[-1, 1]^m \rightarrow [-n * 100; n * 100]$$

$$CA_{globale}(e) \mapsto \sum_{i \in \mathcal{A}} CA(i, e)$$

Cette grandeur est particulièrement importante pour l'analyse d'un SAC. Elle décrit la qualité de fonctionnement de l'organisation en termes de coopération pour tout point de l'espace d'état des relations. La topologie de l'espace image de cette fonction est étudiée dans la section 5.1.

### 3.4. Simulation multi-agents de la rationalité des acteurs sociaux

Le modèle d'un SAC définit la structure du contexte d'interaction dans lequel sont plongés les acteurs sociaux, autrement dit "les règles du jeu". En définissant une telle structure, nous définissons l'espace des comportements que peuvent adopter ces acteurs ainsi que les domaines de valeurs des indicateurs qui mesurent l'effet de ces comportements. Pour représenter le phénomène d'ajustement des comportements caractéristique des organisations sociales, ainsi que pour déterminer quels sont les comportements susceptibles d'être adoptés par les acteurs d'un SAC, nous procédons à une simulation multi-agent du comportements des acteurs.

Dans ces simulations, chaque acteur est un agent qui "joue" le *jeu social* que définit le SAC. Il a la possibilité de se comporter de façon plus ou moins coopérative dans ses interactions avec les autres agents du système, et se comporte de manière à atteindre ses objectifs. Ici, cela revient à obtenir une capacité d'action suffisante, en déplaçant les états des relations qu'il contrôle.

Ces simulations s'effectuent dans le logiciel *Soclab*<sup>4</sup>, un environnement de simulation qui permet au modélisateur d'éditer et d'étudier des modèles de système d'action concrets. Un module de cet environnement

4. disponible sur <http://soclab.sourceforge.net>

permet de simuler la façon dont les acteurs déterminent leur comportement et de paramétrer les facultés psycho-cognitives des agents.

Sans entrer dans les détails de l'algorithme, à chaque pas de simulation, chaque acteur déplace l'état des relations qu'il contrôle, en fonction de la capacité perçue au pas précédent. Un mécanisme d'apprentissage par essais-erreurs et de mise à jour d'un objectif de capacité d'action assure la stabilisation des états des relations [EGSBC09]. Précisons que dans cet algorithme, les agents sont dotés de facultés cognitives limitées : ils ne disposent que de très peu d'informations, ceci afin de respecter les critères d'une rationalité limitée, l'une des hypothèses sur laquelle repose le corpus de la SAO.

#### 4. Exemple de SAC : le cas Trouville

Dans cette section, nous instancions le méta-modèle sur un cas simple qui est un classique de la littérature de la SAO, le cas Travel-Tours, traité initialement par Patrick Smets. Ce cas a été modélisé en collaboration avec les sociologues à l'origine de la formalisation de la SAO présentée plus haut [RSB08]. *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 alors 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 de l'agence TRO1 que la secrétaire se réjouissent de cette proposition ; or, tous deux la refusent fermement.*

Une analyse en termes de SAO explique ce double refus en identifiant les "zones d'incertitude" et les ressources associées au sein de l'agence TRO1 : il s'avère qu'aussi bien le directeur que la secrétaire ont raison de s'opposer à cette proposition qui, si elle se concrétisait, induirait pour chacun d'entre eux une perte de pouvoir.

En effet, l'étude 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 com-

merciale 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 des objectifs de la secrétaire, à court terme au moins. Par contre, elle entretient de bonnes relations avec les employés de TRO1 et TRO 2 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 titularisation de la secrétaire 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).

Modélisons maintenant ce cas à l'aide du méta-modèle. Le système comporte deux acteurs : le directeur et la secrétaire. La secrétaire contrôle deux relations : "l'information sur TRO2" et son "investissement dans le travail". Le directeur contrôle deux relations : "la stabilité dans l'emploi" de la secrétaire, et le "contrôle du travail" de celle-ci.

Nous donnons à titre d'exemple dans le tableau 1 les interprétations associées à différentes valeurs de l'état de la relation "stabilité de l'emploi".

Le comportement du directeur dans cette relation peut être peu coopératif : il peut choisir de ne pas renouveler le contrat d'intérim de la secrétaire, ou du moins laisser planer un doute plus ou moins fort quant à son renouvellement, ce qui se traduirait dans le modèle par une valeur négative de l'état de la relation "stabilité du travail". Mais il pourrait tout autant se montrer très coopératif en proposant à la secrétaire de la titulariser par la signature d'un CDI, ou lui donner toutes les assurances sur le renouvellement systématique de son contrat, ce qui correspondrait à une valeur de l'état de la relation égale à 1.

La valeur des enjeux traduit les objectifs de chacun des acteurs (cf tableau 2). Ainsi la secrétaire, peu gênée par son statut précaire (2 points d'enjeu sur la stabilité) et peu concernée par la diffusion de l'informa-

valeurs	interprétation
-1	licenciement abusif
-0.6	non renouvellement du contrat d'intérim
0	neutre
0.6	renouvellement assuré du contrat d'intérim
1	contrat CDI

Tableau 1 – Interprétation des valeurs de l'état de la relation "stabilité de l'emploi"

tion (2 points d'enjeu), privilégie le fait d'être peu contrôlée dans son travail (4 points d'enjeu), sur lequel elle investit peu (2 points d'enjeu).

Le directeur quant à lui place la majeure partie de ses enjeux sur la diffusion de l'information, très importante pour lui (5 points), sans pouvoir se désintéresser de ce qu'il fait faire à sa secrétaire, ni de la qualité de son travail (2 points) tout en négligeant la question de son statut (1 point).

Concernant "la stabilité de l'emploi", avoir un emploi stable produit un plein effet pour la secrétaire, c'est-à-dire que  $effet_{stabilité\ de\ l'emploi}(sec, 1) = 10$ ; dans le cas contraire  $effet_{stabilité\ de\ l'emploi}(sec, -1) = -10$ , -10 et 10 étant les valeurs extrêmes des effets pouvant être retirés d'une relation. Nous avons donc défini la fonction d'effet de cette relation sur la secrétaire comme une fonction affine d'équation  $effet_{stabilité\ de\ l'emploi}(sec, e) = 10 * e$ . Quant au directeur, sa préoccupation pour cet emploi est aussi en proportion avec sa stabilité, mais elle reste limitée. Nous avons donc choisi pour cet acteur une fonction d'effet affine dont la pente est plus douce :  $effet_{stabilité\ de\ l'emploi}(dir, e) = 3 * e$ .

Concernant le "contrôle du travail" de la secrétaire, l'effet sur la secrétaire est directement proportionnel au niveau de ce contrôle, car elle se trouve bien de n'avoir pas à subir un contrôle étroit de son travail, d'où  $effet_{contrôle\ du\ travail}(sec, e) = -7 * e$ . Quant au directeur, la fonction quadratique  $effet_{contrôle\ du\ travail}(dir, e) = -3 * e^2 + 5$  correspond au fait que tout excès ou défaut 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, ce qui correspond à l'état neutre de la relation. Nous interprétons les valeurs négatives dans l'espace de comportement comme un contrôle strict de la quantité et de la qualité du travail demandé à la secrétaire et de la façon dont elle s'organise, et les valeurs positives par un faible contrôle de ce travail.

		Stabilité de l'emploi	Contrôle du travail	Information sur TRO2	Investissement dans le travail
Enjeux	Directeur	1	2	5	2
	Secrétaire	2	4	2	2
Effets	Directeur	$3e$	$-3e^2 + 5$	$10e$	$10e$
	Secrétaire	$10e$	$-7e$	$-2e^2 + 5$	$-3(e + 0.1)^2 + 2$

Tableau 2 – Répartition des enjeux et fonctions d'effets du cas Trouville

Concernant l'"information sur l'activité de l'agence TRO2", l'effet sur le directeur correspond à la pleine exploitation qu'il fera de cette information, d'où  $effet_{information\ TRO2}(dir, e) = 10 * e$ . Quant à la secrétaire, sa tranquillité lui commande de ne diffuser aucune information, qu'elle soit exacte ou fausse car toute autre situation présente des risques, d'où  $effet_{information\ TRO2}(sec, e) = -2 * e^2 + 5$ . Nous interprétons les valeurs positives de l'état de cette relation comme la divulgation d'informations, les valeurs négatives comme de la désinformation et la valeur nulle comme la discrétion normale de la secrétaire sur ce qu'elle peut savoir de l'activité de TRO2.

Concernant enfin l'investissement dans le travail, l'effet sur le directeur est directement proportionnel au niveau de l'investissement de la secrétaire ; on choisit donc la fonction  $effet_{investissement}(dir, e) = 10 * e$ . Quant à la secrétaire, l'effet de son investissement n'est positif qu'aux alentours du comportement neutre, ce qui correspond à des efforts modérés. L'effet d'un comportement très peu coopératif, qui correspondrait à ne réaliser que le strict minimum de ses tâches, est très faible mais positif : un tel comportement serait viable pour elle, mais pourrait avoir comme conséquence d'attirer l'attention du directeur sur sa productivité, ce qu'elle souhaite éviter. D'autre part, la tranquillité qu'elle recherche dans son travail induit un effet négatif pour des valeurs d'états proches de 1 : elle ne cherche tout simplement pas à s'investir plus que nécessaire dans son travail. D'où la fonction d'effet, d'équation  $effet_{investissement}(sec, e) = -3 * (e + 0.1)^2 + 2$ , représentée sur la figure 2.

Figure 2 – allure de la fonction d'effet de la secrétaire sur la relation "investissement dans le travail"

## 5. La fonction de transfert du système

Suivant la formalisation présentée en section 3, une organisation sociale peut être vue comme un système produisant des capacités d'action à partir de la coopérativité des comportements, à savoir l'état des relations. Les domaines de valeurs des états des relations du système représentent les comportements plus ou moins coopératifs des acteurs qui les contrôlent, mesurés en unité de coopérativité. Les domaines de valeurs des capacités d'actions représentent le plus ou moins bon accès aux relations nécessaires à la réalisation des objectifs des acteurs, mesurés en unités de capacité. Nous connaissons la fonction de transfert



du système : il s'agit d'une combinaison des différents paramètres de la structure de l'organisation (contrôles, enjeux et effets), pour laquelle nous disposons d'une expression analytique. Cette fonction de transfert associe à chaque état de l'organisation, les valeurs de capacité d'action correspondantes. Elle détermine donc la forme de l'espace des capacités, que nous allons analyser dans les sections suivantes.

Figure 3 – Vision systémique d'une organisation, comme une "machine" produisant des capacités à partir de comportements.

Les phénomènes constitutifs de toute organisation, la régulation par ajustement des comportements des acteurs et les évolutions endogènes de la structure de l'organisation apparaissent alors comme deux rétro-actions sur ce système.

L'analyse de la structure permet d'une part de mieux comprendre le fonctionnement de la fonction de transfert et pourquoi l'ajustement fonctionnel conduit les acteurs à se comporter comme ils le font, et d'autre part dans quelles directions l'évolution structurelle est susceptible de transformer la structure même de l'organisation.

La façon dont les ajustements fonctionnels sont mis en oeuvre par simulation de la rationalité des acteurs est abordée en détails dans [EGCASB11]. Nous nous attachons ici à expliciter d'une part cette fonction de transfert, puis à utiliser l'analyse de l'image de cette fonction comme support pour enrichir la compréhension des régularités qu'elle produit.

### 5.1. Les champs scalaires de capacité

Commençons par étudier la fonction de transfert du système. Notons cette fonction vectorielle  $f$ , qui associe au vecteur d'état des relations, le vecteur des capacités d'actions des acteurs.

$$f : [-1; 1]^m \rightarrow [-100; 100]^n$$

$$e = \begin{pmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_m \end{pmatrix} \mapsto \begin{pmatrix} CA(a_1, e_1, \dots, e_m) \\ \vdots \\ CA(a_i, e_1, \dots, e_m) \\ \vdots \\ CA(a_n, e_1, \dots, e_m) \end{pmatrix} \quad (1)$$

De la fonction  $f$  on déduit facilement la fonction qui, à un état du système, associe la *capacité globale* correspondante, i.e. la somme des lignes de  $f(e)$ . Cette fonction est notée  $g$

$$g : [-1; 1]^m \rightarrow [-100 * n; 100 * n]$$

$$e = \begin{pmatrix} e_1 \\ \vdots \\ e_m \end{pmatrix} \mapsto CA_{globale}(e) = \sum_{i \in \mathbb{A}} CA(a_i, e_1, \dots, e_m) \quad (2)$$

Les fonctions  $f$  et  $g$  sont des fonctions de plusieurs variables (les états des relations) qui associent à chaque point une valeur de capacité d'action, soit celle de chaque acteur, soit la capacité globale. Ces fonctions ont les propriétés d'un *champ scalaire* et modélisent la distribution du niveau de capacité à travers l'espace des états.

Les "paysages de capacité" que forment ces champs peuvent être cartographiés par l'étude des variations des fonctions de capacité, selon les dimensions des états des relations. Cela revient à approximer la fonction  $f$  au voisinage d'un point de l'espace des états, et d'étudier le champ vectoriel résultant : le *gradient* de capacité.

### 5.1.1. Approximation linéaire de la fonction de transfert du système

Les fonctions de capacité d'action du modèle sont des combinaisons linéaires d'enjeux (des entiers) et de fonctions d'effet (fonctions de classe au moins  $\mathcal{C}^2$ , définies sur l'intervalle  $[-1; 1]$ ). Au voisinage d'un état  $e^*$  on peut approximer la fonction  $f$  en utilisant la matrice jacobienne de  $f$  [BG92] :

$$f(e) \approx f(e^*) + Df(e^*) \cdot \overrightarrow{ee^*}$$

Avec  $Df$ , la jacobienne de  $f$  :

$$Df(e) = \begin{pmatrix} \frac{\partial CA(a_1, e)}{\partial e_1} & \dots & \frac{\partial CA(a_1, e)}{\partial e_m} \\ \vdots & \frac{\partial CA(a_i, e)}{\partial e_j} & \vdots \\ \frac{\partial CA(a_n, e)}{\partial e_1} & \dots & \frac{\partial CA(a_n, e)}{\partial e_m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \nabla CA(a_1, e) \\ \nabla CA(a_i, e) \\ \nabla CA(a_n, e) \end{pmatrix} \quad (3)$$

Cette matrice est formée des dérivées partielles des capacités des acteurs selon chacune des dimensions du système, i.e. les états des relations du système.

### 5.1.2. Vecteurs gradients résultants

Les lignes de cette matrice sont les vecteurs gradients de capacité d'action au point  $e$  de chacun des acteurs du système. Ces vecteurs expriment la variation de la capacité d'action de l'acteur considéré au voisinage d'un état  $e = (e_1, \dots, e_n)$ .

Le gradient de la capacité d'action globale du système est obtenu en dérivant la fonction  $g$ , ici, en sommant les gradients de capacité de chaque acteur<sup>5</sup> (cf l'équation 2).

$$\nabla_{global} CA(e) = \sum_{i \in \mathcal{A}} \nabla CA(i, e)$$

5. Dans le cas d'une agrégation autre que la somme, à supposer que la fonction d'agrégation soit dérivable en tout point de l'espace des capacités, il faudrait dériver la composée de la fonction de capacité par la fonction d'agrégation, pour obtenir le gradient voulu.

On obtient alors la variation de la capacité d'action globale au voisinage d'un point de l'espace d'état, sous la forme d'un vecteur de dimension  $m$ . L'étude de ce champ vectoriel nous renseigne sur les propriétés topologiques du champ  $g$ .

## 5.2. Identification des états remarquables d'un champ de capacité

Disposer de l'expression du gradient de capacité d'un acteur ou d'un système permet de calculer les points particuliers du paysage de capacité, et donne quelques propriétés pertinentes en termes de coopération.

### 5.2.1. Courbes d'iso-capacité

Une information importante concernant un champ de capacité d'action est l'ensemble des états pour lesquels la capacité d'action est supérieure ou égale à une certaine valeur  $k$ . Notons  $\mathcal{E}_k$  un tel ensemble. Il est délimité par un ensemble de *courbes de niveau* (dans le cas général à plus de deux dimensions, on parlera d'ensembles de niveau) de la fonction de capacité ( $f$  ou  $g$ ), i.e. l'ensemble  $\{(e, f(e)) | f(e) = k\}$ ,  $k$  étant une constante. Ces courbes sont notées  $\mathcal{C}_k$ . Puisque que l'on se place dans un espace fermé (l'hypercube  $[-1; 1]^n \times [-100; 100]$ ), les courbes  $\mathcal{C}_k$  sont de longueur finie et sont fermées, éventuellement comportant des frontières de l'espace des états.

La représentation de telles courbes peut être difficile, puisqu'un SAC non trivial comporte plus de deux relations. En réalisant une analyse en composantes principales des résultats de simulations, on peut néanmoins identifier la combinaison de relations qui est déterminante pour expliquer la situation du SAC selon deux axes, formés des deux premières composantes principales. Dans un nouveau repère, muni de ces deux axes et d'un troisième représentant la capacité d'action, la projection d'une courbe  $\mathcal{C}_k$  peut constituer une bonne approximation de ce qu'elle est en réalité.

Dans le paysage que forme un champ de capacité il peut exister plusieurs courbes de niveau distinctes, à différents endroits de l'espace d'états, pour la même valeur de  $k$ . Elles délimitent des surfaces dans l'espace d'états qui s'interprètent comme des *modes de fonctionnement*

de l'organisation, c'est à dire, des ensembles de comportements dont résulte une capacité au moins égale à  $k$ .

Le nombre de ces ensembles, s'ils sont disjoints, reflète la variété des modes de fonctionnement compatibles avec le niveau de capacité considéré. Leur taille s'interprète comme la plus ou moins grande robustesse de ce(s) mode(s) de fonctionnement, au sens de la quantité d'états de l'organisation différents compatibles avec le niveau de coopération  $k$ .

La taille de ces ensembles peut être approchée numériquement en discrétisant l'espace d'états et en calculant pour chacun, la valeur de capacité correspondante.

### 5.2.2. Points critiques

Les points qui annulent un gradient sont dits critiques, et peuvent être de plusieurs sortes : minima, maxima locaux, ou points selles. Leur nature est révélée par la matrice Hessienne de la fonction  $f$ , constituée des dérivées secondes de cette fonction selon toutes les dimensions du système, dont le terme général est  $H_{ij}(f) = \frac{\partial^2 f}{\partial e_i \partial e_j}$ <sup>6</sup>. Si les valeurs propres de cette matrice sont négatives, le point est un maximum, si elles sont positives, le point est un minimum. Enfin si les valeurs propres sont de signes différents, le point est un point selle [BG92]. En résolvant l'équation  $\nabla CA(a_i, e) = \vec{0}$ , et en étudiant les valeurs propres de la matrice Hessienne prise au(x) point(s) solution(s) de cette équation, on peut donc détecter les points critiques d'un paysage de capacité.

Lorsqu'une des dimensions d'un gradient est constante, il n'y a pas d'extremum local ou d'état particulier dans le paysage de capacité d'action considéré. Ce terme constant correspond à une dimension du paysage de capacité le long de laquelle la variation est uniforme.

### 5.3. Propriétés d'un état particulier du système

Disposer du gradient de l'espace des états du système permet de caractériser assez précisément les propriétés de chaque point. Les outils

---

6. Comme  $f$  est une combinaison de fonctions de classe  $\mathcal{C}^2$ , le théorème de Schwarz assure que  $\frac{\partial^2 f}{\partial e_j \partial e_k} = \frac{\partial^2 f}{\partial e_k \partial e_j}$

présentés ci-après peuvent être utilisés pour caractériser certains états du système en évaluant la stabilité et les similitudes qui peuvent exister localement entre deux situations de deux acteurs.

### 5.3.1. *Stabilité d'un état de coopération*

Le gradient de capacité fournit la valeur de la "pente de capacité" au voisinage d'un point selon chacune des dimensions du système. Cette pente représente le taux d'accroissement de la capacité d'action pour un déplacement infinitésimal  $\delta e_j$  de coopérativité pour la relation  $r_j$  autour du point où le gradient est calculé. Plus la norme du gradient est élevée, plus la variation de capacité d'action sera grande au voisinage de l'état considéré, le signe du gradient donnant le sens de variation.

Supposons que les comportements des acteurs du SAC se soient stabilisés en un point  $e_0$ , et considérons le gradient de capacité d'un acteur dans cet état  $e_0$ . Si la norme du gradient en  $e_0$  est petite, cela signifie qu'une légère inflexion dans le comportement des acteurs qui contrôlent les relations dont dépend  $a$  n'aura pas pour conséquence une variation importante de sa capacité d'action. Du point de vue du paysage de capacité de  $a$ , cela signifie que le voisinage de  $e_0$  est en pente douce. A l'inverse, si la norme du gradient est importante, cela signifie que le point  $e_0$  se situe dans une zone du paysage où le relief est très escarpé. Dans ce cas, le moindre ajustement du comportement des acteurs dont dépend  $a$  est susceptible d'entraîner une variation significative de sa capacité d'action, le plongeant dans une situation sensiblement différente. Ce changement de situation, peut amener l'acteur  $a$  à réviser ses choix et à modifier son propre comportement. Si les acteurs qui dépendent de  $a$  sont eux aussi situés dans une zone escarpée de leur paysage, ils vont réagir à leur tour, et, de proche en proche, l'organisation va se retrouver dans un état sensiblement différent.

On peut donc évaluer, pour chaque état du système, la stabilité de cet état en terme de capacité d'action. Dans le cas de l'étude du champ de capacité d'un acteur, on évalue la stabilité de la qualité d'accès aux relations dont il dépend. Si on considère le paysage de capacité d'action globale, on évalue alors la stabilité de la coopération en chaque point du paysage.

### 5.3.2. Détection d'intérêts partagés

Comparer les gradients de capacité de deux acteurs en un point de l'espace d'états permet d'évaluer la similarité des variations de leur capacités, de la "pente" de leur paysage de capacité. Cette comparaison est effectuée à l'aide du produit scalaire, noté  $\langle \vec{u}, \vec{v} \rangle$  dans ce qui suit, de deux gradients, pris en un point de l'espace d'état. Plus le produit scalaire est important, plus les deux acteurs ont intérêt à ce que l'état du SAC évolue dans la même direction. A l'inverse, un produit scalaire négatif important s'interprète comme un conflit d'intérêt, chacun des acteurs désirant voir l'état du système évoluer dans une direction opposée à celle de l'autre. Enfin, une valeur très faible (proche de zéro) sera interprétée comme le fait que les intérêts des deux acteurs sont indépendants.

Selon que l'on prenne en compte tout ou partie des dimensions des vecteurs gradients, l'interprétation du résultat du produit scalaire varie. Nous exposons ici différentes interprétations.

Le produit scalaire usuel mesure la similitude générale des tendances des capacités d'actions des acteurs  $a$  et  $b$ . On pourra éventuellement normaliser le produit scalaire en divisant le résultat par le produit des normes des vecteurs, pour obtenir un degré de similarité compris entre -1 et 1, plus facilement interprétable.

Le fait d'inclure ou non les relations contrôlées par l'un ou l'autre acteur dans ce produit scalaire permet d'exprimer deux types de situation de dépendances, qui peuvent être rapprochées de celles définies dans les travaux de J. Sichman [Sic98], basées sur la théorie de la dépendance. Précisons que la dépendance qui est mesurée par ce produit est celle de la variation de capacité d'action des acteurs au voisinage de l'état pour lequel il est calculé, il ne s'agit donc pas de mesurer la dépendance effective entre deux acteurs, mais de mesurer la dynamique de cette dépendance au voisinage de cet état. Pour cela, on introduit les gradients suivants :

–  $\nabla_C CA(a, e)$ , le gradient de capacité de l'acteur  $a$  dans lequel ne sont conservés que les termes correspondant à des relations que  $a$  contrôle. Les autres termes sont remplacés par des zéros. Nous appelons ce gradient le gradient de "contrôle".

–  $\nabla_D CA(a, e)$ , le gradient de capacité de l'acteur  $a$  dans lequel tous les termes correspondant à des relations que  $a$  contrôle sont remplacés par 0. Nous appelons ce gradient le gradient de "dépendance".

La valeur de  $\langle \nabla_C CA(a, e), \nabla_D CA(b, e) \rangle$  rend compte de la similarité des variations de  $b$  et  $a$  lors d'une action infinitésimale de  $a$ . Si ce produit est positif, il indique une synergie : l'acteur  $a$  en cherchant à augmenter sa propre capacité d'action par l'intermédiaire des relations qu'il contrôle, augmentera celle de l'acteur  $b$ . Si ce produit est proche de zéro, il indique que les acteurs sont très peu dépendants l'un de l'autre. Enfin, s'il est négatif il indique que les variations de la capacité de  $a$  sont contraires à celle de  $b$ . En considérant aussi la valeur du produit symétrique,  $\langle \nabla_C CA(b, e), \nabla_D CA(a, e) \rangle$ , on peut alors mesurer la dépendance *réciproque* entre  $a$  et  $b$ .

La valeur de  $\langle \nabla_D CA(a, e), \nabla_D CA(b, e) \rangle$  mesure la similarité de la variation de capacité de  $a$  et  $b$ , selon les relations que ni l'un ni l'autre ne contrôle. Il mesure ainsi la dépendance *mutuelle* entre  $a$  et  $b$ . Ce produit, s'il est positif, montre que les intérêts de  $a$  et  $b$  vont dans le même sens concernant les relations qu'ils ne contrôlent pas. S'il est négatif, il reflète un conflit d'intérêts sur ces relations.

La possibilité de pouvoir quantifier ces situations de dépendance permet de déterminer l'acteur qui a l'ascendant sur les autres lorsque l'organisation est dans un certain état, ce qui présente un intérêt certain pour l'étude des coalitions qui pourraient en résulter. Dans la partie suivante, nous appliquons ces différents éléments au cas de l'agence de voyage de Trouville.

#### 5.4. Application au cas Trouville

Dans cette section, nous montrons, sur l'exemple du système d'action concret de l'agence Travel Tour, comment utiliser ces outils pour analyser la fonction de transfert de ce SAC. Nous en tirerons quelques propriétés du paysage de capacité globale. Le tracé des projections du paysage de capacité dans des espaces tridimensionnels permettra en-



suite d'évaluer qualitativement l'allure du paysage de capacité globale et des îlots de capacité qu'il forme.

Le directeur et la secrétaire seront notés respectivement *Dir* et *Sec*,  $r_1$  représente la relation "*stabilité de l'emploi*",  $r_2$  la relation "*contrôle du travail*",  $r_3$  la relation "*information sur TRO2*" et  $r_4$  la relation "*investissement dans le travail*".

#### 5.4.1. Gradients de capacités du SAC du cas Trouville

D'après la modélisation du SAC de l'agence Travel Tours section 4, et après calculs<sup>7</sup>, on obtient les gradients de capacité d'action suivants :

Gradient de capacité d'action du Directeur

$$\nabla_D = \begin{pmatrix} 3Enj_{Dirr_1} \\ -6Enj_{Dirr_2}e_2 \\ 10Enj_{Dirr_3} \\ 10Enj_{Dirr_4} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ -12e_2 \\ 50 \\ 20 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Gradient de capacité d'action de la Secrétaire

$$\nabla_S = \begin{pmatrix} 10Enj_{Secr_1} \\ -7Enj_{Secr_2} \\ -4Enj_{Secr_3}e_3 \\ -Enj_{Secr_4}(0.6+6e_4) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 20 \\ -28 \\ -8e_3 \\ 1.2-12e_4 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Il en résulte un gradient de capacité globale de la forme :

$$\nabla_g = \begin{pmatrix} 3Enj_{Dirr_1}+10Enj_{Sr_1} \\ -7Enj_{Secr_2}-6Enj_{Dirr_2}e_2 \\ 10Enj_{Dirr_3}-4Enj_{Secr_3}e_3 \\ 10Enj_{Dirr_4}-6Enj_{Secr_4}(0.1+e_4) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 23 \\ -28-12e_2 \\ 50-8e_3 \\ 18.8-12e_4 \end{pmatrix} \quad (6)$$

Examinons maintenant les composantes de ce gradient global, le signe de chacune de celles-ci nous donne le sens de la pente du paysage de capacité :

La première composante du gradient global (23) est constante et positive, le paysage de capacité est donc "croissant" selon  $e_1$ . Nous pouvons déjà conclure qu'il n'existe pas de point critique dans le paysage

7. Ces calculs peuvent être automatisés par des scripts de type Matlab où tout autre logiciel de calcul symbolique.

de capacité globale du cas Trouville, puisque le gradient global ne s'annulera en aucun point de l'espace d'état. La deuxième composante du gradient global ( $-28 - 12e_2$ ) ne s'annule pas dans  $EC_{r_2} = [-1; 1]$ , et ne change pas de signe. On peut en déduire une variation monotone : le paysage de capacité est décroissant selon  $e_2$ . L'intensité de la variation n'est cependant pas constante. La troisième composante du gradient global ( $50 - 8e_3$ ) ne s'annule pas non plus dans  $EC_{r_3} = [-1; 1]$ , le paysage de capacité est cette fois croissant selon  $e_3$ . Ici encore l'intensité de la variation de capacité globale n'est pas constante. Enfin, il en est de même en ce qui concerne la quatrième composante ( $18.8 - 12e_4$ ) : le paysage de capacité est monotone et croissant selon  $e_4$ .

Suite à cette rapide étude, on peut conclure que :

- Le point le plus élevé du paysage de capacité globale a pour coordonnées  $[1, -1, 1, 1]$
- Le paysage de capacité globale est relativement peu accidenté : le sens de variation de la capacité d'action ne change pas selon les quatre relations de ce SAC. La fonction de capacité globale restreinte à l'espace d'état est monotone.
- La relation  $r_3$  est celle dont la variation impacte le plus la capacité globale de ce SAC. Cela est dû au fait que c'est la relation qui totalise le plus d'enjeux du SAC.

#### 5.4.2. Paysages de capacité et courbes de niveau

Traçons maintenant l'allure des paysages de capacité globale<sup>8</sup>.

Sur les figures 4 et 5, nous représentons la surface de la capacité globale (en cote) en fonction de la valeur des états de deux relations, en abscisse et en ordonnée. La surface est tracée en fonction de  $e_1$  et  $e_2$  sur la première figure, et de  $e_3$  et  $e_4$  sur la deuxième. Nous disposons ainsi d'une représentation du paysage de capacité globale selon les relations que contrôle le directeur, et selon les relations que contrôle la secrétaire.

Pour chacune des surfaces, nous traçons deux courbes de niveau. La première, en traits pointillés fins, représente la ligne de niveau 0, i.e. l'ensemble des états pour lesquels la valeur de capacité globale est

8. On pourrait faire de même avec le paysage de chacun des acteurs du cas.

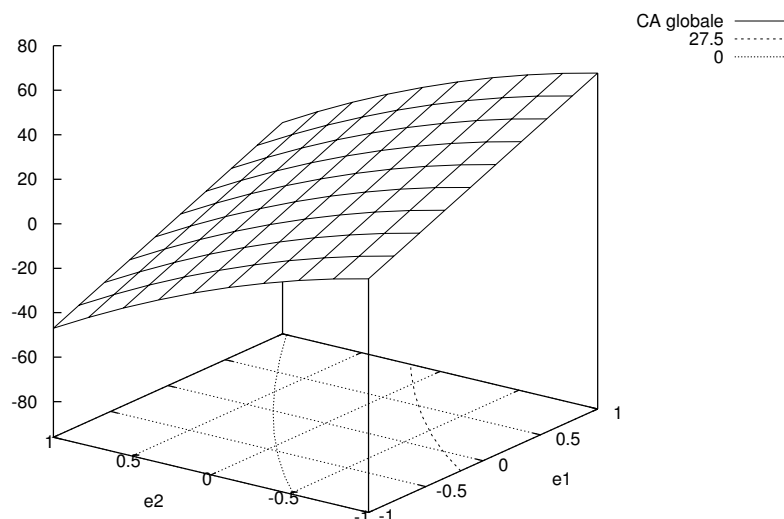


Figure 4 – Capacité d'action globale en fonction des états des relations  $r_1$  et  $r_2$

nulle. La seconde, en traits pointillés plus larges, représente la courbe de niveau 50%, i.e. l'ensemble des états pour lesquels la capacité globale vaut la moitié de sa valeur maximale. Dans les figures 4 et 5, les courbes de niveau sont représentées projetées sur l'espace d'état.

Du fait de la monotonie du paysage de capacité globale du cas Trouville, il n'existe dans le paysage qu'une seule courbe de niveau par valeur de niveau, dont l'allure est assez simple pour s'en tenir à la description qualitative.

Dans la figure 4, le nombre d'états assurant un niveau de capacité d'action globale positive est légèrement supérieur à la moitié de l'espace d'état formé par  $EC_{r_1} \times EC_{r_2}$ . L'ensemble des états qui assurent un niveau de capacité au moins égale à la moitié de sa valeur maximale est plus restreint : on peut estimer sa taille en comptant les carrés de la grille du plan  $(r_1, r_2)$  délimités par la projection de la courbe de niveau sur le plan  $(r_1, r_2)$ . Ici elle vaut approximativement  $\frac{3}{16}$  de l'espace  $EC_{r_1} \times$

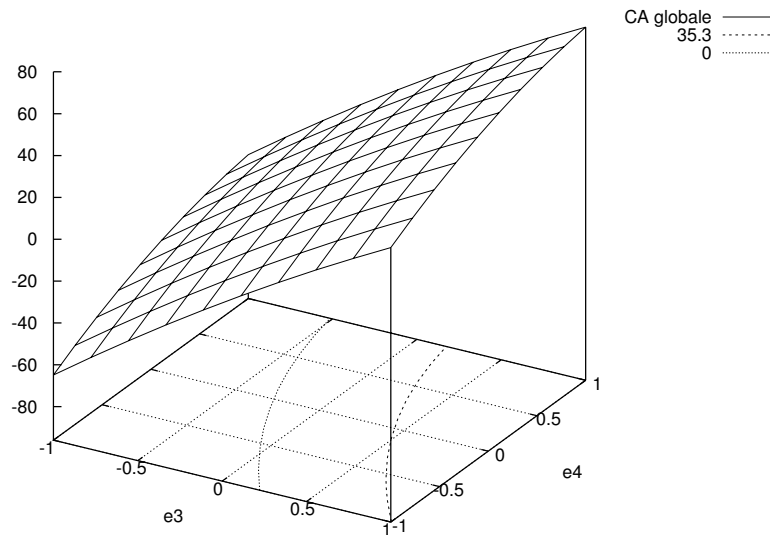


Figure 5 – Capacité d'action globale en fonction des états des relations  $r_3$  et  $r_4$

$EC_{r_2}$ . Dans la figure 5, plus de la moitié de l'espace d'état  $EC_{r_3} \times EC_{r_4}$  assure une capacité globale positive. Un peu moins d'un quart de l'espace  $EC_{r_3} \times EC_{r_4}$  assure une capacité d'action globale supérieure à 50% de sa valeur maximale. Au niveau de l'espace d'état complet du SAC (l'hypercube  $[-1; 1]^4$ ) la moitié de la capacité d'action globale maximale est atteinte pour environ  $\frac{1}{3} * \frac{1}{4} = \frac{1}{12}$  de cet espace, soit 8% de sa taille.

A la lecture de ces courbes de niveau, l'estimation de la taille des îlots de capacité nous permet de conclure qu'une coopération minimale raisonnable est facile à maintenir entre le directeur et la secrétaire (plus de la moitié des éléments de cet espace d'état assurent une capacité globale positive). Pourtant, un fort niveau de coopération entre ces deux acteurs, plus efficace pour la poursuite des objectifs de l'organisation, délimite une gamme de comportements plus étroite, un mode de fonctionnement moins robuste (moins de 10% des états de l'espace).

On pourrait faire l'équivalent de ces traitements sur les paysages de capacité du directeur et de la secrétaire, afin de les comparer, et de déterminer si les îlots de leur capacité d'action correspondent aux îlots de capacité globale de l'organisation.

## 6. Conclusion

Les organisations sociales sont des systèmes complexes, aux frontières perméables, et dont les dynamiques ne peuvent être saisies qu'en opérant une abstraction du niveau concret auquel les acteurs sociaux négocient leurs comportements les uns avec les autres. Sur la base d'un modèle d'organisation qui réalise cette abstraction, le travail présenté dans cet article permet d'étudier analytiquement certaines propriétés d'un SAC et d'enrichir les résultats obtenus par la simulation du comportement des acteurs au sein de ces SAC et plus précisément, de représenter la variation des possibilités de coopération entre les acteurs d'une organisation.

Les paysages de capacité, en représentant de façon synthétique et explicite les niveaux de capacité d'action des acteurs en fonction de leur coopération permettent de mieux caractériser une situation particulière du paysage, tandis que l'analyse de leurs propriétés globales nous renseigne sur la variété des situations dans lesquelles une organisation peut se trouver.

Parmi les questions qui restent à traiter, mentionnons la possibilité de réduire la dimension des gradients de capacité, en regroupant les diverses relations qu'un acteur contrôle en une seule, plus abstraite, qui rendrait compte de la coopérativité globale de cet acteur envers chacun des autres. On obtient alors une matrice carrée dont les valeurs propres peuvent être interprétées. Cette abstraction fait perdre de l'information et néglige le fait qu'un acteur peut être coopératif sur une relation et ne pas l'être sur une autre. Mais elle permet de mettre en évidence le comportement des acteurs les uns vis-à-vis des autres, et au final c'est bien cela qui importe dans l'équilibre des interactions entre les acteurs, en faisant abstraction du support de ces interactions, à savoir les relations.

Enfin, les organisations sociales évoluent, du fait de l'évolution de leur environnement mais aussi de façon endogène, comme tout organisme vivant. La topographie du paysage de satisfaction d'un acteur nous donne des indications sur les possibilités qu'il aurait de modifier les règles du jeu du SAC, sachant que, dans tout système d'action, les acteurs respectent les règles du jeu tout en cherchant à les faire évoluer à leur avantage.

#### Remerciements

L'auteur remercie Christophe Sibertin-Blanc et Françoise Adreit pour leurs relectures minutieuses et leur précieux conseils dans l'élaboration de cet article.

#### Références

- [ACSB<sup>+</sup>09] Françoise Adreit, Paul Chapron, Christophe Sibertin-Blanc, Pascal Roggero, and Sandra Sandri. Une ontologie des systèmes d'action concrets. In Denis Phan, editor, *Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels - Journées de Rochebrune, Rochebrune, 19/01/09-23/01/09*, page (support électronique), <http://www.infres.enst.fr>, 2009. ENST.
- [BG92] Marcel Berger and Bernard Gostiaux. *Géométrie différentielle : variétés, courbes et surfaces*. Presses universitaires de France, 1992.
- [CF78] M. Crozier and E. Friedberg. *L'acteur et le système*. Seuil, Paris, 1978.
- [Cro64] M. Crozier. *The bureaucratic Phenomenon*. Chicago University Press, 1964.
- [DMP07] J.L. Dessalles, J.P. Müller, and D. Phan. Emergence in multi-agent systems : conceptual and methodological issues. In Denis Phan and Frederic Amblard, editors, *Multi-agent Modelling and Simulation in the Social*

and *Human Sciences*, pages 327–356. Bardwell Press, <http://www.bardwell-press.co.uk/>, septembre 2007.

- [EGCASB11] Joseph El Gemayel, Paul Chapron, Françoise Adreit, and Christophe Sibertin-Blanc. Quand et comment les acteurs sociaux peuvent-ils coopérer ? Un algorithme de simulation pour la négociation de leurs comportements. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 25, 2011.
- [EGSBC09] Joseph El Gemayel, Christophe Sibertin-Blanc, and Paul Chapron. Impact of tenacity upon the Behaviors of Social Actors (regular paper). In Alexis Drogoul, Benoit Gaudou, and Nicolas Marilleau, editors, *Applied Agent based simulator Engineering for Complex System study*, Nagoya, Japan, 13/12/2009, 2009.
- [Fri93] Erhard Friedberg. *Le pouvoir et la règle*. Ed. du Seuil, Paris, 1993.
- [Gra06] M. Grabisch. L'utilisation de l'intégrale de choquet en aide multicritère à la décision. Newsletter of the European Working Group "Multicriteria Aid for Decisions", 2006.
- [GT05] Nigel Gilbert and Klaus G. Troitzsch. *Simulation for the Social Scientist*. Open University Press, February 2005.
- [RSB08] Pascal Roggero and Christophe Sibertin-Blanc. Quand des sociologues rencontrent des informaticiens : essai de formalisation des systèmes d'action concrets. *Nouvelles perspectives en sciences sociales*, 3(2) :41–81, 2008.
- [SBAC<sup>+</sup>10] Christophe Sibertin-Blanc, Françoise Adreit, Paul Chapron, Joseph El Gemayel, Matthias Mailliard, Pascal Roggero, and Claude Vautier. Compte-rendu d'une recherche interdisciplinaire entre sociologues et informaticiens : de la sociologie de l'action organisée au logiciel SocLab. *Technique et Science Informatiques*, 29(3), 2010.

- [Sic98] Jaime Simão Sichman. Depint : Dependence-based coalition formation in an open multi-agent scenario. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 1 :2, 1998.
- [VRASB09] Claude Vautier, Pascal Roggero, Françoise Adreit, and Christophe Sibertin-Blanc. Evaluation by simulation of the social acceptability of agricultural policies for water quality. In *International ICSC symposium on Information Technologies on Environmental Engineering, Thessaloniki, Greece, 28/05/09-29/05/09*, pages 478–490, [http ://www.springerlink.com/](http://www.springerlink.com/), mai 2009. Springer-Verlag.