LA THÉORIE DE JEUX ET L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

LE CAS DE LA MISE EN PLACE DU PORTAIL WEB « GRAND BESANÇON »

Oumar Ndiaye : *Docteur en Sciences Économiques, associé au laboratoire ThéMA UMR 6049 CNRS – Université de Franche-Comté ; Maître de conférence associé à l'Université Gaston Berger de Saint-Louis (Sénégal)*

oumar.ndiaye@univ-fcomte.fr   ndiaye.oumar@wanadoo.fr

RÉSUMÉ. L'aménagement du territoire constitue aujourd'hui l'une des pierres angulaires du développement des collectivités territoriales. La théorie des jeux une branche de la théorie économique permet d'analyser la pertinence des décisions prises par les élus lorsqu'ils envisagent de gérer les ressources rares présentes sur leurs territoires. Dans cette perspective, on peut définir la théorie des jeux comme étant une théorie de la prise de décision des agents économiques en situation d'interdépendance. A ce propos, on distingue la théorie des jeux non coopératifs et la théorie des jeux coopératifs.

Cet article cherche à confirmer l'existence d'une méthode permettant aux communes de fédérer leur énergie afin d'optimiser l'exploitation de leurs ressources : déchets, énergie, eau, nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) etc. Après avoir rapidement montré l'utilité des jeux non coopératifs dans les comportements stratégiques de certains acteurs, nous mettrons l'accent sur la théorie des jeux coopératifs, parce que plus riche dans le cadre de l'aménagement du territoire. La méthode que nous utilisons pour mener à bien nos investigations est « la Valeur de SHAPLEY ». Cette dernière représente la contribution marginale moyenne de chaque commune ou collectivité, i.e. la valeur que cette collectivité rapporte lorsqu'elle intègre une coalition.

TITLE: Games Theory and Regional Planning: the case of the Web portal of the urban area of Besançon

ABSTRACT. *Territorial space management today is one of the cornerstones of territorial collectivities. Relaying on Game Theory, one can properly addresses the decisions of elected decision-makers relative to the rational use of the scarce resources of their respective territorial space. From this perspective, Games Theory is the branch of economics explaining the decision of economic agents in a situation of interdependence. One must distinguish two aspects of Games Theory: Theory of co-operative Games and Theory of non-co-operative Games.*

This article aims at proving the existence of a method allowing municipalities to federate their energy in order to optimise the use of their resources: waste, energy, water, new technology of information and communication (ICTN). We start by explaining briefly the utility of non-co-operative games to analyse the strategy of some players. Next, it is the core of the paper; we emphasise the theory of co-operative games because it is more useful within the framework of territorial space management. We rely on the "Shapley Value". It accounts from the average marginal contribution of each municipality or collectivity, which reflects the value it generates when it becomes part of a coalition.

MOTS-CLÉS : théorie des jeux, aménagement du territoire, coalition de communes, cœur du jeu, valeur de SHAPLEY, contribution marginale

KEY WORDS: *Games Theory, regional planning, coalition of municipalities, Shapley value, core of Game, marginal contribution.*

1. Théorie des jeux non coopératifs

On parle de jeu non coopératif, lorsqu'il est impossible pour les acteurs de signer des accords contraignants. Il s'agit d'une approche stratégique de la théorie des jeux car l'issue de la confrontation des protagonistes va dépendre de leurs comportements stratégiques (Guerrien, 1994). Pour s'en rendre compte, il faut distinguer deux éventualités : le premier cas où les joueurs interviennent une seule fois, et dans le second cas lequel ces derniers (les joueurs) ont la possibilité de répéter leurs actions plusieurs fois. En d'autres termes, dans le second cas, les joueurs peuvent fixer leurs stratégies en fonction de celles des autres ainsi de suite. Toutefois, nous faisons une hypothèse simple qui consiste à dire que nous sommes en « information complète » ou « common knowledge ».

Il y a information complète lorsque les joueurs connaissent l'ensemble des avantages (par exemple les gains) qu'ils peuvent avoir lorsqu'ils se livrent à un jeu. Dans ce cas, on dit que les paiements sont connaissances communes. Lorsque nous sommes confrontés à un jeu statique à deux joueurs (par exemple deux collectivités), le concept utilisé est celui de l'équilibre de J. NASH. Dans le meilleur des cas, cet équilibre peut correspondre à un optimum au sens de V. Pareto. Pour un approfondissement de ces différents équilibres, on peut se reporter à l'ouvrage de (Murat, 2003).

1.1. Équilibre de Nash et optimum de Pareto

Un équilibre de Nash est une issue ($x_1, \ldots, x_n$) du jeu ($X_1,\ldots,X_n, U_1,\ldots U_n$) (avec U_1 désignant l'utilité de l'agent ou du joueur 1), si elle vérifie :

$$\forall i \in \{ 1,\ldots,n\}$$

$$\forall y \in X_i$$

$$U_i (Y_i, X_i) \leq U_i(x_1, \ldots,x_i,\ldots x_n)$$

$$(Y_i, X_i) \equiv (x_1, \ldots,x_{i-1}, y_i,\ldots,x_{i+1},\ldots,x_n)$$

Un équilibre de Nash est une situation dans la quelle la stratégie de chaque joueur est la meilleure des stratégies possibles, étant données les stratégies des autres joueurs. En d'autres termes, un équilibre de Nash est une situation dans laquelle lorsqu'on s'y trouve, on a intérêt à y rester.

L'optimum au sens de Pareto est une situation dans laquelle on ne peut pas améliorer le sort d'un agent sans détériorer celui d'un autre. Il s'agit d'une situation qui procure le maximum de satisfaction aux différents protagonistes.

Les comportements stratégiques sont fréquents en matière d'aménagement du territoire et nous proposons de donner rapidement une illustration d'un jeu non coopératif avec deux joueurs (collectivités).

1.2 Illustration d'un jeu non coopératif

Un investisseur a le choix d'implanter une usine sur un territoire, et demande à deux communes de lui décrire leurs atouts respectifs (avantages, subventions, exonérations fiscales, etc.) en fonction desquels il sera susceptible de s'implanter chez l'une et non pas chez l'autre. En d'autres termes, chacune des communes doit dire du mal de l'autre pour obtenir le marché. L'investisseur essaye ensuite d'attribuer une note à chaque commune, qui déterminera fortement sa prise de décision. Chaque commune se trouve donc confrontée à deux choix : « Ne pas Dire du mal » et « Dire du mal ». Les communes auront la note de 10 si elles ne s'expriment pas et de 5 si elles s'expriment, la note 20 (maximale) étant attribuée à celle qui parle et la note 0 (minimale) à celle qui ne parle pas. Comme il s'agit d'un jeu non coopératif, chaque commune est invitée à prendre une décision individuelle, la forme normale de ce jeu peut être représentée l'aide du tableau suivant :

Commune 2 **Commune 1**	Ne pas dire du mal	Dire du mal
Ne pas dire du mal	(10 ; 10)	(0 ; 20)
Dire du mal	(20 ; 0)	(5 ; 5)

Si les communes coopèrent, aucune ne dira pas de mal de l'autre. La coalition des deux communes lorsqu'elle est formée, leur assure alors une note supérieure à celle qu'elles obtiendraient individuellement. En revanche, si elles agissent indépendamment l'une de l'autre, elles risquent de dire du mal de l'autre pour attirer l'investisseur sur son territoire. Dans ce cas de figure, ne faisant pas confiance à l'autre, et cherchant à attirer l'investisseur chez elle, chaque commune cherchera à dire du mal de l'autre, ce qui conduit dans la plupart des cas à l'équilibre de Nash (5 ; 5).

Nous remarquons que l'optimum de Pareto correspond à la situation (10 ; 10), car cette solution assure le maximum de bien être aux deux collectivités.

Comme dans la plupart des cas l'issue favorable entre les deux collectivités apparaît impossible, la théorie des jeux propose une solution par le biais de la coopération. Dans cette perspective, les deux collectivités ont de bonne raison de s'associer en mettant par exemple en place une procédure de négociation.

2. Théorie des jeux coopératifs

On parle de théorie des jeux coopératifs lorsque les agents ou collectivités ont la possibilité de signer des accords contraignants. Il existe différentes méthodes d'appréhender la théorie des jeux coopératifs dont les concepts les plus utilisés sont le cœur et la valeur de Shapley (Kast, 2002). Nous proposons de les examiner rapidement.

2.1 Le Cœur ou noyau

Le cœur est un concept de solution très répandu. Il correspond à l'ensemble des allocations qui ne sont bloquées par aucune coalition. Dans notre exemple, le cœur peut être défini de la manière suivante :

On repère l'ensemble des n joueurs désignés ici par N joueurs :

$N = \{C_1, C_2, C_3\}$;

En désignant par φ (N) l'ensemble des coalitions possibles des joueurs ou collectivités , on peut écrire :

$\varphi(N) = \{\emptyset, C_1, C_2, C_3, C_1C_2, C_1C_3, C_2C_3, C_1C_2C_3\}$;

c'est-à-dire 2^n coalitions possibles ; soit 2^3 coalitions = 8 coalitions.

Une fois les joueurs repérés et les possibilités de mis en place des coalitions effectuées, se pose la manière d'appréhender le concept de fonction caractéristique.

On appelle fonction caractéristique d'un joueur ou d'une collectivité C_1, ce que cette dernière peut obtenir de lui-même quoique fassent les autres. En d'autres termes, la fonction caractéristique de la collectivité C_1 est égale $V(C_1)$.

On définit donc le cœur par l'ensemble des allocations $Xc = (X_{C1}, X_{C2}, X_{C3})$ telles que les conditions suivantes se vérifient :

1) $\sum X_i = V(N)$ avec $i \in N$, i.e. $X_{C1}, + X_{C2}, + X_{C3} = V(C_1\ C_2\ C_3)$

2) $\forall$ une coalition « S » formée par « s » joueurs,

$\sum X_i \geq V(N)$ avec $i \in S$;

D'où le résultat suivant :

a) $X_{C1} \geq V(C_1)$

b) $X_{C2} \geq V(C_2)$

c) $X_{C3} \geq V(C_3)$

d) $X_{C1} + X_{C2} \geq V(C_1) + V(C_2)$

e) $X_{C1} + X_{C3} \geq V(C_1) + V(C_3)$

f) $X_{C2} + X_{C3} \geq V(C_2) + V(C_3)$

g) $X_{C1} + X_{C2} + X_{C3} \geq V(C_1) + V(C_2) + V(C_3)$

Le cœur ou le noyau du jeu est envisageable lorsque la coalition formée par les trois collectivités existe. Dans ce cas précis, il correspond à la relation (g). En d'autres termes, cela signifie que pour tout ensemble d'agents, la somme de gains proposés par la relation (g) est supérieure à ce qu'ils obtiendraient en se coalisant. En revanche, le cœur est vide si la coalition formée par les n joueurs n'est pas envisageable. Le cœur du jeu n'étant pas vide dans l'exemple que nous proposons ici, nous pouvons envisager d'étudier la valeur de Shapley.

2.2 La Valeur de Shapley

La fécondité de la valeur de Shapley trouve sa justification dans la démarche suivante : lorsqu'un joueur i rejoint une coalition (S – i) pour former une coalition S, il convient de lui attribuer une part de gain en rapport avec ce qu'il apporte à la coalition (S – i), c'est-à-dire :

$$V(S) - V(S - i).$$

Pour y parvenir, Shapley évoque deux hypothèses :

(i) d'une part, il affecte la totalité de la contribution marginale[1] au joueur i

(ii) d'autre part, il considère que la coalition rassemblant les *n* joueurs peut se former progressivement dans tous les ordres possibles et imaginables.

Dès lors, la répartition qui en résulte est la valeur de Shapley, et elle attribue au joueur i une part Xi telle que :

$$Xi = 1/n ! * \sum Xi\ (s - i)!\ (n - s)![V(S) - V(S - i)]$$

(s – i) correspond au nombre d'agents appartenant à la coalition S ;

(n – s) différence entre la coalition de tous les joueurs (notée « n ») et les joueurs de la coalition « s ».

La valeur de Shapley dans ce cas détermine le critère de choix d'affectation des joueurs ou collectivités, *i.e.* à chacun selon sa contribution marginale moyenne.

Nous proposons une illustration de ce concept à travers l'exemple de trois collectivités qui souhaitent fédérer leur énergie afin de mettre en place d'une infrastructure NTIC (nouvelles technologies de l'information et de la communication), un portail web, qui soit optimale, pérenne et évolutive. Nous montrerons à quel point il est pertinent de s'unir pour les trois collectivités, lorsqu'elles ont la possibilité de bénéficier d'une subvention suffisamment conséquente pour atteindre leurs objectifs (Ndiaye, 2002).

3. Le cas de la mise en place du Portail web « Grand Besançon »

Trois collectivités C_1, C_2 et C_3 ont la possibilité de mettre en place une solution Intranet/Internet sous la forme d'un portail web pour un montant de 400K€. Ces différentes collectivités lorsqu'elles se réunissent ont la possibilité de percevoir une subvention équivalente au financement nécessaire au déploiement du portail, c'est-à-dire égal à 400K€, sachant toutefois qu'elles peuvent choisir une solution alternative avec des montants corrélés à leurs besoins comme l'indique le tableau ci-dessous :

Noms des collectivités	**Coût de la solution HT**	**Coût du portail avec coalition**
Collectivité 1 (C_1)	100 K€	**400 K€**
Collectivité 2 (C_2)	200 K€	
Collectivité 3 (C_3)	300 K€	

Nous rappelons ici que le montant de la subvention que les collectivités (dans leur ensemble) peuvent percevoir est exactement égal au coût du portail web réalisé dans sa globalité. D'emblée, nous proposons de chercher s'il existe une issue possible permettant aux trois collectivités de se coaliser.

3.1 Le cœur ou noyau

Le cœur correspond donc à l'ensemble des allocations qui ne sont bloquées par aucune autre coalition. Les valeurs de chaque coalition vont être déterminées en fonction de l'arrivée de chaque collectivité à la coalition. La commune qui ne se coalise pas perçoit le reste de la subvention, après que les collectivités coalisées aient perçu leur part de subvention. Par exemple, lorsque la collectivité C_1 refuse de se joindre à la coalition, les collectivités C_2 et C_3 vont se procurer les 400 K€. C_1 n'aura donc pas de subvention. Cette situation est identique lorsque C_2 refuse de se coaliser. En revanche, si C_3 refuse de se coaliser, elle gagnera quoique fassent les autres collectivités. On obtient les gains suivants :

a) $V(C_1) = 0$

b) $V(C_2) = 0$

[1] La contribution marginale est la part d'utilité ou de satisfaction apportée par un joueur (collectivité), lorsqu'il adhère à une coalition..

c) $V(C_3) = 100$
d) $V(C_1C_2) = 100$
e) $V(C_1C_3) = 200$
f) $V(C_2C_3) = 300$
g) $V(C_1C_2C_3) = 400$

En traduisant les coalitions sous forme de relation, on obtient les résultats ci-dessous. Cela revient à poser le système d'inéquations suivant :

1°) $X_{C1} \geq 0$
2°) $X_{C2} \geq 0$
3°) $X_{C3} \geq 100$
4°) $X_{C1} + X_{C2} \geq 100$
5°) $X_{C1} + X_{C3} \geq 200$
6°) $X_{C2} + X_{C3} \geq 300$
7°) $3(X_{C1} + X_{C2} + X_{C3}) \geq 700$

En résolvant le système des relations, on obtient la solution suivante :

$X_{C1} \leq 1$
$X_{C2} \leq 2$
$X_{C3} \leq 3$

De cette démonstration, on constate que le cœur du jeu n'est pas vide. On peut donc déterminer la valeur de Shapley.

3.2 Valeur de Shapley

Comme nous l'avions déjà évoqué, la valeur de Shapley consiste à attribuer à chaque joueur ou collectivité sa contribution marginale moyenne lorsque cette dernière intègre une coalition. Elle est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$X_i = 1/n\,! * \sum Xi\ (s - i\ )!\ (n - s\ )![V(S) - V(S - i)]$$

Ainsi, en reprenant la formule on peut présenter les résultats sous forme de tableau suivant :

Les Coalitions	***Contribution marginale de C1***	***Contribution marginale de C2***	***Contribution marginale de C3***
C1C2C3	0	100	300
C1C3C2	0	200	200
C2C1C3	100	0	300
C2C3C1	100	0	300
C3C1C2	100	200	100
C3C2C1	100	200	100
Valeur de Shapley	**400/6**	**700/6**	**1300/6**

La répartition équitable selon la solution de Shapley est donc respectivement :

- pour la collectivité $C_1 = 400/6 \approx 66$
- pour la collectivité $C_2 = 700/6 \approx 117$
- pour la collectivité $C_3 = 1300/6 \approx 217$.

Le total des contributions marginales est donc égal au coût global de la solution issue de la coalition des trois collectivités. Autrement dit, en coopérant, les collectivités sont gagnantes, car elles peuvent parfaitement mettre en place leurs solutions Intranet/Internet, en se partageant les frais proportionnellement à leur degré d'implication dans le projet. L'efficacité économique du projet est alors préservée, tout en adoptant une solution NTIC à la fois pérenne et évolutive.

Conclusion

Les concepts utilisés (le cœur du jeu et la valeur de Shapley) permettent aux collectivités de se coaliser afin de trouver une issue qui leur soit favorable, lorsqu'elles sont confrontées à un problème d'aménagement du territoire comme la diffusion des technologies de l'information et de la communication.

Cependant, il peut exister des situations conflictuelles dans lesquelles une seule et unique solution ne s'impose pas (Kreps, 1999). Dans ce cas, on utilise le concept d'équilibre stable qui est l'équilibre qui s'impose parmi tous les équilibres lorsque le jeu global est divisé en différents sous-jeux.

Dans le cadre de l'aménagement du territoire, les collectivités sont tenues de coopérer pour mieux gérer les ressources rares présentes sur leur territoire. Le seul problème qui se pose est la répartition des rôles des différents acteurs.

Les collectivités, membres de la communauté d'agglomération, ont intérêt à se réunir dans le cadre du portail web Grand Besançon pour tirer profit de la subvention accordée par les pouvoirs publics. Cet exemple peut aussi être appliqué au traitement des déchets, à la gestion de l'eau et de l'assainissement, à la mise en place d'une usine d'incinération...

Cependant, il n'est pas exclu que des contraintes environnementales et sociales en provenance des populations soient prises en compte dans la procédure de négociation afin de trouver une issue du jeu favorable aux différentes collectivités qui souhaitent mettre en place de telles infrastructures.

BIBLIOGRAPHIE

MURAT Y. (2003). *Introduction à la théorie des jeux*, Collection Eco Sup., Dunod, Paris,175 p.

GUERRIEN B. (1994). *Introduction à la théorie des jeux*, Collection. « Repère », La Découverte, Paris, 125 p.

KAST R. (2002). *La Théorie de la décision*, Collection. « Repère », La Découverte, Paris, 120 p.

KREPS D. (1999). *Théorie des jeux et Modélisation économique*, Traduit de l'Américain par Frédéric Guerrien, Véronique Parel et Isabelle This Saint-Jean, Dunod, Paris, 192 p.

TIROLE J. (1994). *The theory of industrial organization*, MIT Presse, 430 p.

NDIAYE O. (2002). *Mise en place du Portail web Grand Besançon : de l'élaboration du cahier des charges à la proposition de solution*, Thèse professionnelle de Mastère Spécialisé en Informatique et Télécommunications, INSA de Lyon, 90 p.