QUELQUES ENSEIGNEMENTS DE LA THÉORIE DES JEUX POUR LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

Etienne TURPIN

© Réseaux n°s 72-73 CNET - 1995

La théorie des jeux trouve un de ses principaux champs d'application dans l'économie de la concurrence imparfaite. Elle peut donc nous aider à mieux lire les bouleversements qui affectent le secteur des télécommunications ; car si en Europe les monopoles cèderont défintivement la place en 1998, la concurrence qui s'instaurera sera loin d'être pure et parfaite et se réduira souvent à un petit nombre d'acteurs.

Nous utiliserons donc les outils conceptuels forgés par cette théorie pour évoquer quelques questions fondamentales pour le devenir du secteur :

– y a-t-il une contradiction entre le déploiement des autoroutes de l'information par l'opérateur dominant et le désendettement de celui-ci ? Si oui, quels sont les avantages stratégiques de ces deux scénarios ? Peuvent-ils s'assimiler à ce que la théorie des jeux appelle lutte pour le premier ou le second coup

– dans quelles activités la concurrence se manifestera-t-elle le plus vivement ?

– quelle relation existe entre l'intensité de la concurrence et le nombre des acteurs en présence ?

– faut-il recourir à une double source dans ses approvisionnements ?

– l'affichage des coûts a-t-il une influence sur la compétition ?

Après un retour sur les grands précurseurs, c'est-à-dire les stratèges militaires, nous commencerons par passer rapidement en revue les domaines de la théorie pertinents pour notre propos, en insistant en particulier sur le choix entre lutte pour le premier coup et lutte pour le second coup, ainsi que sur les fondements de la coopération entre joueurs. Nous éviterons tout formalisme, ce qui nous conduira à quelques raccourcis dont voudrons bien nous excuser les experts en théorie des jeux, mais nous laissera plus de liberté pour interpréter le cadre classique de cette théorie dans le but de l'appliquer à notre objet. C'est en effet la force de la théorie des jeux depuis ses origines que ses enseignements les plus riches sont à tirer non des modèles mathématiques eux-mêmes, mais de la critique plus littéraire de ces modèles. Puis nous examinerons dans une seconde partie les questions évoquées plus haut. Le lecteur féru de théorie des jeux, satisfait de sa seule intuition ou simplement en Zeitnot, pourra se contenter de cette lecture. Qu'il n'attende cependant pas de nous une réponse ferme et définitive à ces difficiles questions, le seul objet de cet article étant de fournir un cadre un peu inhabituel à la réflexion.

THÉORIE DES JEUX ET LUTTE POUR LE PREMIER OU LE SECOND COUP :

Un détour historico-militaire :

Bien avant que la théorie des jeux ne soit initiée par Von Neuman et Morgenstern, les stratèges militaires avaient évoqué les interactions stratégiques qui la sous-tendent. Ainsi, le célèbre stratège chinois Sun-Tzu (qui écrivait, semble-t-il, à l'époque des Royaumes combattants au Ve siècle avant Jésus-Christ) affirme avec une clairvoyance annonciatrice des développements théoriques futurs : « Ce qui est de la plus haute importance, c'est de s'attaquer à la stratégie de l'ennemi. » Avec ce précepte est bien mis en évidence la rétroaction dans les comportements et la nécessité de penser « à la place de » son adversaire qui sont à la base de la théorie des jeux.

Plus près de nous, Clausewitz (1) aborde la question de la lutte pour le premier ou le second coup. Faut-il agir le premier ? Ou attendre l'action de l'adversaire pour riposter ? L'absence d'un cadre formel le conduit toutefois à une certaine ambiguïté. Il est ainsi souvent crédité de l'invention de la Blitzkrieg et d'un plaidoyer énergique en faveur d'une prise d'initiative déstabilisant l'adversaire. Mais il se montre aussi très élogieux pour les tactiques plus défensives, conduisant l'adversaire jusqu'à ce qu'il appelle le point culminant (2) de son offensive, moment où la contre-attaque peut être déclenchée victorieusement. L'attitude du Maréchal Koutousoff pendant la campagne de Russie en 1812 est évidemment le prototype de cette démarche.

Il n'est donc pas surprenant que les pères de la théorie des jeux, Von Neuman et Morgenstern, aient considéré que l'un des principaux domaines d'application de leur nouvelle théorie était la stratégie militaire et les relations internationales (qui ne font qu'un selon la célèbre formule de Clausewitz : « La guerre est la continuation de la politique par d'autres moyens. »)

Mais l'économie est aussi un champ privilégié d'application de ce nouveau corpus théorique. Cela n'aurait pas surpris Clausewitz qui affirmait que l'activité à laquelle la guerre ressemblait le plus était le commerce. Il existe en effet un saisissant parallèle entre les situations économiques de concurrence imparfaite et les questions militaires. Les deux champs d'analyse ont en commun dans leur essence sinon le choc frontal, du moins l'interaction forte de quelques acteurs dans un environnement passif ou relativement prévisible (topographie, ressources des pays en présence, attitude des pays neutres dans l'art militaire ; réglementation, normes et réactions des consommateurs (3) pour la concurrence imparfaite). Et la distinction entre un art militaire, lieu de jeux à somme nulle (4) et d'agressivité totale, et les marchés oligopolistiques, où la concurrence se mélange toujours à certaines formes de coopération (modélisée par des jeux à somme non nulle) n'est qu'apparente. Aucune guerre n'est réellement un jeu à somme nulle, comme en témoigne bien avant la dissuasion nucléaire, la stratégie de la terreur d'un Tamerlan, édifiant des colonnes de têtes avec les citoyens des villes qui lui avaient résisté afin de mieux obtenir la reddition des cités qu'il assiégerait dans le futur. Sun-Tzu affirme ainsi : « Ne barrez pas la route à un ennemi qui regagne ses foyers », ainsi que « A un ennemi cerné, il faut laisser une issue » ; et Clausewitz insiste sur l'idée que l'objectif ne doit en aucun cas être la destruction du pays ennemi. Inversement, dans le domaine économique, la concurrence entre deux entreprises porte toujours en elle un germe de destruction, comme l'ont si bien montré Schumpeter et l'économiste français Bertrand.

Les analyses de stratégie militaire évoquées plus haut accordent une place importante à la dimension temporelle et à l'incertitude. Si l'on suit certaines interprétations, elle serait au cœur de la théorie de Clausewitz du point optimal ; et la contradiction apparente dans son œuvre est peut-

(1) CLAUSEWITZ, 1832-34.

(2) Ce terme peut prêter à confusion ; il s'agit en fait du moment où la force offensive de l'ennemi devient minimale parce que ses lignes de communication sont étirées au maximum, que les ressources principales du pays envahi ne lui sont pas encore acquises et que les centres névralgiques de la défense sont intacts (exemple : l'armée allemande se heurtant aux défenseurs de Stalingrad, sans pouvoir accéder aux pétroles de Bakou).

(3) Il s'agit là de la première étape de l'analyse ; les variations qui affectent à leur tour ces paramètres, soit en soi, soit en réaction à l'attitude des entreprises, doivent évidemment être prises en compte dans une modélisation plus raffinée (de la même manière, la topographie peut être modifiée par les belligérants). L'inefficacité d'un monopole ou l'impossibilité de sanctionner des formes de cartellisation peuvent ainsi conduire la réglementation à se modifier. Une règle d'or des jeux réels à deux joueurs (par opposition aux jeux théoriques où le nombre des joueurs est déterminé à l'avance) est souvent de ne pas remporter un gain tel qu'il conduise un troisième joueur à intervenir, soit que ce dernier craigne d'être la prochaine victime, soit qu'il prenne conscience une fois la fumée de la bataille dissipée de l'ampleur des gains possibles, soit encore qu'il juge le vainqueur suffisamment affaibli par son combat précédent.

(4) Dans ces jeux, les gains de l'un sont les pertes de l'autre. La somme algébrique des gains est donc toujours nulle, quelles que soient les actions des joueurs.

être soluble si l'on considère que le choix de jouer en second doit être privilégié :

– si d'une part le point culminant de l'offensive de l'adversaire correspond à une perte suffisamment substantielle pour celui-ci par rapport au niveau de ses forces au début du conflit,

– et si d'autre part on pense que le moment où celui-ci sera atteint et où la contre-attaque devra être lancée pourra être clairement identifié.

Dans le cas contraire, le gain à jouer le premier (qui est assimilable à un gain forfaitaire moins incertain) l'emporte. Cette réflexion n'est pas sans rappeler celle qui accompagne le lancement d'une innovation de première génération quand une seconde génération est attendue. Attendre la seconde génération (ou encore choisir de ne pas faire de R&D et d'obtenir par la suite une licence) correspond à la stratégie défensive ; cela nécessite beaucoup de sang-froid et n'est pas sans risques divers; mais c'est aussi parfois la voie de la sagesse. Une littérature intéressante que nous ne pouvons évoquer ici (5) aborde ce sujet du lancement et de l'adoption de l'innovation, en donnant plus de richesse à la dimension temporelle que les modèles que nous examinerons par la suite.

Si nous sommes convaincus que, dans les batailles qui s'annoncent dans le secteur des télécommunications, la relecture des grands stratèges est loin d'être inutile, il n'en reste pas moins qu'un cadre plus formel est de nature à donner une meilleure compréhension des phénomènes. C'est celui-ci que nous allons maintenant exposer.

Le cadre classique de la théorie des jeux

Dans sa forme la plus simple, la forme dite « normale », un jeu à deux joueurs se représente sous la forme d'un tableau à deux lignes et à deux colonnes. Chacune des lignes correspond à une action du joueur 1 ; chacune des colonnes à une action du joueur 2. Les deux joueurs sont supposés symétriques, c'est-à-dire qu'une action de l'un peut être le fait de l'autre (par exemple : attaquer/défendre ; ou selon un exemple traditionnel évoqué plus loin, aller à l'opéra/voir un match de boxe). Les deux joueurs jouent simultanément. Les actions de l'un et l'autre joueur déterminent une issue du jeu représentée par la case du tableau à l'intersection de ces actions. Dans chaque case, figurent deux nombres ; celui de gauche représente le gain (ou la perte) du premier joueur et celui de droite le gain ou la perte du second joueur. L'unité dans laquelle le gain est exprimé importe peu.

Chacun des joueurs ignore l'action choisie par l'autre puisqu'ils jouent simultanément, mais connaît parfaitement le tableau des gains ainsi que les actions possibles pour l'un et l'autre. Quelle issue du jeu (définie comme le couple d'actions retenues par l'un et l'autre et les gains ou pertes qui en résultent, et représentée par l'une des cases de la « matrice des gains ») est-elle susceptible de se réaliser ?

Un cas simple est celui où l'un des joueurs dispose d'une stratégie dominante, c'est-à-dire d'une action qui assure, quelle que soit l'action de l'autre, des gains plus élevés. Elle est alors naturellement choisie par celui-ci ; sachant cela, l'autre joueur sélectionne donc son action en toute connaissance de cause. Mais de tels équilibres s'avèrent peu fréquents, même dans les jeux simples évoqués. Aussi John Nash a-t-il généralisé cette notion en avançant le concept d'équilibre qui porte son nom. Selon celui-ci, les actions des joueurs doivent être cohérentes au sens où l'action de l'un doit être la meilleure au vu de l'autre (et réciproquement). Elle doit être la meilleure réponse (6) à l'action de l'autre. En conséquence, à l'issue du jeu, personne ne doit regretter son action individuelle, s'il considère l'action de l'autre comme donnée. En revanche, et c'est bien sûr le sens du célèbre dilemme du prisonnier (voir plus loin), les deux joueurs peuvent regretter de

(5) *Cf.* en particulier DASGUPTA STIGLITZ, 1980.

(6) Le terme réponse doit être pris dans son acception logique ; il n'inclut pas ici de dimension temporelle puisque le jeu est simultané.

n'avoir pas choisi ensemble un autre couple de stratégies (7) ; cela n'empêche pas que l'issue rationnelle du jeu est l'équilibre de Nash.

Un autre concept fondamental pour notre analyse et central en économie, en même temps que particulièrement intuitif, est celui de Pareto-domination ; une issue est Pareto-dominée par une autre, si le gain de chaque joueur est inférieur dans cette issue à celui obtenu dans l'autre issue. Il s'agit donc d'un critère simple d'efficacité.

A partir des concepts d'équilibre de Nash et de Pareto-domination, on peut alors définir une classification des jeux simples évoqués ici (deux joueurs disposant chacun d'un choix binaire). Quatre catégories apparaissent :

– les jeux disposant de deux équilibres de Nash,

– les jeux disposant d'un et d'un seul équilibre de Nash inefficace (Pareto-dominé),

– les jeux disposant d'un et d'un seul équilibre de Nash efficace (non Pareto-dominé),

– les jeux sans équilibre de Nash apparent.

L'excès ou l'absence d'équilibres, de même que l'inefficacité de l'équilibre unique, sont évidemment source de difficultés que nous étudierons par la suite.

Afin de rendre sensible cette classification, nous adopterons une présentation simplifiée que nous croyons originale. Nous remplacerons en effet la traditionnelle matrice des gains par un double tableau constitué de flèches. Chacun des tableaux a la même structure globale que la matrice des gains, lignes et colonnes représentant les actions des joueurs. Mais pour chaque action d'un joueur, les préférences de l'autre sont représentées par une flèche dont la pointe représente l'issue préférée par ce dernier (le meilleur gain pour lui étant donnée l'action de l'autre). Cette flèche pointe donc la « meilleure réponse » d'un joueur à l'action de l'autre (*cf.* la note précédente sur le sens à donner à cette expression).

Le tableau affecté au premier joueur est donc composé de deux flèches verticales, indiquant ses préférences. Le tableau du second joueur est pour les mêmes raisons composé de deux flèches horizontales (tableau 1). Compte tenu des permutations possibles, quatre cas apparaissent, qui ne s'identifient pas totalement à ceux cités plus haut (tableau 2).

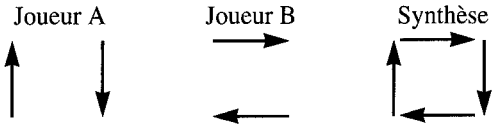
Tableau 1

Représentation normale et sagittale d'un jeu

Forme normale

Action		Joueur B 1	Joueur B 2
Joueur A	1	(1,–1)	(–1,1)
	2	(–1,1)	(1,–1)

Représentation sagittale

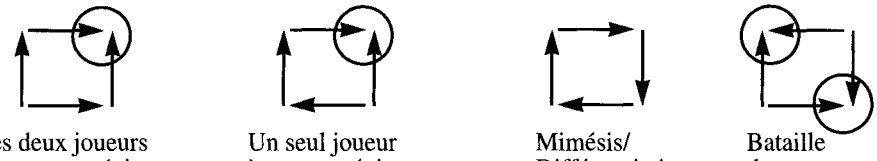


Note de lecture :
Si B joue l'action 1, le joueur A préfère l'issue correspondant à la case : action 1 de A action 1 de B, située en haut du tableau. La 1re flèche (celle de gauche) de la représentation sagittale pour le joueur A est donc orientée vers le haut.

(7) Dans ce type de jeu simple, action et stratégie seront considérées comme synonymes.

Tableau 2

Les quatre formes sagittales du jeu



Les deux joueurs ont une stratégie dominante	Un seul joueur à une stratégie dominante	Mimésis/ Différenciation	Bataille des sexes

Note de lecture :
L'équilibre de Nash apparaît à la coïncidence des pointes de deux flèches (matérialisée par un cercle).

Si les deux flèches d'un joueur sont orientées dans le même sens, une stratégie dominante existe. Le joueur choisit l'action correspondant à la pointe des deux flèches. L'équilibre est alors déterminé par le sens de la préférence de l'autre joueur (flèche de l'autre tableau sur la ligne ou colonne correspondante). Plus généralement, un équilibre de Nash existe chaque fois que deux flèches (situées sur l'un et l'autre tableau) pointent une case identique. Cette représentation présente donc l'avantage d'être parfaitement intuitive ; les flèches correspondent en effet à des « déplacements » possibles des joueurs dans un espace non réel mais logique et l'équilibre correspond à la colocalisation des deux acteurs sur une même case.

En premier lieu, comme nous l'avons vu, l'un des joueurs peut disposer d'une stratégie lui offrant des meilleurs gains quelle que soit l'action de l'autre joueur. Il choisit évidemment celle-ci ; l'autre joueur, le sachant sélectionne alors facilement la stratégie la meilleure pour lui. Cette issue constitue évidemment un équilibre de Nash ; mais cet équilibre peut être Pareto-dominé. En effet, bien que la représentation retenue ici implique une préférence entre les cases reliées par une même flèche – la pointe de la flèche est préférable à son origine –, il est possible que le gain associé à l'origine d'une flèche soit supérieur à celui de l'extrémité de l'autre flèche. Si c'est le cas pour les deux joueurs, l'équilibre du tableau 3 est en fait celui du dilemme du prisonnier. « Deux prisonniers, interrogés séparément, peuvent avouer une faute bénigne commise en commun, ou s'accuser l'un l'autre d'un crime grave. Celui qui dénonce l'autre pour ce crime, sans être lui-même dénoncé, est acquitté. Celui qui a été dénoncé (ou les deux accusés s'ils se sont dénoncés l'un l'autre) subit (ou subissent) une lourde peine. (8) » Cet équilibre est sous-optimal par rapport à (Pareto-dominé par) l'issue coopérative qui correspondrait à la case opposée.

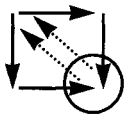
Tableau 3a

Dilemme du prisonnier

		B	
		Se tait	Avoue
A	Se tait	0,0	–10,1
	Avoue	1,-10	–5,–5

Tableau 3b

Représentation sagittale du dilemme du prisonnier



Les flèches en pointillé indiquent que le gain obtenu en bas à droite (équilibre de Nash) est inférieur à celui obtenu en haut à gauche (optimum de Pareto).

Le graphique visualise bien l'impossibilité d'un tel mouvement dans le cadre du modèle théorique.

(8) LUCE-RAIFFA, 1951.

La seconde classe de jeu est celle que la littérature nomme traditionnellement la bataille des sexes (9) où deux équilibres de Nash existent, puisque les pointes des flèches se rejoignent en deux cases. Les deux joueurs souhaitent se rejoindre (accomplir une action similaire) mais la coordination est rendue difficile par la présence de deux possibilités. Il n'y a pas en effet de raison fondamentale pour choisir *a priori* l'un de ses équilibres, sauf s'il est Pareto-dominant (meilleurs gains pour chacun des deux jouuers). La situation est alors quelque peu confuse et on verra comment le joueur le plus conscient doit chercher à rompre avec la simultanéité en obtenant de jouer le premier afin de sélectionner l'équilibre qui lui est le plus favorable. On remarquera également que si les deux joueurs privilégient au contraire la différenciation, chacun souhaitant faire le choix opposé à l'autre (10), la situation est sur le plan formel parfaitement identique.

La troisième catégorie est celle des jeux sans équilibre de Nash apparent, telle que le jeu de « *matching pennies* » (11). Ici l'un des joueurs cherche à copier le comportement de l'autre tandis que celui-ci cherche à s'individualiser. Notre représentation s'avère ici particulièrement évocatrice ; l'un des joueurs cherche à rattraper l'autre qui au contraire le fuit. La mimésis de l'un s'oppose à la volonté de différenciation de l'autre, comme dans la nouvelle d'Edgar Poe où William Wilson, rattrappé par son double qu'il a fui en vain, finit par succomber. Ces jeux ont posé problème aux théoriciens jusqu'à ce que Nash montre qu'il existait un équilibre à condition de rendre aléatoires les stratégies, chaque joueur tirant à pile ou face son action. Avec ces stratégies aléatoires, aussi appelées stratégies mixtes, se manifestait la légitimité de l'introduction volontaire du hasard dans la prise de décision (*cf.* l'analyse du jeu de poker dans Demange-Poussard (12)).

La présentation retenue ici (dont le domaine d'application est certes très partiel par rapport au haut degré de généralité de la théorie actuelle) insiste sur le fait que la distinction entre les jeux à somme nulle et les autres n'est pas essentielle. La ligne de clivage se situerait plutôt entre les jeux « agressifs » où les buts visés par les deux adversaires sont inconciliables (qu'on pourrait nommer jeux de mimésis/différenciation et que la littérature nomme « *matching pennies* ») et ceux où des formes de coopération sont recherchés (jeux de mimésis/mimésis, ou ce qui revient au même de différenciation/différenciation, que la littérature appelle assez maladroitement la bataille des sexes). Il s'ensuit que l'appellation générique traditionnelle de jeux non coopératifs (13) est quelque peu trompeuse, en particulier pour l'économiste. Dans beaucoup de cas réels, concurrence et coopération sont étroitement liées ; l'adversaire est aussi un partenaire (14). Enfin, la représentation proposée ici amorce une réconciliation des deux approches traditionnelles, la forme normale définie plus haut et la forme développée que nous allons maintenant présenter.

Auparavant, il nous faut récapituler les trois principales difficultés d'ordre d'ailleurs assez différent auxquels nous sommes confrontés :

– existence d'un équilibre de Nash sous-optimal dans le dilemme du prisonnier,

(9) Elle doit son nom à l'histoire suivante. Un couple a le choix entre une sortie à l'opéra et un match de boxe. Le mari préfère plutôt la boxe et la femme l'opéra ; mais tous les deux préfèrent aller ensemble plutôt que séparément. Deux équilibres existent, dont aucun n'est Pareto-dominant ; dans l'un, les deux conjoints vont ensemble à l'opéra ; dans l'autre, ils assistent tous les deux au match de boxe.

(10) Cette situation serait celle où chaque membre du couple précédent souhaite aller seul au spectacle. Ainsi le mari préférera encore aller à l'opéra seul plutôt que de se rendre au match de boxe accompagné de sa femme. La situation de ces deux couples peut sembler extrêmement différente ; elle est en fait formellement la même.

(11) Chaque joueur pose en même temps un penny sur la table, côté pile ou côté face à son choix. L'un des joueurs gagne les deux pièces chaque fois que la même face est visible ; si au contraire les faces opposées apparaissent, c'est à l'autre joueur que sont attribuées les deux pièces.

(12) DEMANGE-POUSSARD, 1994.

(13) Les jeux coopératifs s'intéressent quant à eux à la formation de coalitions et constituent un univers à part.

(14) Cela reste vrai dans le domaine militaire ; au cours d'un conflit aussi meurtrier et féroce que la Seconde Guerre mondiale, les protagonistes furent tacitement d'accord pour ne pas recourir à la guerre chimique qui avait fait des ravages dans les deux camps lors de la Grande Guerre.

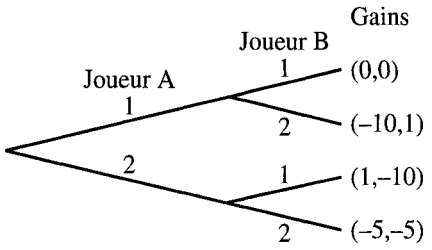
– excès d'équilibres dans la bataille des sexes,

– absence d'équilibre dans le jeu mimésis/différenciation et recours nécessaire à un tirage aléatoire qui peut sembler choquant.

La présentation du jeu sous forme séquentielle (ou développée) rompt avec ce cadre en supprimant l'hypothèse de simultanéité. Le jeu est alors décrit par un graphe orienté de la gauche (point de départ du jeu) vers la droite (issues finales), dans lequel chaque bifurcation correspond au choix de l'un ou l'autre des joueurs, la première de celles-ci correspondant au premier joueur. Les gains des deux joueurs lors de chaque issue sont représentés à l'extrême droite par un couple de nombres (tableau 4). Le jeu se résout en remontant le temps (backward), de la droite vers la gauche sur le graphique. On examine ainsi en premier lieu le choix du second joueur confronté à l'action du premier (qu'il connaît puisque le jeu est séquentiel). Sous cette forme (à condition que les gains diffèrent), le jeu a toujours une solution et une seule.

Tableau 4

Forme développée du dilemme du prisonnier



Note de lecture :
Si le joueur A a joué 1, le joueur B jouera sûrement 2 pour gagner 1. La perte pour le joueur A serait alors maximale (–10). Le joueur A jouera donc 2. Par suite le joueur B fera de même.

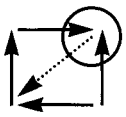
Si nous passons en revue la classification examinée plus haut en rompant avec l'hypothèse de simultanéité des coups, on observe que la séquentialisation a un effet important. Dans le jeu de la bataille des sexes, il faut chercher à jouer le premier de façon à attirer le partenaire vers l'équilibre qui vous est le plus favorable, tandis que dans le jeu mimésis/différenciation, il est capital de jouer en second.

Si les deux joueurs ont une stratégie dominante, il est impossible de s'écarter de l'équilibre du jeu simultané qui se révèle en toute logique particulièrement robuste. En revanche, si seul l'un des joueurs a une stratégie dominante (flèches de même sens), celui-ci peut échapper à l'issue automatique en jouant le premier une stratégie dominée. L'équilibre atteint est alors la case opposée que le premier joueur peut préférer puisque comme on l'a vu tout à l'heure le gain obtenu à l'origine d'une flèche, s'il est par définition inférieur à celui obtenu à la pointe de cette même flèche, peut être supérieur à celui obtenu à la pointe de l'autre flèche (tableau 5).

Tableau 5

Séquentialisation du jeu à une stratégie dominante

Jeu simultané



La flèche en pointillé indique que le gain de A dans le coin inférieur gauche est supérieur à celui obtenu dans le coin supérieur droit.

Jeu séquentiel

Le joueur A ne joue pas sa stratégie dominante ; le joueur B n'a plus que le choix défini par la flèche du second graphique. Il opte donc pour l'issue située à gauche.

Dans cette situation comme dans celle de la bataille des sexes, le second joueur pâtit donc en fait du choix qui lui est offert quand vient son tour de jouer. Le premier joueur s'appuie en effet sur la rationalité de ce dernier pour aboutir à une issue très favorable pour lui, limitant l'autre joueur à éviter l'issue la plus catastrophique *(« second-worst »)*. Le second joueur a dès lors intérêt à se lier les mains et à s'interdire certaines actions conditionnellement ou

non. S'il a la possibilité de s'engager de la sorte, il crée une menace crédible qui interdit à son adversaire/partenaire de tirer les marrons du feu (15) ; il obtient de la sorte une issue plus favorable. Si la menace n'est pas conditionnelle, c'est-à-dire si elle est indépendante de l'action de l'autre, le second joueur (dans l'ordre chronologique) joue en fait logiquement en premier. Encore faut-il que son engagement *(« commitment »)* soit crédible alors qu'il ne correspond pas à la rationalité *ex post,* puisque par définition, l'exécution de la menace (16) serait une punition que vous vous infligeriez à vous-même autant qu'à l'adversaire (17).

Afin de crédibiliser une menace par nature quelque peu irrationnelle, le joueur peut s'engager dans une stratégie de *« brinkmanship »* selon l'expression anglaise de Schelling qu'on pourrait traduire par jeu au bord du précipice. Puisque l'exécution de la menace est sujette à caution, celle-ci sera découpée en différentes étapes s'enchaînant et le joueur même s'il est à l'initiative du processus cherchera à démontrer qu'il en a perdu (ou risque de perdre) le contrôle et qu'il ne dispose pas d'une autorité totale sur la filière de décision et d'exécution susceptible de conduire à la réalisation de la menace. Dixit et Nalebuff donnent l'exemple de la crise de 1963 entre Etats-Unis et Union Soviétique, où John Kennedy en ordonnant le blocus naval de Cuba enclencha un processus de confrontation dont il était loin d'avoir le contrôle. Malgré sa célèbre déclaration : *« We will bury you »,* Kroutchev en tint compte et renonça à implanter ses missiles sur l'île chère au Lider Massimo.

A ce stade, le contexte informationnel que nous évoquerons plus loin n'est pas modélisé explicitement : les joueurs sont censés connaître parfaitement leur adversaire (stratégies possibles) et le jeu joué (gain de chacun selon l'issue). Pourtant son importance est déjà clairement soulignée dans les commentaires. Moulin (18) décrit ainsi la lutte pour le premier coup : « Les deux joueurs cherchent donc à faire connaître leur stratégie avant d'avoir joué et il en résulte une surenchère dans l'engagement *(« commitment »)* et le mensonge (chacun coupe les ponts qui lui permettraient de revenir en arrière ou prétend les avoir coupés) ; pour chaque joueur, il est essentiel de surveiller le degré d'engagement réel de l'adversaire, tout comme il est essentiel de prétendre s'en moquer pour rendre son propre engagement convaincant. Cette ambivalence de l'échange d'information – chacun feignant de ne pas entendre ce qu'il doit absolument écouter – est une caractéristique essentielle de la lutte pour le premier coup. »

Au contraire dans la lutte pour le second coup, la surabondance d'information fait place à une pénurie. Chacun craint d'être espionné, tout comme il espionne activement l'autre. Si information il y a, il s'agit d'une tentative d'intoxication de l'adversaire ; aussi toute information recueillie est-elle *a priori* suspecte. Un des plus beaux exemples de cette situation est celui des jours précédant le débarquement allié de Juin 44. Aurait-il lieu dans le Pas-de-Calais ou en Normandie, s'interrogeaient les Allemands, qui, s'ils avaient su la vérité auraient sans doute été capables d'une réaction victorieuse. Par l'opération Fortitude, les Alliés fournirent des éléments de preuve en faveur d'un débarquement en Normandie. Mais comme ceux-ci l'avaient anticipé, cela ne fit que renforcer l'Etat-Major nazi dans sa conviction *a priori* que le débarquement ne pouvait avoir lieu que dans le Pas-de-Calais (conviction fondée en particulier sur la double proximité de celui-ci avec les côtes anglaises et avec la Ruhr, cœur industriel de l'Allemagne).

Pour résumer, dans la lutte pour le premier coup, chacun cherche à dévoiler son

(15) Au sens le plus répandu de cette expression, dont on le sait, la signification était à l'origine inverse puisque celui qui tire les marrons du feu se brûle.

(16) La théorie des jeux donne un sens plus précis que le langage courant à la notion de menace. Une punition qu'il ne coûte absolument rien d'infliger n'est pas une menace, elle est simplement un coup obligé, partie intégrante d'une stratégie dominante.

(17) SCHELLING, 1980.

(18) MOULIN, 1984.

futur comportement et souhaite que le message soit reçu. Dans la lutte pour le second coup, chacun tente de cacher sa stratégie et les informations fournies sont souvent fausses (quand on pense être cru) et parfois vraies (quand on estime ne pas l'être).

Si la menace est conditionnelle (action fonction de l'action de l'autre joueur), il n'est pas possible de formaliser la situation par une simple modification de l'ordre des joueurs. L'arbre du jeu est en fait modifié par la suppression de certaines branches. Cette suppression modifie paradoxalement l'équilibre atteint, ce qui est évidemment le but de ce mouvement stratégique. Comme l'écrivent Dixit et Nalebuff : « Agir stratégiquement, c'est trouver une façon crédible de s'engager à ne pas suivre la stratégie d'équilibre du jeu simultané. »

En conclusion, quand le jeu est simplement séquentiel (pas de possibilité de s'engager), il est important de jouer chronologiquement en premier (comportement de leader de Stackelberg d'après le nom de l'économiste qui le décrivit au début de ce siècle) :

– si on se situe dans un jeu de coopération du type bataille des sexes,

– si l'on est seul à possèder une stratégie dominante et que l'issue opposée à l'équilibre de Nash vous est plus favorable.

Il faut au contraire chercher à jouer en second (follower) dans les jeux agressifs du type mimésis/différenciation (19).

En termes littéraires, il faut jouer en premier quand un choix semble exister entre deux (ou plusieurs) issues relativement attrayantes pour l'un et l'autre et situées aux antipodes l'une de l'autre (c'est-à-dire constituées d'actions différentes pour l'un et l'autre). Il faut jouer en second quand aucune issue ne recueille le moindre consensus et qu'on se situe donc dans un contexte agressif.

Dans les cas où l'on ne joue pas chronologiquement en premier, il est possible d'obtenir des résultats identiques à condition de pouvoir s'engager inconditionnellement à certaines actions. Tout se passe alors comme si on jouait logiquement en premier. Mais l'engagement doit être crédible, alors que par définition il est contraire à la rationalité *ex post.*

Ces arguments proprement stratégiques ne doivent pas être confondus avec les avantages « techniques » liés au jeu en premier. Il existe en effet souvent un avantage en soi à jouer le premier coup. Le joueur qui a les pièces blanches aux échecs ou l'armée qui attaque par surprise bénéficient d'un tel avantage, qui n'est pas décrit par le modèle précédent, puisque dans celui-ci, si l'issue atteinte peut dépendre de l'ordre des actions, les gains de chaque issue, eux, n'en dépendent pas. Inversement, mais sans doute plus rarement, c'est au contraire le jeu en second qui procure ce type d'avantage. C'est le célèbre : « Tirez les premiers, Messieurs les Anglais » de la bataille de Fontenoy.

Le retour de la coopération ou comment s'affranchir du dilemme du prisonnier :

Avant d'évoquer de façon plus formelle le contexte informationnel et la possibilité que le jeu et l'adversaire ne soient pas parfaitement connus de chacun, il nous faut revenir au dilemme du prisonnier et évoquer les voies du retour à une coopération mutuellement avantageuse.

La première de celles-ci est issue de la répétition du jeu. On montre que si le jeu est répété indéfiniment, de nombreuses stratégies (20) conduisent les deux joueurs à renoncer sur une longue période au comportement agressif et à coopérer (ce résultat est issu du théorème « du folklore », ainsi nommé parce que personne n'en revendique la paternité). La première de ces stratégies, connue sous le nom de « *tit for*

(19) Dans des jeux à deux joueurs de structure plus complexe (*continuum* de stratégies par exemple), une autre configuration est possible, celle où les deux joueurs peuvent s'accorder sur le fait que l'un des deux joue en premier (Moulin, 1981).

(20) Dans le super jeu formé par la répétition du jeu simple, une stratégie est une règle prévoyant la réponse à toutes les actions possibles de l'adversaire ainsi que, le cas échéant, une action initiale. Ce n'est donc pas, comme on pourrait le penser un peu trop rapidement, une simple suite d'actions.

tat », s'inspire de la loi du talion. Elle consiste à répondre à toute action par une action identique au tour suivant, selon les prescriptions du *livre de l'Exode* (21) : « Tu donneras vie pour vie, œil pour œil, dent pour dent, main pour main, pied pour pied, brûlure pour brûlure, blessure pour blessure, meurtrissure pour meurtissure. » Selon Axelrod qui a réalisé des jeux expérimentaux auprès d'étudiants afin de tester les différentes stratégies, celle-ci serait la plus efficace.

Sans aller jusqu'à la réponse fournie par l'Evangile selon saint Mathieu [V,38] : « Vous avez entendu qu'il a été dit : œil pour œil, dent pour dent. Mais moi, je vous dit de ne pas résister au méchant. Si quelqu'un te frappe sur la joue droite, tends-lui aussi la joue gauche », on peut être d'un avis différent. Car la loi du talion se révèle très vulnérable à tout malentendu ou erreur d'interprétation. Elle dégénère en une vendetta stérile et interminable, dès lors qu'à un moment donné un acte agressif a été réellement commis ou interprété comme tel. Ce risque est évidemment particulièrement élevé quand chaque joueur est en fait un groupe dont le contrôle et la mémoire sont incertains. Ainsi dans Huckleberry Finn, personne n'est en mesure de se rappeler l'origine de la querelle entre la famille des Grangerford et celle des Sheperdson, querelle qui continue pourtant interminablement.

Afin d'engendrer une stratégie plus robuste, Dixit et Nalebuff proposent donc d'incorporer dans la stratégie optimale une dose de celle proposée dans le *Nouveau Testament* en « pardonnant » un certain nombre de déviations (par rapport au comportement coopératif). Ils distinguent quatre stades : première impression, court terme, moyen terme, long terme. Ainsi, une agression au premier coup sera punie par un retour à la stratégie *tit for tat ;* en revanche, une action agressive faisant suite à plusieurs périodes de coopération ne sera pas immédiatement punie. Par exemple, sur le moyen terme, les auteurs proposent comme règle de pouce d'admettre jusqu'à deux déviations sur les vingt derniers coups. Ainsi le fatal engrenage de la loi du talion a moins de chance de se mettre en marche. Mais puisque les déviations ne sont plus automatiquement sanctionnées, l'autre joueur peut en profiter en jouant de temps en temps de façon agressive et égoïste. Mais ce faisant, il use le crédit dont il disposait et ce comportement opportuniste *(« free-rider »)* doit donc rester limité.

La répétition infinie du jeu triomphe donc des comportements agressifs et rétablit pour l'essentiel la coopération et la Pareto-optimalité. Mais quand le jeu a un nombre fini d'étapes, hypothèse qui peut sembler plus réaliste aux humbles mortels que nous sommes, il devient à nouveau impossible d'aboutir à la situation coopérative, comme on peut le démontrer en résolvant le jeu à partir de la fin (selon la technique traditionnelle, dite de la *« backward induction »*). A la dernière étape, le passé n'ayant pas d'influence, le comportement agressif est le comportement rationnel comme dans le jeu à une étape. Comme l'issue du jeu à la dernière étape est déterminée, lors de l'avant-dernière étape tout se passe comme si celle-ci était la dernière ; donc le comportement coopératif est là aussi proscrit. Et ainsi de suite...

Pourquoi dès lors coopérer ? En premier lieu, parce que si le nombre d'étapes n'est pas infini, il est en revanche souvent indéterminé. En second lieu, parce que la réputation acquise par un comportement coopératif dans une relation avec un partenaire, favorisera à son tour un comportement coopératif d'autres partenaires. En troisième lieu, parce que la probabilité même faible d'un comportement « irrationnellement coopératif » chez l'autre, peut rendre la coopération efficace (21).

Incertitude et information :

Jusqu'ici, nous avons supposé que chaque joueur connaissait pour toute issue (c'est-à-dire pour tout couple d'actions) ses gains ainsi que ceux de son adversaire.

(21) Cette possibilité est illustrée par le jeu du mille-pattes qu'il serait trop long d'exposer ici.

L'hypothèse peut cependant être levée si l'on accepte le paradigme bayésien (22), l'un des pionniers en la matière étant le tout récent Prix Nobel d'Economie Harsanyi (Nobel partagé avec Nash et Selten) (23).

Dans la démarche bayésienne qui culmine avec les équilibres bayésiens parfaits, l'incertitude sur les gains est formalisée par l'existence d'une information incomplète sur les types des joueurs. A chaque type est associée une matrice de gains particulière. Les actions efficaces sont donc différentes selon le type de l'adversaire que malheureusement le joueur ignore. Dans le cas le plus simple, l'un des joueurs est parfaitement défini tandis que l'autre est de deux types possibles (correspondant à deux matrices de gain différents). Ce joueur connaît son type ; en revanche, son adversaire l'ignore. Ainsi dans la savoureuse histoire de Rudyard Kipling, un jeune jaguar affamé est confronté à une tortue et à un hérisson. D'après les conseils de sa mère, il sait quelle stratégie utiliser selon l'adversaire (en d'autres termes, il connaît la matrice des gains conditionnellement au type de l'adversaire) : il faut pousser à l'eau le hérisson pour qu'il se déroule, et au contraire vider d'un coup de patte la carapace de la tortue. Mais ses connaissances en zoologie étant embryonnaires, il ignore à quel animal il a affaire. Les discours de sa victime potentielle s'emploient à augmenter la confusion (comme précédemment, la vérité n'est proférée que dans l'espoir qu'elle passera pour un mensonge), si bien qu'il use à chaque fois de la mauvaise stratégie. A la fin, les deux animaux se mêlent et deviennent un tatou, ce qui constitue, si l'histoire est vraie, l'origine de cet animal ainsi que le premier emploi d'une stratégie mixte.

S'il joue en premier, c'est à son tour le joueur sur lequel porte l'incertitude qui est confronté à un dilemme. Doit-il sélectionner sa meilleure stratégie dans le jeu à information complète au risque de dévoiler son type à l'adversaire qui pourrait en tirer profit ? Ou doit-il choisir une action en apparence non optimale afin de laisser la confusion dans l'esprit de son adversaire et bénéficier d'une réponse inadaptée ?

Un des exemples les plus célèbres est celui du jeu de réputation de Kreps-Wilson-Milgrom-Roberts. Une entreprise en monopole est confrontée à l'arrivée d'un concurrent. Le manager de cette entreprise est soit raisonnable, soit fou furieux *(«crazy»)*. S'il est raisonnable, sa meilleure stratégie *« a priori »* (en l'absence d'effet de réputation) est d'accepter l'arrivée du concurrent en se contentant d'une mise à niveau de ses prix qui assure des profits aux deux entreprises. S'il est fou furieux, il ne supporte pas cette intrusion et n'envisage pas d'autre possibilité qu'une guerre de prix féroce. Il n'est donc pas guidé par la recherche du plus fort profit comme le manager sensé.

Le jeu se déroule en deux périodes, toutes deux génératrices de profit (ou de pertes). Au début du jeu, une seconde entreprise (l'entrant) arrive sur le marché. En première période, l'entreprise en place choisit de s'accommoder de cette entrée ou de faire une guerre de prix. Au début de la seconde période, l'entrant choisit de rester sur le marché ou de le quitter ; s'il reste, l'entreprise en place déclenche ou poursuit une guerre de prix, ou encore s'accommode. Si le manager de l'entreprise en place est fou furieux, il opte par définition pour la guerre à outrance et l'entrant a intérêt à quitter le marché, car la guerre de prix lui ferait perdre de l'argent. S'il est au contraire raisonnable, il a en seconde période tout intérêt à s'accommoder de l'entrée puisque le jeu s'arrête ; donc le concurrent, s'il sait avoir en face de lui un manager raisonnable, doit rester sur le marché.

Il y a donc un coût pour le manager raisonnable à se démasquer. Il peut alors avoir intérêt à brouiller les cartes en entrant lors de la première période dans une guerre de prix afin de chercher à se faire passer pour « fou furieux », ce qui dis-

(22) La théorie de Bayes repose sur l'existence de probabilités subjectives *« a priori »* révisables en fonction des faits observés par le théorème qui porte son nom.

(23) HARSANYI, 1994.

suade le concurrent de rester en seconde période. Il dévie donc du comportement qui serait optimal en information complète (s'accommoder) pour tenter de se faire passer pour fou, sachant que s'il y réussit, l'entrant quittera le marché et qu'il retrouvera donc en seconde période son monopole et donc un profit supérieur.

Plusieurs équilibres sont envisageables, dans lequel le manager fou choisit toujours par définition la guerre à outrance. Dans l' équilibre « séparateur », le manager raisonnable choisit de s'accommoder, stratégie qui représente sa préférence *« a priori »*. Mais son action révèle son type et il perd toute chance que l'entrant quitte le marché.

Dans l'équilibre « mélangeant », le manager raisonnable se fait violence en déclenchant la guerre de prix pour faire croire à son concurrent que celle-ci continuera lors de la seconde période et inciter celui-ci à la sortie. Enfin dans l'équilibre semi-séparateur, le manager raisonnable tire au sort son comportement afin de maintenir l'adversaire dans le doute sur son type véritable. En conséquence, selon le résultat du tirage, l'identité du manager raisonnable est ou non dévoilée.

L'existence de ces équilibres est fonction des profits obtenus dans les diverses situations, mais aussi des probabilités *a priori* sur le type du manager. En effet, l'entrant se livre au vu de l'action du manager à une révision bayésienne (24) de sa croyance *a priori* sur le type de celui-ci. Si celle-ci penchait fortement en faveur de l'hypothèse d'un manager accommodant, il devient impossible qu'il change d'avis (c'est-à-dire que la probabilité *a posteriori* de cette hypothèse devienne suffisamment faible pour que l'entrant choisisse de se retirer). Seule la stratégie « transparente» (équilibre séparateur) reste possible. A l'opposé, si l'entrant s'attend plutôt à un manager fou, il devient intéressant pour le manager raisonnable de le conforter dans cette opinion, en adoptant un comportement agressif au premier tour, afin que l'entrant se retire lors de la seconde étape.

Dans cette forme de jeu, la possibilité de jouer en premier est ambivalente. D'une part, elle permet de transmettre un signal susceptible d'influencer le second joueur ; d'autre part, elle oblige à révéler par son action de l'information sur sa nature, information jusque-là inconnue de l'adversaire.

Mais les aspects informationnels ne se réduisent pas à l'information sur les deux joueurs. L'information sur l'environnement et la réduction de l'incertitude sur celui-ci sont également à prendre en compte. Au fil du temps, les gains associés aux différentes issues seront mieux connus ; en outre, d'autres actions deviendront possibles et donc d'autres issues. Ces facteurs jouent le plus souvent en faveur de l'attente et du jeu en second.

Concurrence et régulation :

Le cadre défini précédemment permet de déterminer les objectifs que peuvent viser les entreprises en concurrence imparfaite (duopole ou oligopole). Ces objectifs sont selon les circonstances :

– sortir du dilemme du prisonnier et parvenir à coopérer,

– sélectionner l'équilibre qui a leur préférence, c'est-à-dire choisir l'une des formes de coopération possible.

Ce choix dépend des formes que prend la concurrence. Dans le cadre restreint de cet article, nous n'évoquerons que très rapidement celles-ci, afin de les rapprocher de la grille élaborée plus haut.

Dans la concurrence à la Bertrand, les entreprises se font une guerre de prix et vendent à leur coût marginal ; en présence de coûts fixes notables, cela les conduit à la ruine. On se situe donc dans un contexte

(24) Celle-ci consiste pour l'entrant à calculer au vu des actions du manager des probabilités *a posteriori* à partir de probabilités données *a priori* sur son type et de la probabilité de chaque action selon chaque type. Par exemple, le manager fou ne s'accommode jamais de l'entrée. Donc, si l'on observe que l'entreprise en place s'accommode, la probabilité *a posteriori* d'avoir affaire à un manager fou est nulle. Dans ce cas, contrairement à ce qui se passe en général, la probabilité *a posteriori* ne dépend pas de la probabilité *a priori.*

Un tel raisonnement peut sembler bien complexe. Je prétends que chacun l'utilise tous les jours de façon certes grossière et approximative, comme M. Jourdain faisait de la prose.

de type dilemme du prisonnier, puisque la coopération totale (formation d'un cartel) aurait permis de se partager le profit que pourrait obtenir un monopole libre de fixer le prix à sa guise.

La concurrence à la Cournot, qu'Edgeworth a fondé sur la rigidité des capacités, permet de sauvegarder un certain profit. Le modèle est ici celui de la bataille des sexes. Ainsi si l'un des joueurs affiche sa production avant l'autre (leader de Stackelberg), il obtient un meilleur profit.

Enfin dans la concurrence dite monopolistique, chacun cherche à se différencier pour éviter la concurrence frontale. Si la gamme peut se décliner selon deux produits, l'une des firmes commercialise le premier, tandis que l'autre vend le second. La concurrence ne disparaît pas puisque les produits restent substituables ; mais elle s'estompe puisque les consommateurs ont leur préférence *a priori* et n'optent pour l'autre produit que s'il est vraiment moins cher. Chaque firme cherche donc à se différencier de l'autre ; mais, si les entreprises s'accordent pour se partager le marché (25), deux choix restent possibles : soit l'entreprise 1 vend le produit A tandis que 2 vend B ; soit l'inverse. Ou encore, dans le cas de la différenciation verticale, soit l'entreprise 1 choisit le haut de gamme et l'entreprise 2 le bas de gamme ; soit l'inverse. Comme on l'a vu plus haut, cette situation où chacun des joueurs cherche à se différencier de l'autre est formellement identique à celle où ils cherchent à s'imiter ; dans les deux cas, il s'agit d'un jeu « coopératif » du type bataille des sexes.

Si les capacités sont rigides ou si chaque entreprise accepte de se spécialiser sur une partie de la gamme (ou encore de choisir une localisation spécifique quand les coûts de transport sont élevés), la situation duopolistique échappe au syndrome de guerre frontale imaginé par Bertrand. Le jeu est donc un jeu de coopération ; les entreprises en situation d'information complète doivent donc, comme nous l'avons démontré plus haut, chercher à jouer en premier pour sélectionner le meilleur équilibre.

Dans le cas contraire (pas de rigidités sur les capacités et pas de segmentation possible du marché), elles doivent trouver le moyen de sortir de l'enchaînement décrit par Bertrand et qui est du type dilemme du prisonnier. Il leur faut donc chercher à stabiliser leur coopération en s'appuyant sur la répétition du jeu. Comme nous l'avons vu, cela n'est pas sans chances de succès.

Mais cette coopération entre entreprises, si elle est parfaitement accomplie, est en fait une collusion. Le cartel ainsi créé reconstitue le profit de monopole au détriment du consommateur. Le régulateur souhaite donc l'empêcher par tous les moyens. Pour reprendre une analogie militaire, le régulateur est dans la situation d'un marchand de canons dont le but est de faire éclater les conflits et dont la hantise est la conclusion d'une paix durable. Les éléments fournis plus haut indiquent quelques pistes, non toujours compatibles et souvent semées d'embûches que nous mentionnons brièvement :

– accroître le nombre des acteurs (car cela rend plus difficile la mise en place des stratégies qui stabilisent la coopération) : cela n'est pas sans inefficacité économique dans les situations de monopole naturel – avec de forts coûts fixes,

– favoriser l'arrivée d'acteurs « étrangers au sérail », moins susceptibles de collusion avec les entreprises en place : cela signifie faire la part belle aux entreprises étrangères,

– annoncer avec précision la durée d'une organisation du marché pour se placer dans la situation d'un jeu répété fini : par exemple, on accordera deux licences pour cinq ans, puis on s'engagera à un octroi plus large de licences,

– mais aussi menacer de changer les règles du jeu si les entreprises se coalisent trop ouvertement : la contradiction avec l'item précédent est celle du conflit *ex ante/ex post ;* les incitations à entrer sont en fait d'autant plus fortes que les possibi-

(25) On verra plus loin le cas où existait une entreprise en place présente sur les deux marchés.

lités de collusion seront importantes,

– jouer sur des facteurs irrationnels, tels que l'hostilité ancienne de deux entreprises, voire de leurs deux managers,

– empêcher la mise en place de stratégies *tit for tat* en interdisant ou freinant les réactions tarifaires de l'une des entreprises à une guerre de prix déclenchée par l'autre.

Le régulateur doit aussi se préoccuper d'éviter le sort funeste du marchand de canons de la célèbre chanson de Boris Vian : ses clients, les entreprises, doivent rester en vie, sous peine de voir s'éteindre définitivement son activité, qui est de les contrôler. Cela suppose que la concurrence ne devienne pas destructrice, ce qui est pourtant sa tendance naturelle dans les industries à fort coût fixe (*cf.* l'argumentation développée par les cimentiers dans le procès pour entente qui leur a été intenté par la Communauté). Il ne doit pas non plus rêver à un monde de concurrence parfaite, où les dilemmes de la théorie des jeux s'aboliraient spontanément puisque celle-ci ne s'applique qu'aux oligopoles. Ce rêve serait trop coûteux dans le monde des télécommunications, monde de fortes économies d'échelle, monde d'externalités et de normes, et enfin monde d'innovation.

Principaux enseignements :

Les entreprises en concurrence imparfaite se situent parfois dans une concurrence frontale sur un produit banalisé. L'idéal est alors de jouer en second si l'adversaire ne peut répliquer (réglementation, inertie tarifaire). Dans le cas contraire, elles peuvent s'appuyer sur la durée (la répétition du jeu) afin d'aboutir à une issue coopérative. Cette coopération évite la faillite des deux entreprises quand les coûts fixes sont élevés ; mais elle peut aussi dégager une rente importante au détriment du consommateur. Le régulateur s'intéresse donc lui aussi aux conditions d'émergence de la coopération, mais c'est pour chercher à empêcher son éclosion.

Plus souvent, la concurrence est en fait dès l'abord coopérative (le jeu simple n'est pas du type dilemme du prisonnier mais du type bataille des sexes). Dans le choix entre jouer en premier ou en second, quatre dimensions sont alors à prendre en compte :

– technique : avantage en soi procuré par l'attaque ou la défense,

– stratégique : possibilité d'aboutir à une issue préférée ou d'éviter une issue défavorable,

– d'information sur les joueurs : influencer les croyances a priori de l'autre sur votre nature, mais aussi être contraint à révéler totalement ou partiellement celle-ci,

– d'information sur l'environnement : réduction de l'incertitude sur les gains à obtenir dans les différentes issues ; apparition de nouvelles actions et donc de nouvelles issues.

LEÇONS POUR LES TÉLÉCOMMUNICATIONS :

L'existence d'un petit nombre d'acteurs industriels en concurrence et la présence de règles du jeu parfois complexes élaborées (ou en cours d'élaboration) par les régulateurs font des télécommunications un champ d'application privilégié pour la théorie des jeux. Nous repérerons ici quelques problèmes posés aujourd'hui au secteur et nous chercherons à tirer quelques leçons des enseignements de la théorie sans perdre de vue la grande complexité de la plupart de ces problèmes.

Fibre optique et désendettement :

L'intérêt en soi des autoroutes de l'information a été suffisamment évoqué ces dernières années pour qu'il ne soit pas nécessaire d'y revenir. Nous nous contenterons ici d'examiner leur intérêt stratégique (au sens précis que nous avons donné à ce terme) pour l'opérateur en place.

En premier lieu, il importe de préciser le concept. Si on retient la définition donnée par le Rapport Théry, qui en France fait autorité en la matière, il s'agit d'un câblage en fibre optique allant quasiment jusqu'à l'abonné et couvrant l'ensemble du territoire. Dans cette définition exten-

sive (26) du concept, l'opération aurait un coût de l'ordre de 200 GF sur vingt ans, dont la majeure partie serait dépensée en infrastructures.

Si la construction des infrastructures était pour l'essentiel le fait de l'opérateur en place, elle épongerait une part importante de son cash-flow. Or celui-ci peut trouver d'autres utilisations :

– expansion et rachats de licences ou d'entreprises de télécommunications à l'étranger,

– intégration verticale vers les contenus ou les métiers de l'intermédiation,

– désendettement.

Ces quatre voies ne sont évidemment pas en soi exclusives l'une de l'autre ; elles sont d'ailleurs amorcées en parallèle aujourd'hui, même si la priorité a semblé être au désendettement et à la conclusion d'alliances internationales. Cependant il est vraisemblable que les logiques qu'elles impliquent devront un jour être poussées jusqu'au bout et que des choix devront être faits. Nous avons choisi de nous centrer ici sur l'alternative entre autoroutes (vues dans leur conception extensive) et désendettement, dont nous allons montrer qu'elle peut s'interpréter en termes de lutte pour le premier ou le second coup.

En construisant un réseau en fibre optique, un opérateur se dote de capacités importantes de transmission, lui permettant d'écouler jusqu'à l'abonné des débits cent fois supérieurs à ceux offerts sur la paire de cuivre actuelle. Il réalise un investissement important dont les coûts d'amortissement seront bien supérieurs aux coûts d'exploitation. Bien que sa rentabilité globale se joue sur le calcul complet incluant les coûts d'investissements, sa décision de rester sur le marché est en fait fonction de l'obtention du petit équilibre (27), celui de l'exploitation courante (sous réserve que le poids des frais financiers ne le conduise pas à la faillite). Il dispose donc face à un éventuel concurrent de la menace crédible de réduire ses prix jusqu'au niveau de ce petit équilibre. Car les coûts fixes sont maintenant des coûts irréversibles *(« sunk costs »)* (28) n'intervenant plus dans la décision de se maintenir. Pour l'entrant au contraire, la décision d'intervention tient compte du calcul économique complet ; et la perspective d'une guerre de prix peut le décider à renoncer.

L'édification de capacités pléthoriques a déjà été utilisée dans d'autres secteurs, donnant parfois lieu en particulier aux Etats-Unis à contentieux (affaire Aluminium Corporation of America en 1945, par exemple). Dans le contexte actuel, il ne semble pas que les autorités de tutelle y trouveraient à redire puisqu'elles appellent de tous leurs vœux la construction des autoroutes de l'information.

A quelle condition l'opérateur dominant doit-il donc jouer le premier coup et édifier rapidement le réseau en fibre du futur ?

En premier lieu, si le jeu est plus coopératif qu'agressif (*cf.* supra). Cette question est cruciale. Plusieurs scénarios sont envisageables. Dans le scénario évoqué plus loin où un seul concurrent est présent sur le marché et choisit soit le marché du local (29), soit celui de l'interurbain, selon la structure tarifaire de France-Télécom, il s'agit d'un jeu mimésis-différenciation ; le concurrent entre là où la position compétitive de FT est la plus faible. Il faut donc éviter de concentrer ses efforts sur un seul des deux fronts et garder des marges de manœuvre financières afin de réduire les tarifs sur le front attaqué ; il faut donc chercher à jouer en second. Si l'attaque se produit *a priori* de toutes façons sur tous les fronts, donc en particulier sur le local

(26) On peut bien sûr imaginer des solutions techniques moins onéreuses (RNIS bande étroite, fibre-coaxial) au détriment de la largeur de bande permise et donc de la richesse des services offerts. On peut aussi vouloir limiter la couverture territoriale (voir plus loin).

(27) Le petit équilibre d'un projet est atteint quand sur une année et relativement à ce projet, les recettes l'emportent sur la somme des investissements de l'année et des dépenses courantes d'exploitation.

(28) Si l'on fait abstraction des possibilités de revente, guère attractives *a priori*, puisqu'il s'agit du cœur de métier.

(29) Plusieurs concurrents intervenant localement sur des sites différents sont ici assimilables à un opérateur unique.

et sur la base d'offre conjointe de services téléphoniques et multimédia (dont télévision par câble), le jeu est plutôt coopératif (une guerre de prix est néfaste pour tous) et la lutte pour le premier coup devient impérative.

Il est possible aussi que le lieu de l'affrontement soit unique mais ne dépende que faiblement de la structure tarifaire de France-Télécom et soit en fait prédéterminé par les compétences ou les anticipations des concurrents. Si les services téléphoniques et multimédia locaux (avec l'accès au longue distance qu'ils autorisent) sont un des lieux privilégiés de celui-ci, la création de surcapacités est une ligne de défense raisonnable. Si l'affrontement principal est ailleurs (entreprises, données), elle se transforme en une ligne Maginot, coûteuse et inutile.

En second lieu, l'opérateur s'il reste en monopole, doit gagner de l'argent. En construisant ces capacités, l'opérateur crée la menace crédible d'accepter de perdre de l'argent sur l'entièreté de l'opération (si le concurrent entre sur le marché) en se contentant d'assurer l'équilibre de son exploitation courante. Cette menace doit conduire l'entrant potentiel à renoncer et donc ne jamais être exécutée. Encore faut-il que l'opération globale en monopole soit profitable, sinon le jeu n'en vaudrait pas la chandelle.

A l'opposé, la stratégie du désendettement est une lutte pour le second coup ; elle accroît la marge de manœuvre financière nécessaire à la riposte, que celle-ci soit en terme d'offre ou de tarifs. Elle s'impose si l'agressivité est le trait dominant de la concurrence qui s'instaure (jeu non coopératif au sens que nous avons donné à ce terme) ainsi que si le lieu principal de l'affrontement est mal déterminé : entreprises ou résidentiel ; local ou interurbain ; téléphonie, données ou multimédia ; marchés nationaux ou extérieurs ; ou encore si les techniques ne sont pas stabilisées. L'engagement de la SFR dans une technique analogique rapidement devenue obsolète est ainsi l'exemple d'un premier coup joué à tort au grand dam de cette société.

La stratégie de lutte pour le second coup nécessite cependant une grande capacité de réaction aux initiatives de l'adversaire et une grande flexibilité, alors que le point fort de la culture de l'opérateur est le déploiement de réseaux de haute technologie sur la durée.

C'est pourquoi dans un autre article (30), nous avons proposé de mieux cibler la construction de cette barrière à l'entrée et d'édifier dans les grandes métropoles ce que nous avons appelé de grands boulevards de l'information, en direction des entreprises, des professionnels et des zones résidentielles les plus attractives. Cet engagement pourrait se révéler dissuasif vis-à-vis d'éventuels concurrents dans la boucle locale ; beaucoup moins coûteux que le déploiement général des autoroutes, il serait en outre compatible avec une poursuite du désendettement.

Le lieu du débarquement :

A priori, les probabilités que la concurrence s'exerce en premier lieu dans l'interurbain sont fortes. Un réseau interurbain est en effet d'un coût beaucoup plus faible et peut être construit bien plus rapidement qu'un réseau local, que celui-ci couvre tout le territoire ou seulement l'ensemble des grandes villes ; des infrastructures concurrentes existent en particulier en association avec les grandes infrastructures de transport ; enfin les équilibres tarifaires hérités du passé rendent cette activité beaucoup plus rentable.

Gardons-nous cependant d'en rester à ce premier niveau d'analyse et de négliger les interactions stratégiques (*cf.* l'exemple cité plus haut du débarquement allié de 44). La forte probabilité d'une attaque dans l'interurbain peut conduire l'opérateur à un rééquilibrage draconien de ses tarifs ; dès lors, c'est dans le local que la porte s'ouvrirait comme c'est le cas aujourd'hui pour les câblo-opérateurs au Royaume-Uni. Dans ce jeu de mimésis-différenciation, il est important de jouer le

(30) GUIEYSSE, LEVASSEUR, TURPIN, 1995.

second coup et de prévoir des armes plus souples que les rééquilibrages tarifaires globaux qui nécessitent le plus souvent de longues négociations avec régulateurs et tutelle. C'est bien sûr là l'un des grands mérites des options tarifaires (31). Celles-ci, en offrant des menus tarifaires (pour schématiser, un abonnement couplé avec une réduction au volume) rompant avec la péréquation rigide de la tarification actuelle, permettent en effet de fidéliser des clientèles ciblées et de riposter rapidement par une simple modification des paramètre aux attaques de concurrents qui sans nul doute seront fondées essentiellement sur l'écrémage.

Une analyse identique s'appliquerait au couple ménages-entreprises, où l'offensive la plus immédiate (et déjà en cours) concernera les entreprises. Un rééquilibrage trop violent des tarifs de l'opérateur en faveur de celles-ci pourrait laisser le champ libre à la concurrence sur les marchés résidentiels. C'est pourquoi là encore la réponse offerte par des options tarifaires destinées au monde professionnel est infiniment préférable.

Un ou plusieurs concurrents :

Beaucoup d'auteurs (et sans doute aussi certains régulateurs) tendent à considérer que l'intensité de la concurrence sera proportionnelle au nombre de licences d'exploitation accordées. Mais, s'il est plus facile de coopérer à deux, il est aussi plus facile de s'entre-tuer. Dès que le nombre de joueurs passe à trois, le risque est grand qu'un conflit éclatant entre deux joueurs ne profite au troisième larron. Les trois joueurs en conséquence peuvent préférer trouver un *modus-vivendi,* ce que cherche précisément à éviter le régulateur. Plus généralement, Dixit et Nalebuff avancent l'idée qu'un nombre impair de joueurs se révèle plus stable (plus coopératif) qu'un nombre pair.

L'apparition d'un nombre trop important d'entreprises accroît d'autre part les inefficacités dans une industrie à fortes économies d'échelle. Plus les concurrents seront nombreux et plus ils supporteront des coûts élevés (ce jugement doit cependant être nuancé car les économies d'échelle peuvent être obtenues sur d'autres marchés, en premier lieu, le marché américain).

En dynamique, la perspective d'un nombre élevé de compétiteurs a également des effets pervers. L'obtention d'une seconde licence sur un marché jusque-là en monopole est en effet moins attrayante si l'entrant potentiel sait que le marché sera rapidement complètement libéralisé. La concurrence future tue la concurrence actuelle. Ainsi, au Royaume-Uni, le régulateur n'a jamais caché que le duopole représentait une période transitoire avant l'introduction à une date indéterminée d'une concurrence plus large. Cette perspective accroissait les risques encourus par Mercury. Cette incertitude sur la durée de son face-à-face avec British Telecom est sans doute l'une des raisons des investissements fort timides de Mercury qui n'a jamais réellement essayé de concurrencer BT frontalement, en particulier sur le local.

A contrario, l'existence de nombreux concurrents crée un effet d'échantillonnage ; la probabilité que l'un d'entre eux mette en place la technologie révolutionnaire ou l'application miracle *(« killer application »)* devient plus forte. Il ne nous semble cependant pas que cet argument l'emporte sur ceux que nous venons d'énoncer.

Contrairement à un préjugé fort répandu, en particulier chez les régulateurs, il serait donc très imprudent de juger de l'intensité de la concurrence à l'aune du nombre de licences proposées.

Relations industrielles :

Depuis de nombreuses années, les opérateurs de télécommunications comme beaucoup d'entreprises du domaine public ou d'administrations (Défense) recourent à une double source pour leur approvision-

(31) TURPIN, 1995.

nement. Ils craignent en effet qu'un fournisseur unique ne réponde pas à leurs attentes en matière de prix, de qualité ou de délais. En termes de théorie des jeux, il s'agirait d'une situation de type bataille des sexes où l'équipementier, qui joue le premier coup en offrant son produit que l'opérateur accepte ou refuse, sélectionne l'équilibre qui lui est le plus favorable au détriment de l'opérateur. On peut également voir là un dilemme du prisonnier lié à cette relation de monopole bilatéral (sous-investissements dans une nouvelle technologie par manque de confiance des deux acteurs).

Dans le jeu à une étape, le recours à la double source (malgré le surcoût lié à la réduction des économies d'échelle) semble donc s'imposer. Mais le jeu est en fait répété un nombre indéfini de fois puisque de nouveaux matériels apparaissent constamment. Il serait donc possible de stabiliser une coopération efficace par des stratégies telles que *tit-for-tat* ou sa version adoucie évoquée plus haut. Le recours systématique à la double source serait dès lors une erreur, d'autant que les problèmes de sécurité d'approvisionnement ou de délais de livraison sont souvent moins dramatiques qu'on ne le pense.

Du point de vue informationnel en revanche, la fourniture d'un équipement constitue bien un jeu distinct ; elle ne donne guère d'indication sur le coût du matériel suivant (encore que l'efficacité globale de l'entreprise finit par apparaître). Si l'incertitude sur les coûts est grande, la double source reprend beaucoup d'intérêt puisqu'elle augmente les chances que l'une des entreprises trouve la technologie efficace et qu'elle permet la comparaison des performances, réduisant ainsi (au moins théoriquement) les possibilités de fraude sur les coûts. Deux points sont cependant à noter :

– si la dissymétrie des échelles de production est importante, il devient difficile de distinguer ce qui est dû à la performance pure de l'entreprise et ce qui provient des économies d'échelle,

– dans les modèles proposés (32), la double source est souvent potentielle ; après annonce des coûts par les entreprises, seule l'une d'entre elles est retenue.

Ces travaux d'un grand intérêt mettent en lumière les principaux facteurs conduisant au choix d'un ou deux fournisseurs. Il serait intéressant qu'ils soient prolongés par des simulations chiffrées, afin de fournir une aide à la décision.

L'affichage des coûts :

Si pour certains parmi les réglementeurs, les économistes ou les ingénieurs, la notion de coût semble aller de soi, l'économiste appliqué sait, surtout s'il est un peu au fait des dernières avancées de la microéconomie en ce domaine (théorie des incitations, jeux d'allocation des coûts), quel arbitraire elle recouvre. Cet arbitraire est particulièrement présent dans les industries de réseau où les coûts fixes dominent, où le même processus de production (le réseau) conduit à la fourniture de multiples services à de multiples clients, où les capacités sont sollicitées à des degrés très divers au cours d'une journée, d'un mois ou d'une année.

Sans rentrer dans ce vaste débat, nous nous contenterons de nous intéresser aux durées d'amortissement. Celles-ci sont aujourd'hui de quinze à vingt ans pour les principales composantes du réseau de distribution : génie civil, câbles (cette partie du réseau représentant deux tiers du coût total). Ces durées de vie comptables sont inférieures aux durées de vie réelles, même si une incertitude forte plane sur l'obsolescence technique liée par exemple à l'émergence de la fibre ou de techniques hertziennes. La majeure partie du réseau ayant été construite durant l'ère Théry (1974-81), les coûts du réseau de France-Télécom, aujourd'hui, risquent de se trouver sous-évalués (33) aux alentours de l'an 2000 quand une grande part du réseau sera amortie comptablement.

(32) AURIOL-LAFFONT, 1993 ; LAFFONT-TIROLE, 1993.

(33) Nous simplifions ici à l'extrême une mécanique comptable font complexe.

Si la concurrence se fondait sur la possession par chaque opérateur des infrastructures (ou la location à des tiers autres que France-Télécom telles que sociétés d'autoroutes, entreprises de réseau), cette sous-évaluation aurait pour l'essentiel des effets fiscaux, ce qui n'est pas dramatique pour un opérateur public. On a même avancé l'idée qu'en signalant une forte compétitivité de l'opérateur en place, elle serait susceptible de dissuader d'éventuelles entrées.

Mais, comme l'a très bien compris la Communauté, il est fort probable que les formes dominantes de la concurrence s'appuieront sur l'interconnexion. Comme on l'a vu plus haut, pour des raisons de coût et de délai, les opérateurs concurrents interurbains accéderont pour l'essentiel à l'utilisateur final grâce aux réseaux de France-Télécom. Dans cette économie d'interconnexion, où une grande partie des recettes de l'opérateur sera tirée des charges d'accès reversée à FT par ces opérateurs sur la base de ses coûts, la sous-évaluation de ces derniers serait catastrophique. En effet, elle signifierait une perte indue de recettes et donnerait une compétitivité artificielle aux opérateurs interurbains concurrents.

Espérant ainsi témoigner de notre absence de dogmatisme, nous confesserons donc que l'argument de la sous-évaluation dissuasive, certes brillant et typiquement tiré des théories développées plus haut, ne nous convainc pas. En premier lieu, parce que, pour les raisons que nous venons d'évoquer, l'économie d'interconnexion prévaudra. En second lieu, parce que le signal de coût ne serait pas crédible. Les coûts réels de la distribution sont bien connus ; ils sont par exemple sur la place publique aux Etats-Unis. Les signaux tirés des coûts comptables ne masqueront donc pas les coûts « réels ». Il est donc nécessaire pour qu'une concurrence saine et loyale se mette en place que les coûts futurs soient évalués à leur juste mesure.

CONCLUSION :

La théorie des jeux, dont nous avons brièvement rappelé les enseignements utiles à notre propos, fournit un apport intéressant à la réflexion stratégique de la grande entreprise, en éclairant d'une lumière vive l'essence des comportements en cause, en analysant les conditions de la coopération entre firmes et en repérant les déterminants essentiels du choix entre prendre l'inititative ou la laisser à l'adversaire.

En premier lieu, elle nous enseigne, dans la lignée des grands stratèges militaires mais avec plus de précision dans le développement conceptuel, à quel point l'action stratégique doit être réflexion sur le comportement d'autrui ainsi que, dans un jeu de miroirs infini, réflexion sur la réflexion que celui-ci mène à notre propos. Elle ose même une définition rigoureuse de cette notion souvent floue, en la fondant sur un engagement coûteux à court terme : « Agir stratégiquement, c'est trouver une façon crédible de s'engager à ne pas suivre la stratégie d'équilibre du jeu simultané. » Cet engagement qui crée une menace crédible, ainsi que l'acte de signaler, ou au contraire de mieux dissimuler, l'un des traits essentiels de sa vraie nature (c'est-à-dire pour une firme sa détermination, son savoir-faire ou sa compétitivité), dépassent la rationalité étroite du comportement d'équilibre du jeu simultané et du gain assuré de court terme pour viser une rationalité supérieure fondée sur la claire conscience de l'interaction dans un environnement incertain.

En second lieu, la théorie des jeux examine les conditions qui favorisent l'émergence de la coopération ou au contraire de l'agression. A partir du point de départ fourni par l'analyse économique statique des différentes formes de la concurrence (prix, capacités, segmentation du marché), elle introduit la dimension temporelle sous la forme de la répétition d'un jeu élémentaire. La situation la plus favorable pour une stabilisation de la coopération est alors celle où les joueurs se connaissent parfaitement et où le jeu se répète à l'identique sans qu'on sache à quel moment la séquence s'arrêtera. Les stratégies de type loi du talion *(tit for tat)* se révèlent alors parfaitement efficaces pour implémenter la coopération. Dès que

l'incertitude ne porte plus seulement sur le nombre de périodes que durera le jeu, et qu'apparaît le risque d'erreurs (dans l'action de l'un des joueurs ou dans sa perception par l'autre), il devient cependant nécessaire d'incorporer une certaine dose de pardon sous peine de voir s'enclencher une interminable vendetta.

En troisième lieu, la théorie des jeux n'est pas loin d'offrir un guide du stratège, lui indiquant les conditions qui plaident pour la prise d'initiative et celles qui incitent à temporiser. Dans le débat entre déploiement des autoroutes de l'information (premier coup) et priorité au désendettement (second coup) que nous avons choisi pour illustrer notre propos, nous avons ainsi fait apparaître quatre grands facteurs influençant le choix de l'opérateur, dont le premier plaide plutôt pour l'anticipation et le quatrième pour l'attente, tandis que les deux autres sont ambivalents :

– technique : avantage en soi procuré par l'attaque ou la défense (par exemple, si les marchés du multimédia se développent rapidement, les premiers intervenants posséderont une meilleure maîtrise et pourront sans doute imposer leurs standards) ;

– stratégique : possibilité d'aboutir à une issue préférée ou d'éviter une issue défavorable (création de surcapacités dans l'accès au client final inhibant les entrées potentielles, marges financières pour une réaction tarifaire ciblée) ;

– information sur les joueurs : influencer les croyances *a priori* de l'autre sur votre nature, mais aussi être contraint à révéler totalement ou partiellement celle-ci (un déploiement validerait ou n'infirmerait pas l'hypothèse selon laquelle l'opérateur s'appuie sur une logique essentiellement technique et ne se désengagera que tardivement d'une opération peu rentable, ceci étant de nature à dissuader les concurrents d'entrer) ;

– information sur l'environnement : l'attente réduit l'incertitude sur les gains à obtenir dans les différentes issues ; de nouvelles actions et donc de nouvelles issues apparaissent (le choix d'une norme peut se révéler prématuré – fibre multimode du plan câble – ; les conditions réglementaires peuvent se modifier, rendant inutiles les barrières à l'entrée, soit que les concurrents n'aient de toutes façons plus d'intérêt à entrer, soit qu'ils entrent dans tous les cas) ;

Ce type d'analyse nous semble à même de réconcilier un calcul économique que d'aucuns trouvent borné et une analyse stratégique trop souvent littéraire ; il suppose la construction de scénarios de concurrence, qui sont déjà partie intégrante des intuitions des décideurs mais gagneraient sans doute à être quantifiés et explicités. C'est là une voie féconde pour l'économiste d'entreprise.

RÉFÉRENCES

AURIOL E. et LAFFONT J.-J., « Regulation by Duopoly », *Journal of Economics & Management Strategy,* vol. 1 n°3, 1993.

CLAUSEWITZ C. VON, *De la guerre* éditions de Minuit, 1955.

DASGUPTA P. et STIGLITZ J., *Uncertainty, Industrial Structure and the Speed of R&D,* 1980.
– *Bell Journal of Economics,* 11 :1-28

DEMANGE G., POUSSARD J.-P., *Théorie des jeux et analyse économique,* 1994.

DIXIT A. et NALEBUFF B., *Thinking strategically,* Norton, 1991.

FUDENBERG D. et TIROLE J., *Game Theory,* MIT Press, 1992.

GUIEYSSE M., LEVASSEUR L., TURPIN E., « Du chalcolithique aux grands boulevards de l'information » *Communications et Stratégies* (numéro spécial multimédia, à paraître), 1995.

HARSANYI J., « Games with Incomplete Information. Lecture for the Alfred Nobel Prize », *Journal of Economic Litterature,* 1994.

LAFFONT J.-J. et TIROLE J., *Theory of Incentives in Procurement and Regulation,* MIT Press, 1993.

LUCE R. et RAIFFA H., *Games and Decison.* Wiley, New York, 1957.

SCHELLING T., *The Strategy of conflict,* Harvard University Press, 1980.

MOULIN H., *Théorie des jeux pour l'économie et la politique,* Hermann, 1981.

SUN-TZU, *L'Art de la guerre,* « Coll. Champs », Flammarion, 1972.

TIROLE J., *The Theory of Industrial Organization,* MIT Press, 1992.

TURPIN E., *Etudes sur la demande*-Conseil scientifique de France-Télécom. Mémento technique n° 4, 1995.