

La durabilité d'un système financier rural vue comme problème d'interaction stratégique dans des situations non coopératives

**Martin Schaffernicht
CIRAD-DSA, France**

Résumé

Un système financier n'est pas viable si les crédits octroyés ne sont pas remboursés. Or la défaillance semble être une réaction économiquement logique pour le client. Ce papier défend l'hypothèse selon laquelle un crédit est de par sa nature une situation non coopérative. La théorie des jeux dynamiques est utilisée pour mettre en évidence le raisonnement économique implicite et la façon de modifier les règles du jeu afin d'inciter à un comportement coopératif. Il est montré qu'une orientation à long terme favorise le remboursement. Une simulation de l'évolution des comportements, fondée sur la théorie des automates, montre l'émergence de la coopération qui, à long terme, s'avère plus rentable que la défection. L'apparition et le succès des formes coopératives de crédit avec caution solidaire indiquent que cette évolution est en marche. L'impact de la pression sociale sur le comportement (économique) reste à analyser.

Abstract

The stability of rural financial systems interpreted as a problem of strategic interaction in non-cooperative situations

A financial system stability depends vitally on loan recovery. However, keeping the money seems a quite sensible idea from the borrower's point of view. As this paper argues, a loan is a non-cooperative situation. The theory of dynamic games is used to show the economical reasoning behind defection and to suggest how cooperation may be fostered. It turns out that making the borrower take a long run perspective is important. A simulation of the evolution of strategies based on finite automata shows how cooperation emerges amongst egoists. The apparent success of cooperative credit forms and collective guarantees suggests that this evolution is on the way. A formalization of the precise role of collective guarantees might prove insightful.

Il paraît évident qu'un système financier rural ne peut être durable que si les crédits octroyés sont remboursés. Or, c'est précisément le recouvrement qui pose le plus de difficultés à une bonne partie des projets. Cependant, des expériences récentes encouragent à penser que la défaillance des clients n'est pas un problème insoluble. Sachant qu'une solution existe, il suffira donc de la trouver.

Lorsque l'on cherche une solution à un problème, la façon dont on se représente le problème est d'une grande importance (aller aux Amériques n'était pas possible tant que la terre n'était pas ronde). Cette communication se propose de représenter le crédit comme un jeu non coopératif afin de montrer comment le comportement d'une banque rurale peut influencer la stabilité du système. L'objectif est d'apporter quelques éléments de réponse au problème de la durabilité des projets de crédit. Tout d'abord, une analyse fondée sur la théorie des jeux dynamiques va essayer de montrer la logique qui mène vers la défaillance des clients ou au contraire vers le remboursement. Ensuite, une approche évolutionniste va étendre la réflexion sur le long terme.

Une approche fondée sur la théorie des jeux non coopératifs

Pourquoi un crédit n'est-il pas remboursé ?

Toute banque sérieuse sélectionne ses clients selon deux critères : la capacité de remboursement et la crédibilité de la volonté exprimée de rembourser. Il est important d'évaluer le premier des deux critères pour chaque individu, ce qui n'est pas toujours le cas dans nombre de projets de crédit thématique. Cet article se focalisera essentiellement sur le deuxième critère, c'est-à-dire, sur la motivation à rembourser et la crédibilité des intentions exprimées.

Un demandeur de crédit va très probablement comparer les différents comportements possibles selon leurs avantages et inconvénients respectifs : quelles sont ses possibilités face à un crédit de 100 francs remboursable sur un an, à un taux annuel de 10 % ? Supposons que les cent francs pourront lui apporter un bénéfice de 20 francs sur la période en question. Chacun des deux partenaires du jeu, la banque et le client, a le choix entre deux comportements : la banque peut donner le crédit ou non, le client peut rembourser ou non. En théorie des jeux, ce type de situation est souvent représenté dans une matrice de gains (figure 1)

Cette matrice montre tout ce qui est pris en compte par les différents partenaires dans leurs décisions. Nous supposons que la motivation des agents est la recherche d'un bénéfice financier. Si tout se passe bien — la banque donne le crédit et le client rembourse — chacun gagnera 10 francs. Si par contre le client fait défaillance, il gardera les 120 francs, pendant que la banque perd 100 francs plus les 10 francs d'intérêts. Même le client le plus fou du monde ne rembourserait pas un crédit que la banque ne lui a pas donné. Cette possibilité existe théoriquement, et nous devons en tenir compte. Dernière possibilité, si l'affaire tombe à l'eau pour les deux à la fois, chacun perdra l'opportunité de gagner 10 francs.

La matrice indique que pour le client, il est préférable de ne pas rembourser, quel que soit le comportement de la banque : si le prêt est accordé, il gagne 120 francs à la place de 10 francs en faisant défaillance, et si le prêt n'est pas donné, la réponse est évidente. Pour la banque, il est toujours mieux de ne pas donner le crédit. Ce sont des *stratégies dominantes* (être plus fort quoi que fasse l'autre). Et puisqu'elles ramènent les agents à la même case, le jeu du crédit atteint alors un point d'*équilibre stable*. Cet équilibre est tel qu'aucun des joueurs ne peut améliorer sa situation, compte tenu de la stratégie de l'autre (équilibre de Nash).

Figure 1 : La matrice des gains d'un jeu non répété de crédit

		Banque	
		Prête	ne prête pas
Client	Rembourse	10;10	120;-110
	Ne rembourse pas	-110;120	-10;-10

Figure 2 : Le dilemme du prisonnier

		Banque	
		Coop.	Défection
Client	Coopération	CC	DC
	Défection	CD	DD

Dans cette situation, il est évident que le client va préférer ne pas rembourser le crédit, car le résultat sera plus intéressant pour lui. Quant à la banque, elle va donner le crédit seulement si elle est inconsciente ; elle peut alors penser à fermer rapidement ses portes. Par contre, si elle est raisonnable, elle ne va même pas les ouvrir. Les ressemblances avec le sort de certains projets de crédit agricole et avec le comportement de certaines banques commerciales ne sont pas dues au hasard.

Ce type de situation est connu sous le nom de "Dilemme du prisonnier", en référence à une petite histoire. Imaginez que la police accuse un ami et vous d'un forfait. Elle vous interroge individuellement, et vous propose un marché : si aucun des deux n'avoue, les preuves contre vous suffisent pour vous condamner à deux ans de prison ; si par contre vous aidez la police à confondre votre ami, vous êtes libre pendant que l'autre ira en prison pour cinq ans. Mais si votre ami — à qui la police propose le même marché (ce que vous savez !) — vous accuse de son côté, vous irez tous les deux en prison pour quatre ans. Notre vie quotidienne est pleine de situations de ce type, et le crédit en est une. D'une façon générale, le "Dilemme du prisonnier" est représenté figure 2.

Puisque donner le crédit et le rembourser sont des comportements coopératifs, nous les représentons par *C*. Les autres alternatives seront appelées *D* comme défection. Puisque nous nous intéressons au comportement du client (la compréhension de son comportement est la base de tout comportement stratégique de la banque), la matrice ne contient que les gains du client. *CC* signifie que les deux agents coopèrent, *CD* est le gain dans le cas où la banque donne le crédit et le client ne rembourse pas. Le *D* vient après *C*, parce que dans ce jeu, la banque agit avant le client.

En reprenant l'exemple de la figure 1 :

$CC = 10$, $CD = 120$, $DC = -110$ et $DD = -10$.

En général, le "Dilemme du prisonnier" est caractérisé par

$CD > CC > DD > DC$

et

$(CD+DC)/2 < CC$.

La première condition indique que pour le client, la défection est la stratégie dominante. La deuxième condition

révèle qu'un jeu où les agents font défection et coopèrent alternativement est moins profitable que la simple coopération.

Tout le problème pour une banque qui veut fonctionner correctement dans ces conditions se résume à sa capacité de changer soit la situation, soit la perception qu'a le client de la situation. Il semble cependant difficile de changer la situation : un crédit sera toujours un crédit, la banque devra toujours avancer de l'argent. La seule solution reste de changer la façon dont le client perçoit la situation. Intuitivement, la banque pourrait prolonger le jeu en liant l'accès du client à des avantages futurs avec son bon comportement au présent.

Comment faire coopérer un égoïste ?

Un jeu répété avec fin déterminée

Dans un premier essai, la banque pourrait offrir un programme consistant en deux ou trois crédits : si un client a correctement remboursé le premier crédit, il peut en avoir un deuxième. Le principe est que pour éviter des pertes futures, le client devra se comporter de manière plus coopérative. Alors que ceci semble être une bonne idée, les joueurs risquent de tomber dans un piège logique. En effet, regardons un jeu à deux tours dans sa forme arborescente (figure 3).

Les gains en bas des nœuds (gain banque ; gain client) ont été calculés de la façon suivante :

$\text{gain}(\text{fin du jeu}) = \text{gain}(\text{période 1}) \times \text{taux d'actualisation} + \text{gain}(\text{période 2})$,

où le taux d'actualisation est de 0,9090 à cause du taux d'intérêt de 10 %.

Le jeu étant entièrement prévisible, il détermine son résultat : en regardant les gains, il devient immédiatement clair que le client va faire défection, ce qui est pour lui toujours la stratégie dominante (en *italique* dans l'arbre). Tout ce que la banque peut faire, c'est chercher la stratégie qui sera pour elle la moins mauvaise (en **gras** dans l'arbre).

Le mécanisme qui amène à ce résultat est le suivant : dans le dernier tour, n'ayant pas espoir d'avoir un nouveau crédit, le client peut jouer sans crainte : il ne va pas rembourser le dernier crédit. Toute banque qui ne serait

pas complètement irrationnelle anticipera ce comportement et ne donnera pas ce dernier crédit. Mais ceci est parfaitement prévisible pour le client qui va donc faire défaut dans l'avant-dernier tour, et ainsi de suite. Dans ce cas, l'essentiel pour le client est de connaître à l'avance le nombre de tours.

Par conséquent, le nombre de répétitions doit rester inconnu. C'est le seul moyen pour obliger le client à changer son raisonnement.

Un jeu répété sans fin déterminée

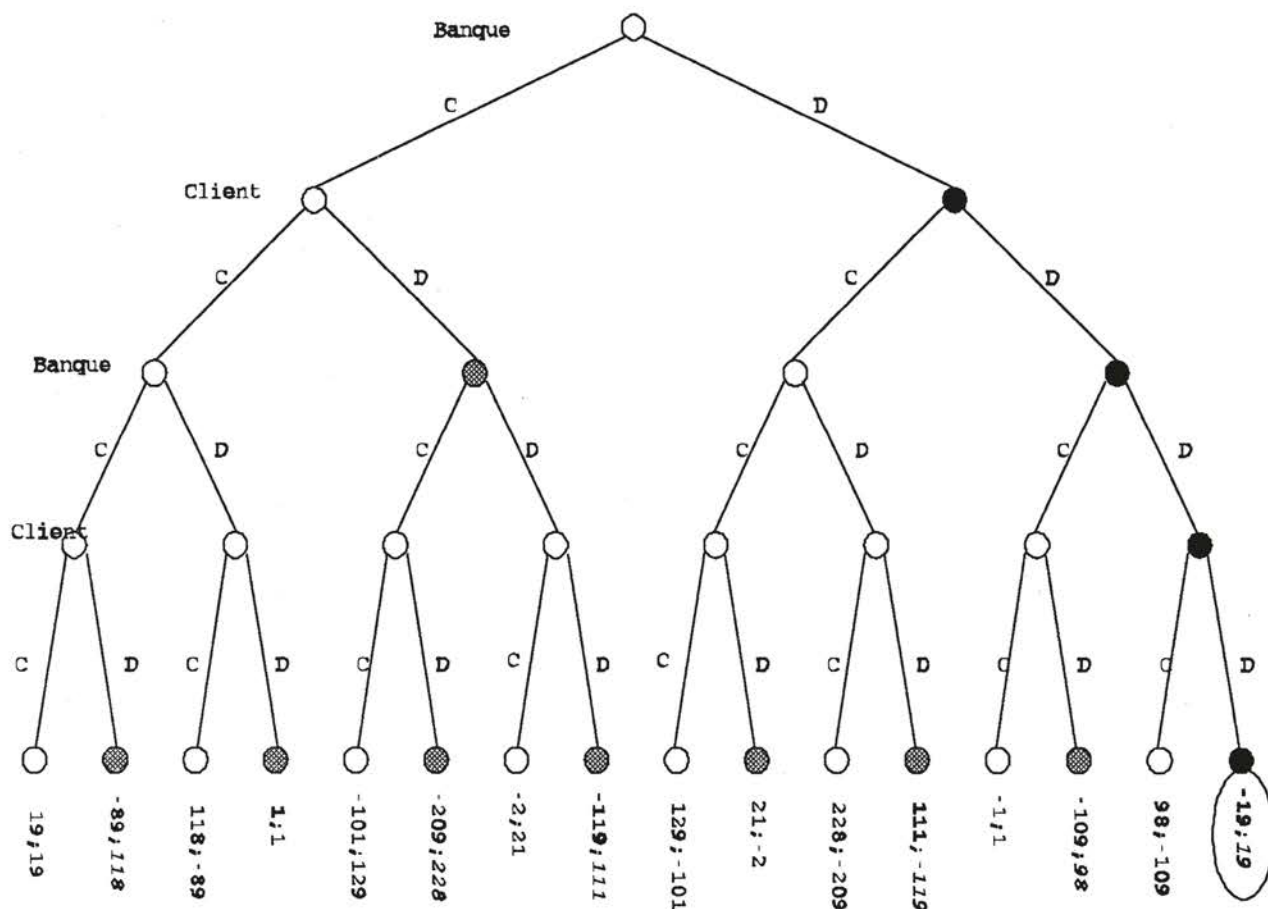
Dans cette sorte de jeu (aussi appelé super-jeu), le type de comportement est déterminé par la comparaison des avantages immédiats de la défaillance avec les inconvénients qu'elle implique pour le futur. Pour simplifier les formules, nous supposons que $DD = 0$ (non -10 comme dans

le jeu de départ). Pour pouvoir prévoir l'avenir, le client a besoin d'une hypothèse concernant le comportement de la banque. Nous supposons pour cette analyse que la banque continue de donner des crédits tant que le client rembourse correctement. Une fois défaillance faite, il n'y aura plus jamais de crédit. Cette stratégie s'appelle *Gâchette* (de l'anglais *trigger*). Nous supposons de plus que cette information est certaine.

Un super-jeu avec *Gâchette* dans des conditions d'information parfaite

Pour le client, $CD > CC > DD$. S'il fait défection, son gain immédiat sera de CD , mais à chacune des périodes suivantes, il n'aura que DD à la place de CC . Donc il renoncera à $CC-DD$ ou, (parce que $DD=0$), à CC . Pour rendre les gains futurs comparables au gain du présent, il faut actualiser les premiers en fonction du taux d'intérêt r

Figure 3 : L'arbre d'un jeu à deux tours



selon la formule

$$\delta = \frac{1}{1+r}$$

et, sur plusieurs périodes :

$$\delta^i = \frac{1}{(1+r)^i}$$

où i est l'index d'une période.

Pour le client, le jeu n'a pas de fin (a priori), donc il doit actualiser une suite infinie de cash-flows constants. S'il choisit de comparer le résultat immédiat de la défaillance au résultat d'une coopération infinie, il doit actualiser les gains de la coopération de la période 0 (le présent) jusqu'à l'infini et coopérera si

$$CD < \sum_{i=0}^{\infty} \delta^i \times CC$$

où on peut transformer

$$\sum_{i=0}^{\infty} \delta^i = \frac{1}{1 - \frac{1}{1+r}}$$

pour arriver à

$$\frac{CD}{CC} = \frac{1}{1 - \frac{1}{1+r}}$$

Si par contre il compare l'avantage immédiat de la défaillance sur la coopération dans le présent aux pertes relatives futures, il actualisera la période future 1 jusqu'à l'infini selon

$$CD - CC = \sum_{i=1}^{\infty} \delta^i \times CC$$

où le terme d'actualisation se réduit à

$$\sum_{i=1}^{\infty} \delta^i = \frac{1}{r}$$

Dans ce cas, la condition devient

$$\frac{CD - CC}{CC} < \frac{1}{r}$$

Nous pouvons montrer que ces deux conditions sont équivalentes. De toute façon, chacune d'elles démontre bien que c'est la "préférence temporelle" du client qui détermine son comportement. La "préférence temporelle" spécifie qu'un individu préfère avoir 100 francs aujourd'hui plutôt que dans un an, et correspond à un taux individuel d'actualisation qui, lui, est en relation avec un taux d'intérêt personnel. Ce concept permet aux micro-économistes d'expliquer pourquoi un individu se soucie moins d'un futur lointain, sans pour autant le déclarer myope ou irrationnel. Le taux d'intérêt qui correspond à cette préférence ne doit pas être confondu avec le taux d'intérêt appliqué au crédit. Le taux d'intérêt du marché financier est celui qui équilibre (théoriquement) les besoins des emprunteurs avec l'offre des épargnants en fonction de leurs préférences temporelles individuelles. Les taux sont donc liés, mais ce ne sont pas les mêmes !

Un client avec une préférence temporelle faible voit relativement loin dans le futur et sera par conséquent plus influencé par le poids des gains perdus après une défaillance. Par contre, un client qui vit "au jour le jour" sera beaucoup plus tenté de faire défection. En complément des remarques du Pr Adams, qui conseille aux banques de prendre une perspective à long terme, nous constatons que les clients aussi doivent être orientés vers le long terme. Avoir un impact sur l'horizon temporel des clients fait donc partie des tâches de la banque, si la prolongation du jeu a effectivement un effet.

Information incomplète

On appelle information incomplète une situation où certains faits sont, par la nature même du phénomène, impossibles à observer. Dans le cas d'une banque qui vient de s'installer dans une région rurale, qu'est-ce qui garantit aux clients qu'elle a retenu une stratégie *gâchette* ? A priori, il pourrait aussi bien s'agir d'un projet de distribution gratuite d'argent, autrement dit d'une banque *pacifiste*, qui donne des crédits de toute façon.

Mais d'après tout ce que nous avons présenté plus haut, il vaut mieux que le client soit convaincu de la menace. Comment un client peut-il être convaincu que sa banque est une banque de type *gâchette* ? Tant que la banque donne des crédits, le client ne peut rien savoir de la nature

de la banque. C'est seulement après la défaillance d'un client qu'elle donnera des informations concernant sa nature. Si elle continue à donner des crédits, son sort est déterminé. Dans le cas contraire, sa réputation sera celle d'être une banque intransigeante. Un projet de crédit aura souvent des intentions qui ressemblent plutôt à celles d'une banque *pacifiste*. Néanmoins, pour arriver à ses objectifs, parmi lesquels la survie économique, il devra au moins faire semblant d'avoir la *gâchette* facile. En effet, les inconvénients liés à sa nature *pacifiste* seront gommés, dès lors que sa réputation d'avoir la *gâchette* facile sera acquise.

Les limites de la théorie des jeux dans les systèmes complexes

Retenons pour l'instant que le client doit percevoir une situation avec un futur stable. La nature de cette situation dépend de son comportement actuel. Les stratégies *gâchette* et *pacifiste* sont deux cas extrêmes qui simplifient le comportement des acteurs de façon théorique. D'ailleurs, nous ne sommes pas certains que les agents réels auront les moyens analytiques nécessaires pour fonder leurs comportements sur des stratégies plus complexes. L'introduction de l'information incomplète éloigne la théorie des jeux de la réalité.

Les agents théoriques utilisent dans ce cas la règle de Bayes (où *G* signifie "la banque est *gâchette*", et *arrêt* "la banque arrête de donner du crédit après une défaillance du client") pour actualiser leurs hypothèses quant à la nature de la banque. Cette règle précise que « la probabilité pour que la banque soit de type *gâchette*, parce qu'elle a arrêté de donner du crédit après une défaillance, dépend de la probabilité qu'elle arrête de donner du crédit après une défaillance, si elle est *gâchette*, pondérée par la probabilité qu'elle soit *gâchette*, par rapport à la somme de toutes les autres possibilités. »

Si cette formule vous paraît plutôt mystérieuse, rassurez-vous : les recherches en théorie du comportement sous incertitude ont montré que les humains n'utilisent pas de tels algorithmes, mais plutôt des heuristiques. Une heuristique est une méthode simple qui donne des résultats satis-

faisants en général, mais avec quelquefois des résultats erronés. Par rapport aux algorithmes, les heuristiques présentent l'avantage de pouvoir traiter les ambiguïtés du monde réel. En particulier, le jugement d'une personne dans une situation d'incertitude dépend de la *représentativité* de la situation par rapport à sa classe, de la *disponibilité* de cas semblables, de la façon dont la *situation se présente* et du *point de départ* mental de la réflexion. Le lecteur intéressé pourra se reporter à *Judgement Under Uncertainty : Heuristics and Biases* (Tversky et Kahnemann, 1982) ou à un livre sur la psychologie cognitive.

A titre d'exemple, considérez le cas d'Alain : nous tirons une fiche de cent descriptions d'individus. Soixante-dix d'entre elles sont des avocats, trente sont des ingénieurs. Voici la description :

« Alain est âgé de 30 ans. Il est marié sans enfant. Hautement qualifié et motivé, il a une belle carrière devant lui. Ses collègues l'apprécient. »

Quelle est la profession d'Alain : avocat ou ingénieur ? Réfléchissez bien... si vous trouvez que c'est difficile à dire, vous n'avez pas pris en compte la probabilité *a priori* qui vous a été donnée, à savoir que 70 % des gens sont des avocats. Le texte de la description a été spécialement conçu pour ne pas avoir de signification. Vous êtes à présent victime d'une heuristique qui utilise la *représentativité* d'un événement, et vous essayez de répondre selon que la description d'Alain correspond plutôt à l'image que vous avez des avocats ou plutôt à celle des ingénieurs.

Ou bien, au loto : jouerez-vous plutôt 1-2-3-4-5-6 ou 7-13-22-25-41-44 ? Tout statisticien vous démontrera l'équiprobabilité des deux combinaisons, mais que dit votre préférence ?

D'ailleurs, beaucoup de comportements quotidiens semblent être dirigés par une heuristique de "Mélioration" plutôt que par une optimisation : les humains s'orientent vers la satisfaction moyenne plutôt que vers la satisfaction marginale. Ce modèle du comportement explique comment — dans des situations quotidiennes — beaucoup de petits choix apparemment indépendants les uns des autres nous amènent à des comportements "irrationnels", parce que nous avons du mal à traiter des situations complexes, notamment à juger de l'influence d'une action présente sur les résultats d'une action future. Si vous êtes une de ces personnes qui, au cours de tentatives pour arrêter de fumer, ont

Règle de Bayes

$$P(G|\text{arrêt}) = \frac{P(\text{arrêt}|G) * P(G)}{P(\text{arrêt}|G) * P(\text{arrêt}|\text{autresraisons}) * P(\text{autresraisons})}$$

hésité entre la nicotine et le chocolat, vous savez de quoi je parle. Pendant que vous fumez une cigarette, rien ne vous indique que celle-ci augmente la satisfaction que vous aurez en fumant la prochaine. Donc vous ne tenez pas compte de cette interdépendance lorsque vous "décidez" de fumer la première cigarette. Ce problème apparaît dans beaucoup de phénomènes : pourquoi les impôts indirects sont-ils mieux acceptés ? Pourquoi les biens publics posent-ils tant de problèmes ? Dans un sens, le Dilemme du prisonnier, même s'il provoque des comportements suboptimaux, pourrait être lié à la "mélioration".

Cependant, les sociétés industrialisées ont réussi à bâtir des systèmes financiers stables. Et même dans les pays en développement, les systèmes financiers informels sont stables. Comme la plupart de ceux qui analysent des systèmes complexes le constatent, des systèmes dynamiques consistant en un grand nombre de composants interconnectés ont une tendance à développer des structures stables — sur un certain nombre de périodes ou de générations. C'est la lenteur de cette évolution (culturelle) qui nous pose problème à nous, êtres humains, qui n'avons qu'une soixantaine d'années à vivre.

Tout au long de ce siècle, une discussion parfois très émotionnelle au sujet de cette dichotomie a divisé les économistes (par exemple les cycles conjoncturels : est-ce que la société est instable parce qu'il y a des cycles, ou bien est-ce qu'elle est stable parce qu'elle stabilise des développements générant des cycles ?).

Keynes disait ironiquement que, dans le long terme, nous serons tous morts, et proposait par conséquent des interventions à court terme. Jusqu'à la fin des années 60, l'expérience de la politique économique semblait le confirmer. Ceux qui croyaient à l'évolution culturelle — inspirés des idées des économistes classiques, et souvent confondus avec les néo-classiques (à tort) — n'étaient pas d'accord. Ils défendaient l'idée selon laquelle un planificateur individuel ne peut pas prévoir toutes les conséquences d'une intervention à long terme dans un système décentralisé comme la société humaine. Souvent (mal) interprété comme interdisant l'intervention, cet argument pose plutôt la question du "comment ?".

Cette question du "comment" se pose également pour les projets de crédit, vu que les systèmes financiers issus de l'évolution culturelle sont stables. Des chercheurs en systèmes complexes ont développé de nouveaux outils pour les analyser et peuvent contribuer à apporter des solutions.

Notamment, le dilemme répété du prisonnier a été analysé avec plusieurs méthodes qui reposent toutes sur l'utilisation d'ordinateurs et qui peuvent nous donner les premières réponses quant au "comment ?".

L'évolution de la coopération

Partout où un certain nombre d'agents entrent en relation dynamique les uns avec les autres, le comportement coopératif joue un rôle important. Ceci est particulièrement vrai pour les phénomènes biologiques et culturels. Pourquoi, à une période donnée, les unicellulaires ont-ils commencé à s'organiser et à se spécialiser ? Pour qu'un corps animal survive, ses organes doivent coopérer, ainsi que ses cellules.

Une société n'est pas fondamentalement différente dans sa structure : il y a un grand tourbillon de groupements intercalés et spécialisés, composés par un plus grand nombre d'individus. Et pour que l'individu puisse se spécialiser dans ce qu'il sait faire de mieux — un processus essentiel pour l'"amélioration" de notre niveau de vie — il doit être sûr que les autres n'utiliseront pas leurs spécialités contre lui. Cette confiance est fondée sur des traditions ou des mœurs qui se sont développées avec les contacts (commerciaux) entre les groupes humains et elle est la base même de nos civilisations.

Les hommes des sciences de la vie, autant que ceux des sciences sociales et humaines, qui se sont posé la question de l'évolution de la coopération, utilisent souvent l'ordinateur pour leurs simulations. A l'origine d'un désaccord avec la théorie des jeux, qui systématiquement conseillait des stratégies non coopératives dans le Dilemme du prisonnier, le Pr Axelrod a invité une soixantaine de personnalités d'origines diverses à formuler une stratégie sous forme de programme informatique. Ces programmes ont ensuite été mis à jouer les uns avec ou contre les autres, le gagnant étant celui qui aura cumulé le plus grand nombre de points.

Pendant que cette série d'expériences permettait de dégager certaines règles aussi simples qu'instructives, d'autres poursuivaient cette approche d'une façon plus formelle en utilisant des automates cellulaires et un algorithme génétique pour imiter l'évolution. Avant d'énoncer les conclusions des deux types de simulation, nous exposerons brièvement l'approche des automates, qui permet une analogie directe avec les individus d'une population.

L'évolution des espèces, des comportements et des automates

L'évolution engendre des structures de plus en plus complexes, capables de comportements de plus en plus sophistiqués. Ce qui importe, ce sont les comportements. Contrairement à l'évolution biologique, l'évolution culturelle ne supprime ni les individus ni les espèces. Grâce à cette dernière, nos cerveaux nous permettent de changer de comportement sans disparaître physiquement. Le jeu ne s'appelle donc plus *survival of the fittest* (or *fattest*), mais *remplacement des comportements les moins adéquats*. L'évolution culturelle dont il est question ici se situe au-dessus de celle des espèces — les deux étant interdépendantes à des échelles temporelles différentes — un peu comme la langue et le raisonnement "logique" par rapport aux émotions.

Faire un amalgame des différents niveaux est l'erreur fondamentale des adeptes du *social darwinism*, avec lesquels nous ne voudrions pas être confondus. Notez d'ailleurs que Darwin avoue avoir « tout compris » seulement après la lecture de Malthus (un économiste classique), ses idées ont donc d'abord évolué au sein des Sciences sociales !

La simulation consiste à laisser jouer un premier ensemble de stratégies comportementales pendant un certain nombre de périodes. On comptabilise les gains et, à la fin, les plus riches pourront se reproduire. On répète ce jeu sur plusieurs générations une cinquantaine de fois, et on observe l'évolution de certains paramètres : les stratégies les plus fertiles, la richesse générale de la population, l'occurrence et la réciprocité de la coopération.

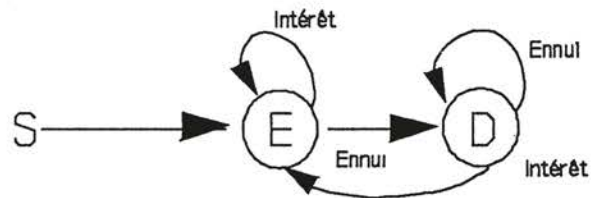
Comportements codés dans des automates cellulaires

Si nous voulons analyser avec l'ordinateur l'évolution des comportements, il faut les représenter d'une façon traitable par ce dernier. Une représentation très intuitive utilise des automates cellulaires. Un automate cellulaire est une entité qui peut communiquer avec son environnement et qui dispose d'un certain nombre d'états internes entre lesquels elle balance en fonction des communications. Plus concrètement, l'automate perçoit un message, ceci le fait changer d'état interne et se traduit par l'émission d'un message qui sera perçu par un autre automate. L'environnement d'un automate est constitué d'autres automates. C'est pourquoi on parle souvent de réseaux d'automates ; mais vous pouvez également vous les représenter comme une petite

société.

Tout peut être un automate. Par exemple, un participant à un séminaire : s'il écoute une communication intéressante, il devient attentif et suit la projection des transparents ; si la communication l'ennuie, il ferme les yeux et s'endort. Pour les humains, il y a une façon de représenter graphiquement les automates cellulaires. L'automate *Participant* y aurait l'aspect représenté figure 4.

Figure 4 : L'automate *Participant*



La grande flèche *S* indique l'état initial, c'est-à-dire la première action de l'automate. Les actions/états sont symbolisés par les cercles ; *E* signifie "écouter", et *D* "dormir". Les petites flèches indiquent les changements d'état, avec la perception provocatrice mentionnée en minuscule.

De la même manière, on peut représenter la banque et ses clients, ou — mieux — leurs comportements. Reprenons les deux stratégies de la théorie des jeux, en nous rappelant qu'ils peuvent soit Coopérer soit faire Défection.

Figure 5 : *Gâchette*

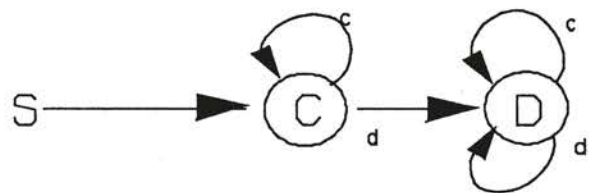
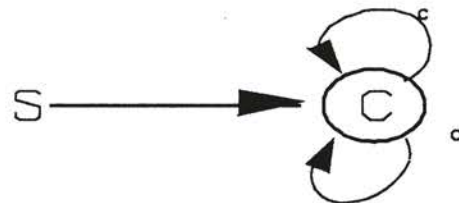
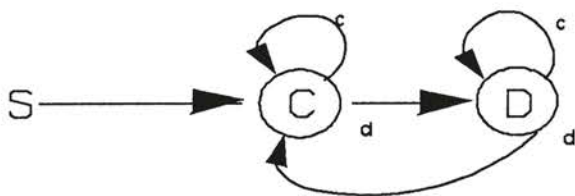


Figure 6 : *Pacifiste*



On peut imaginer d'autres stratégies, par exemple :

Figure 7 : *Œil pour Œil*



Œil pour Œil commence par coopérer, puis fait à son partenaire ce que ce dernier lui a fait. Nous allons revenir sur cette stratégie, à mi-chemin entre *Gâchette* et *Pacifiste*, après avoir jeté un coup d'œil sur la technique de simulation.

L'évolution simulée par l'ordinateur

Notre appareil cognitif nous permet de raisonner sur les comportements en termes d'images. Cependant, pour jouer à l'évolution, il convient de laisser de côté le sens pour un instant, car l'évolution est un « horloger aveugle » pour reprendre le terme employé par le biologiste Richard Dawkins. Le sens n'y est créé par notre interprétation qu'après coup. Si l'évolution ne raisonne pas, elle ressemblera parfaitement aux ordinateurs. Nous devons donc représenter les automates d'une façon non graphique, à savoir par des chiffres, binaires si possible.

Avant de traduire nos schémas, quels sont les composants d'un automate, et combien en a-t-il ? Un automate est décrit par un pointeur sur son état initial et un nombre

d'états. Un état consiste en une action et un schéma de transition en fonction des perceptions. Dans le jeu du crédit, chacun des participants a deux façons d'agir, ce qui donne quatre configurations par tour joué. Si le jeu est dynamique — le présent est lié au passé — le nombre d'états possibles doit pouvoir exprimer la mémoire qu'a l'automate. Afin de représenter chaque constellation de deux tours, il faut donc $4^2 = 16$ états internes, et d'une façon générale, $\langle \text{nombre de constellations} \rangle \langle \text{nombre de tours} \rangle$.

Pour seize états, il faut compter de 0000 à 1111 en binaire, donc nous avons besoin de quatre bits pour pointer sur un état. Le pointeur initial est par conséquent de longueur quatre, et chacun des états compte un bit pour désigner l'action (0 = défection, 1 = coopération) ainsi que deux fois quatre bits pour les états à prendre après l'observation d'une coopération ou une défection. Le début d'un automate *Œil pour Œil* sera donc tel que sur la figure 8.

Notez qu'en binaire, 0000 correspond à 1 en décimal, et donc les bits 6 à 9 signifient qu'après avoir observé une coopération, il faut se mettre en état 1. La longueur en bits d'un de nos automates cellulaires est de $4 + 16 \times 9 = 148$ bits.

A la fin d'une génération, les plus riches des automates pourront choisir un partenaire pour produire un automate enfant. Peu romantiques, leurs préférences sont guidées par une probabilité qui est proportionnelle à la richesse d'un automate. Une fois un couple sélectionné, on procède au *crossing-over*, c'est-à-dire on coupe chacun des parents en deux parties et on reconstruit des automates en mélangeant les morceaux. Le processus est montré dans la figure 9.

Figure 8 : Le début d'*Œil pour Œil* dans la représentation binaire

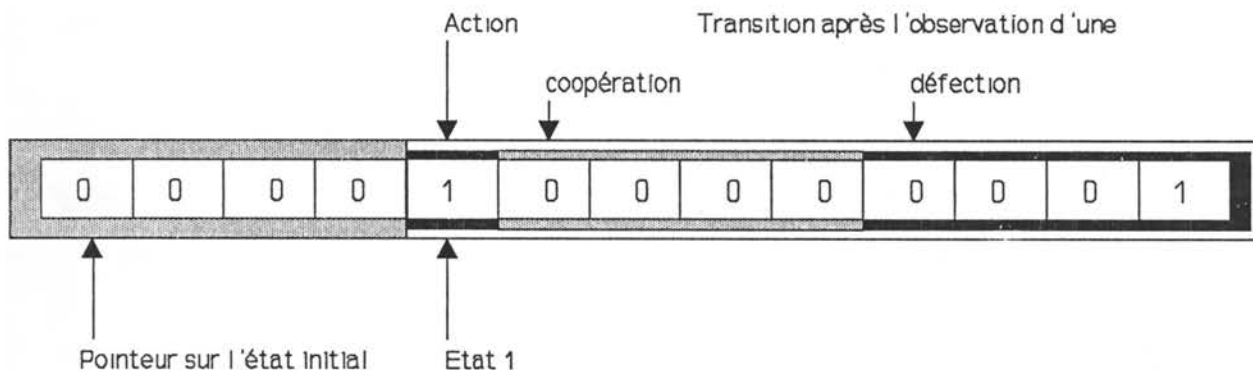
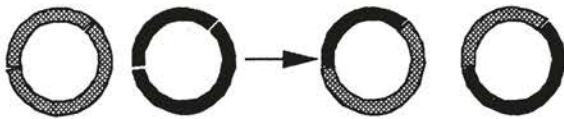


Figure 9 : Le mécanisme du *crossing-over*



Pour être sûr que chaque gène a la même chance d'être le lieu de découpage, on considère l'automate comme une structure cyclique. Les conséquences de ce traitement apparemment aléatoire peuvent étonner, tant par leurs résultats immédiats que par leurs conséquences à long terme. Dans la figure suivante, deux stratégies légèrement plus sophistiquées que celles montrées au départ produisent un enfant qui se comporte comme *Œil pour Œil* (figure 10).

La chaîne des gènes de *Un Œil pour deux Yeux* (en gras) et ceux de *Double Punition* (en italique) est coupée à la position 14 et ensuite recombinaison. L'interprétation des chaînes enfants révèle qu'elles ont des stratégies tout aussi sensibles. L'enfant *Œil pour Œil bis* commence par coopérer ; si son partenaire fait défection, il se met en état 2 (défection), d'où il continuera par la coopération (état 1) ou la défection (état 3) selon l'action du partenaire. Ceci correspond à *Œil pour Œil*, mais en utilisant trois états accessibles.

Pour terminer, on ajoute une étape de mutation, où tous

les gènes ont une certaine chance d'être arbitrairement changés. Ceci peut éviter des impasses dans lesquelles une société d'automates peut être piégée. Un certain degré d'arbitraire aide à garder la variabilité (flexibilité) nécessaire pour réagir à des changements d'environnement brutaux. La figure 11 indique que cette mutation peut avoir un effet aussi important que la recombinaison.

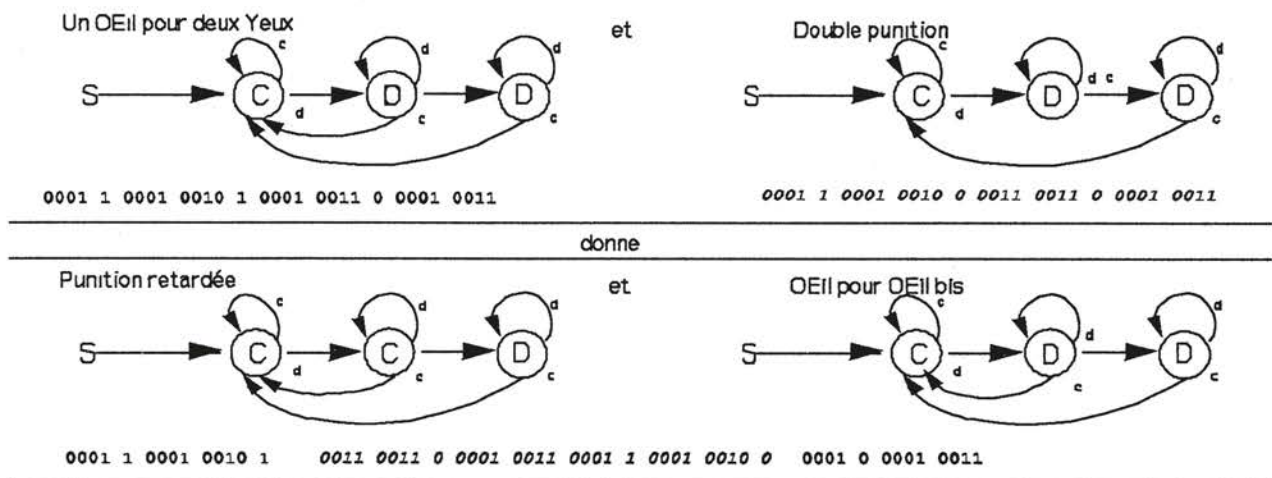
L'évolution de certains paramètres

Cette méthodologie a été testée dans trois environnements différents : l'information parfaite, la distorsion d'un signal sur cent, et la distorsion de cinq signaux sur cent. Une des mesures les plus intuitives est la richesse des automates, montrée figure 12.

Au départ, les stratégies sont choisies au hasard, ce qui explique la baisse initiale des performances. Mais de toute évidence, tôt ou tard, la coopération émerge, même dans des scénarios d'information incomplète.

L'introduction de distorsions d'un faible niveau semble donner un coup de renfort à la coopération, pendant qu'un brouillard plus important ralentit son évolution. Ceci s'explique d'une façon assez intuitive, si nous nous rappelons que seule la coopération est avantageuse à long terme. Par conséquent, si une défection observée peut être un signal mal transmis de coopération, il sera sage d'être indulgent. Si par contre, de plus en plus de stratégies commencent à cacher leurs mauvaises intentions derrière le

Figure 10 : La recombinaison de deux stratégies



brouillard, il deviendra nécessaire de montrer une forte susceptibilité, histoire de gagner une réputation d'intransigeance.

D'ailleurs, les automates issus de l'évolution se sont montrés très robustes dans d'autres environnements. Le test le plus intéressant consistait à les faire jouer avec les stratégies représentatives des tournois d'Axelrod, où les performances des automates évolués font un bon score par rapport aux stratégies proposées par les personnalités qui avaient alimenté le tournoi d'Axelrod. Les plus forts dans la plupart des environnements ressemblent de façon remarquable à *Œil pour Œil*. Qu'est-ce qui fait de cette stratégie une telle vedette ?

Comment bien se comporter ?

Quelques règles d'or

Comme nous l'avons déjà constaté, à long terme, seule la coopération est avantageuse. En effet, c'est le seul comportement qui permette d'atteindre la case CC de la matrice des gains. Ceci implique qu'il n'est pas sage de vouloir être plus riche que les autres et qu'il faut jouer avec un partenaire, et non pas contre un adversaire. Une première maxime est donc : **vivez et laissez vivre !**

Dans la terminologie de la théorie des jeux, la case CC ne représente pas un équilibre de Nash et vous, en tant que

client, pouvez améliorer votre gain, vu le comportement de la banque, en ne remboursant pas votre crédit. Mais ce raisonnement n'est valable qu'à très court terme, car pour la banque, vous n'existeriez plus. Des stratégies comme *Gâchette* prennent en compte cette tentation du client.

Mais ces stratégies ne prennent pas en compte ce que le comportement du client fait faire aux banques. Car si, malgré tout, un client fait défaut, la banque se trouve piégée dans sa propre menace : si elle n'accorde plus de crédits dans le futur, elle aussi y perdra. C'est pourquoi, quoi que vous envisagiez comme stratégie, la deuxième maxime est : **prenez en compte la réaction à laquelle le comportement que vous provoquez chez votre partenaire vous amènera.**

Une stratégie qui respecte ces deux consignes est *Œil pour Œil* qui, rappelez-vous, punit la défection mais retourne à la coopération dès que cela devient possible. Elle est indifférente quant aux gains de l'autre, et elle ne se laisse pas piéger par la défection comme *Gâchette*. En fait, *Œil pour Œil* et de semblables stratégies sont en général "vainqueurs" des simulations, et ceci sous diverses conditions. Pourquoi deviennent-elles si riches, et pourquoi sont-elles si robustes ? Parce qu'elles suivent quatre règles d'or :

- soyez **bienveillant** : ne commencez pas à faire ce que vous ne voulez pas qu'on vous fasse. *Œil pour Œil* commence par coopérer ;
- soyez **susceptible** : ne vous laissez pas faire, car ceci provoque les profiteurs. *Œil pour Œil* rend chaque défection immédiatement. C'est la grande faiblesse de *Paci-*

Figure 11 : La mutation

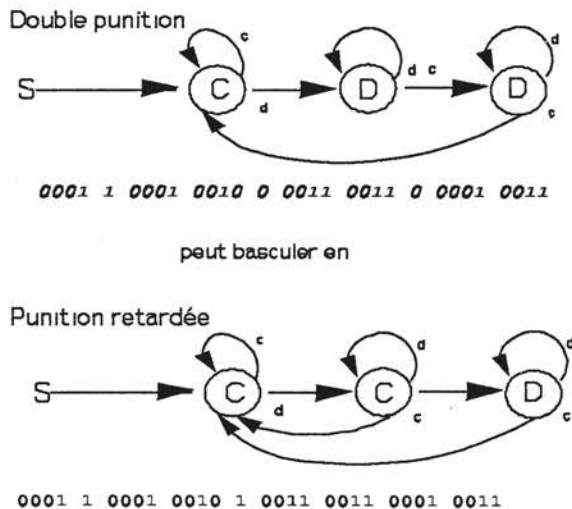
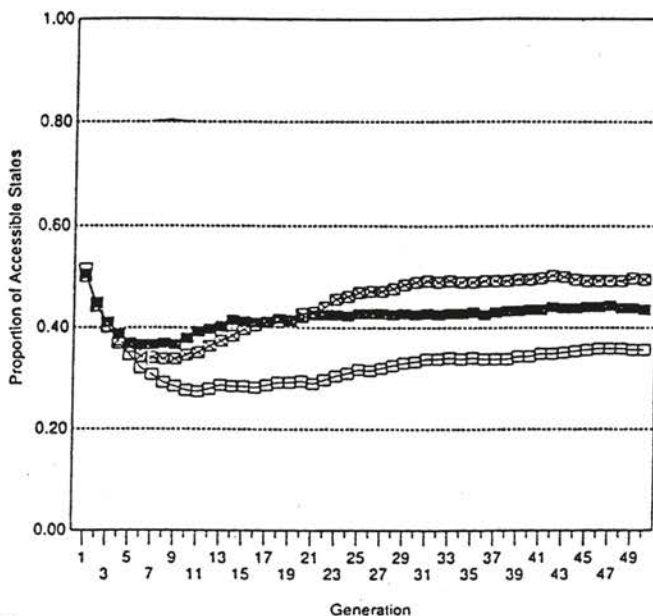


Figure 12 : Les gains moyens des automates



fiste ;

— soyez **indulgent** : une fois le malfaiteur puni, n'insistez pas. *Œil pour Œil* retourne à la coopération dès que cela ne contredit plus la règle de la susceptibilité, contrairement à *Gâchette*. Imaginez l'histoire du XX^{ème} siècle si les nations qui ont gagné la Première guerre mondiale avaient suivi cette règle (comme Keynes l'avait voulu) ;

— soyez **clair** : la coopération a besoin d'une ambiance de confiance, donc ne donnez pas l'impression d'avoir quelque chose à cacher. C'est le principal défaut des stratégies aléatoires proposées par la théorie des jeux traditionnelle. Le contexte informationnel (souvenez-vous du scénario de l'information incomplète) a un impact sur la capacité des agents à voir clair. Le fait qu'un faible brouillard augmente l'indulgence peut être interprété comme tentative des coopérateurs d'annuler les effets de la distorsion. *Ipsa* pour les réactions de susceptibilité dans le scénario à brouillard fort.

Une banque raisonnable

Une banque qui est perçue par ses clients comme bienveillante, susceptible et indulgente de façon claire peut s'attendre à faire de bonnes affaires. Une banque en Europe centrale ou Amérique du Nord peut se baser sur les institutions que ces cultures ont fait évoluer, à savoir les lois formalisées qui règlent la vie et la façon dont elles sont issues et évoluent (législatif, exécutif, jurisprudence, démocratie). À côté de ces institutions très formalisées, il y a les traditions, les bonnes mœurs, qui nous disent ce qui est bien et ce qui ne l'est pas, et qui règlent aussi les sanctions auxquelles nous pouvons nous attendre de la part de la société si nous les suivons ou non.

Ces institutions ont une fonction très importante pour les sociétés et le bien-être des individus. Elle nous guident là où notre capacité cognitive risque de nous tromper (pensez au comportement de la "mélioration", et comment ce modèle explique les problèmes d'addiction). Si dans les sociétés industrialisées il est devenu très à la mode d'être mince, ce n'est pas pour rien, après les années de surnutrition qui ont suivi la reprise économique des années 50. Un autre exemple est le mouvement écologique, qui met des valeurs morales là où le calcul économique (supposé rationnel) nous guide vers une planète décharge.

Une banque dans une région rurale d'un pays en développement ne peut de toute évidence pas se baser sur les mêmes institutions qu'aux États-Unis. Chaque tentative dans ce sens-là est par défaut condamnée aux problèmes

de la défaillance de remboursement. Une société rurale a ses propres institutions et, au fond, elles ne sont pas si différentes dans les différents pays en développement, si les types de sociétés se correspondent.

Ceci est un fait incontournable, car il n'est que peu probable que pour établir un système financier vous commencerez par instaurer les institutions socio-culturelles de la France. Ici, innover c'est trouver un comportement qui tourne un obstacle inévitable en avantage. Une banque rurale innove si elle réussit à utiliser les institutions culturelles existantes afin d'être perçue comme correspondant aux quatre règles d'or. Les tentatives de la Grameen Bank et de ses divers "enfants" partout dans le monde (et même aux États-Unis !) le montrent bien.

Mais il y a également quelques règles universelles, dont la plus importante est probablement la **proximité**. Dans l'âge de la télécommunication, une banque dans un pays industrialisé n'a que l'embarras du choix entre les divers canaux de communication. Dans une société où l'analphabétisme est encore un grave problème, et en l'absence d'une infrastructure de communication, la banque doit veiller à bien se faire comprendre par ses clients (ce qui implique une bonne compréhension de ces derniers), elle doit donc prévoir une interface efficace.

Aux travailleurs pour le développement...

Je voudrais faire plusieurs propositions quant aux travaux de recherche restant à accomplir, tant sur le plan théorique et méthodologique qu'opérationnel :

- fournir une bonne base de connaissances empiriques concernant les stratégies réelles ;
- dégager les mécanismes qui donnent aux formes coopératives de crédit avec caution solidaire leur puissance apparente, et répondre à la question si une généralisation est possible ;
- analyser les transitions entre différents types de sociétés et les mécanismes impliqués ;
- intégrer des stratégies plus sophistiquées dans l'analyse de la théorie des jeux ;
- mettre au point des outils de marketing adaptés à la spécificité de la clientèle d'une banque rurale ;
- mettre au point des formes de communication éducative afin d'orienter la clientèle dans le bon sens ;
- vulgariser les analyses et leurs conclusions auprès des banques et bailleurs de fonds potentiels. □

Bibliographie

- Axelrod R., 1984. *The Evolution of Cooperation*. New York, Basic Books.
- Fischhoff B., Slovic P., Lichtenstein S., 1980. Knowing What You Want : Measuring Labile Values. *In* : Thomas S. Wallsten (ed.), *Cognitive Processes in Choice and Decision Behaviour*, Lawrence Erlbaum Associates.
- Hayek F., 1988. *Between Instinct and Reason*. *In* : *The Fatal Conceit*, Routledge.
- Herrenstein R., Prelec D., 1989. *Melioration : A Theory of Distributed Choice*. Discussion paper, Harvard University.
- Hofstadter D.R., 1988. Quelques dilemmes pour des penseurs superrationnels, conduisant à la Lottérillusion ; Un été à Happiton ; Le dilemme du prisonnier : tournois sur ordinateur et évolution de la coopération ; L'irrationalité est la racine carrée de tous les maux ; Qui pousse l'autre au cervélodrome. *In* : *Ma Thémagie*, InterEditions.
- Hofstadter D.R., 1988. Prélude... et fourmillage. *In* : *Vues de l'Esprit*, InterEditions.
- Kahnemann D., Knetsch J.L., 1991. Anomalies : The Endowment Effect, Loss Aversion and Status quo Bias. *Journal of Economic Perspectives*, Vol 5, n°1, winter 1991.
- Kauffman S.A., 1991. Antichaos and Adaption. *The Scientific American*, August 1991, p. 64.
- Machina M.J., 1987. Choice under Uncertainty : Problems Solved and Unsolved. *Economic Perspectives*, Vol. 1, n°1, summer 1987.
- Meyer M., Booker J., 1990. *Eliciting and Analyzing Expert Judgement : A Practical Guide*. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich, Publishers.
- Miller J.H., 1990. *The Coevolution of Automata in the Repeated Prisoner's Dilemma*. Working paper from the Santa Fe Institute Economics Program.
- Minsky M., 1988. *Raisonnement*. *In* : *La société de l'esprit*, InterEditions.
- Schwefel H.P., 1990. *Imitating Evolution : Collective Two-Level Learning Processes*. Dortmund University, Discussion Paper.
- Slovic P., Lichtenstein S., 1983. Preference Reversals : A Broader Perspective. *The American Economic Review*, Vol. 73, n°4, Sept. 1983.
- Tversky A., Slovic P., Kahnemann D., 1990. The Causes of Preference Reversal. *The American Economic Review*, Vol 80, n°1, March 1990.
- Tversky A., Kahnemann D., 1982. *Judgement under Uncertainty : Heuristics and Biases*. Introduction de "Judgement under uncertainty : Heuristics and Biases", Cambridge University Press.
- Tirole J., 1988. *Non-cooperative Game Theory*. *In* : *Industrial Organization*, MIT Press.
- Wallich P., Corcoran E., 1991. Games that Networks Play. *The Scientific American*, July 1991, p. 92.