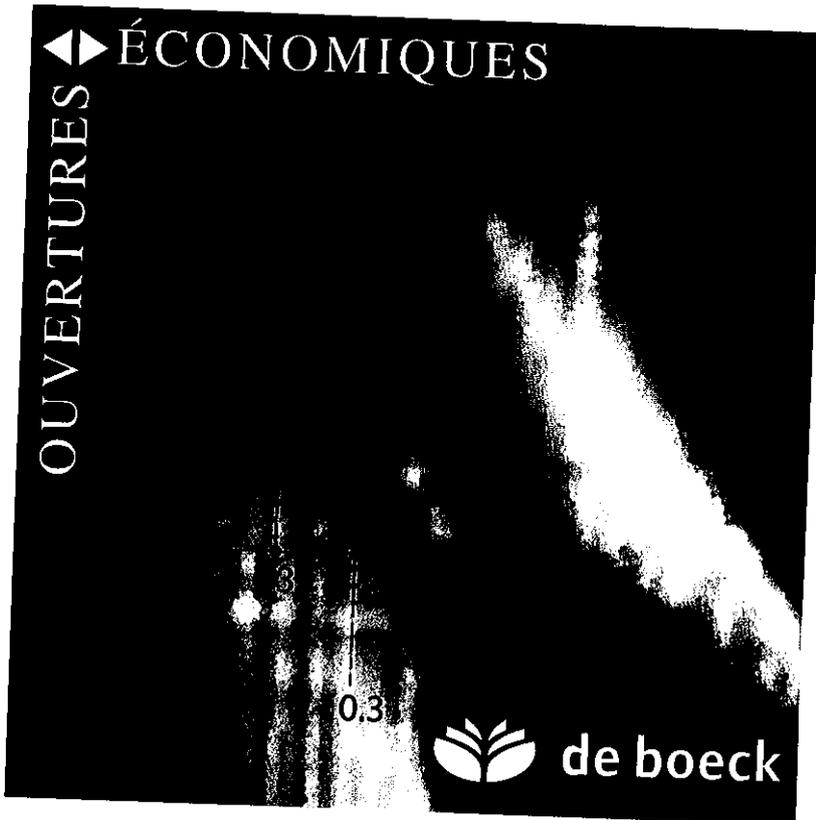


Jeux et information

Introduction à la théorie des jeux

Eric Rasmusen

Traduction et présentation de la 3^e édition anglaise par Francis Bismans



PRÉSENTATION DE L'ÉDITION FRANÇAISE

Le livre d'Eric Rasmusen, dont on trouvera ci-après la traduction française, est venu à son heure. La première édition anglo-américaine date de 1989. Il en est aujourd'hui à sa troisième édition et l'auteur compte bien en sortir une quatrième dans un avenir pas très éloigné. D'emblée, dès 1989, il a connu un succès considérable, succès qui ne s'est jamais démenti par la suite et qui témoigne de ce que l'ouvrage comblait un vide.

Le titre du livre, *Jeux et information*, définit parfaitement son objet : il expose en effet l'économie de l'information à la lumière de la théorie des jeux. Mais pour que la rencontre se produise entre ces deux disciplines, il a fallu beaucoup de temps. La première a vu son rôle s'affirmer tardivement dans la théorie économique, tandis que la seconde n'a réellement commencé à modifier le visage de l'économie qu'à la fin des années soixante-dix. Certes, des passerelles avaient été jetées entre théorie des jeux *coopératifs* et théorie de l'équilibre général dès les années soixante. Il n'empêche que le gros de l'économie politique s'est tenu à l'écart d'un outil mathématique, pourtant expressément construit pour elle.

Présenter davantage l'ouvrage en détaillant ses points forts et ses avantages comparatifs n'aurait guère de sens. Le livre se défend lui-même fort bien à cet égard. Par contre, il n'est pas inutile d'examiner les raisons pour lesquelles *Jeux et information* est venu à son heure en 1989 et reste de nos jours un instrument de travail inégalé pour qui désire labourer le vaste de champ de la théorie des jeux et de l'économie de l'information.

La concrétisation d'un tel programme de travail nécessite d'abord de montrer que la théorie de l'équilibre général a été la première à réaliser la jonction avec la théorie (coopérative) des jeux ; ensuite que l'introduction de l'incertain dans le modèle de base de l'équilibre général conduit à des difficultés considérables, notamment du point de vue de l'information des agents ; qu'enfin, seule la remise en cause de ce modèle couplée avec la prise en compte explicite de l'information des agents et le développement de la théorie non coopérative a permis d'aboutir à une nouvelle synthèse entre les jeux et l'économie de l'information.

Voyons cela en détails.

1. ÉQUILIBRE GÉNÉRAL...

Depuis toujours ou presque, les économistes connaissaient et utilisaient la notion d'information. Mais elle ne figurait pas réellement au centre de leurs préoccupations. Le meilleur exemple est encore celui du modèle d'Arrow et de Debreu, — deux prix Nobel d'écono-

mie, le premier en 1972, le second en 1983 — tel qu'on le trouve exposé dans le grand article d'Arrow-Debreu (1954) et dans l'ouvrage classique de Debreu (1959). Cette théorie, associée à ce qu'un autre Prix Nobel, Joseph Stiglitz, appelle le « paradigme concurrentiel », représente certainement une des plus belles réussites, tant sur le plan formel qu'explicatif, de l'économique. Donnons-en l'essentiel tout en nous limitant, dans un premier temps, à un environnement certain.

Toute marchandise est définie par ses caractéristiques physiques, sa date de disponibilité¹ et son lieu de disponibilité. A chacune de ces marchandises est associée un nombre réel, son prix. Ce prix est le montant que l'on doit payer maintenant pour obtenir livraison plus tard d'une unité de cette marchandise. Les agents qui composent l'économie sont soit des consommateurs, soit des producteurs. Les premiers choisissent un panier dans leur ensemble de consommation, panier qui maximise leur utilité sous leur contrainte de budget ; de surcroît, ils possèdent également les ressources initiales de l'économie. Les seconds sélectionnent une production, qui maximise leur profit, dans leur ensemble de possibilités de production. Pour ce faire, les uns et les autres considèrent les prix comme des données et se comportent donc comme des « preneurs de prix » (*price takers*), situation typique de la concurrence parfaite.

Moyennant une panoplie d'hypothèses, dont celles de convexité des ensembles de consommation et de production, de survie des consommateurs, etc., on démontre alors — voir Debreu (1959, chapitre 5) — qu'il existe un vecteur de prix (au moins !) qui assure l'équilibre des offres et des demandes sur chacun des marchés. Ces derniers permettent donc la coordination des plans individuels des agents de telle sorte qu'ils soient, au niveau global, mutuellement compatibles, c'est-à-dire qu'il y ait égalité entre l'offre et la demande pour chaque marchandise.

Mais ce n'est pas tout. On peut en effet démontrer une double proposition — c'est Arrow (1951) qui a pour la première fois produit cette démonstration, du moins en se basant sur la convexité et le théorème de séparation des ensembles convexes — connue sous le nom de « théorèmes fondamentaux de l'économie du bien-être » :

1. la première d'entre elles dit que tout équilibre général est un optimum de Pareto, c'est-à-dire un état de l'économie, où il n'est pas possible d'améliorer simultanément l'utilité de tous les consommateurs et le profit de tous les producteurs (alternativement, un état où l'on ne peut accroître l'utilité ou le profit d'un seul agent sans diminuer celle ou celui d'au moins un autre agent) ;
2. la seconde affirme qu'étant donné un système de prix, un état Pareto-optimal est un équilibre général par rapport au système des prix en question.

L'interprétation économique des deux résultats a toute son importance. Le premier « théorème fondamental » constitue véritablement la démonstration des effets positifs de la « main invisible » chère à Adam Smith (1776, II, vol. 1, p. 456) : « (...) chaque individu

1 On supposera que l'horizon temporel des agents est constitué par T périodes élémentaires de temps, avec T fini.

travaille donc forcément à rendre le revenu annuel de la société aussi grand que possible. (...) Et il est en ce cas, comme en bien d'autres, conduit par une main invisible pour faire avancer une fin qui ne faisait pas partie de ses intentions. » En termes plus modernes, on dira qu'un équilibre général est un état de rendement social maximal ou encore qu'il conduit à l'allocation optimale des ressources. Marchés et efficacité économique vont de pair². Quant au second de ces théorèmes, il a d'importantes implications pour la politique économique. En particulier, l'État ne doit pas intervenir ou interférer dans les mécanismes de marché par des contrôles de prix ou des rationnements. Tout ce qu'il peut (doit) faire, c'est modifier la répartition initiale des ressources par des transferts directs, de sorte que cette dernière se rapproche le plus possible de son idéal de justice, puis de laisser jouer les forces de marché. Les processus d'allocation et de répartition des ressources sont ainsi nettement séparés.

Ces deux théorèmes reposent, tout comme la démonstration de l'existence d'un équilibre concurrentiel, sur plusieurs hypothèses — voir Debreu (1959, chapitre 6) —, à commencer par celle de convexité des ensembles de consommation et de production. La production peut présenter des non-convexités, par exemple en cas d'indivisibilités (le nombre d'ordinateurs produits est un entier naturel, pas un nombre réel quelconque) ou de rendements croissants à l'échelle. Seule cette dernière non-convexité est véritablement déterminante. On doit en conclure que la présence de rendements croissants sur un large fragment de l'ensemble de production global est incompatible avec un équilibre concurrentiel. Il faut encore ajouter que toute la construction est fondée sur l'existence d'un système complet de marchés, un pour chaque bien. Cette condition est approximativement réalisée dans la réalité, sauf pour des biens particuliers : les biens publics (non consommables privativement), les biens futurs (n'oublions pas en effet que dans le modèle d'Arrow-Debreu, une marchandise est définie également par sa date de mise à disposition), mais ceux aussi que les économistes appellent des *externalités* (positives ou négatives)³. Indubitablement, ces exceptions sont fort nombreuses.

Enfin, mais ce n'est même pas une hypothèse, l'information dont doivent disposer les agents est finalement assez réduite. Chacun d'entre eux a connaissance de sa fonction d'utilité ou de ses possibilités de production présentes et futures. Pour le reste, il est censé émettre des messages constitués des quantités qu'il est désireux d'acheter et de vendre pour chaque prix et pour chaque bien ; comme l'écrit Arrow (1985), « le processus concurrentiel agrège cette information et conduit à l'allocation des biens qui en résulte ».

2 La question de l'efficacité productive, « mesurée » à l'aune du critère de Pareto, est complètement indépendante de celle de la répartition. Il y a longtemps déjà, on a fait remarquer qu'un état de l'économie où un agent possède toutes les ressources et les autres agents rien du tout, est un optimum de Pareto.

3 Une externalité est présente lorsque l'action d'un agent affecte l'utilité ou le profit des autres agents, négativement (pensons, par exemple, à la pollution) ou positivement (la loyauté, l'honnêteté, etc.).

2. ... ET THÉORIE DES JEUX

On peut faire remonter plus ou moins haut dans le temps les origines de la théorie des jeux. En tout cas, le premier théorème « général » est celui de Zermelo (1913) relatif à la décidabilité du jeu d'échecs. Par la suite, dans l'entre-deux guerres, les contributions de Borel — voir notamment Borel (1921)⁴ — et de Von Neumann (1928) ont posé quelques bases de la théorie. Chacun s'accordera cependant pour reconnaître que la nouvelle discipline est réellement née en 1944 avec la publication de *Theory of Games and Economic Behavior*. L'ouvrage, résultat de la collaboration du mathématicien John Von Neumann et de l'économiste Oskar Morgenstern, se proposait rien moins que de fournir à l'économiste les outils mathématiques adaptés à l'analyse des systèmes sociaux⁵. Nos deux auteurs s'attendaient donc à ce que la théorie des jeux conduise à une véritable révolution dans la théorie économique. Comme le relève Kuhn (2004, p. vii), l'accueil du livre fut d'ailleurs extraordinaire, à la fois en quantité et en qualité. Pas moins de deux futurs Nobel d'économie — en l'occurrence Stone et Simon — rédigèrent un compte rendu. Un autre critique, Jacob Marschak (1946, p. 115), alla même jusqu'à écrire : « Encore dix livres comme celui-là et le progrès de l'économie est assuré. »

L'ouvrage lui-même développe d'abord une présentation axiomatique d'un jeu ainsi que quelques concepts essentiels : stratégies pures et mixtes, forme normale d'un jeu (dite de nos jours stratégique), forme extensive, information parfaite, etc. Ensuite, il progresse de l'analyse des jeux à deux personnes et à somme nulle (ce que l'un des joueurs gagne, l'autre le perd) à l'analyse de ceux à n joueurs. En ce qui concerne les premiers — que l'on qualifie souvent de « strictement compétitifs » —, Von Neumann et Morgenstern démontrent que de tels jeux, comportant un nombre fini de stratégies pures à la disposition de chaque joueur, sont strictement déterminés, c'est-à-dire admettent une solution unique (c'est le théorème du « minimax »). Il n'en va pas de même pour les seconds. En effet, autant les jeux à somme nulle (ou constante) constituent ce que l'on a appelé plus tard à la suite de Nash (1951), des jeux non coopératifs, autant les jeux à n joueurs relèvent, chez Von Neumann et Morgenstern, de la *coopération*, dans la mesure où les coalitions de joueurs y jouent un rôle central. Or, pour les jeux coopératifs, il n'y a en général pas de solution unique qui s'impose. Tout ce que l'on peut espérer, c'est que certaines solutions soient plus « stables » que d'autres, dans le sens où les coalitions qui les sous-tendent ont un caractère durable. Pour leur part, nos deux auteurs ont avancé le concept d'« ensemble stable » comme solution de ce type de jeux (intuitivement, un ensemble stable est un

4 En particulier, parce que l'on y trouve le concept de « stratégie mixte » et la démonstration du théorème du minimax dans le cas où le nombre de stratégies pures à la disposition de deux joueurs est égal à 3.

5 « Si deux ou plusieurs personnes s'échangent des biens, alors le résultat pour chacun d'eux dépendra en général non seulement de ses propres actions, mais aussi de celles des autres. Par conséquent, chaque participant tente de maximiser une fonction (...) dont il ne contrôle pas toutes les variables. Ce n'est certainement pas un problème de maximum, mais un mélange particulier et déconcertant de plusieurs problèmes contradictoires d'optimisation. », Von Neumann & Morgenstern (1944, p. 11).

ensemble A d'imputations, c'est-à-dire de vecteurs de paiements individuellement et collectivement rationnels, tel que (i) aucune imputation de A ne domine⁶ une autre imputation appartenant à ce même ensemble ; (ii) si une imputation n'appartient pas à A , il existe alors au moins une imputation de A qui domine la précédente. Le problème est que l'ensemble stable d'un jeu peut être vide et qu'en conséquence, ce jeu ne comporte pas de solution de Von Neumann-Morgenstern).

Toujours est-il que la *Theory of Games* juxtapose à une théorie non coopérative des jeux à somme nulle et à deux personnes une théorie de nature coopérative des jeux à plusieurs joueurs. Compte tenu que seuls les premiers admettent une solution bien déterminée, la théorie allait, pendant très longtemps, se réduire chez l'économiste moyen à la considération des jeux à somme nulle, dont il faut bien dire que les applications sont extrêmement rares en économie. C'est un facteur qui a contribué à ce que la nouvelle théorie n'ait pas réussi d'emblée sa percée dans la théorie économique.

Par ailleurs, même si Von Neumann et Morgenstern avaient pris grand soin de définir et d'expliquer les éléments de théorie mathématique qu'ils utilisaient (la théorie des ensembles, des groupes, l'axiomatique, la convexité, le théorème d'appui des ensembles convexes, etc.), il reste — voir également sur ce point Kuhn (2004, p. xii) — que le livre de nos deux auteurs était trop mathématisé, donc trop difficile, pour les économistes de l'époque. Il s'ensuivit que lors des quinze années postérieures à la publication de la *Theory of Games*, seuls des mathématiciens contribuèrent au développement de la théorie. Nul n'a mieux résumé les développements de cette époque que Robert Aumann (1987, p. 467), lui-même un des théoriciens des jeux parmi les plus importants : « Les années cinquante furent une période d'excitation (...). La discipline avait fait éclater son cocon et essayait ses ailes. Des géants parcouraient le monde. À Princeton, John Nash posait le canevas de la théorie générale des jeux non coopératifs et de la théorie coopérative du marchandage ; Lloyd Shapley définissait la valeur pour les jeux de coalition⁷, initiait la théorie des jeux stochastiques, co-inventait le cœur (*core*)⁸ avec D.B. Gillies et développait, avec John Milnor, les premiers modèles de jeux comportant des continuums de joueurs ; Harold Kuhn travaillait sur les stratégies de comportement et le rappel parfait ; Al Tucker découvrait le dilemme du prisonnier (...). R. Luce et H. Raiffa publiaient, en 1957, leur livre *Games and Decision*, qui eut une influence énorme. À la fin de la décennie, les premières études sur les jeux répétés paraissaient. » Ce qui est remarquable dans ce panorama, c'est que tous les noms cités sont ceux de mathématiciens ; aucun d'entre eux n'est un économiste, même si la

6 On dit qu'une imputation y domine une autre imputation x par rapport à la coalition (non vide) S si deux conditions sont réunies : (i) les membres de S doivent pouvoir se répartir entre eux la quantité prescrite par y (ii) chaque membre de S préfère strictement y à x . On dit qu'une imputation y domine x s'il existe au moins une coalition S telle que y domine x par rapport à S .

7 Aumann se sert du terme de jeu coalitionnel (ou jeu de coalition) en lieu et place de celui de « jeu sous la forme caractéristique » utilisé par Von Neumann et Morgenstern.

8 On a traduit systématiquement « core » par « cœur » et non par « noyau ». La raison de ce choix est simple : en théorie coopérative, « core » et « kernel » sont deux concepts de solution couramment utilisés ; le dernier ne pouvant être rendu que par « noyau », il fallait forcément utiliser un autre terme pour traduire le premier d'où le choix de « cœur ».

plupart se sont intéressés aux applications économiques de la théorie. Ce fait témoigne fort bien que la symbiose entre théorie des jeux et économie, sans parler de la révolution conceptuelle à laquelle aspiraient Von Neumann et Morgenstern, était loin d'être réalisée au terme des années cinquante.

Pourtant, lors de la décennie suivante, les théoriciens des jeux vont prendre langue avec ceux de l'équilibre général. Dès 1959, Shubik (1959) avait signalé le lien entre la courbe de contrat d'Edgeworth et le concept de cœur⁹ (*core*). Mieux, il avait en quelque sorte reformulé l'analyse (longtemps méconnue) de l'économiste d'Oxford dans le langage de la théorie coopérative des jeux. Peu de temps après, Debreu et Scarf (1963, théorème 3) démontraient que dans une économie d'échanges — donc sans production, mais le résultat se généralisait immédiatement au cas d'une économie productive —, lorsqu'on fait tendre le nombre de consommateurs vers l'infini par « duplication » de l'économie initiale, alors le cœur de cette économie se rétrécit et finit par se réduire aux seules allocations d'équilibre¹⁰. De la sorte, un lien était établi entre le grand nombre d'agents et la concurrence parfaite. Dans la foulée, Aumann (1964, section 4) prouvait que, dans le cas d'une économie d'échanges sans atomes, c'est-à-dire où chaque agent est négligeable¹¹, le cœur coïncide avec l'ensemble des allocations d'équilibre. La boucle était bouclée : deux concepts d'équilibres *a priori* très différents se trouvaient ainsi réconciliés. Théorie *coopérative* des jeux et théorie de l'équilibre général cheminaient désormais ensemble...

3. SUR L'INCERTITUDE...

La modestie informationnelle du modèle d'Arrow-Debreu, sur laquelle on a insisté, est directement liée à l'hypothèse d'environnement certain qui y prévaut et conséquemment, à la prévision parfaite du futur par les agents. La situation change du tout au tout à cet égard, lorsqu'on introduit explicitement le temps et l'incertitude dans le modèle.

La prise en compte de l'incertain passe d'abord par une redéfinition des marchandises. À la suite d'Arrow (1953, pp. 41-42), on considérera que les biens sont aussi caractérisés par la réalisation d'un certain nombre d'états de la nature. On obtient ainsi un ensemble de marchandises dites contingentes, c'est-à-dire conditionnelles à l'occurrence d'états de la nature déterminés. Plus précisément, on va supposer qu'il existe, dans notre économie, n consommateurs, m producteurs et l biens physiquement caractérisés. L'horizon temporel des agents est, comme auparavant, constitué par T périodes de temps (avec T fini), encore appelées dates. L'incertitude dans cette économie provient de l'exis-

9 En bref, le cœur d'un jeu coopératif à n joueurs est un ensemble d'imputations (une pour chaque joueur) tel qu'aucune coalition de joueurs n'est en mesure d'améliorer le paiement de *toutes* ses composantes.

10 Une allocation d'équilibre est une allocation x soutenue par un vecteur de prix p tel que le couple (p, x) constitue un équilibre concurrentiel.

11 Moyennant également l'équivalent, en théorie de la mesure, de dotations initiales strictement positives.

tence, à la date T , d'un ensemble fini d'états de la nature, en nombre k , que l'on nommera *événements élémentaires* en T . L'ensemble des événements à cette dernière date est partitionné en sous-ensembles repérés par un indice approprié. Chacun d'eux a une histoire, de sorte qu'en remontant alors de $t = T$ en $T - 1$, puis en $T - 2$, etc., jusqu'en $t = 1$, on obtient à la suite de Debreu (1959, chapitre 7) un arbre des événements dont les sommets (ou nœuds) sont constitués par les événements à la date $t = 1, \dots, T$. Le premier sommet — la racine de l'arbre — correspond à l'absence d'information prévalant initialement, c'est-à-dire en $t = 0$. Par la suite, l'information devient de plus en plus fine au fur et à mesure que l'on avance dans le temps.

Dans cet environnement incertain, on définit alors une marchandise par ses caractéristiques physiques, son lieu de disponibilité et son événement, c'est-à-dire plus exactement le couple (date, événement). Ainsi, une crème glacée livrée à Paris le 9 juillet 2004 lorsque la température est supérieure à 25° C sera-t-elle une marchandise différente de la même crème glacée livrée au même endroit et à la même date, mais avec une température ambiante inférieure à 25° C. C'est pourquoi de telles marchandises sont qualifiées de « contingentes » (contingent en anglais), c'est-à-dire soumises à l'aléatoire¹².

Il y a un marché qui est organisé, au début de l'histoire de l'économie, donc en $t = 0$ pour chaque marchandise contingente ainsi définie. Un contrat sur ce marché consiste en l'achat (la vente) d'un certain nombre d'unités de cette marchandise qui seront livrées en un lieu et une date spécifiés si et seulement si un événement élémentaire se produit. Le paiement de cet achat (de cette vente) est fait *initialement et irrévocablement*, mais la livraison n'intervient effectivement que si l'événement élémentaire spécifié se réalise. Le prix d'une marchandise contingente est donc un nombre que l'on interprète comme le montant payé initialement par (à) l'agent qui s'est engagé à accepter (à effectuer) la livraison d'une unité de cette marchandise.

Semblablement, on réinterprète par rapport à l'arbre des événements la définition des ensembles de production et de consommation des deux catégories d'agents distinguées. Chaque producteur choisit un plan de production qui spécifie les intrants et extrants (les inputs et outputs) de chaque marchandise en chaque couple (date, événement)¹³. Chaque consommateur choisit un plan de consommation qui détermine sa consommation de marchandises pour tous les couples (date, événement).

Moyennant cette réinterprétation, en termes d'incertitude, des différents concepts de base, on définit un équilibre comme une liste de prix, une liste de plans de production (un pour chaque producteur) et une liste de plans de consommation (un pour chaque consommateur) telles que :

1. le plan de chaque producteur maximise la valeur présente de ses profits sur son ensemble de production ;

12 En fait, il serait plus adéquat de les qualifier de « conditionnelles », mais l'usage anglo-saxon s'est maintenant imposé et il n'est plus possible de faire marche arrière.

13 On fait ici abstraction de la localisation des marchandises par souci de simplification.

2. le plan de chaque consommateur maximise son utilité sur son ensemble de consommation sous la contrainte que le coût actualisé de sa consommation n'excède pas sa richesse nette actualisée¹⁴ ;
3. pour chaque marchandise (physique) en chaque couple (date, événement), la demande totale est égale à l'offre totale.

On démontre alors que sous un ensemble d'hypothèses déjà mentionnées plus haut, mais réinterprétées, il existe au moins un équilibre pour une telle économie. Par ailleurs, les deux théorèmes de l'économie du bien-être y sont également vérifiés : un équilibre par rapport à un système de prix (contingents) est un optimum et un état Pareto-optimal est un équilibre par rapport à un système de prix (contingents).

4. ... ET INFORMATION

Dans une économie incertaine, à la différence du cas certain, l'information des agents est expressément prise en compte par le biais de l'arbre des événements. Cette information peut être imparfaite, mais elle est en tout cas identique pour chaque agent. Il s'agit là d'une hypothèse extrêmement forte, à propos de laquelle trois remarques essentielles — qui sont également des critiques — doivent être faites, la première tout à fait générale et les deux autres plus particulières :

1. Eu égard à ce que la théorie suppose l'ouverture d'un ensemble de marchés contingents (un pour chacune des marchandises contingentes), la réduction de l'incertitude intrinsèque à toute économie n'est possible que moyennant l'organisation, en chaque date, d'un système *complet* de marchés. Cette exigence d'ordre théorique aboutit à multiplier le nombre de marchés « contingents », c'est-à-dire conditionnels à l'occurrence d'un certain événement. Par exemple, si l'on n'envisage que deux périodes de temps et qu'il y a, comme on l'a précisé plus haut, l biens et k états de la nature¹⁵ en $t = 2$, le nombre de marchés passe de l à $(l \times k)$. Arrow (1953, pp. 43-45) avait bien vu la difficulté et proposé en conséquence d'introduire des titres boursiers dans le modèle de manière à réduire le nombre de marchés de $(l \times k)$ à $(l + k)$. Cependant, le problème ne réside pas tant dans le nombre de marchés contingents que dans leur existence même. À cet égard, Arrow s'est exprimé par la suite sans ambiguïté possible : « Les marchés à terme sont relativement rares. Mais les marchés contingents n'existent pratiquement pas. » (Arrow (1985), p. 75) Cette inexistence conduit à la conclusion que le modèle de Arrow-Debreu n'a pas de pertinence empirique et qu'il ne peut en avoir que dans la mesure où il fait fond sur le caractère incomplet des marchés nécessaires pour atteindre un équilibre général et partant un optimum de Pareto. En d'autres termes, l'hypothèse d'*incomplétude des marchés* doit se situer au fondement même de la théorie.

¹⁴ La convexité des préférences implique, en incertitude, l'aversion à l'égard du risque des différents consommateurs.

¹⁵ Ces états de la nature sont également les événements élémentaires en $t = 2$ compte tenu que l'on s'est limité à deux périodes de temps.

2. Postuler l'identité de l'information de chaque agent — on parlera désormais pour désigner ce cas particulier de *symétrie de l'information* — n'est plus tenable dès le moment où l'on veut pleinement prendre en compte les effets de l'incertitude sur le comportement des agents économiques. Par exemple, même en supposant que les marchés contingents existent bel et bien, il n'est pas concevable que chaque agent puisse déterminer de la même manière la survenance éventuelle de catastrophes naturelles, les conditions météorologiques qui prévaudront le 23 août 2006 à Carcassonne ou à Nancy, le rythme du progrès technique et donc les possibilités de production dans tant d'années, les découvertes scientifiques futures et leur application à l'industrie, etc. À tout le moins, on peut penser que les agents différeront quant à leur perception (ou leur prévision) des événements futurs possibles¹⁶. La situation est pire encore lorsque l'on abandonne l'hypothèse de complétude des marchés contingents : si ces derniers n'existent pas (fût-ce seulement pour un nombre limité de biens), alors les agents devront former leurs propres anticipations sur les prix futurs et il n'y a vraiment aucune raison pour que ces anticipations coïncident. Certes, il est possible, en principe, de généraliser le modèle de Arrow-Debreu en permettant des différenciations de l'information des agents relative à leur environnement. C'est ce qu'a fait Radner (1968, sections 2 à 6). L'idée de base de son raisonnement est à la fois simple et ingénieuse : elle consiste à doter chaque agent (producteur et consommateur) d'une structure d'information spécifique (et fixée¹⁷), ce qui permet de réduire l'ensemble des plans de production et de consommation des agents associés à l'économie de Arrow-Debreu aux seuls plans compatibles avec la structure d'information propre à chaque agent. Cependant, Radner a reconnu lui-même un peu plus tard — voir Radner (1970, p. 457) — qu'il doutait « qu'il soit raisonnable de supposer que les conditions technologiques pour l'acquisition et l'usage de l'information satisfont en général les hypothèses des théorèmes habituels sur l'existence et l'optimalité de l'équilibre concurrentiel ». Il suit de cette assertion que l'introduction dans le modèle canonique de l'équilibre général d'une information différenciée selon les agents est tout ce que l'on veut, sauf naturelle. Par contre, la réalité économique est, elle, faite de différenciations d'information.
3. Certains marchés existants — les marchés d'assurance en l'occurrence — se caractérisent par la présence de fortes asymétries d'information. Depuis longtemps, les assureurs connaissaient l'existence de phénomènes tels que l'aléa moral ou risque moral (*moral hazard*) et la sélection adverse ou antisélection¹⁸ (*adverse*

16 Notez bien qu'il ne s'agit même pas ici de divergence des probabilités subjectives des agents quant à l'occurrence des événements en question.

17 Fixée, c'est-à-dire indépendante de l'action de l'agent considéré ou des autres agents.

18 De manière intuitive, l'aléa moral désigne le risque encouru par l'assureur consécutivement au fait qu'un agent peut se montrer moins prudent dès le moment où il est couvert par une police d'assurance. Il est difficile de définir lapidairement la sélection adverse. Disons simplement que, si un assureur offre une police dont la prime est calculée en fonction du risque moyen dans une population, alors cette police ne sera acquise que par les agents à hauts risques. Il y a donc sélection des « mauvais » clients à risque élevé et non des « bons ». D'où le terme de « sélection adverse ».

selection). De tels phénomènes sont possibles parce que l'assureur dispose d'une information moindre que celle de ses clients. En tout cas, ils détruisent la possibilité même d'un équilibre général (voir sur ce point, Rothschild et Stiglitz (1976)). On s'est cependant aperçu que le risque moral et la sélection adverse n'affectaient pas seulement les marchés d'assurance. Bien d'autres marchés étaient confrontés à ces asymétries d'information typiques. Dans ce domaine, comme en bien d'autres, Arrow a joué un rôle de pionnier. Dès le début des années soixante, en étudiant le marché des soins médicaux, il avait relevé, dans une section consacrée à l'aléa moral, que « la diffusion des assurances médicales augmente la demande de soins » (Arrow (1963, p. 131)). Akerlof (1970), prix Nobel la même année que Spence et Stiglitz, peut être pour sa part crédité d'avoir montré la large applicabilité du concept de sélection adverse en économie.

5. LES DÉCENNIES PRODIGIEUSES

À la fin des années soixante, la théorie de l'équilibre général semblait avoir atteint un degré de formalisation et de généralité qui la rendait proche de l'achèvement. De surcroît, la synthèse avec la théorie mathématique des jeux coopératifs s'était largement opérée. Pourtant, le majestueux édifice entraînait en crise dès le milieu des années soixante-dix sous l'effet de deux facteurs principaux :

- (i) un résultat théorique inattendu et particulièrement destructeur d'abord : trois auteurs (Sonnenschein, Debreu et Mantel) démontrèrent en effet, respectivement en 1973, 1974 et 1976, que les fonctions de demande excédentaire (i.e. demande moins offre) sont complètement caractérisées par la loi de Walras, la continuité et l'homogénéité¹⁹ ; en d'autres termes, sous les hypothèses habituelles relatives aux préférences, aux dotations initiales et à la fonction d'utilité des consommateurs, on ne peut rien dire quant à la forme de la fonction de demande agrégée ; en particulier, on ne peut démontrer qu'elle est à pente négative²⁰ ;
- (ii) la perception de l'inadéquation de la théorie de l'équilibre général au réel et cela, sous différents angles ensuite : l'hypothèse de concurrence parfaite, la présence de

19 Les trois papiers sont extrêmement techniques. C'est pourquoi on n'en donnera pas les références et on se contentera de renvoyer à Kirman (1992), qui a écrit sur le sujet une contribution tout à fait abordable.

20 On peut juger de l'effet produit par ce théorème sur l'exemple de Werner Hildenbrand, un théoricien qui a apporté des contributions significatives à l'équilibre général (notamment en matière de cœur des « grandes » économies) : « Quand je lus dans les années soixante-dix les publications de Sonnenschein, Mantel et Debreu sur la structure de la fonction de demande excédentaire d'une économie d'échange, je fus profondément consterné. A cette époque, j'avais encore l'illusion naïve que les fondements microéconomiques du modèle d'équilibre général que j'admirais tant, nous permettaient non seulement de prouver que le modèle et le concept d'équilibre étaient logiquement cohérents, mais également que l'équilibre était bien déterminé. Cette illusion ou devrais-je plutôt dire, cet espoir fut détruit une fois pour toutes. », Hildenbrand (1994, préface).

rendements croissants, l'incapacité à intégrer véritablement l'information différenciée dans le modèle et surtout l'inexistence dans la réalité du système complet de marchés postulé par la théorie, tout spécialement en cas d'environnement incertain.

De cette crise théorique devait sortir trois courants principaux. Le premier conserve le cadre de la théorie de l'équilibre général, mais modifie une ou plusieurs de ses hypothèses pour introduire davantage de réalisme dans le modèle : équilibres à prix fixe, équilibres temporaires, prise en compte des marchés financiers et reconnaissance de l'incomplétude des marchés dans la foulée de Radner (1972)²¹, etc. Le deuxième courant reste également dans le cadre conceptuel de l'équilibre général tout en se concentrant sur la question du calcul des prix d'équilibre : c'est l'équilibre général calculable ou appliqué²². Par contre, le troisième courant abandonne le modèle de Arrow-Debreu pour lui préférer des modélisations moins générales, mais plus pertinentes, centrées sur l'information différenciée des agents. Laffont et Martimort (2002, p. 4) ont parfaitement résumé cette démarche²³ : « Au début des années soixante-dix, les travaux de Akerlof (1970), Spence (1973) et Rothschild et Stiglitz (1976) ont montré de différentes manières que l'asymétrie d'information (...) ne pouvait être traitée de façon satisfaisante via une généralisation adéquate de la théorie de Arrow-Debreu. Les problèmes rencontrés étaient si sérieux qu'une génération entière de théoriciens de l'équilibre général abandonna momentanément la structure grandiose de l'équilibre général et reconsidéra le problème de l'échange en information asymétrique sous sa forme la plus simple : l'échange entre deux agents. » L'économie de l'information prenait son envol.

Parallèlement, entre 1965 et 1975, la théorie des jeux non coopératifs connaissait des développements particulièrement importants. Elle avait été longtemps dominée — elle l'est toujours ! — par un concept unique de solution, l'équilibre de Nash (voir Nash (1951). Mais deux problèmes au moins se posaient : ceux de la multiplicité des équilibres et de l'incapacité de la théorie à traiter les jeux à « information incomplète »²⁴. Or, dans chacun de ces deux domaines, des contributions significatives et de grande portée vont intervenir dès la deuxième moitié des années soixante.

D'une part, Selten (1965) propose un premier raffinement des équilibres de Nash, l'équilibre parfait en sous-jeux, destiné à éliminer les équilibres aberrants ou non crédibles (on appelle équilibre parfait en sous-jeux un ensemble de stratégies qui constituent un équilibre de Nash dans chaque sous-jeu de l'arbre du jeu). Par la suite, Selten (1975,

21 On peut trouver un panorama de ces diverses approches dans Malinvaud (1993).

22 L'ouvrage de Shoven et Whalley (1992) donne une synthèse de la littérature relative à l'équilibre général calculable.

23 Dans le même sens, voir également Stiglitz (2002).

24 Brièvement parlant, un jeu est dit à *information incomplète* lorsque les joueurs ne connaissent pas exactement les fonctions d'utilité ou les paiements de chaque joueur, les stratégies à la disposition de ces joueurs, voire même le nombre et l'identité des joueurs. Ce concept est à distinguer de celui d'*information imparfaite* (on a affaire à un jeu à information imparfaite quand les joueurs ne peuvent pas déterminer en quelle position exacte du jeu ils se trouvent, essentiellement parce qu'il y a des coups simultanés lors de la partie).

section 8), s'étant aperçu que son premier « raffinement » ne permettait pas d'éliminer certains équilibres « aberrants »²⁵, avançait un nouveau concept : l'équilibre parfait (ou parfait « de la main tremblante »). La main tremblante repose sur l'idée que les joueurs commettent des erreurs en effectuant leurs choix — plus positivement, ils expérimentent. En conséquence, ils peuvent sélectionner une stratégie non optimale avec une probabilité (non nulle, mais faible) ε . Un tel jeu avec erreurs est appelé un *jeu perturbé*. Un équilibre parfait est alors défini comme un équilibre de Nash qui est obtenu comme la limite d'une suite d'équilibres des jeux perturbés dans lesquels on fait tendre la probabilité d'erreur ε vers zéro. Avec ces contributions de Selten, l'« industrie » des raffinements de l'équilibre était lancée...

D'autre part, John Harsanyi (1967, 1968) s'attaque aux jeux à information incomplète. Sans pouvoir entrer dans les détails — voyez le chapitre 2 de ce livre pour plus de précisions —, disons simplement que l'idée de base de Harsanyi consiste à transformer un jeu à information incomplète en un jeu à information imparfaite via le choix initial par Nature (un joueur fictif) de divers ensembles de règles du jeu. L'importance économique de ce tour de force conceptuel ne saurait être sous-estimée. Le nouvel outil permet en effet de traiter de manière appropriée les asymétries d'information et comme tel, il a rendu possible le développement accéléré de l'économie de l'information.

Les effets de ces deux innovations théoriques ont été considérables. À partir de la deuxième moitié des années soixante dix, la théorie des jeux non coopératifs et l'équilibre de Nash gagnent en importance au sein même de la théorie. Surtout, la révolution attendue par Von Neumann et Morgenstern se produit : la théorie (non coopérative) envahit l'ensemble de la discipline économique, de l'économie industrielle à la macroéconomie, de la théorie monétaire ou financière à l'économie internationale. C'en est au point où Kreps (1990, p. 1) a pu écrire qu'« il n'existe pas à présent un seul domaine de l'économie (ou une seule discipline liée à l'économie, telle que la finance, la comptabilité, la mercatique, la science politique) où la compréhension du concept d'équilibre de Nash ne soit quasiment indispensable à la lecture de la littérature récente ».

Jeux et information est venu à son heure lors de sa première édition en 1989, avons-nous écrit tout au début de cette présentation. S'il en est ainsi, c'est tout simplement parce qu'il prenait acte des développements intervenus en théorie des jeux et en économie de l'information en proposant une synthèse précise et abordable des deux domaines. Depuis lors, personne n'a, à ma connaissance, fait mieux.

Alors, si vous voulez savoir ce que sont la théorie des jeux et l'économie de l'information aujourd'hui, lisez ce livre attentivement. Vous ferez d'une pierre deux coups et il est à peu près sûr que vous bénéficierez de rendements croissants à l'échelle en le travaillant comme il le mérite !

Francis BISMANS
Professeur à l'Université de Nancy 2

²⁵ Par exemple, le critère n'a pas de vertu discriminante lorsque les joueurs choisissent leurs actions simultanément.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akerlof, G.A., (1970), « The Market for « Lemons » : Quality Uncertainty and the Market Mechanism », *Quarterly Journal of Economics*, 84, pp. 475-498.
- Arrow, K. J., (1951), « An Extension of the Basic Theorems of Classical Welfare Economics », in Neyman, J. (Éd.), *Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, Berkeley, University of California Press, pp. 507-532. Reproduit dans *Collected Papers of Kenneth J. Arrow*, vol. II : *General Equilibrium*, Cambridge, Harvard University Press, 1983, pp. 13-45.
- Arrow, K. J., (1953), « Le rôle des valeurs boursières pour la répartition la meilleure des risques », in *Econométrie*, Colloques internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, vol. 11, pp. 41-47.
- Arrow, K. J., (1963), « Uncertainty and the Welfare Economics of Medical Care », *American Economic Review*, 53, pp. 941-973 (traduction française : « Incertitude et économie du bien-être des soins médicaux », in Arrow, K.J., (2000), *Théorie de l'information et des organisations*, Paris, Dunod, pp. 108-144).
- Arrow, K. J., (1985), « The Potential and Limits of the Market in Resource Allocation », in Feiwel, G.R. (Éd.), *Issues in Contemporary Microeconomics and Welfare*, London, Macmillan, pp. 107-124 (traduction française : « Potentialités et limites du marché dans l'allocation des ressources », in Arrow, K.J. (2000), *Théorie de l'information et des organisations*, Paris, Dunod, pp. 62-80).
- Arrow, K. J. et Debreu, G., (1954), « Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy », *Econometrica*, 22, pp. 265-290.
- Aumann, R.J. (1964), « Markets with a Continuum of Traders », *Econometrica*, 32, pp. 39-50.
- Aumann, R. J., (1987), « Game Theory », in Eatwell, J., Milgate, M., Newman, P. (Éds), *The New Palgrave : A Dictionary of Economics*, London, Macmillan, pp. 460-482.
- Borel, E., (1921), « La théorie du jeu et les équations intégrales à noyau symétrique gauche », *Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des Sciences*, 19 décembre 1921, tome 173, pp. 1304-1308. (Reproduit dans Fréchet, M., (1959) « Le rôle d'Emile Borel dans la théorie des jeux », *Revue d'économie politique*, 69, pp. 141-145).
- Debreu, G., (1959), *Theory of Value. An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium*, New York, Wiley (traduction française : *Théorie de la valeur. Analyse axiomatique de l'équilibre économique*, Paris, Dunod, 1966).
- Debreu, G., Scarf, H., (1963), « A Limit Theorem on the Core of an Economy », *International Economic Review*, 4, pp. 235-246.
- Harsanyi, J.C., (1967, 1968), « Games with Incomplete Information Played by "Bayesian" Players. Part I : The Basic Model ; Part II : Bayesian Equilibrium Points ; Part III : The Basic Probability Distribution of the Game », *Management Science*, 14, pp. 159-182, 320-334 et 486-502 (Reproduit in Kuhn, H. (Éd.), (1997), *Classics in Game Theory*, Princeton, Princeton University Press, pp. 216-288).
- Hildenbrand, W., (1994), *Market Demand : Theory and Empirical Evidence*, Princeton, Princeton University Press.

- Kirman, A.P., (1992), « Whom or What Does the Representative Individual Represent ? », *Journal of Economic Perspectives*, 6, pp. 117-136.
- Kreps, D.M., (1990), *Game Theory and Economic Modelling*, Oxford, Clarendon Press.
- Kuhn, H.W., (2004), « Introduction », in Von Neumann, J., Morgenstern, O. (2004), *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, Princeton.
- Laffont, J.J. et Martimort, D., (2002), *The Theory of Incentives. The Principal-Agent Model*, Princeton, Princeton University Press.
- Malinvaud, E., (1993), *Équilibre général dans les économies de marché*, Paris, Economica.
- Marschak, J., (1946), « Neumann's and Morgenstern Approach to Static Economics », *Journal of Political Economy*, 54, pp. 97-115.
- Nash, J., (1951), « Non-cooperative Games », *Annals of Mathematics*, 54, pp. 286-295.
- Radner, R., (1968), « Competitive Equilibrium under Uncertainty », *Econometrica*, 36, pp. 31-58.
- Radner, R., (1970), « Problems in the Theory of Markets under Uncertainty », *American Economic Review*, 58, pp. 454-460.
- Radner, R., (1972), « Existence of Equilibrium of Plans, Prices and Prices Expectations », *Econometrica*, 40, pp. 289-303.
- Rothschild, M. et Stiglitz, J., (1976), « Equilibrium in Competitive Insurance Markets : An Essay on the Economics of Imperfect Information », *Quarterly Journal of Economics*, 90, pp. 629-649.
- Scarf, H. et Debreu, G., (1963), « A Limit Theorem on the Core of an Economy », *International Economic Review*, 4, pp. 235-246.
- Selten, R., (1965), « Spieltheoretische Behandlung eines Oligopolmodells mit Nachfrageträgheit », *Zeitschrift für die Gesamte Staatswissenschaft*, 121, pp. 301-324 et 667-689.
- Selten, R., (1975), « Reexamination of the Perfectness Concept for Equilibrium Points in Extensive Games », *International Journal of Game Theory*, 4, pp. 25-55.
- Shoven, J.B., Whalley, J. (1992), *Applying General Equilibrium*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Shubik, M., (1959), « Edgeworth Market Games », in Tucker, A.W., Luce, R.D. (Éds) (1959), *Contributions to the Theory of Games*, Annals of Mathematical Studies Series, 40, vol. IV, Princeton, Princeton University Press, pp. 267-278.
- Smith, A., (1776), *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, in *The Glasgow Edition of the Works and Correspondence of Adam Smith*, Indianapolis, Liberty Press, 1981, II, 2 vol.
- Spence, M., (1973), « Job Market Signalling », *Quarterly Journal of Economics*, 87, pp. 355-379.
- Stiglitz, J., (2002), « Information and the Change in the Paradigm in Economics », *American Economic Review*, 92, pp. 460-501.
- Von Neumann, J. (1928), « Zur Theorie der Gesellschaften », *Mathematische Annalen*, 100, pp. 295-320.

Zermelo, E., (1913), « Über eine Anwendung der Mengenlehre auf die Theorie des Schachspiels », in Hobson, E.W., Love, A.E.H. (Éds), *Proceedings of the Fifth International Congress of Mathematicians*, Cambridge, Cambridge University Press, vol. II, pp. 501-504 (traduction française : « Sur une application de la théorie des ensembles à la théorie du jeu d'échecs », *Economies et Sociétés*, 32, 2002, pp. 1780-1784).