

→ **Ap̄erçu**

edp sciences

# LA THÉORIE DES JEUX

## EN IMAGES



IVAN PASTINE, TUVANA PASTINE & TOM HUMBERSTONE

→ Aperçu

# LA THÉORIE DES JEUX

IVAN PASTINE, TUVANA PASTINE  
& TOM HUMBERSTONE

edp sciences

**Dans la même collection :**

- Newton en images*, 2017, ISBN : 978-2-7598-2097-9  
*La consciences en images*, 2017, ISBN : 978-2-7598-1766-5  
*La philosophie des sciences en images*, 2017, ISBN : 978-2-7598-2096-2  
*La linguistique en images*, 2017, ISBN : 978-2-7598-1768-9  
*Les fractales en images*, 2016, ISBN : 978-2-7598-1769-6  
*Les statistiques en images*, 2016, ISBN : 978-2-7598-1770-2  
*L'infini en images*, 2016, ISBN : 978-2-7598-1771-9  
*Stephen Hawking en images*, 2016, ISBN : 978-2-7598-1966-9  
*L'intelligence artificielle en images*, 2015, ISBN : 978-2-7598-1772-6  
*Les mathématiques en images*, 2015, ISBN : 978-2-7598-1737-5  
*La génétique en images*, 2015, ISBN : 978-2-7598-1767-2  
*La logique en images*, 2015, ISBN : 978-2-7598-1748-1  
*La relativité en images*, 2015, ISBN : 978-2-7598-1728-3  
*Le temps en images*, 2014, ISBN : 978-2-7598-1228-8  
*La théorie quantique en images*, 2014, ISBN : 978-2-7598-1229-5  
*La physique des particules en images*, 2014, ISBN : 978-2-7598-1230-1  
*La psychologie en images*, 2014, ISBN : 978-2-7598-1231-8

Translation from the English language edition of:

"Game theory: a graphic guide", © Ivan Pastine, Tuvana Pastine & Tom Humberstone

Traduction : Alan Rodney - Relecture : Gaëlle Courty

Imprimé en France par Présence Graphique, 37260 Monts

Mise en page de l'édition française : studiowakeup.com

**ISBN (papier) : 978-2-7598-2168-6**

**ISBN (ebook) : 978-2-7598-2244-7**

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

## Qu'est-ce que la théorie des jeux ?

La théorie des jeux désigne un ensemble d'outils destinés à faciliter l'analyse de situations où la meilleure conduite à adopter pour un individu dépendra de ce que d'autres font ou de ce que l'on attend qu'ils fassent. La théorie des jeux permet de comprendre comment les gens se comportent dans des situations où ils interagissent.

Ces interactions émergent dans toutes sortes de situations. Parfois, une **coopération** avec autrui nous permet de réaliser plus que ce que nous ne pourrions en agissant seul. À d'autres moments, il se crée un **conflit** quand un individu tire profit de la situation au détriment d'autres. Dans de nombreuses situations, la coopération apporte des bénéfices, mais des éléments de conflit existent aussi.



Dans la mesure où la théorie des jeux peut aider à analyser tout environnement où la meilleure initiative pour un individu dépendra du comportement des autres, elle s'est avérée utile dans une grande variété de disciplines.

En *économie*, les décisions prises par les entreprises sont conditionnées par leurs prévisions sur les concurrents en matière de produit, de prix et de publicité.

En *science politique*, le programme électoral d'un candidat est influencé par les déclarations des candidats rivaux.

En *biologie*, les animaux sont en compétition pour se procurer des ressources qui se raréfient, mais peuvent être blessés s'ils se montrent trop agressifs avec un rival plus fort qu'eux.

En *informatique*, les ordinateurs connectés en réseau sont en compétition pour la bande passante.

En *sociologie*, les manifestations publiques d'attitudes non conformistes sont influencées par le comportement des autres, lui-même modulé par la culture sociale.



**ZUT! ET MOI  
QUI ALLAIS PROMETTRE  
UNE RÉFORME DU SYSTÈME DE  
SANTÉ COMME ÉLÉMENT CLEF  
DE MON PROGRAMME ÉLECTORAL  
JE VAIS DEVOIR TROUVER  
AUTRE CHOSE.**

La théorie des jeux s'avère utile chaque fois qu'il y a une **interaction stratégique**, dès lors que votre niveau de réussite dépend à la fois des actions des autres et de vos propres choix. Dans ces cas, les actions des personnes sont influencées par leurs prévisions des actions des autres.



LE PÈRE NOËL  
T'A APPORTÉ  
UN JEU.

CE N'EST PAS  
UN JEU ! IL N'Y A AUCUNE  
INTERACTION STRATÉGIQUE. LES COUPS  
DES AUTRES JOUEURS N'INFLUENCENT PAS  
MA MEILLEURE OPTION D'ACTION. LA GUERRE  
THERMONUCLÉAIRE GLOBALE, ÇA C'EST UN  
JEU. EN SITUATION DE GUERRE, LES CHOIX  
DES AUTRES JOUEURS INFLUENCENT MA  
MEILLEURE RÉACTION ; ET INVERSEMENT,  
MES ACTIONS INFLUENCENT LEURS  
COMPORTEMENTS.

ON N'AURAIT JAMAIS  
DÛ LUI ACHETER CE  
LIVRE SUR LA THÉORIE  
DES JEUX.

JEU DE DÉS  
JEU DE PLATEAU

## D'où vient l'expression « théorie des jeux » ?

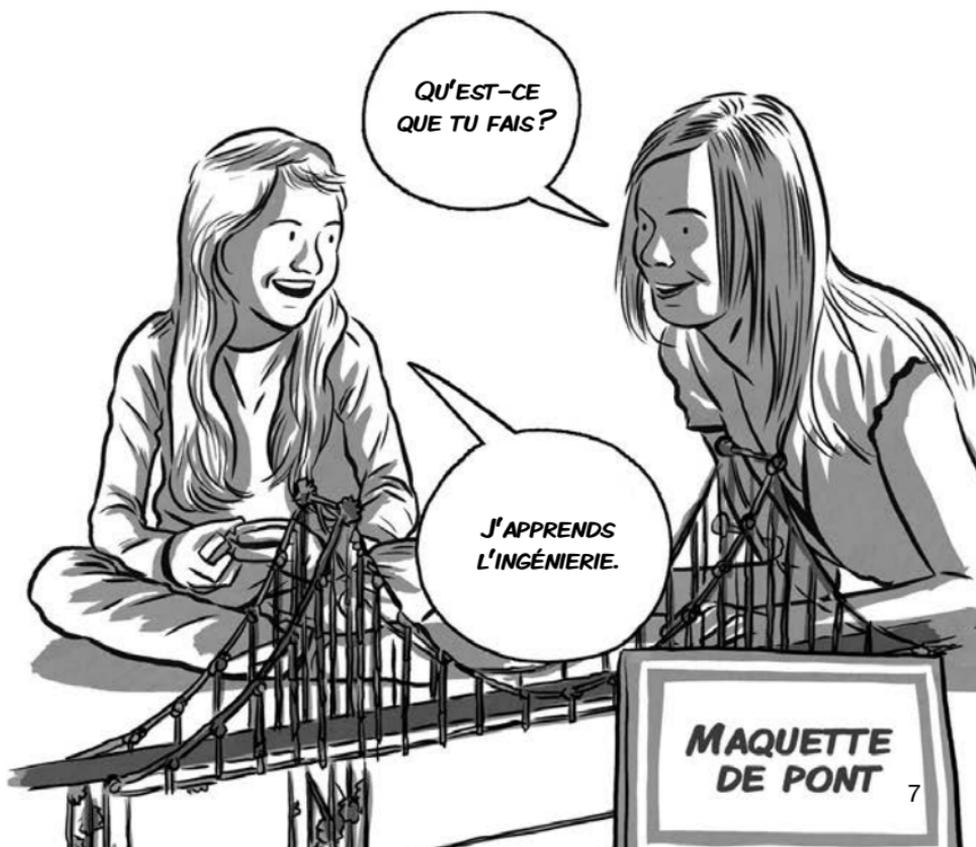
La théorie des jeux est l'étude des interactions stratégiques. Celles-là constituent les éléments clefs de la plupart des jeux de plateau, desquels elle tire son nom. Votre décision affecte les actions des autres joueurs et réciproquement. D'ailleurs, la plupart du jargon de la théorie des jeux est emprunté directement aux jeux de société. Ceux qui prennent des décisions sont appelés les **joueurs**. Ces derniers jouent un **coup** chaque fois qu'ils prennent une décision.



## Travailler avec des modèles

Dans le monde réel, les interactions stratégiques peuvent être très complexes. Dans le cas des interactions entre des êtres humains, par exemple, non seulement nos décisions, mais aussi nos expressions, notre tonalité de voix et notre langage corporel influencent les décisions des autres. Chacun apporte un vécu et des points de vue différents dans ses rapports avec les autres. Cette variété infinie avec les autres peut mener à des situations extrêmement complexes à analyser.

Il nous est possible de contourner cette complexité en créant des structures simplistes, que nous appelons des **modèles**. Ces derniers sont assez simples à analyser, mais saisissent néanmoins une caractéristique importante du problème du monde réel. Si nous choisissons intelligemment un modèle simple, cela peut nous aider à apprendre quelque chose d'utile sur le problème réel.



Le jeu d'échecs est utile pour comprendre la complexité qu'apporte la variété au jeu (et aux prévisions des coups) et aux dénouements. Il existe des règles bien définies aux échecs. Pour chaque coup, le nombre d'options est limité. Pourtant, la complexité intrinsèque de ce jeu est redoutable, bien qu'il soit bien plus simple que la plus élémentaire des interactions humaines.



\* En fait le nombre de coups est bien plus élevé. Le mathématicien Claude Shannon est parvenu à aller jusqu'au bout des calculs. Ses conclusions donnent le tournis :  **$10^{120}$  parties différentes possibles!**

## « Match nul »

L'une des caractéristiques des jeux de plateau complexes comme les échecs est que plus les joueurs sont expérimentés, plus il y a de chances que la partie finisse par un match nul. Comment expliquer ce phénomène ?

Puisque le jeu d'échecs est trop complexe pour être analysé complètement, utilisons un modèle simple qui renferme certaines caractéristiques importantes des échecs : le morpion. Échecs et morpion présentent tous deux des plateaux et des conditions de victoire bien définies. Tour à tour, les joueurs choisissent leur coup parmi un nombre restreint de possibilités.

De nombreuses manœuvres propres au jeu d'échecs n'existent pas au morpion. Mais du fait que les deux jeux partagent certaines caractéristiques importantes, la pratique du morpion peut nous aider à mieux comprendre pourquoi les joueurs chevronnés tendent à finir la partie sur un match nul.

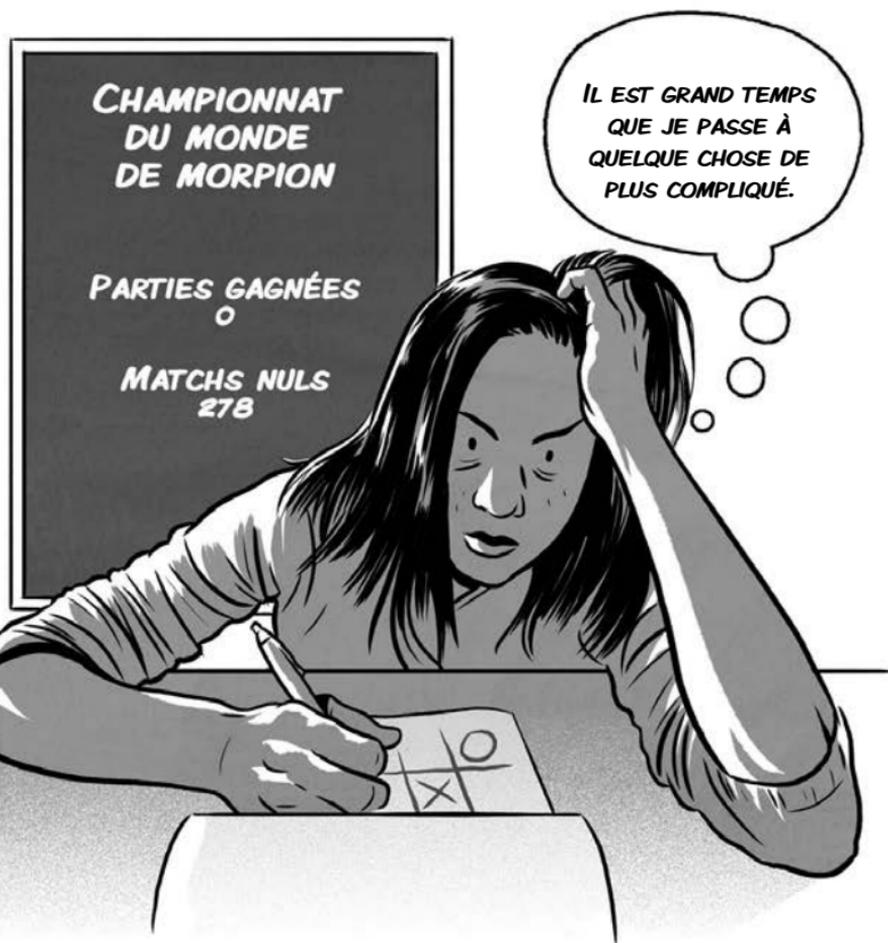


EN JOUANT  
AU MORPION,  
J'APPRENDS DES  
CHOSSES SUR LES  
ÉCHECS.

ARRÊTE  
DE TERGIVERSER  
ET JOUE !

Le morpion est un jeu amusant pour les enfants. Tandis que des parties entre joueurs inexpérimentés tendent à désigner un vainqueur, avec un peu de pratique, vous apprenez rapidement à raisonner de **manière rétrograde** : vous arrivez à anticiper la réaction de votre adversaire à vos possibles coups et la prenez en compte avant de jouer.

Dès lors que les joueurs ont appris le raisonnement rétrograde, toutes les parties du morpion tendent à se terminer par un match nul. De cette façon, le morpion sert de modèle simple pour le jeu d'échecs, dans lequel il y a bien plus de coups possibles, mais où, entre joueurs expérimentés, les parties ont tendance également à se terminer par un match nul.



## **Comment aborder la complexité: un art et une science**

La préoccupation principale de la théorie des jeux ne concerne pas les jeux de plateau comme les échecs. Elle vise plutôt à améliorer notre compréhension des interactions entre personnes, entreprises, pays, animaux, etc., dès lors que les problèmes réels sont trop complexes pour être pleinement compris.

Pour y parvenir, dans le cadre de la théorie des jeux, nous créons des modèles très simplifiés, qui sont appelés **jeux**. La création d'un modèle utile s'apparente aussi bien à un art qu'à une science. Un bon modèle doit être suffisamment simple pour nous permettre de comprendre complètement ce qui motive les joueurs dans leurs choix. Dans le même temps, le modèle doit tenir compte de certaines caractéristiques importantes de la réalité, ce qui implique que l'analyste possède une perception créative associée à un jugement afin de déterminer quels sont les éléments les plus pertinents.

*IL N'EXISTE PAS  
UN SEUL MODÈLE EXACT  
POUR CHAQUE SITUATION  
RENCONTRÉE. IL PEUT Y AVOIR  
DE NOMBREUX MODÈLES, CHACUN  
ÉTANT CAPABLE DE METTRE EN  
LUMIÈRE UN ASPECT DIFFÉRENT  
D'UNE INTERACTION  
STRATÉGIQUE RÉELLE.*



## La rationalité

La théorie des jeux suppose d'ordinaire **rationalité** et connaissance commune de la rationalité. La rationalité fait référence à la compréhension qu'ont les joueurs du jeu et à faire usage de leur capacité à raisonner.

La nécessité d'une **connaissance commune de la rationalité** est une notion plus subtile. Nous devons être non seulement rationnels, mais de plus je dois savoir que vous êtes rationnel. J'ai besoin aussi d'un second niveau de connaissances : je dois savoir que vous savez que je suis rationnel. J'ai besoin également d'un troisième niveau de connaissances : je dois savoir que vous savez que je sais que vous savez que je suis rationnel. Et ainsi de suite jusqu'à des niveaux de plus en plus profonds. La connaissance commune de la rationalité requiert que cette chaîne de connaissances puisse se poursuivre indéfiniment.



## Le concours de beauté de Keynes

Les critères de connaissance commune de la rationalité sont difficiles à interpréter et prêtent à confusion. Mais pire, elles peuvent échouer dans la réalité, surtout dans les jeux avec beaucoup de joueurs.

Un exemple classique est celui du **concours de beauté de Keynes**, au cours duquel l'économiste britannique **John Maynard Keynes** [1883-1946] avait fait le rapprochement entre l'investissement dans des marchés financiers et un concours dans la presse où les lecteurs auraient à choisir le « plus joli visage » ; ceux qui choisissent le visage le plus souvent choisi sont déclarés vainqueurs.

*«IL NE S'AGIT PAS DE CHOISIR DE SON MIEUX QUELS VISAGES SONT LES PLUS JOLIS, NI MÊME CEUX QUE L'OPINION PUBLIQUE PENSE SINCÈREMENT ÊTRE LES PLUS JOLIS... NOUS DEVONS FOCALISER NOTRE INTELLIGENCE SUR L'ANTICIPATION DE CE QUE L'OPINION PUBLIQUE ATTEND COMME OPINION PUBLIQUE.»*



*John Maynard Keynes*

De prime abord, le concours de beauté de Keynes n'a que peu de lien avec les marchés financiers: il n'y a pas de prix de vente, ni d'acheteurs ou vendeurs. Il y a, cependant, une caractéristique commune. Le succès dans les marchés financiers dépend de l'avance par rapport à la masse. Si vous parvenez à *prédire le comportement de l'investisseur moyen*, vous pouvez toucher le jackpot. De même pour le concours de beauté, si vous parvenez à prédire le choix moyen des lecteurs du journal, vous pouvez gagner le concours.



**PERSONNELLEMENT,  
JE TROUVE LES BRUNES  
PLUS JOLIES, MAIS COMME  
LA PLUPART DES GENS  
PRÉFÈRENT LES BLONDES, JE  
PENSE QUE CES DERNIÈRES  
SERONT LES PLUS  
POPULAIRES. JE VAIS  
DONC OPTER POUR  
LA BLONDE.**

**CES ACTIONS  
SONT TROP CHÈRES.  
MAIS JE VAIS EN  
ACHETER PARCE QUE JE  
PENSE QUE D'AUTRES VONT  
FAIRE DE MÊME ET QUE,  
PAR CONSÉQUENT, LEUR  
PRIX VA ENCORE  
AUGMENTER.**

## Le jeu de devinettes de Thaler

En 1997, l'économiste comportemental américain **Richard Thaler** [né en 1945] mena une expérience dans les colonnes du *Financial Times*, un **jeu de devinettes**, variante du concours de beauté de Keynes.



Quel nombre choisiriez-vous ?

SI CHAQUE LECTEUR  
CHOISIT AU HASARD UN  
NOMBRE ENTRE 0 ET 100,  
LA MOYENNE SERA DE 50.

$$\frac{2}{3} \times 50 \\ = 33$$

MAIS D'AUTRES  
LECTEURS VONT FAIRE  
COMME MOI, CAR TOUT LE  
MONDE EST RATIONNEL. DANS  
CE CAS, JE M'ATTENDS À VOIR  
UNE MOYENNE DE 33, AUSSI  
JE CHOISIRAIS  $\frac{2}{3}$  DE 33,  
SOIT 22.

MAIS JE SAIS AUSSI  
QUE TOUT LE MONDE SAIT  
QUE TOUT LE MONDE EST  
RATIONNEL, ALORS D'AUTRES  
VONT PROBABLEMENT CHOISIR,  
COMME MOI, 22. DONC JE  
DEVRAIS OPTER POUR  $\frac{2}{3}$  DE  
22, SOIT ENVIRON 15.

MAIS...



Pour cette expérience, le *Financial Times* enregistra plus de mille propositions. Le nombre le plus fréquemment choisi fut 33, suivi de 22. Cela suggère que beaucoup de personnes ont raisonné selon la première étape. Mais bien d'autres ont pensé que les autres lecteurs s'arrêteraient là et ont essayé de garder un coup d'avance en misant sur 22 (qui correspond aux 2/3 de 33).



Toutefois, s'il existe une connaissance commune de la rationalité, vous savez que d'autres ne vont pas s'arrêter à la première étape. Vous pouvez donc continuer ce **raisonnement itératif** à l'infini – un processus de raisonnement qui implique la répétition de ce même processus, le résultat du premier tour étant pris comme point de départ du tour suivant.

Les théoriciens des jeux résolvent le jeu de devinettes d'une manière similaire, en se servant d'**une élimination itérative des stratégies dominées**.

Rappelez-vous que vous cherchez les  $\frac{2}{3}$  du nombre moyen proposé pour le concours. Si tous les participants devaient choisir le nombre le plus élevé, en l'occurrence 100, la moyenne serait de 100. Par conséquent, quelle que soit la valeur attendue pour la moyenne, il ne servira à rien de choisir un nombre plus grand que les  $\frac{2}{3}$  de 100, soit 67.

En d'autres termes, toute stratégie qui donne une valeur plus grande que 67 est **dominée** par 67. Une stratégie est dominée si elle est jugée pire (dans notre cas, toute valeur supérieure à 67) que n'importe quelle autre stratégie (supposons 67), quelles que soient les valeurs choisies par les autres. Par conséquent, même si aucun des autres joueurs n'est rationnel, on peut éliminer toutes les stratégies proposant une valeur supérieure à 67.



Si tous les autres joueurs sont rationnels, alors chacun peut avancer, en raisonnant, que personne ne va proposer une valeur plus grande que 67. De ce fait, toutes les valeurs supérieures à 45 (qui est le nombre entier le plus proche des  $2/3$  de 67) seront également éliminées. Et puisque chaque joueur sait que les autres savent que tout le monde est rationnel, ils peuvent chacun être certain que personne ne va choisir un nombre plus grand que 45, et donc ils ne choisiront pas un nombre plus grand que 30, qui est égal aux  $2/3$  de 45.

**DANS LE JEU DE  
DEVINETTES, UN RAISONNEMENT  
ITÉRATIF MÈNE À DES NOMBRES  
DE PLUS EN PLUS PETITS, JUSQU'À CE  
QUE TOUS LES NOMBRES SUPÉRIEURS À  
ZÉRO AIENT ÉTÉ ÉLIMINÉS EN TANT QUE  
STRATÉGIES DOMINÉES. AINSI, DES GENS  
RATIONNELS AVEC UNE CONNAISSANCE  
COMMUNE DE LA RATIONALITÉ  
VONT CHOISIR ZÉRO.**



# Index

## H

- Harsanyi, John Charles **85-86**
- Hobbes, Thomas **166**
- Horizon infini **94**

## I

- Imprévisibilité **67, 71-72, 74**
- Incertitude **79, 84-87, 98-99, 148**
- Incohérence (temporelle) **130**
- Indifférence **79, 84**
- Information (problèmes) **140-156**
- Information asymétrique **142, 148**
- Information asymétrique et chômage **143-147**
- Information asymétrique et signalement **149-156**
- Information imparfaite **141-142**
- Information incomplète **140-141**
- Information privée **142**
- Interactions répétées **91-92**
- Interactions stratégiques **5-7, 25**
- Interprétation de purification **85-86**
- Interprétations **87, 89, 117**

## J

- Jeu (forme stratégique) **26-29**
- Jeu d'échecs **8-11**
- Jeu « faucons/colombe » **101-103**
- Jeu « faucon/colombe » à bas coût **104-107**
- Jeu « faucon/colombe » à coût élevé **109-117**
- Jeu Guerre des sexes **55-62**
- Jeu Guerre des sexes, version dynamique **120-126**
- Jeu de la poule mouillée **74-75**
- Jeu « Partira ? Partira pas ? » **76-83**
- Jeu pierre-papier-ciseaux **67-70**
- Jeu de spéculation monétaire **73-75**
- Jeu des colocataires **46-51**
- Jeu des studios cinématographiques **24-26, 28, 31-32, 39**

- Jeu du morpion **9-10**
- Jeux **11**
- Jeux à coups simultanés **24-25**
- Jeux à somme nulle **67**
- Jeux à un seul coup **91**
- Jeux séquentiels **118-119**
- Joueurs **6**

## K

- Keynes, John Maynard **14**
- Keynes, concours de beauté **13-14**
- King, Mervyn **65-66**

## L

- L'arbre du jeu **121-122, 127, 140-141**
- La banque et ses attentes **63-66**
- Levy, Gilat **155**
- Lloyd, William Forster **43**

## M

- Machine infernale **139**
- Marchés du crédit **127-133**
- Marchés financiers **13-14, 131-132**
- Matches nuls **9-10**
- Matrice des gains **26**
- Meilleure réponse **31, 68-69, 75, 125**
- Menace crédible **97, 137-139**
- Menace de riposte **135-139**
- Menaces / promesses non crédibles **126, 134, 136**
- Mercredi noir **71-73**
- Microcrédit **132-133**
- Modélisation **7-11**

## N

- Nash, John **30, 85**
- Nœuds de décision **122-125, 141**
- Normes sociales **60-61**
- Northern Rock **65-66**

## O

Outils de la théorie de jeux **168-171**

## P

Panique bancaire **63-66**  
 Pareto (amélioration) **51**  
 Pareto (optimum de) **39, 45, 130**  
 Pareto, Vilfredo **39**  
 Passager clandestin **49-50, 52**  
 Patience **96-97**  
 Patriarcat **61**  
 Perfection en sous-jeux **125-126**,  
 Platon **167**  
 Politique environnementale  
 et coopération **52-53**  
 Préférences non transitives **158-159, 162-163**  
 Préférences transitives **158, 162**  
 Prêteur en dernier recours **65**  
 Price, George **100-101**  
 Produit (qualité) **149-154**  
 Prolifération **138-139**  
 Publicité comme élément  
 de coordination **62**  
 Publicité comme élément  
 de signalement **153-154, 169**  
 Purification **85-86**

## R

Raisonnement itératif **16-17, 19**  
 Raisonnement rétrograde  
**10, 92-94, 119, 125**  
 Rationalité **12**  
 Rationalité (applications) **23**  
 Rationalité limitée **21-22**  
 Razin, Ronny **155**  
 Reagan, Ronald **44**  
 Règle de Cope **108**  
 Renégociation **97**  
 Représentation sous forme extensive  
**121-122, 127, 140-141**  
 Réseau (ingénierie) **40-42, 43**  
 Rituels religieux **155-156**

## S

Salaires d'efficience **146-147**  
 Schelling, Thomas **54**  
 Sélection naturelle **152**  
 Selten, Reinhard **85, 99**  
 Shapiro, Carl **144**  
 Signalement (dispositifs) **149-156**  
 Smith, John Maynard **100-101**  
 Socrate **167**  
 Soros, George **71-72**  
 Sous-jeux **123**  
 Spéculation (jeu de) **71-73**  
 Spence, Michael **142**  
 Stabilité (évolution) **116-117**  
 Stiglitz, Joseph **142, 144**  
 Stratégie donnant-donnant **95-97**  
 Stratégie pure **67-68, 74-75, 77**  
 Stratégies aléatoires **68-70, 79**  
 Stratégies dominées **18, 37**

## T

Thaler (jeu de devinettes) **15-22**  
 Thaler, Richard **15**  
 Thatcher, Margaret **45**  
 Théorème d'impossibilité (Arrow) **163-165**  
 Théorie des jeux (évolution) **100-117**  
 Tucker, Albert **33**  
 Types **148-149, 152**

## V

Vote sincère **160**

## Y

Yunus, Muhammad **132-133**