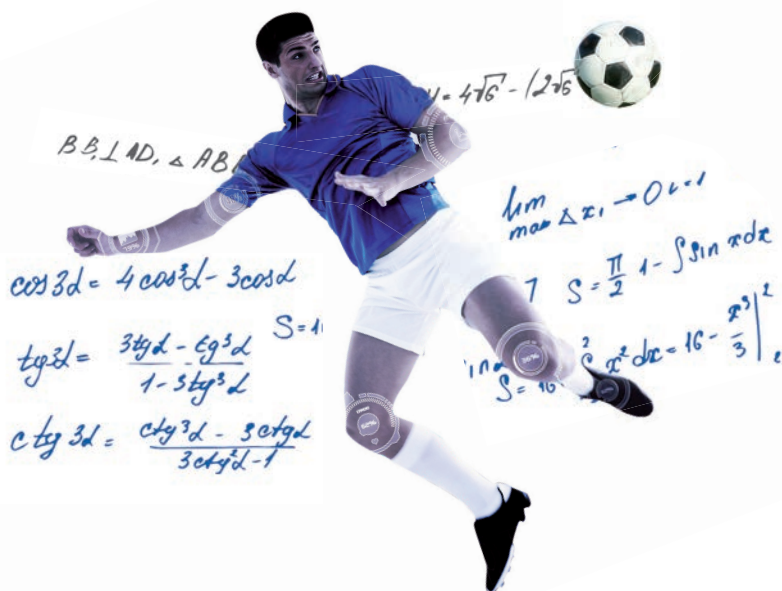


IGNACIO
PALACIOS-HUERTA



L'ÉCONOMIE EXPLIQUÉE PAR LE FOOT

Préface de Bastien Drut

Traduction de Pierre Rondeau



de boeck
supérieur

IGNACIO
PALACIOS-HUERTA

L'ÉCONOMIE
EXPLIQUÉE
PAR LE FOOT

Préface de Bastien Drut
Traduction de Pierre Rondeau

IGNACIO
PALACIOS-HUERTA

L'ÉCONOMIE
EXPLIQUÉE
PAR LE FOOT

Préface de Bastien Drut

Traduction de Pierre Rondeau



de boeck
supérieur

Ouvrage original

Beautiful Game Theory. How Soccer can help Economics by Ignacio Palacios-Huerta

Copyright © 2014 Princeton University Press

Licensed by Princeton University Press, Princeton New Jersey, U.S.A. in conjunction with their duly appointed agent, L'Autre agence. All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from the Publishers.

The French edition is adapted from the original English edition to make it accessible. The full original version is available to view or purchase at <http://press.princeton.edu/titles/10260.htm>

Pour toute information sur notre fonds et les nouveautés dans votre domaine de spécialisation, consultez notre site web : www.deboecksuperieur.com

Crédits photos de 1^{re} de couverture :

© WavebreakmediaMicro/fotolia.com

© bekkersara/fotolia.com

© makieni/fotolia.com

© De Boeck Supérieur s.a., 2015
Fond Jean Pâques, 4 - B-1348 Louvain-la-Neuve
Pour la traduction et l'adaptation françaises

1^{re} édition

Tous droits réservés pour tous pays.

Il est interdit, sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, de reproduire (notamment par photocopie) partiellement ou totalement le présent ouvrage, de le stocker dans une banque de données ou de le communiquer au public, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit.

Imprimé en Belgique

Dépôt légal:

Bibliothèque nationale, Paris: août 2015

Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles: 2015/0074/219

ISBN 978-2-8041-9384-3

*À Anna, Ander, Julene,
Maria Luz, Javi, Patxo, Anton, Jon
Et à la mémoire de José Antonio, mon père*

Sommaire

Préface	9
Introduction	11

PARTIE 1

PREMIÈRE MI-TEMPS	19
--------------------------------	----

CHAPITRE 1

Quand Pelé rencontre John von Neumann dans la surface de réparation	21
--	----

CHAPITRE 2

Vernon Smith croise Messi dans un laboratoire	47
--	----

CHAPITRE 3

Leçons de conception expérimentale	65
---	----

CHAPITRE 4

Pression psychologique sur le terrain et ailleurs	81
--	----

PARTIE 2

MI-TEMPS	101
-----------------------	-----

CHAPITRE 5

Scoring at halftime (marquer à la mi-temps)	103
--	-----

PARTIE 3	
SECONDE MI-TEMPS	121
CHAPITRE 6	
La pression face à la foule	123
CHAPITRE 7	
Le beau jeu deviendrait-il de moins en moins beau ?.....	147
CHAPITRE 8	
La peur sur le terrain	181
CHAPITRE 9	
L'Argentine sans émotion	197
CHAPITRE 10	
La discrimination dans le football : du Makana FC à l'Europe	209
Remerciements	231
Index	233
Bibliographie	235
Table des matières	251

Préface

Comme le relatent Simon Kuper et Stefan Szymanski dans leur livre *Les Attaquants les plus chers ne sont pas ceux qui marquent le plus*, Ignacio Palacios-Huerta a été à deux doigts de changer le cours de la finale de la Coupe du Monde 2010, qui opposait l'Espagne aux Pays-Bas, et donc l'histoire du football. En effet, quelques heures avant la finale, Palacios-Huerta avait transmis au staff hollandais une étude décortiquant le comportement des Espagnols lors des penaltys dans l'éventualité où la finale se jouerait aux tirs au but. Mais Andrés Iniesta a marqué quelques minutes avant la fin des prolongations et l'étude ne s'est pas avérée utile pour les Hollandais. Imaginez simplement le statut qu'aurait acquis Ignacio Palacios-Huerta si la finale s'était jouée sur une séance de tirs au but et que les Pays-Bas l'avaient emporté... Palacios-Huerta aurait été sous le feu des projecteurs du monde entier et l'économie du sport aurait vraisemblablement été perçue avec un tout autre regard.

Ignacio Palacios-Huerta, professeur à la prestigieuse London School of Economics depuis bientôt 10 ans et lauréat de nombreux prix, est un brillant économiste. Avec de multiples publications dans des revues telles que *l'American Economic Review* ou encore la *Review of Economic Studies*, sa contribution à la littérature économique est significative. Mais Palacios-Huerta est aussi un fou de football, qui apporte notamment son aide à l'Athletic Bilbao pour détecter de nouveaux talents. Il est l'un des rares chercheurs à être parvenu à associer théorie économique et football et il l'a fait de façon extrêmement rigoureuse.

Il serait réducteur de considérer Ignacio Palacios-Huerta comme un économiste du sport, car ses travaux ont une portée qui dépasse largement le cadre du sport, mais l'économie du sport, elle, lui doit énormément. Par exemple, il est impossible de considérer les penaltys de la même façon depuis les travaux de Palacios-Huerta sur ce sujet. À titre personnel, le cadre conceptuel exposé par Palacios-Huerta me vient immédiatement à l'esprit chaque fois qu'un arbitre siffle un penalty.

J'imagine que nous sommes déjà des milliers dans ce cas ! Un tout petit nombre de personnes peut se targuer d'avoir changé la conception des penaltys. Pour moi, Palacios-Huerta a une place au moins aussi importante dans l'histoire des penaltys qu'Antonin Panenka.

Une bonne partie des travaux de recherche d'Ignacio Palacios-Huerta considère le football comme un terrain d'application de la théorie économique et le livre que vous avez entre les mains synthétise leurs résultats.

Aux amateurs de football, ce livre offrira un nouveau regard sur leur sport de prédilection : que se passe-t-il dans la tête des tireurs de penalty ? Faut-il tirer en premier lors des séances de tir au but ? Le public influence-t-il l'arbitre ? Y a-t-il de la discrimination raciale dans le football ? Quel est le comportement des spectateurs après des actes de violence ?

Aux économistes et aux étudiants en économie, ce livre montrera que le sport, et en particulier le football, offre un merveilleux sujet d'étude pour tester les grandes théories économiques. Par exemple, le tir des penaltys offre une incroyable application des stratégies mixtes en théorie des jeux. La rigueur du raisonnement scientifique de Palacios-Huerta tout au long de ce livre est implacable. L'élégance de la démarche intellectuelle ravira bien au-delà des amateurs de football.

Remercions donc vivement Pierre Rondeau d'avoir offert aux amoureux du football une version française de cet excellent livre de Palacios-Huerta.

Bastien Drut, auteur du livre
Économie du football professionnel

Introduction

Foot et Économie, les théories économiques expliquées par le foot

« L'économie, c'est l'art de se faciliter les choses ».

George Bernard Shaw

« La politique, la religion et le sport vous suivront toute votre vie. »

Révérant Michael Sadgrove
(à destination de Paolo Di Canio)

Vers la fin de la saison 2001-2002, un reporter du Sunday Times rencontra un groupe de jeunes Palestiniens de Gaza. Tous étaient des candidats déclarés au martyr. Ils décrivirent au journaliste la peine et la souffrance de leur peuple, qu'ils préféreraient mourir plutôt que vivre en esclaves et qu'ils voudraient entendre des mères israéliennes pleurer leurs fils. Soudain, l'agitation s'empara du camp. « Manchester a battu West-Ham 5 à 3 ! Beckham a marqué 2 buts ! », se mit à crier un jeune garçon. Les terroristes explosèrent alors de joie, criant « Allah Akbar » [Dieu est grand].

Cet exemple illustre la place importante qu'a prise le foot aujourd'hui. Mais cela a mis du temps. Comme le note Gonzalez (2008), la révolution industrielle a légué au ^{xx}e siècle deux phénomènes de masse bizarrement corrélés : le marxisme et le football. Tous deux sont nés à partir de l'exode rural – qui a vu débarquer une population importante dans les villes – et l'aliénation du prolétariat. La pensée marxiste proposa une socialisation des moyens de production et une affirmation hégémonique de la classe ouvrière. Le football, quant à lui, n'offrit que trois choses : un ballon, 11 joueurs et un drapeau. Un siècle plus tard, nul doute que ce sport l'a emporté sur le marxisme.

Son secret de réussite n'est ni le ballon ni les joueurs, mais bel et bien le drapeau. Avant, les sociétés étaient désunies, elles n'avaient pas de conscience collective, si ce n'est auprès des représentants de la classe bourgeoise. L'idéal sportif était le héros, ce grand athlète, modèle de vertus et d'inspiration collective. C'est à ce moment que naquirent *La Gazzetta dello Sport* (1896) et *El Mundo* (1906), les deux plus vieux quotidiens sportifs d'Europe. Leurs naissances furent liées au début des compétitions de cyclismes, pas de football. Le vélo était le rêve pour les classes pauvres, il représentait l'adversité et le courage d'un homme. C'était un modèle d'héroïsme, souffrant seul face à ses ennemis. Puis la métaphore individualiste prit fin au profit d'un idéal social. Le temps était venu, pour les masses, de s'affirmer avant l'individu, pour la nation, pour le drapeau. Et non pour un seul homme, le cyclisme perdit de son aura et ne sut jamais revenir. Le foot prit sa place : il y avait le clan (le club), le temple (le stade), l'ennemi (le club voisin, la ville voisine, le pays voisin) et l'éternité (les couleurs). En football, vous ne marchez jamais seul.

Le xx^e siècle affirma ce sport comme le plus populaire de la planète. Pour preuve, l'audience de la finale de la Coupe du Monde 2010 entre les Pays-Bas et l'Espagne représenta 5% de toute la population humaine ayant vécu sur Terre, depuis l'apparition de l'homme. Bien entendu, cette comparaison est bizarre, il serait préférable de dire que 50% de la population mondiale a regardé la finale à la télévision le 11 juillet 2010. Ce sport est un fait social total.

Rassurez-vous, malgré son importance, ce livre traite avant tout de l'économie, notre football n'est qu'une manière d'illustrer chacun des chapitres. La nature de la relation entre l'économie et le foot n'est pas encore particulièrement évidente. Alors que depuis des années, ce sport a pu être étudié sous de nombreux angles différents, la sociologie, le droit, les sciences politiques, l'histoire, la biologie, etc., l'économie n'a pas tiré parti de sa force et de sa puissance. C'est précisément ce à quoi nous voulons remédier ici, profiter des fabuleuses ressources du foot afin d'aider l'économie. Que peut-il faire pour cette science ?

Aux xvi^e et xvii^e siècles, l'expérimentation de la chute des pierres permit au savant Florentin Galilée (1564-1642) de rédiger ses premiers essais sur la gravité. Isaac Newton (1642-1727) poursuivit ses travaux, en étudiant la chute des pommes tombées des arbres. Les pommes et les pierres ont ainsi contribué à prouver empiriquement une théorie physique. C'est précisément ce que nous voulons demander au football : il

remplacerait les pierres et les pommes, et l'économie deviendrait la physique. Utiliser les données construites par le foot, percer les mystères du comportement humain en étudiant les phénomènes du foot, c'est l'objectif de ce livre. Ce qui n'en fait donc pas un comme les autres, comme les autres livres d'économie ou d'études sportives.

En 1976, l'économiste Gary Becker affirmait que « ce qui distingue le plus l'économie des autres disciplines, ce n'est pas le sujet, mais l'approche. Celle-ci peut être applicable à tous les comportements humains ». Autrement dit, parce que la méthodologie est appliquée à toutes les formes de comportements humains, n'importe quel type de données sur l'activité humaine est potentiellement applicable pour tester les théories économiques. Et le sport serait le meilleur moyen de les tester pour de nombreuses raisons. Il y a une abondance de données réutilisables, les objectifs des participants ne sont pas compliqués (marquer, gagner, faire respecter les règles du jeu) et les résultats sont extrêmement clairs. Les enjeux sont importants et les acteurs sont des professionnels expérimentés.

Le foot n'est pas, bien entendu, le seul sport qui peut proposer cela. Mais comme je ne le connais que trop bien, je ne peux me permettre de traiter avec autant de rigueur et de fougue les autres disciplines. Je n'en reste pas moins persuadé que, dans le futur, nous pourrions traiter la question économique avec tous les sports possibles.

Il n'y a pas de manière plus simple d'organiser les parties de ce livre. Après mûres réflexions, il a été décidé de traiter de la théorie du jeu, incluant à la fois les problématiques tactiques jusqu'aux problématiques financières, dans les 4 premiers chapitres. Puis, dans les 6 derniers, il s'agira d'étudier les conséquences et les issues économiques générales. Ce plan n'est qu'une catégorisation vague et sommaire, puisque la frontière qui sépare le jeu, l'économie et la finance n'est pas toujours claire, il y aura toujours des ponts entre eux.

Le chapitre 1 est peut-être le meilleur exemple pour illustrer l'objectif et l'intérêt de ce livre. Vous souvenez-vous de ce film, *Un Homme d'Exception*, oscar du meilleur film en 2001 ? Il s'agissait du portrait de John F. Nash, célèbre scientifique qui reçut le Prix Nobel d'économie en 1994. Vous allez sûrement vous dire qu'avec un film sur sa vie et un prix Nobel, les travaux de Nash reçurent un accueil et une réception mérités, qu'ils furent validés et compris, n'est-ce pas ? Eh bien non. Certaines de ses théories, qui traitent de la manière dont les individus prennent des décisions en fonction d'autrui, les stratégies mixtes, permettent que le

meilleur choix possible, d'un point de vue collectif, soit pris. Pourtant, à travers l'exemple des tirs au but, le premier chapitre illustre une totale absurdité dans le choix stratégique des individus. La plupart des agents, plutôt que d'essayer de maximiser leur utilité et de minimiser celle de leur adversaire, n'arrivent pas à adopter la meilleure stratégie possible. Mais pas tous les agents. Les footballeurs sont capables d'optimiser leur choix lors d'un penalty : il s'agira d'étudier le théorème du minimax de von Neumann.

Cette partie étudie les stratégies collectives récoltées sur le terrain, le chapitre 2 va s'intéresser quant à lui aux comportements des joueurs non pas pendant un match, mais dans un laboratoire : comment un footballeur agit-il lorsqu'il n'est plus sur un terrain, influencé par les conditions extérieures ? L'idée est d'évaluer les différences entre résultats empiriques et résultats scientifiques et de montrer si le caractère de ces derniers est biaisé. Peut-on comparer des actes réalisés en laboratoire avec des actions réalisées dans la vraie vie ?

Le troisième chapitre permettra ensuite de comparer les résultats obtenus, entre les actes irrationnels sur un terrain de football et les décisions réfléchies et pensées dans un laboratoire, afin d'en déterminer les différents facteurs et les variables significatives.

Le chapitre 4, dernier de la partie I, fait le lien avec la seconde partie. Il part du principe que, lors d'une importante décision, en l'occurrence un penalty, le biais comportemental peut être expliqué par la pression psychologique entourant un tel événement : la compétition, la concurrence entre les joueurs, etc.

Le chapitre 5 pose une problématique fondamentale : l'hypothèse des marchés efficients est-elle valable ? Est-ce que le prix s'ajuste automatiquement et naturellement à travers une circulation de l'information rapide et parfaitement accessible, de telle sorte qu'aucun comportement égoïste, vendant une information au plus offrant, ne peut avoir lieu ? Comment cette hypothèse peut-elle être testée dans des modèles dynamiques, où le temps ne s'arrête jamais et où l'information défile en permanence ?

Enfin, les 5 dernières parties traitent, chacune de manière différente, de problématiques purement économiques. Le chapitre 6 étudie l'effet des forces sociales sur les comportements des agents, en particulier le rôle de la pression sociale dans les cas de corruption. Il y a déjà une large littérature sur cette question, notamment dans les cas d'échanges monétaires. De plus, l'économie abonde d'œuvres traitant de l'influence

des facteurs sociaux sur les comportements individuels. Mais, jusqu'ici, jamais une étude n'a mis en évidence le lien entre décision économique rationnelle et individualiste, que peut être la corruption, et l'influence des forces sociales sur sa détermination. Ce chapitre présentera la première analyse empirique liant ces deux paramètres.

Le chapitre 7 concerne les impacts des incitations extrinsèques, motivées par l'obtention d'une prime. L'idée est qu'une forte incitation peut souvent avoir des conséquences dysfonctionnelles, tant dans l'action individuelle, lors d'une rémunération contractuelle, que dans les résultats collectifs, où la recherche de la bonification devrait altérer la coopération entre les parties. Ces incitations peuvent être particulièrement dommageables si les agents cherchent à obtenir plus que les autres et détruisent alors la productivité d'autrui, le classement individuel comptant alors avant le résultat.

Les chapitres 8 et 9 étudient la peur comme élément rationnel et la possible mise en place d'incitations pour surmonter cette émotion. Ils le font à partir de deux études empiriques simples, basées sur l'analyse de la peur. La première concerne le hooliganisme, avec les émotions vécues par les acteurs directement, pendant un mouvement de foule, alors que la seconde a été réalisée avec un seul sujet, les tirs au but en Argentine.

Enfin, le chapitre 10 analyse la discrimination et le racisme dans le foot à partir d'une approche mercantile, avec un marché de la discrimination et la fixation de valeurs discriminantes entre les joueurs. Le tout étant déterminé par les agents directement, sans biais de jugement ni de comportement.

Toutes ces questions abordées dans le livre ne sont pas juste de « jolies » questions qui pourront intéresser les gens qui aiment le sport¹. Elles n'ont pas pour but d'illuminer le monde du sport à travers l'économie. Mais, au contraire, l'idée est de faire évoluer l'économie à partir du football. Les problématiques posées sont étudiées avec des données récoltées dans ce sport. C'est le foot au service de l'économie et non l'économie appliquée au foot. Cet angle est le même qu'en physique où

1 Les lecteurs qui aiment le football et le sport en général devront apprécier *The Numbers Game* (2013) de Chris Anderson et David Sally, *Soccernomics* (2012) de Simon Kuper et Stefan Szymanski, et *Scorecasting* (2011) de Tobias J. Moskowitz et L. Jon Wertheim. Ce sont d'excellents livres et ils ne demandent pas une bonne connaissance technique en économie. Pour une introduction à l'économie du sport, nous vous conseillons *Playsbooks and Checkbooks* (2009) de Stefan Szymanski. *The Economics of Football* (2011) de Stephen Dobson et John Goddard offre plus qu'une simple présentation de l'économie du football en général.

des scientifiques étudient des pommes afin de tester la gravitation. Ils ne sont pas intéressés par les fruits, mais par les théories physiques.

Je ne suis pas vraiment certain de savoir à qui s'adresse ce livre. C'est une combinaison de recherches sérieuses, de vulgarisations scientifiques et d'anecdotes sportives. Beaucoup de chapitres ont suffisamment d'éléments pour être appréciés et lus par une audience large, pas seulement des footeux, et aucun chapitre n'a une lecture spécifique destinée à une seule catégorie. Cet ouvrage devrait intéresser des lecteurs et des lectrices diplômés, les universitaires, les doctorants et les post-doctorants, les passionnés de sport et d'économie. Mais aussi, je l'espère, les lecteurs profanes, ceux intéressés par d'autres sujets et d'autres domaines.

À partir d'une perspective pédagogique, je suis persuadé que ce livre peut être utilisé pour enseigner l'économie dans le supérieur, mais aussi dans l'enseignement secondaire. En agrémentant les analyses théoriques par des exemples concrets observés dans le sport, il est possible de rendre attrayants et intuitifs l'économie fondamentale et ses dérivés microéconomiques (comme l'analyse de la discrimination, des incitations, des performances, etc.), la finance, la théorie des jeux, l'économie expérimentale, l'économie comportementale voire la statistique et l'économétrie.

Bien que la plupart des chapitres aient un style et une orientation plus tournés comme un article de recherche, j'ai essayé de les rendre le plus accessibles possible et j'espère avoir réussi. Il n'est pas indispensable d'avoir une parfaite connaissance du football pour lire ce livre ni de connaître avec exactitude les théories économiques ou celles du comportement humain. De la même manière, je me suis interdit de lister une importante bibliographie à la fin de chaque chapitre. Certains auront peut-être besoin de lectures supplémentaires pour compléter leurs connaissances en économie, statistique ou économétrie, mais aujourd'hui, avec la démocratisation des connaissances et Internet, il est facile de trouver des articles sur ces sujets.

Le lecteur néophyte, qui ne se destine pas à la recherche universitaire, mais qui est suffisamment curieux pour aller plus loin que les simples démonstrations de ce livre, trouvera le nécessaire en fin d'ouvrage. La présente bibliographie inclut de nombreuses études introductives sur des questions économiques très variées, sans sophistication mathématique particulière et sans difficulté insurmontable.

Mon principal espoir, en plus de présenter simplement les avancées de la recherche, est d'inspirer des vocations chez les étudiants et

les chercheurs, afin de penser l'économie différemment, à partir de nouvelles perspectives. J'ai conscience de ma très grande ambition.

Petite réserve adressée aux fans de foot : je ne souhaite pas que ce livre change votre manière de regarder ce sport ou la façon d'interpréter les actions de votre équipe favorite, de vos joueurs préférés. Néanmoins, je vous préviens, cela peut arriver. Faites bien attention, c'est un risque que vous prenez en lisant ce livre et les conséquences ne risquent pas d'être positives...

P a r t i e

1

PREMIÈRE MI-TEMPS

Quand Pelé rencontre John von Neumann dans la surface de réparation



« La théorie des jeux ne peut avancer tant que le minimax n'aura pas été prouvé. Rien ne peut être dit sans ce théorème. »

John von Neumann, 1953

« Les stratégies et les interactions sociales du monde réel ne peuvent être appréhendées et comprises avec les outils de la science actuelle. Il convient plutôt de s'ouvrir, de sortir des laboratoires et d'étudier la réalité. »

Game Theory Society, 2006

L'équipe nationale de Hongrie dans les années 1950 était l'une des meilleures sélections du ^{xx}^e siècle. Le 25 novembre 1953, à Wembley, devant 105 000 personnes, elle a été opposée à l'Angleterre dans ce qu'on appelle « le match du siècle ». La Hongrie était la nation numéro un au classement FIFA et était imbattue depuis 24 matchs. L'Angleterre, bien que derrière, n'avait jamais perdu à Wembley contre une équipe non britannique depuis 90 ans. Pourtant le score fut sans appel : la Hongrie écrasa les Anglais par 6 buts à 3.

Un an plus tard, lors de la préparation de la Coupe du Monde 1954, en Suisse, le sélectionneur anglais alla visiter Budapest et les infrastructures de l'équipe nationale hongroise afin de préparer au mieux le prochain match et se venger du 6-3. Malgré tout, la Hongrie fit à nouveau preuve d'une démonstration en battant l'Angleterre cette fois-ci sur le score sans appel de 7 buts à 1. C'est, à ce jour, la plus lourde défaite de l'équipe anglaise dans son histoire.

Déjà à cette époque, le foot était le sport le plus populaire du monde, et la Hongrie était la meilleure sélection, souvent considérée comme l'une des quatre ou cinq meilleures de toute l'histoire du foot. Après avoir emporté l'or aux Jeux olympiques de 1952, elle était ultra favorite lors du Mondial 1954.

Dès le début du tournoi, l'équipe battit la Corée 9 à 0, puis l'Allemagne de l'Ouest 8 à 3 en phase de poule. Après, le Brésil fut vaincu 4-2 en quarts de finale et l'Uruguay, qui n'avait jamais perdu en Coupe du Monde jusque-là, perdit sur ce même score en demi-finales. Son adversaire, en finale, était l'Allemagne de l'Ouest, qui réussit, après sa lourde défaite contre l'équipe hongroise, à remporter tous ses matchs suivants pour se hisser jusqu'à ce niveau de la compétition. Dans le stade du Wankdorf de Berne, 60 000 spectateurs purent voir l'Allemagne battre la Hongrie par 3 buts à 2 et assister au « miracle de Berne ».

Cette victoire représenta symboliquement la renaissance de l'Allemagne après les ravages et les destructions de la Seconde Guerre mondiale.

Il est quasi certain que peu de Hongrois ignoraient les performances footballistiques de leur équipe nationale, qu'ils n'en étaient pas peu fiers, durant les années 1950. Ainsi, Neumann Janos, né le 28 décembre 1903 à Budapest, brillant scientifique émigré aux États-Unis et connu sous le nom de John von Neumann, ne pouvait pas ignorer les succès de son pays.

Cet immigré Hongrois, aujourd'hui considéré comme l'un des plus grands scientifiques du ^{xx}^e siècle, a été un brillant mathématicien et

physicien. Il a laissé une profonde empreinte dans la recherche fondamentale notamment en physique théorique, en physique appliquée, en théorie comportementale, en météorologie, en biologie, en économie et en sciences nucléaires. Il est surtout connu pour être l'inventeur de l'ordinateur digital moderne.

« C'était un génie, l'esprit le plus éclairé qu'il m'ait été amené de rencontrer [...] Il se lançait brièvement dans nos domaines pour les marquer à jamais de son empreinte. » Paul Samuelson (Prix Nobel d'économie en 1970) cite von Neumann pour trois contributions fondamentales : la première, en 1928, fut l'article « Zur Theorie der Gesellschaftsspiele », publié dans *Mathematische Annalen*, qui posa les marques de la théorie des jeux naissante ; la deuxième, en 1937, avec la publication du « Modèle d'équilibre général » ; enfin la troisième, en 1944, avec la sortie de son essai *Theory of Games and Economic Behavior*, coécrit avec Oskar Morgenstern.

Comme mathématicien, von Neumann semblait adopter une démarche qui ouvrit sa science à l'analyse de données larges et alternatives. D'ailleurs, ses recherches et le succès de ses résultats ont largement été influencés par des valeurs esthétiques (von Neumann, 1947). Il a également mis en garde la science contre le risque de trop s'éloigner des données empiriques, de trop se baser sur des théories inexploitable dans la réalité. Néanmoins, tout semble laisser croire que, malgré la place occupée par la Hongrie à cette époque dans le football, malgré sa place de sport numéro 1, von Neumann ne s'est jamais vraiment intéressé au sport comme source empirique ou comme outil de vérification et d'application de la théorie des jeux :

La vérité est que, du plus loin que je me souviens, mon père ne s'est jamais intéressé au football ou à n'importe quel autre sport, même comme un simple spectateur néophyte. Il est ironique de se dire que le fondateur de la théorie des jeux n'a jamais aimé jouer ni jamais joué à aucun jeu, sport ou jeu de société. Je me tannai pour jouer avec lui et l'on terminait rapidement, quand l'occasion se présentait, une partie de dames chinoises. Je suis certaine qu'il n'a jamais joué de sa vie au poker.

Marina von Neumann Whitman
(correspondance privée par mail, 13 octobre 2010)

« L'intérêt de la théorie des jeux est d'aider l'économie dans la compréhension des phénomènes et de prédire ce qu'il pourrait se passer dans un contexte social, politique ou économique particulier » (Kreps, 1991).

Seulement, si von Neumann valide cette idée, la théorie des jeux ne pourrait pas exister sans avoir, au préalable, prouvé et démontré le théorème du minimax, l'élément central. Il faudrait d'abord avoir vérifié empiriquement la démonstration théorique avant de l'appliquer dans des cas pratiques. Or, le théorème du minimax n'a été vérifié empiriquement qu'en 2003.

Cette vérification empirique des modèles stratégiques de comportement humain est très difficile et impose de nombreuses contraintes. En vérité, tester les implications de n'importe quel jeu théorique dans la réalité est extrêmement difficile.

Premièrement, de nombreuses prédictions dépendent de propriétés souvent inapplicables dans le monde réel : une fonction d'utilité marginale toujours positive (on ne serait jamais rassasié d'un bien, même après en avoir obtenu un nombre quasi infini, la 1000^e tartine de chocolat apportant encore une utilité positive, certes inférieure à la précédente), un classement fixe et déterminé *a priori* des préférences, une connaissance certaine de la valeur des biens, etc.

Ensuite, même si les prédictions ne dépendent pas de l'ordre des préférences, l'utilité individuelle, apportée par les récompenses, est une donnée rarement disponible dans le cadre réel. L'esprit humain est bien trop complexe pour déterminer une classification.

Enfin, il y a souvent beaucoup de difficultés à déterminer les stratégies réelles à la disposition des agents concernés. L'irrationalité latente des individus empêche toute analyse structurée et probabiliste, l'incertain l'emporte toujours sur le risque, le probabilisable.

Ainsi, un résultat fondamental en théorie des jeux ne peut être appliqué et supporté durablement dans la vie de tous les jours s'il n'a pas été démontré empiriquement.

Von Neumann a publié le théorème du minimax en 1928, dans son article « Zur Theorie der Gesellschaftsspiele ». Il pose les conditions suivantes :

Pour un jeu non coopératif synchrone à information complète opposant deux joueurs, à nombre fini de stratégies pures et à somme nulle, il existe un gain, noté V , et une stratégie mixte pour chacun des joueurs, de sorte que :

- a) compte tenu de la stratégie du joueur 2, le meilleur gain possible du joueur 1 est V , et
- b) compte tenu de la stratégie du joueur 1, le meilleur gain possible du joueur 2 est $-V$.

De manière équivalente, la stratégie du joueur 1 lui garantit le gain V compte tenu de la stratégie du joueur 2, lorsque celui-ci obtient le gain $-V$.

Une stratégie mixte consiste en une stratégie où le joueur choisit au hasard le coup qu'il joue parmi tous les coups possibles. Cela revient à attribuer une certaine distribution de probabilité sur l'ensemble des stratégies pures du jeu. Cependant, il y a un nombre conséquent de possibilités d'action dans le jeu et les économistes sont incapables de déterminer la décision optimale. Cela est très bien décrit dans le débat opposant Martin Osborne et Ariel Rubinstein, *A Course on Game Theory* (1994).

Un jeu est à somme nulle, ou à somme constante, lorsque la somme des gains des deux joueurs est égale à zéro. L'idée est que le gain d'un des deux joueurs est l'inverse de l'autre joueur. Le théorème du minimax admet un résultat à somme nulle, chaque joueur cherche avant tout à minimiser le gain maximum du joueur adverse et à minimiser sa perte maximum induite par l'action symétrique de l'adversaire.

La plupart des jeux et des interactions stratégiques réelles impliquent à la fois des oppositions conflictuelles et des intérêts communs. Parfois, tout le monde gagne, lorsqu'une décision est prise et aboutit à un bénéfice mutuel pour chacune des parties. Parfois, tout le monde perd, comme illustré dans le dilemme du prisonnier, où l'absence de coopération empêche la maximisation des préférences individuelles. Mais, le cas d'un pur conflit, strictement compétitif et à somme nulle, où il n'y a aucun intérêt à coopérer, est très rare.

Le théorème du minimax peut être considéré comme un cas particulier du théorème fondamental de la théorie des jeux à n joueurs de John Forbes Nash. Le minimax suppose la participation de seulement 2 personnes et des gains à somme nulle, alors que l'équilibre de Nash admet un nombre infini de joueurs et un arbitrage entre conflits et intérêts communs.

C'est pour cette raison que le minimax a toute sa place dans le foot, au moment des penaltys. Cet affrontement oppose deux joueurs de deux équipes adverses, dans une compétition sportive, chacun cherchant à obtenir plus que l'autre, en minimisant le gain adverse et maximisant son propre intérêt.

La FIFA, Fédération internationale de football association, décrit de manière très simple les règles inhérentes à la séance de penalty. Premièrement, la position du ballon et celles des joueurs sont définies ainsi :

- le ballon est placé sur la marque du penalty dans la zone de tir ;
- le joueur tirant le penalty est clairement identifié ;
- le gardien adverse doit se placer sur sa ligne de but et faire face au tireur tant que le ballon n'a pas bougé de la marque du penalty ;
- les joueurs autres que le tireur doivent rester en dehors de la surface de réparation, derrière la marque du penalty, à 9m15 de celle-ci.

Ensuite :

- Le joueur ne peut pas lancer l'action tant qu'il n'a pas touché le ballon ;
- Il ne peut pas le toucher une seconde fois avant qu'il ait été touché par un autre joueur ;
- Un but peut directement être marqué d'un penalty.

On doit l'invention de cette règle au joueur britannique William McCrum. Ce riche entrepreneur était le gardien de but du club de Milford Everton, dans le comté d'Armagh, au nord de l'Irlande. Son équipe participa, lors de la saison 1890-1891, au championnat d'Irlande de football et se singularisa par des performances exceptionnelles : elle termina dernière au classement, avec 10 buts inscrits et 62 buts encaissés. McCrum n'était certainement pas le meilleur gardien, ses statistiques le prouvent aisément, mais, en tant que gentleman, il avait l'ambition de faire respecter malgré tout l'esprit sportif. Mort en 1932, sa nécrologie le rappelle et décrit le personnage comme un homme d'honneur, détestant la compétition effrénée et l'attitude « gagnant à tout prix » de certains adversaires violents. Cela empoisonnait, d'après lui, son « sport chéri ».

McCrums était persuadé qu'il fallait défendre l'esprit sportif coûte que coûte en sanctionnant ceux qui ne le respectaient pas, qui multipliaient les fautes et les actes agressifs, par des punitions non pas individuelles, mais collectives. Profitant de son influence au sein de la ligue irlandaise de football, il soumit la règle du "penalty kick" à l'association en 1890. Le secrétaire général de la ligue, Jack Reid, transmit officiellement la requête à la Fédération internationale de Football, lors d'un congrès, le 2 juin 1890. Il espérait, lui aussi, une intégration de ce penalty au règlement général. Pourtant, personne ne semblait suivre cette vision et de nombreux débats eurent lieu.

La presse, les dirigeants et les représentants des joueurs refusèrent cette sanction collective qui risquerait de détruire l'essence même du jeu.

Rapidement, on affubla le penalty du surnom “death penalty”, la peine de mort. Bien entendu, beaucoup refusaient d’admettre l’existence de la violence dans le foot et s’interdisaient de voir apparaître de méthodes, selon eux, antisportives.

C’est dans cette atmosphère que la ligue irlandaise de football décida de retirer la proposition. Malgré tout, le débat était lancé et la question de la protection des joueurs put être posée. La Fédération internationale se donna 1 an de réflexion avant d’obtempérer et ratifia la nouvelle règle du penalty le 2 juin 1891, soit 1 an après la proposition de William McCrum.

Le penalty était né, bien que légèrement différent de celui que l’on connaît aujourd’hui. Les conditions n’étaient pas claires et beaucoup de joueurs – les gardiens notamment – en profitèrent pour faire du penalty une faute peu efficace. D’où fallait-il le tirer ? Par qui ? Comment ? Que devait faire le gardien ? Toutes ces questions, le football mit 40 ans à y répondre avant de fixer les règles telles que nous les connaissons, telles que McCrum souhaitait les voir. Il vécut suffisamment longtemps pour voir se réaliser sa vision du foot moderne, en 1929, et il mourut en 3 ans plus tard.

Son héritage est énorme et a considérablement participé à la popularité de ce sport à travers le monde, le penalty en fait partie intégrante aujourd’hui. Tout le monde se souvient de ces décisions qui ont influencé le cours d’un match, d’un but primordial, tout le monde connaît les duels entourant la frappe, entre le tireur et le gardien. McCrum serait fier de ce qu’est devenu le football, réduisant la violence physique qui entourait les matchs, améliorant le suspense et les affrontements psychologiques. Mais ce que McCrum n’aurait jamais pu anticiper c’est l’apport de cette règle dans la vérification et la démonstration d’un problème mathématique fondamentale : le théorème du minimax. C’est ce que va montrer ce chapitre.

Supposons un modèle simple. Les probabilités de réussite sont données par « but » pour le tireur et « pas but » pour le gardien. Le premier cherche à maximiser la probabilité de marquer alors que le second souhaite la minimiser. Si l’on considère un jeu théorique à 2 entrées, avec π_{ij} la probabilité de scorer, où $i = \{L, R\}$ est le choix du tireur et $j = \{L, R\}$ le choix du gardien, avec L = gauche et R = droite, on pose :

	L	R
L	π_{LL}	π_{LR}
R	π_{RL}	π_{RR}

Chaque penalty admet deux joueurs : le tireur et le gardien. En moyenne, dans les ligues professionnelles de football, le ballon met 0,3 seconde pour traverser la distance qui sépare le point de penalty à la ligne de but. C'est moins que le temps de réaction du gardien pour prendre sa décision et plonger de tel ou tel côté, ce qui implique pour lui de décider en même temps que le tireur adverse, aucun des deux n'ayant un avantage sur l'autre, et il y a donc une parfaite synchronisation et une information complète. De même, le penalty ne pouvant pas être tiré plusieurs fois, le nombre de stratégies est donc fini.

Des règles claires et une structure très détaillée permettent de poser une simulation du modèle d'un jeu à somme nulle. Nul autre sport que le foot ne peut aussi bien correspondre et proposer une application empirique de la théorie du minimax. En baseball, les actions du lanceur et du batteur sont nombreuses et proposent un nombre important de conséquences. En tennis, voire en cricket, les conséquences possibles sont limitées, mais les joueurs ont un nombre conséquent de stratégies à leur disposition. De plus, dans tous ces sports, la technique au service peut modifier la courbe et le trajet de la balle, tout comme la place initiale du joueur, ce qui permet un nombre important de stratégies proposées, difficilement quantifiable. Par exemple, au tennis, la position de celui qui va recevoir la balle affecte le choix du serveur. Encore plus compliqué, c'est l'aspect dynamique et séquentiel du service qui peut être retenté plusieurs fois, alors qu'au football, le penalty est statique et empêche la possibilité de modifier sa stratégie en fonction du choix précédent. De plus, les services au tennis étant nombreux et permettant la mise en place d'un apprentissage dynamique, le joueur pourrait apprendre et mémoriser les stratégies adverses et ainsi obtenir un avantage informationnel¹.

C'est pour cela que l'analyse des penaltys, à l'inverse du tennis ou du baseball, est le meilleur moyen de tester empiriquement le théorème

1 Dans un jeu dynamique, contrairement à un jeu standard à somme nulle, les gains peuvent être croissants à partir d'un apprentissage des théories. Par exemple, en tennis, lorsque le premier service lifté est raté, le joueur a droit à une deuxième tentative et peut alors profiter d'un « apprentissage ». Son second service est, en moyenne, plus réussi que le premier. Parce que le joueur apprend de ses erreurs passées, il va être amené à modifier sa stratégie à la tentative suivante. En d'autres termes, il peut y avoir une corrélation négative entre les choix de stratégie passés et les choix présents. Cette proposition, démontrée par Walker et Wooders (2001), confirme que les choix de services au tennis ne peuvent respecter une randomisation constante, contrairement au cas des penaltys.

du minimax. Le penalty est un jeu unique proposant un équilibre de Nash particulier et adoptant une stratégie mixte telle que

$$\pi_{LR} > \pi_{LL} < \pi_{RL}$$

$$\pi_{RL} > \pi_{RR} < \pi_{LR}$$

Si le jeu, pendant un penalty, peut être représenté par le modèle ci-dessus, alors l'équilibre impose l'utilisation d'une stratégie mixte pour chaque joueur. Dans ce cas, cet équilibre donne deux prédictions testables sur le comportement du tireur et du gardien :

1. Les variables sont identiquement distribuées : les probabilités de succès – la probabilité qu'un but soit marqué (ne soit pas marqué) pour le tireur (pour le gardien) – sont les mêmes pour chaque joueur.

Posons g_L la probabilité que le gardien choisisse de plonger à gauche et k_i la probabilité que le tireur tire à gauche ou à droite. La probabilité g_L devrait être choisie afin que la probabilité de succès du tireur soit la même, quelle que soit la stratégie. Ainsi, g_L doit satisfaire la condition suivante $pk_L = pk_R$ où

$$pk_L = g_L \cdot \pi_{LL} + (1 - g_L) \cdot \pi_{LR}$$

$$pk_R = g_L \cdot \pi_{RL} + (1 - g_L) \cdot \pi_{RR}$$

De manière similaire, la probabilité que le tireur choisisse la gauche, k_L , devrait être choisie afin que la probabilité de succès du gardien soit la même quelle que soit la stratégie, avec $pg_L = pg_R$ où

$$pg_L = k_L \cdot (1 - \pi_{LL}) + (1 - k_L) \cdot (1 - \pi_{RL})$$

$$pg_R = k_L \cdot (1 - \pi_{LR}) + (1 - k_L) \cdot (1 - \pi_{RR})$$

2. Chaque choix des joueurs doit être indépendant les uns avec les autres. Cela signifie que l'action individuelle n'est pas corrélée avec les précédentes, il n'y a pas de lien temporel entre chaque penalty tiré et entre chaque fait de jeu. D'où le caractère purement aléatoire du choix décisionnel des joueurs, il ne dépend pas de la physionomie du match, des interactions, du score ou de n'importe quelle action précédente.

L'idée de ces deux hypothèses testables est la suivante : dans un jeu à conflit pur, à somme nulle, il serait désavantageux de laisser l'agent voir le choix de l'adversaire à l'avance, il opte alors pour une décision purement aléatoire garantissant une maximisation de sa stratégie. L'intérêt est que l'adversaire ne puisse pas deviner ce choix et ne

puisse pas l'exploiter. Ainsi, si les deux agissent de la sorte, si l'adversaire opte aussi pour une décision aléatoire, la moyenne des gains est égale.

À présent, nous allons tester si ces deux hypothèses peuvent être rejetées dans la réalité, à partir de données empiriques. Ces dernières concernent l'analyse de 9 017 penaltys tirés entre septembre 1995 et juin 2012 dans les championnats espagnols, italiens et anglais et lors des compétitions internationales. Elles ont pu être récoltées à partir de l'analyse des matchs diffusés dans de nombreuses émissions de télévision, telles qu'*English Soccer League* aux États-Unis, *Estudio Estadio* et *Canal+ Futbol* en Espagne, *Novantesimo* en Italie ou encore *Sky Sports Football* en Angleterre. Ces programmes proposent un résumé de tous les matchs de championnat chaque semaine.

Les données intègrent le nom des équipes concernées, la date des matchs, le nom des tireurs et des gardiens pour chaque penalty, la direction du tir (à gauche, au centre ou à droite), le temps au moment où le penalty a été tiré, le score à ce moment du match et le score final. Elles incluent aussi le pied du tireur (droit ou gauche) et la conclusion de l'action (but ou pas but)².

Environ 80% des observations proviennent des matchs de Premier League, de Liga et de Série A³. Ces championnats représentent, avec la Bundesliga en Allemagne, les 4 plus importants à travers le monde.

Il y a deux types de tireurs, cela dépend de leur pied : les gauchers et les droitiers. La majorité des joueurs sont droitiers, c'est logique puisque cela respecte la distribution internationale avec à peu près 70% de droitiers et 30% de gauchers sur Terre. Ensuite, chaque joueur a un côté préférentiel. Les gauchers tirent plus souvent à la gauche du gardien et les droitiers tirent, en majorité, à la droite du gardien. L'argumentaire anatomique basique explique ce phénomène, chacun tire sur son côté opposé.

Si l'on intègre ces différences, il paraît logique de normaliser le jeu en renommant les choix à partir des « préférences naturelles ». En d'autres termes, puisque l'on considère que le pied du joueur a un impact sur le choix du tir, chaque proposition d'action n'est pas égale. Il convient alors de réparer ce déséquilibre. Pour cela, R deviendra « tir du côté naturel » et L « tir du côté non naturel ». Lorsque le tireur est

2 La conclusion « pas but » précise la différence entre « arrêté par le gardien », « tir non cadré » ou « tir sur le poteau ou la barre transversale » et les sépare.

3 Le reste provient des penaltys tirés lors des compétitions internationales (matchs éliminatoires et Coupe du Monde et Coupe d'Europe).

droitier, le côté naturel R est un tir à la droite du gardien et lorsque le tireur est gaucher, c'est un tir à la gauche du gardien. Cette notation montre alors qu'un tir à droite d'un joueur gaucher est la même action qu'un tir à gauche d'un joueur droitier. Le gardien joue alors le même jeu qu'il soit en face d'un gaucher ou d'un droitier, mais les actions probables sont distinctes. Ce qui importe ici, c'est de garantir la même possibilité de gain. Quel que soit le pied du tireur, on ne prendra plus en compte le fait qu'il soit gaucher ou droitier, mais qu'il tire de son côté naturel ou non. Et c'est pareil pour le gardien. Initialement, avec ces notations, on pouvait s'attendre à un déséquilibre puisqu'il aurait eu tendance à plonger à gauche lorsqu'il avait affaire à un gaucher et plonger à droite lorsqu'il faisait face à un droitier. Or, avec ces nouvelles notations, les taux de réussites sont statistiquement les mêmes et il n'y a pas de biais dans le jeu⁴.

4 Voir Palacios-Huerta (2003).

**TABLEAU 1.1. DISTRIBUTION DES DIFFÉRENTES STRATÉGIES
ET TAUX DE RÉUSSITE.**

Différence au score	#Obs	LL	LC	LR	CL	CC	CR	RL	RC	RR	Taux de réussite (%)
0	3701	16,5	1,2	21,5	4,0	1,4	3,5	20,6	1,2	30,1	81,5
1	1523	15,1	0,5	16,2	4,2	1,5	2,6	29,9	0,5	29,5	78,1
- 1	2001	16,1	1,5	23,3	2,1	0,0	1,7	20,3	1,0	34,0	80,3
2	607	11,9	3,4	19,4	5,2	1,5	0,7	23,7	1,7	32,5	75,7
- 2	744	20,1	1,5	27,6	3,7	0,0	2,5	16,1	0,3	28,2	78,5
Autres	441	28,8	0,5	27,3	0,5	0,6	1,4	17,7	0,5	22,7	82,4
Total	9017	16,7	1,7	21,6	3,4	0,9	2,5	21,7	0,9	30,5	80,07

Le tableau 1.1 montre les proportions relatives des différents choix faits par les tireurs et les gardiens (à gauche [L], au centre [C], à droite [R]), ainsi que le nombre total d'observations. La première lettre fait référence au choix du tireur et la seconde au choix du gardien, les deux à partir du point de vue du gardien (le joueur a tiré soit à gauche soit à droite du gardien ou plein centre). Par exemple, « RL » signifie un tir à la gauche du gardien et un plongeon à droite. La toute dernière colonne, à droite, montre les taux de réussite, « marquer » selon la différence au score. Cette différence se calcule par la différence entre le nombre de buts inscrit par l'équipe du tireur avant le penalty et le nombre de buts inscrit par l'équipe du gardien. Lorsque cette dernière équipe est devant d'un but sur l'équipe du tireur, on regarde la ligne « -1 » par exemple.

Presque la moitié des choix du gardien coïncide avec les décisions du tireur, 48,1% des penaltys se concluent par un tir et un plongeon du même côté. Nous avons une majorité à RR (30,5%), puis 16,7% avec LL et enfin seulement 0,9% pour le couple CC. Les tirs au centre sont très rares (6,8% de tous les tirs), de même, la décision de ne pas plonger pour un gardien (rester au centre) est encore plus rare (3,5% du total), peut-être parce qu'ils supposent déjà couvrir cette partie avec leurs jambes lors du plongeon. Concernant les choix opposés entre chaque joueur, ils sont relativement égaux puisque le couple LR représente 21,6% du total et le couple RL 21,7%.

Un but est marqué dans 80,07% des cas lors d'un penalty. Le taux de réussite est proche de 100% lorsque le choix du gardien ne coïncide pas avec le choix du joueur, et moins de 60% lorsque ce choix coïncide.

Le nombre moyen de buts dans cet échantillon est de 2,59, il n'est donc pas surprenant d'avoir plus d'observations lorsque la différence de buts entre chaque équipe est de 0, 1 ou -1 au moment du penalty. D'ailleurs, le taux de réussite d'un penalty est plus élevé lorsque le score est toujours nul (81,5%), suivi ensuite par la physionomie d'une domination de l'équipe du gardien (80,3%) puis par une domination de l'équipe du tireur (78,1%).

Avant de commencer les tests, examinons les données sous l'angle de l'équilibre de Nash afin de déterminer si elles s'en approchent le plus possible. Les joueurs de notre échantillon choisissent R ou L dans 96,3% des cas, 93,2% pour les tireurs et 96,5% pour les gardiens⁵. C n'est pratiquement jamais choisi. Pour la suite de notre démonstration, nous allons

5 Chiappori et al. (2002) ont étudié les prédictions agrégées dans un jeu à somme nulle en supposant que « C » est un choix stratégique possible. Ils ont alors constaté que « C » ne présente pas les mêmes caractéristiques d'une action à part entière, à partir des mêmes données étudiées ici. Ils ont alors conclu que le penalty se présentait comme un jeu à 2 possibilités.

considérer que cette action va être intégrée au choix naturel⁶. Ce qui nous permet d'obtenir un tableau à 2 entrées, déjà observé précédemment. Dans ce jeu, on admet l'existence d'un unique équilibre Nash et on pose les deux hypothèses fondamentales :

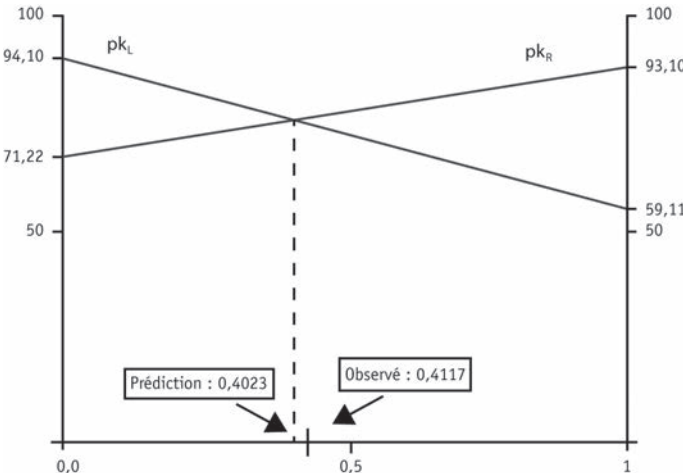
- (1) les probabilités gagnantes sont les mêmes, quelles que soient les stratégies des deux joueurs,
- (2) chaque choix est indépendant des autres.

Pour tous les joueurs, les probabilités empiriques de marquer sont les suivantes :

	g_L	$1 - g_L$
k_L	59,11	94,10
$1 - k_L$	93,10	71,22

Comme indiqué ci-dessous, k_L et g_L représentent le choix non naturel respectivement du tireur et du gardien. Nous pouvons, à présent, appliquer une stratégie mixte sur ce jeu et comparer avec les probabilités d'une stratégie mixte observées dans notre échantillon, à partir de données empiriques (graphique 1.1 et 1.2).

GRAPHIQUE 1.1. FRÉQUENCES ESTIMÉES ET FRÉQUENCES OBSERVÉES POUR LES GARDIENS.



6 Les joueurs professionnels considèrent la stratégie C et la stratégie du côté naturel comme équivalentes. Cela s'explique par la manière qu'ils ont de contrôler la balle avec l'intérieur du pied, ce qui facilite le contrôle du ballon. Ainsi, la difficulté entre tirer au centre ou tirer sur son côté naturel est quasiment la même.

Remerciements

Quatre chapitres de ce livre sont basés sur de précédents articles, le premier signé de mon nom et les chapitres 2, 4 et 6 en rédaction à plusieurs mains. Je tiens à remercier mes coauteurs Oscar Volij, Luis Garicano, Canice Prendergast et José Apesteguia. Ce fut un réel plaisir de travailler et d'apprendre avec eux. Deux autres chapitres sont basés sur des articles rédigés par Karen Croxson et J. James Reade (chapitre 5) et Stefan Szymanski (chapitre 10). Je veux les remercier chaudement pour leur aide et leur générosité. J'ai pu avancer et travailler, apporter des précisions et de nouvelles conclusions grâce à toutes ces recherches et j'ai réussi à finaliser le présent ouvrage.

Toutes les autres parties du livre impliquent des réflexions inédites résumant mes propres sentiments. Luis Garicano m'a aidé à la rédaction du chapitre 7 et, ensemble, nous souhaitons remercier l'assistance de Michael Suh. Quant au chapitre 9, Martin Guzman est le premier à m'avoir parlé de cette règle particulière en Argentine, lors de la saison 1988-1989, et Oscar Volij et Jonathan Volij ont collecté les données à partir des informations délivrées par la Bibliothèque Nationale de la République d'Argentine, à Buenos Aires.

Beaucoup d'amis et de collègues m'ont aidé dans la suite de mes investigations, m'ont conseillé, m'ont soutenu et je ne les oublierai pas. Toutes les discussions que j'ai pu avoir avec eux et toutes les suggestions qu'ils m'ont formulées pendant les années d'études ont grandement contribué à la rédaction de ce livre. Je tiens à citer Cyrus Amir-Mokri, Maria Azketa, Jordi Blanes i Vidal, Seamus Brady, Colin Camerer, Juan Carrillo, Pedro Dal Bo, Sir Howard Davies, David De Meza, Jeff Ely, Luis Garicano, José Angel Iribar, Tony Lancaster, Hans Leitert, Eugenio Miravete, Gerard Padro i Miguel, Patxo Palacios, Canice Prendergast, Yona Rubinstein, Ana Saracho, Catherine Thomas, Josu Urrutia et Oscar Volij.

Je suis particulièrement reconnaissant de l'énorme influence et de l'aide de Gary S. Becker et Kevin Murphy. Tout ce que j'ai appris sur le comportement humain, je l'ai acquis à leurs côtés. Avec Oscar Volij, ce sont les plus grands économistes que je connais et ce sont de vrais amis.

Karen Croxson, J. James Reade, Bradley Ruffle, Jacob Schneebacher, Catherine Thomas et Jan-Joost van den Bogert m'ont apporté leur aide lors de la finalisation du livre et ont réalisé un excellent travail de relecture. Je n'oublie pas non plus John Carlin, Enric Gonzalez, Alfredo Relano, Clark Miller et James Miller, ces derniers m'ont raconté de merveilleuses anecdotes sportives que vous retrouvez tout au long des pages.

Je tiens aussi à mettre en avant Seth Ditchik, le premier à m'avoir suggéré la rédaction de cet ouvrage, merci pour son soutien et sa patience. Richard Baggaley ensuite, qui m'a considérablement aidé et m'a inspiré, avec David De Meza, le titre du livre. Beth Clevenger, Natalie Baan et Paula Berard pour leurs réconforts quotidiens et leurs appuis précieux.

Enfin, comment pourrais-je oublier ma femme Ana et mes enfants, Ander et Julene. De tout mon cœur et de toute mon âme, je les remercie pour leur présence, ils m'offrent la vie que j'ai toujours rêvée. Ma mère et mes frères méritent les mêmes remerciements. Ce livre n'aurait jamais été possible sans eux, sans leur amour et leur soutien.

Et enfin mon père, décédé récemment. Je veux lui rendre hommage, il a été mon modèle et a fait de moi l'homme que je suis aujourd'hui. Toute ma vie José Antonio, tu resteras auprès de moi.

Index

Akerlof George 227
Anderson Viv 216
Arrow Kenneth J. 224

Bachelier Louis 104
Ballester Rafael 82
Becker Gary 13, 210
Becker-Rubinstein (modèle) 184, 186,
193, 195
Brown James 42-43

Camerer Colin 37, 50
Carlin John 210
Cook Richard 78
Croxson Karen 106, 109-110, 113, 117,
119

Dilemme du prisonnier 25

Fama Eugene 104, 118
FIFA 124, 127, 133, 143, 148-151, 153,
173, 177-178
Freud Sigmund 195

Galeano Eduardo 124

Hume David 62, 84
Hypothèse nulle 36

Jeu à somme nulle 28, 50, 62, 78, 91, 165
Jeu dynamique 84
Jeu pierre-feuille-ciseau 78

Köszegi Botond 91, 94
Koudijs Peter 105

Marché efficient 110, 114, 117
Marxisme 11
Minimax 14, 24-25, 27, 29, 35, 45
Monte-Carlo 44
Morgenstern Oskar 23

Nash, John F. 13, 25

Palacios-Huerta Ignacio 52, 87
Priks Mikael 145
p-value 36

Rabin Matthew 91, 94
Randomisation 37, 42, 58, 68, 85, 95-96
Reade J. James 106, 109, 113, 119
Runs-test 37

Samuelson Paul 23
Schweitzer Maurice E. 94
Séquence de Prouhet-Thue-Morse 97
Shiller Robert J. 118

Smith Adam	84	Test Arellano-Carrasco	68
Smith Vernon	49	Test ImPesaranShin	115
Stratégie mixte	24-25, 29, 34, 50, 63, 78	Test Wu-Hausman	221
Szymanski Stefan	45, 211, 214, 223	Théorie de l'agence	152
		Von Neumann John	14, 22-24, 45

Bibliographie

Livres en français

Andreff Wladimir, *Mondialisation économique du sport*, De Boeck, 2012.

Drut Bastien & Duhautois Richard, *20 questions improbables sur le football*, De Boeck, 2014.

Drut Bastien, *Économie du football professionnel*, La découverte : Repères, 2011.

Kuper Simon & Szymanski Stefan, *Les attaquants les plus chers ne sont pas ceux qui marquent le plus*, De Boeck, 2012.

Bibliographie de l'auteur

Akerlof, George A. "A Theory of Social Custom, of Which Unemployment May Be One Consequence." *Quarterly Journal of Economics* 94, no. 4 (1980): 749-75.

Akerlof, George A., and Rachel E. Kranton. *Identity Economics: How Our Identities Shape Our Work, Wages, and Well-Being*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2010.

Allouche, Jean-Paul, and Jeffrey Shallit. "The Ubiquitous Prouhet-Thue-Morse Sequence." In *Sequences and Their Applications: Proceedings of SETA '98*, edited by C. Ding, T. Hellesest, and H. Niederreiter, 1-16. London: Springer-Verlag, 1999.

Alonso, Ricardo, Isabelle Brocas, and Juan D. Carrillo. "Resource Allocation in the Brain." *Review of Economic Studies* (forthcoming).

Anderson, Chris, and David Sally. *The Numbers Game*. London: Penguin Group, 2013.

Anderson, Kathryn, Richard Burkhauser, and Jennie Raymond. "The Effect of Creaming on Placement Rates under the Job Training

- Partnership Act." *Industrial and Labor Relations Review* 46, no. 4 (1993): 613-24.
- Andersson, Jesper L. R., Chloe Hutton, John Ashburner, Robert Turner, and Karl Friston. "Modeling Geometric Deformations in EPI Time Series." *Neuroimage* 13 (2001): 903-19.
- Apesteagua, Jose, and Ignacio Palacios-Huerta. "Psychological Pressure in Competitive Environments: Evidence from a Randomized Natural Experiment." *American Economic Review* 100, no. 5 (2010): 2548-64.
- Arellano, Manuel, and Raquel Carrasco. "Binary Choice Panel Data Models with Predetermined Variables." *Journal of Econometrics* 115, no. 1 (2003), 125-57.
- Arellano, Manuel, and Bo Honoré. "Panel Data Models: Some Recent Developments." In *Handbook of Econometrics*, edited by James E. Heckman and Edward Leamer, vol. 5, chap. 53, 3229-96. Amsterdam: North-Holland, 2001.
- Ariely, Dan, Uri Gneezy, George Loewenstein, and Nina Mazar. "Large Stakes and Big Mistakes." *Review of Economic Studies* 76, no. 2 (2009): 451-69.
- Arrow, Kenneth J. "The Theory of Discrimination." In *Discrimination in Labor Markets*, edited by O. Ashenfelter and A. Rees. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1973.
- Aumann, Robert J. "Game Theory." In *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, edited by J. Eatwell, M. Milgate, and P. Newman, vol. 2, 460-82. London: MacMillan Press, 1987.
- Bachelier, Louis. "Théorie de la Spéculation." In *The Random Character of Stock Market Prices*, edited by P. Cootner, 17-78. Cambridge, MA: MIT Press, 1900.
- Baker, George. "Incentive Contracts and Performance Measurement." *Journal of Political Economy* 100, no. 3 (1992): 598-614.
- Bar-Eli, Michael, Ofer H. Azar, Ilana Ritov, Yael Keidar-Levin, and Galit Schein. "Action Bias among Elite Soccer Goalkeepers: The Case of Penalty Kicks." *Journal of Economic Psychology* 28, no. 5 (2007): 606-21.
- Bar-Hillel, Maya, and Willem A. Wagenaar. "The Perception of Randomness." *Advances in Applied Mathematics* 12, no. 4 (1991): 428-54.

- Becker, Gary S. *Accounting for Tastes*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1996.
- . *The Economic Approach to Human Behavior*. Chicago: University of Chicago Press, 1976.
- . *The Economics of Discrimination*. Chicago: University of Chicago Press, 1957.
- Becker, Gary S., and Kevin M. Murphy. *Social Economics: Market Behavior in a Social Environment*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2000.
- Becker, Gary S., and Yona Rubinstein. "Fear and the Response to Terrorism: An Economic Analysis." LSE manuscript, 2013.
- Beilock, Sian. *Choke: What the Secrets of the Brain Reveal about Getting It Right When You Have To*. New York: Free Press, 2010.
- Belot, Michèle, Vincent P. Crawford, and Cecilia Heyes. "Players of Matching Pennies Automatically Imitate Opponents' Gestures against Strong Incentives." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, no. 5 (February 19, 2013).
- Bernheim, Douglas B. "A Theory of Conformity." *Journal of Political Economy* 102, no. 5 (1994): 841-77.
- Bertrand, Marianne, Dolly Chugh, and Shendil Mullainathan. "Implicit Discrimination." *American Economic Review* 95, no. 2 (2005): 94-98.
- Best, George. *Scoring at Half-Time*. London: Ebury Press, 2004.
- Bhaskar, V. "Rational Adversaries? Evidence from Randomized Trials in One Day Cricket." *Economic Journal* 119, no. 535 (February 2009): 1-23.
- Boffrey, Philip M. "The Next Frontier Is Inside Your Brain." *New York Times*, February 23, 2013.
- Bowen, Huw V. "Investment and Empire in the Later Eighteenth Century: East India Stockholding, 1756-1791." *The Economic History Review* 42, no. 2 (1989): 186-206.
- Brams, Steven J., and Alan D. Taylor. *The Win-Win Solution: Guaranteeing Fair Shares to Everybody*. New York: W. W. Norton, 1999.
- Brocas, Isabelle, and Juan D. Carrillo. "The Brain as a Hierarchical Organization." *American Economic Review* 98, no. 4 (2008): 1312-46.
- Brown, James, and Robert Rosenthal. "Testing the Minimax Hypothesis: A Reexamination of O'Neill's Experiment." *Econometrica* 58, no. 5 (1990): 1065-81.

- Bull, Clive, Andrew Schotter, and Keith Weigelt, "Tournaments and Piece Rates: An Experimental Study." *Journal of Political Economy* 95, no. 1 (1987): 1-31.
- Cabral, Luis. "Increasing Dominance with No Efficiency Effect." *Journal of Economic Theory* 102, no. 2 (2002): 471-79.
- . "R&D Competition When Firms Choose Variance." *Journal of Economics & Management Strategy* 12, no. 1 (2003): 139-50.
- Camerer, Colin F. *Behavioral Game Theory*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2003.
- . "Individual Decision Making." In *Handbook of Experimental Economics*, edited by J. H. Hagel and A. E. Roth, 587-703. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1995.
- . "Neuroeconomics: Opening the Gray Box." *Neuron* 60, no. 3 (November 6, 2008): 416-19.
- . "The Promise and Success of Lab-Field Generalizability in Experimental Economics: A Critical Reply to Levitt and List." Working paper, California Institute of Technology, Pasadena, CA, 2011). <http://ssrn.com/abstract=1977749>.
- Camerer, Colin F., George Loewenstein, and Drazen Prelec. "Neuroeconomics: How Neuroscience Can Inform Economics." *Journal of Economic Literature* 43, no. 1 (2005): 9-64.
- Caplin, Andrew. "Fear as a Policy Instrument." In *Time and Decision*, edited by George Loewenstein and Daniel Read. New York: Russell Sage, 2003.
- Caplin, Andrew, and John Leahy. "Psychological Expected Utility Theory and Anticipatory Feelings." *Quarterly Journal of Economics* 116, no. 1 (2001): 55-80.
- . "The Supply of Information by a Concerned Expert." *Economic Journal* 114 (2004), 487-505.
- Carlin, John. "Los Dioses Pisan el Césped." *El País* (Madrid, Spain), July 12, 2009.
- . *Playing the Enemy: Nelson Mandela and the Game That Made a Nation*. London: The Penguin Press, 2008.
- Che, Yeon-Koo, and Terry Hendershott. "How to Divide the Possession of a Football?" *Economics Letters* 99, no. 3 (2008): 561-65.

- Chiappori, Pierre-Andre, Steven D. Levitt, and Timothy Groseclose. "Testing Mixed Strategy Equilibrium When Players Are Heterogeneous: The Case of Penalty Kicks." *American Economic Review* 92, no. 4 (2002): 1138-51.
- Chowdhury, Subhasish M., and Oliver Gürtler. "Sabotage in Contests: A Survey." University of East Anglia, Mimeo, Norwich, 2013.
- Cook, Richard, Geoffrey Bird, Gabriele Lünser, Steffen Huck, and Cecilia Heyes. "Automatic Imitation in a Strategic Context: Players of Rock-Paper-Scissors Imitate Opponents' Gestures." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1729 (2011): 780-86.
- Cooper, Joshua, and Aaron Dutle. "Greedy Galois Games." *The American Mathematical Monthly* 120, no. 5 (May 2013): 441-51.
- Courty, Pascal, and Gerald Marschke. "An Empirical Investigation of Gaming Responses to Explicit Performance Incentives." *Journal of Labor Economics* 22, no. 1 (2004): 23-56.
- Cragg, Michael. "Performance Incentives in the Public Sector: Evidence from the Job Training Partnership Act." *Journal of Law, Economics and Organization* 13, no. 1 (1997): 147-68.
- Croxson, Karen, and J. James Reade. "Exchange vs. Dealers: A High-Frequency Analysis of In-Play Betting Prices." Discussion Paper 11-19, Birmingham, UK: Department of Economics, University of Birmingham, 2011.
- . "Information and Efficiency: Goal Arrival in Soccer Betting." *The Economic Journal*. Published electronically June 3, 2013. doi:10.1111/econj.12033.
- Daniels, Christine, Karsten Witt, S. Wolff, Olav Jansen, and Günther Deuschl. "Rate Dependency of the Human Cortical Network Subserving Executive Functions During Generation of Random Number Series: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study." *Neuroscience Letters* 345 (2003): 25-28.
- Dawson, Peter, and Stephen Dobson. "The Influence of Social Pressure and Nationality on Individual Decisions: Evidence from the Behaviour of Referees." *Journal of Economic Psychology* 31, no. 2 (2010): 181-91.
- DellaVigna, Stefano. "Psychology and Economics: Evidence from the Field." *Journal of Economic Literature* 47, no. 2 (2009): 315-72.
- Deloitte. *Deloitte Annual Review of Football Finance 2013*. London: Deloitte, 2013.

- Dixit, Avinash, and Robert Pindyck. *Investment under Uncertainty*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1994.
- Dobson, Stephen, and John Goddard. *The Economics of Football*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2011.
- Doyle, Arthur Conan. "Silver Blaze." In *The Memoirs of Sherlock Holmes*. London: George Newnes, 1892.
- Drago, Robert, and Gerald T. Garvey. "Incentives for Helping on the Job: Theory and Evidence." *Journal of Labor Economics* 16, no. 1 (1998): 1-25.
- Driver, P. M., and N. Humphries. *Protean Behavior: The Biology of Unpredictability*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1988.
- Dwyre, Bill. "FIFA Approves Scoring Changes." *Los Angeles Times*, Dec. 17, 1993.
- Edgeworth, Francis Y. *Mathematical Psychics: An Essay on the Application of Mathematics to the Moral Sciences*. London, UK: C. Kegan Paul & Co., 1881.
- Ehrenberg, Ronald G., and Michael L. Bognanno. "Do Tournaments Have Incentive Effects?" *Journal of Political Economy* 98, no. 6 (1990): 1307-24.
- Ericsson, K. Anders, Neil Charness, Paul J. Feltovich, and Robert R. Hoffman, eds. *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 2006.
- Falk, A., and James Heckman. "Lab Experiments Are a Major Source of Knowledge in the Social Sciences." *Science* 326, no. 5952 (2009): 535-38.
- Fama, Eugene F. "The Behavior of Stock Market Prices." *Journal of Business* 38, no. 1 (1965): 34-105.
- . "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work." *Journal of Finance* 25, no. 2 (1970): 383-417.
- . "Market Efficiency, Long-Term Returns and Behavioral Finance." *Journal of Financial Economics* 49, no. 3 (1998): 283-306.
- Fédération Internationale de Football Association (FIFA). *Laws of the Game 2012/2013*. Zurich, Switzerland: Fédération Internationale de Football Association, 2012.
- Friston, Karl J., P. Fletcher, O. Josephs, Andrew P. Holmes, M. D. Rugg, and R. Turner. "Event-Related fMRI: Characterizing Differential Responses." *Neuroimage* 7 (1998): 30-40.

- Friston, Karl J., Andrew P. Holmes, J. B. Poline, P. J. Grasby, S. C. Williams, R. S. Frackowiak, and R. Turner. "Analysis of fMRI Time-Series Revisited." *Neuroimage* 2 (1995): 45-53.
- Galeano, Eduardo. "Pobre Mi Madre Querida." In *El Fútbol a Sol y a Sombra*. Madrid: Ediciones Siglo XXI, 1995.
- Gallo, Edoardo, Thomas Grund, and J. James Reade. "Punishing the Foreigner: Implicit Discrimination in the Premier League Based on Oppositional Identity." *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 75, no. 1 (2013): 136-56.
- Game Theory Society. www.gametheorysociety.org. Accessed July 27, 2006.
- Garicano, Luis, Ignacio Palacios-Huerta, and Canice Prendergast. "Favoritism under Social Pressure." NBER Working Paper no. 8376, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, 2001.
- . "Favoritism under Social Pressure." *Review of Economics and Statistics* 87, no. 2 (2005): 208-16.
- Genakos, Christos, and Mario Pagliero. "Interim Rank, Risk Taking, and Performance in Dynamic Tournaments." *Journal of Political Economy* 120, no. 4 (2012): 782-813.
- Gibbons, Jean D., and Subhabrata Chakraborti. *Nonparametric Statistical Inference*. New York: Marcel Dekker, 1992.
- Gibbons, Robert. "Incentives in Organizations." *Journal of Economic Perspectives* 12, no. 4 (1998): 115-32.
- Glimcher, Paul W., Colin F. Camerer, Russell A. Poldrack, and Ernst Fehr. *Neuroeconomics. Decision Making and the Brain*. Oxford, UK: Academic Press, 2009.
- González, Enric. "El Balón y la Bandera." *El País* (Madrid), May 31, 2008.
- Gonzalez-Díaz, Julio, and Ignacio Palacios-Huerta. "Cognitive Performance in Dynamic Tournaments." London School of Economics, Mimeo, 2012.
- Green, Jerry R., and Nancy L. Stokey. "A Comparison of Tournaments and Contracts." *Journal of Political Economy* 91, no. 3 (1983): 349-64.
- Grether, David M., and Charles R. Plott. "The Effects of Market Practices in Oligopolistic Markets: An Experimental Examination of the Ethyl Case." *Economic Inquiry* 22, no. 4 (1984): 479-507.
- Gul, Faruk, and Wolfgang Pesendorfer. "The Case for Mindless Economics." In *The Foundations of Positive and Normative Economics*, edited by

- Andrew Caplin and Andrew Schotter, New York: Oxford University Press, 2008.
- Hahn, Robert W., and Paul C. Tetlock. *Information Markets: A New Way of Making Decisions*. Cambridge, MA: AEI Press, 2006.
- Hampton, Alan N., Peter Bossaerts, and John P. O'Doherty. "Neural Correlates of Mentalizing-Related Computations during Strategic Interactions in Humans." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105, no. 18 (May 6, 2008): 6741-46.
- Harrison, Glenn W., and John A. List. "Field Experiments." *Journal of Economic Literature* 42, no. 4 (2004): 1009-55.
- Heckman, James J. 2008. "Schools, Skills and Synapses." *Economic Inquiry* 46, no. 3, (2008): 289-324.
- Hirschman, Albert. *The Passions and the Interests: Political Arguments for Capitalism before Its Triumph*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1977.
- Holmstrom, Bengt, and Paul Milgrom. "The Firm as an Incentive System." *American Economic Review* 84, no. 4 (1994): 972-91.
- . "Multitask Principal-Agent Analyses: Incentive Contracts, Asset Ownership, and Job Design." *Journal of Law, Economics and Organization* 7 (1991): 24-52.
- Hong, James T., and Charles R. Plott. "Rate Filing Policies for Inland Water Transportation: An Experimental Approach." *Bell Journal of Economics* 13, no. 1 (1982): 1-19.
- Hume, David. *A Treatise of Human Nature*, 2nd ed. Oxford, UK: Clarendon Press, 1739.
- Hvide, Hans K. "Tournament Rewards and Risk Taking." *Journal of Labor Economics* 20, no. 4 (2002): 877-98.
- Hvide, Hans K., and Eirik G. Kristiansen. "Risk Taking in Selection Contests." *Games and Economic Behavior* 42, no. 1 (2003): 172-79.
- Ischebeck, Anja, Stefan Heim, Christian Siedentopf, Laura Zamarian, Michael Schocke, Christian Kremser, Karl Egger, Hans Strengge, Filip Scheperjans, and Margarete Delazer. "Are Numbers Special? Comparing the Generation of Verbal Materials from Ordered Categories (Months) to Numbers and Other Categories (Animals) in an fMRI Study." *Human Brain Mapping* 29 (2008): 894-909.

- Itoh, Hideshi. "Cooperation in Hierarchical Organizations: An Incentive Perspective." *Journal of Law, Economics, and Organization* 8, no. 2 (1992): 321-45.
- . "Incentives to Help in Multi-Agent Situations." *Econometrica* 59, no. 3 (1991): 611-36.
- Jacob, Brian A., and Steven D. Levitt. "Rotten Apples: An Investigation of the Prevalence and Predictors of Teacher Cheating." *Quarterly Journal of Economics* 118, no. 3 (2003): 843-77.
- Jahanshahi, Marjan, Paolo Profice, Richard G. Brown, Mike C. Ridding, Georg Dirnberger, and John C. Rothwell. "The Effects of Transcranial Magnetic Stimulation over the Dorsolateral Prefrontal Cortex on Suppression of Habitual Counting During Random Number Generation." *Brain* 121 (1998): 1533-44.
- Jewell, R. Todd, Rob Simmons, and Stefan Szymanski. "Bad for Business? The Effect of Hooliganism on English Professional Soccer Clubs." University of Michigan, Mimeo, Ann Arbor, 2013.
- Kadota, Hiroshi, Hirofumi Sekiguchi, Shigeki Takeuchi, Makoto Miyazaki, Yutaka Kohno, and Yasoichi Nakajima. "The Role of the Dorsolateral Prefrontal Cortex in the Inhibition of Stereotyped Responses." *Experimental Brain Research* 203 (2010): 593-600.
- Kahn, Lawrence M. "The Sports Business as a Labor Market Laboratory." *Journal of Economic Perspectives* 14, no. 3 (2000): 75-94.
- Kahneman, Daniel, and Amos Tversky. "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk." *Econometrica* 47, no. 2 (1979): 263-92.
- Kerr, Steven. "On the Folly of Rewarding A, While Hoping for B." *Academy of Management Journal* 18 (1975): 769-83.
- Köszegi, Botond, and Matthew Rabin. "A Model of Reference Dependent Preferences." *Quarterly Journal of Economics* 121, no. 4 (2006): 1133-66.
- Koudijs, Peter. "The Boats That Did Not Sail: Asset Price Volatility and Market Efficiency in a Natural Experiment." Working Paper No. 18831, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, 2013.
- Kreps, David M. *Game Theory and Economic Modelling*. Oxford, UK: Oxford University Press, 1991.
- Kuper, Simon. *The Football Men*. London: Simon & Schuster, 2011.

- Kuper, Simon, and Stefan Szymanski. *Soccernomics*. New York: Nation Books, 2012.
- Lang, Kevin, and Jee-Yeon K. Lehmann. "Racial Discrimination in the Labor Market: Theory and Empirics." *Journal of Economic Literature* 50, no. 4 (2012): 959-1006.
- Lazear, Edward P. "Pay Equality and Industrial Politics." *Journal of Political Economy* 97, no. 3 (1989): 561-80.
- Lazear, Edward P., and Sherwin H. Rosen. "Rank-Order Tournaments as Optimum Labor Contracts." *Journal of Political Economy* 89, no. 5 (1981): 841-64.
- Levine, Lionel, and Katherine E. Stange. "How to Make the Most of a Shared Meal: Plan the Last Bite First." *The American Mathematical Monthly* 119, no. 7 (2012): 550-65.
- Levitt, Steve D., John A. List, and David Reiley. "What Happens in the Field Stays in the Field: Professionals Do Not Play Minimax in Laboratory Experiments." *Econometrica* 78, no. 4 (2010): 1413-34.
- Loewenstein, George. "Anticipation and the Value of Delayed Consumption." *Economic Journal* 97, no. 387 (1987): 666-84.
- Macrae, Norman. *John Von Neumann: The Scientific Genius Who Pioneered the Modern Computer, Game Theory, Nuclear Deterrence, and Much More*, 1st ed. New York: Pantheon Books, 1992.
- Mankin, N. Gregory. "What Stock to Buy? Hey, Mom, Don't Ask Me." *New York Times*, May 18, 2013.
- Manski, Charles F. *Identification Problems in the Social Sciences*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1995.
- . "Interpreting the Predictions of Prediction Markets." *Economic Letters* 91, no. 3 (2006): 425-29.
- Marca. *Guía de la Liga 2013*. Madrid: Recoletos Grupo de Comunicación, 2012.
- Martin, Christopher Flynn, Rahul Bhui, Peter Bossaerts, Tetsuro Matsuzawa, and Colin Camerer. "Experienced Chimpanzees Behave More Game-Theoretically than Humans in Simple Competitive Interactions." Caltech, Mimeo, Pasadena, 2013.
- Maskin, Eric. "Can Neural Data Improve Economics?" *Science* 321 (2008): 1788-89.

- Mertel, Manuel. "Under Pressure: Evidence from Repeated Actions by Professional Sportsmen." Master's thesis, Centro de Estudios Monetarios y Financieros, Madrid, 2011.
- Miller, Clark. *He Always Puts It to the Right: A Concise History of the Penalty Kick*. London: Victor Gollancz, 1998.
- Miller, Geoffrey F. "Protean Primates: The Evolution of Adaptive Unpredictability in Competition and Courtship." In *Machiavellian Intelligence II: Extensions and Evaluations*, edited by A. Whiten and R. Byrne, 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1997.
- Mookherjee, Dilip, and Barry Sopher. "Learning Behavior in an Experimental Matching Pennies Game." *Games and Economic Behavior* 7, no. 1 (1994): 62-91.
- Morse, Marston. "Recurrent Geodesics on a Surface of Negative Curvature." *Transactions of the American Mathematical Society* 22 (1921): 84-100.
- Moskowitz, Tobias J., and L. Jon Wertheim. *Scorecasting. The Hidden Influences behind How Sports Are Played and Games Are Won*. New York: Crown Archetype, 2011.
- Nalebuff, Barry J., and Joseph E. Stiglitz. "Prizes and Incentives: Towards a General Theory of Compensation and Competition." *Bell Journal of Economics* 14, no. 1 (1983): 21-43.
- Nash, John F., Jr. "Equilibrium Points in N -person Games." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 36, no. 1 (1950): 48-49.
- . "Non-Cooperative Games." *Annals of Mathematics* 54, no. 2 (1951): 286-95.
- Neuringer, Allen J. "Can People Behave 'Randomly'? The Role of Feedback." *Journal of Experimental Psychology: General* 115 (1986): 62-75.
- . "Operant Variability: Evidence, Function, and Theory." *Psychonomic Bulletin and Review* 9 (2002): 672-705.
- O'Neill, Barry. "Comments on Brown and Rosenthal's Reexamination." *Econometrica* 59, no. 2 (1991): 503-7.
- . "Nonmetric Tests of the Minimax Theory of Two-Person Zerosum Games." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 84 (1987): 2106-9.

- Osborne, Martin, and Ariel Rubinstein. *A Course on Game Theory*. Cambridge, MA: MIT Press, 1994.
- Ozgit, Alper. "Auction Versus Dealer Markets in Online Betting." Working Paper, Department of Economics, UCLA, Los Angeles, 2005.
- Palacios-Huerta, Ignacio. "Professionals Play Minimax." *Review of Economic Studies* 70, no. 2 (2003): 395-415.
- Palacios-Huerta, Ignacio, Antonio Olivero, Sven Bestmann, Jose Florensa Vila, and Jose Apesteguia. "Mapping Minimax in the Brain: Supplementary Material." London School of Economics, Mimeo, 2013.
- Palacios-Huerta, Ignacio, and Oscar Volij. "Experientia Docet: Professionals Play Minimax in Laboratory Experiments." *Econometrica* 76, no. 1 (2008): 71-115.
- Parsons, Christopher A., Johan Sulaeman, Michael C. Yates, and Daniel S. Hamermesh. "Strike Three: Discrimination, Incentives and Evaluation." *American Economic Review* 101, no. 4 (2011): 1410-35.
- Pettersson-Lidbom, Per, and Mikael Priks. "Behavior under Social Pressure: Empty Italian Stadiums and Referee Bias." *Economics Letters* 108, no. 2 (2010): 212-14.
- Pope, Devin G., and Maurice E. Schweitzer. "Is Tiger Woods Loss Averse? Persistent Bias in the Face of Experience, Competition, and High Stakes." *American Economic Review* 101, no. 1 (2011): 129-57.
- Prendergast, Canice. "The Provision of Incentives in Firms." *Journal of Economic Literature* 37, no. 1 (1999): 7-63.
- . "The Tenuous Trade-off Between Risk and Incentives." *Journal of Political Economy* 110, no. 5 (2002): 1071-102.
- Price, Joseph, and Justin Wolfers. "Racial Discrimination among NBA Referees." *Quarterly Journal of Economics* 125, no. 4 (2010): 1859-87.
- Priks, Mikael. "Hooliganomics." Master's thesis, Institute for International Economic Studies, Stockholm University, Sweden, May 2008.
- Prouhet, Eugene. "Memoire sur Quelques Relations entre les Puissances des Nombres." *Comptes Rendus des Scéances de l'Académie des Sciences. Paris* 33 (1851): 225-26.
- Rabin, Matthew. "Inference by Believers in the Law of Small Numbers." *Quarterly Journal of Economics* 117, no. 3 (2002): 775-816.
- . "Psychology and Economics." *Journal of Economic Literature* 36, no.1 (1998): 11-46.

- Rapoport, Amnon, and Richard B. Boebel. "Mixed Strategies in Strictly Competitive Games: A Further Test of the Minimax Hypothesis." *Games and Economic Behavior* 4, no. 2 (1992): 261-83.
- Rapoport, Amnon, and David V. Budescu. "Generation of Random Sequences in Two-Person Strictly Competitive Games." *Journal of Experimental Psychology: General* 121, no. 3 (1992): 352-63.
- Rauh, Michael T., and Giulio Seccia. "Anxiety and Performance: An Endogenous Learning-by-Doing Model." *International Economic Review* 47, no. 2 (2006): 583-609.
- Relaño, Alfredo. *366 Historias del Fútbol Mundial que Deberías Leer*. Madrid: Ediciones Martínez Roca, 2010.
- Richman, Robert. "Recursive Binary Sequences of Differences." *Complex Systems* 13, no. 4 (2001): 381-92.
- Rickman, Neil, and Robert Witt. "Favouritism and Financial Incentives: A Natural Experiment." *Economica* 75, no. 298 (2008): 296-309.
- Rob, Rafael, and Peter Zemsky. "Social Capital, Corporate Culture and Incentive Intensity." *RAND Journal of Economics* 33, no. 2 (2002): 243-57.
- Rosen, Sherwin H. "Prizes and Incentives in Elimination Tournaments." *American Economic Review* 76, no. 4 (1986): 701-15.
- Rosen, Sherwin H., and Allen Sanderson. "Labour Markets in Professional Sports." *The Economic Journal* 111, no. 469 (2001): 47-68.
- Rubinstein, Ariel. "Afterword." In 60th anniversary ed. of *Theory of Games and Economic Behavior* by Oskar Morgenstern and John von Neumann, 633-36. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2004.
- . *Economic Fables*. Cambridge, UK: Open Book Publishers, 2012.
- Sala-i-Martin, Xavier. *Pues Yo Lo Veo Así*. Barcelona: Random House Mondadori, 2010.
- Schelling, Thomas C. "Dynamic Models of Segregation." *Journal of Mathematical Sociology* 1, no. 2 (1971): 143-86.
- Seneca, Lucius Annaeus. *Letters from a Stoic (Epistolae Morales ad Lucilium)*. London: Penguin Books, 1969.
- Seo, H., D. J. Barraclough, and Daeyol Lee. "Lateral Intraparietal Cortex and Reinforcement Learning During a Mixed-Strategy Game." *Journal of Neuroscience* 29 (2009): 7278-89.

- Smith, Adam. *The Theory of Moral Sentiments*, edited by D. D. Raphael and A. L. Macfie, London: Oxford University Press, 1976.
- Szymanski, Stefan. "A Market Test for Discrimination in the English Professional Soccer Leagues." *Journal of Political Economy* 108, no. 3 (2000): 590-603.
- . *Playbooks and Checkbooks*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2009.
- Thue, Axel. "Über die gegenseitige Lage gleicher Teile gewisser Zeichenreihen." *Christiana Videnskabs-Selskabs Skrifter. I. Math.-Naturv. Klasse 1* (1912). Reprinted in *Selected Mathematical Papers of Axel Thue*, edited by T. Nagell. Oslo: Universitetsforlaget, 1977, 139-58.
- Tversky, Amos, and Daniel Kahneman. "The Belief in the Law of Small Numbers." *Psychological Bulletin* 76, no. 2 (1971): 105-10.
- USA Today. "FIFA Officials' Goal: Encourage Attacking, High-Scoring Matches." March 17, 1994.
- Vaughan Williams, Leighton. *Information Efficiency in Financial and Betting Markets*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2005.
- . *Prediction Markets: Theory and Application*. London: Routledge International Studies in Money and Banking, 2011.
- Vickery, Timothy J., Marvin M. Chun, and Daeyeol Lee. "Ubiquity and Specificity of Reinforcement Signals throughout the Human Brain." *Neuron* 72 (October 6, 2011): 166-77.
- Vickery, Timothy J., and Yuhong V. Jiang. "Inferior Parietal Lobule Supports Decision Making under Uncertainty in Humans." *Cerebral Cortex* 19 (April 2009): 916-25.
- von Neumann, John. "Communication on the Borel Notes." *Econometrica* 21, no. 1 (1953): 124-27.
- . "The Mathematician." In *The Works of the Mind*. Chicago: University of Chicago Press, 1947: 180-96.
- . "A Model of General Equilibrium." *Review of Economic Studies* 13, no. 1 (1945-1946): 1-9.
- . "Über ein ökonomisches Gleichungssystem und eine Verallgemeinerung des Brouwerschen Fixpunktsatzes." *Ergebnisse Eines Mathematischen Kolloquiums* 8 (1937): 73-83.
- . "Zur Theorie der Gesellschaftsspiele." *Mathematische Annalen* 100 (1928): 295-300.

- von Neumann, John, and Oskar Morgenstern. *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1944.
- Walker, Mark, and John Wooders. "Minimax Play at Wimbledon." *American Economic Review* 91, no. 5 (2001): 1521-38.
- WMD Commission Report. "Intelligence Capabilities of the United States Regarding Weapons of Mass Destruction." Washington, DC: Commission on the Intelligence Capabilities of the United States Regarding Weapons of Mass Destruction, March 2005.
- Wolfers, Justin, and Eric Zitzewitz. "Interpreting Prediction Market Prices as Probabilities." London: Centre for Economic Policy Research, CEPR Discussion Paper 5676, 2006.
- . "Prediction Markets." *Journal of Economic Perspectives* 18, no. 2 (2004): 107-26.
- Wright, John F. "British Government Borrowing in Wartime, 1750-1815." *The Economic History Review* 52, no. 2 (1999): 355-61.
- Yannis, Alex. "Avoid Scoreless Ties." *New York Times*, January 4, 1994.

Table des matières

Préface	9
Introduction	11

PARTIE 1

PREMIÈRE MI-TEMPS	19
--------------------------------	----

CHAPITRE 1

Quand Pelé rencontre John von Neumann dans la surface de réparation	21
--	----

1. Première hypothèse : tests des probabilités
constantes. 35
2. Seconde hypothèse : tests d'indépendance
ou de comportement aléatoire. 36

CHAPITRE 2

Vernon Smith croise Messi dans un laboratoire	47
--	----

1. Première implication : taux de victoire
et distribution du jeu 57 |
2. Seconde implication : l'hypothèse d'action
parfaitement aléatoire. 58

CHAPITRE 3

Leçons de conception expérimentale	65
---	----

1. Leçon n° 1. 66
2. Leçon n° 2. 71

3. Leçon n° 3.....	73
4. Leçon n° 4.....	78

CHAPITRE 4

Pression psychologique sur le terrain et ailleurs.....	81
---	-----------

PARTIE 2

MI-TEMPS.....	101
----------------------	------------

CHAPITRE 5

Scoring at halftime (marquer à la mi-temps)	103
--	------------

PARTIE 3

SECONDE MI-TEMPS	121
-------------------------------	------------

CHAPITRE 6

La pression face à la foule.....	123
---	------------

CHAPITRE 7

Le beau jeu deviendrait-il de moins en moins beau ?..	147
--	------------

1. Le type de joueur.....	153
2. Actions	154
3. Actions destructrices.....	154
3.1. <i>Fautes</i>	154
3.2. <i>Cartons jaunes</i>	154
3.3. <i>Cartons rouges</i>	154
4. Actions productrices	155
5. Autres variables	155
6. Temps additionnel	155
7. Remplacements.....	156
8. Les réponses de la règle des trois points	159

9. L'attaque	160
10. La défense	162
11. Les effets nets de l'augmentation de l'attaque et de la défense, en fonction du résultat	165
12. La dynamique de compétition : comment la hausse de l'intensité empêche-t-elle l'augmentation du nombre de buts ?	169
13. Les remplacements au cours du jeu	169
14. Chance de marquer et tentatives de buts durant un match	171
15. Réponse dysfonctionnelle ou volonté réelle ?	172
CHAPITRE 8	
La peur sur le terrain	181
CHAPITRE 9	
L'Argentine sans émotion	197
CHAPITRE 10	
La discrimination dans le football : du Makana FC à l'Europe	209
Remerciements	231
Index	233
Bibliographie	235

Les footballeurs sont-ils plus rationnels que la plupart des individus ? Sont-ils capables de maximiser leurs choix individuels lors d'un penalty ou d'une séance de tirs au but ? Peuvent-ils appliquer des stratégies optimales sur et en dehors du terrain ? Justifier et expliquer des théories encore jamais appliquées et vérifiées dans la vie de tous les jours ? Offrir la possibilité de prouver des modèles complexes de l'économétrie et de l'économie moderne ?

La réponse à toutes ces questions est oui.

Pourquoi ? C'est ce que l'auteur démontre dans ce livre avec, pour la toute première fois, une application des données du football à la sphère économique.

Ignacio Palacios-Huerta, célèbre économiste du sport, a récolté et analysé l'ensemble des études liant la science économique à l'environnement et aux données du football. Ses travaux vont de la théorie des jeux à la psychologie sociale, en passant par la démonstration de l'efficacité des marchés, jusqu'à la discrimination sur le marché de l'emploi.

Il ne s'agit plus ici d'analyser le football à travers l'économie, mais – et c'est une première dans l'histoire des sciences ! – d'étudier l'économie à travers le football.

Ce livre est destiné à l'ensemble des enseignants, étudiants et chercheurs en économie, ainsi qu'aux passionnés du sport, et du football en particulier. Ils apprécieront un ouvrage de référence qui marquera la recherche scientifique tout en restant très accessible et divertissant.

Ignacio Palacios-Huerta est professeur d'économie et de science politique à la London School of Economics. Il est aussi conseiller technique au sein du club de l'Athletic Bilbao, en Espagne.

PALACIOS

ISBN 978-2-8041-9384-3

www.deboecksuperieur.com

