

Louvain School of Management

Les tirs au but : une décision sous pression

Auteur : Mathias Francotte
Promoteur : Patrick Scarmure
Co-promoteur : Mickaël Petitjean
Année académique 2020-2021
Master en Sciences de Gestion

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à adresser mes remerciements à Monsieur Patrick Scarmure qui est le promoteur de ce mémoire, pour m'avoir suivi, pour son encadrement de qualité ainsi que pour ses remarques judicieuses tout au long de la rédaction. Merci pour sa disponibilité, ses engagements et pour ses nombreux conseils qui m'ont permis de rédiger au mieux ce travail.

J'aimerais ensuite remercier Monsieur Mickaël Petitjean, co-promoteur de ce mémoire pour son aide et ses conseils dans la réalisation et l'interprétation des différents modèles économétriques.

Je suis également reconnaissant envers tous les professeurs de l'UCLouvain FUCaM Mons, qui chacun à leur manière, m'ont permis de développer des savoirs et des connaissances durant ces cinq années d'étude.

De plus, je souhaite adresser mes remerciements à ma famille, amis ainsi qu'à toutes les personnes qui m'ont aidé et soutenu de près ou de loin pour la réalisation et la concrétisation de ce travail.

Enfin, je tenais aussi à remercier ma copine pour avoir été là dans les moments de doutes et de stress. Merci à toi d'avoir cru en moi, de m'avoir motivé et soutenu tout au long de ce travail.

Résumé

Dans le football, la séance de tirs au but est considérée comme une situation de stress élevée pour tous les joueurs car cet exercice désigne le vainqueur du match : l'enjeu y est donc important. Le tireur se retrouve seul face au gardien de l'équipe adverse avec le sort de l'issue du match au bout des pieds. Etant donné la distance séparant la ligne de but du point de penalty, le tireur dispose d'un avantage considérable. Maximiser cet avantage est d'une importance capitale, certainement lorsque l'on voit les moyens financiers mis en jeu.

Au cours de ce mémoire, nous avons créé deux modèles économétriques qui ont permis de mettre en évidence l'impact de différentes variables explicatives. De fait, plus le degré d'importance est élevé, plus le taux de transformation des tirs au but diminue. Les tirs au but de la survie, tels que nous les avons définis dans le travail ont un effet négatif sur la réussite des face à face avec le gardien de but. Il est important de préciser que d'autres variables ont été prises en compte mais elles ne permettent pas de définir un effet significatif.

Bien que les tests de comparaison de moyennes et de fréquences aient démontré le contraire, nous avons pu déduire une tendance à débiter. L'équipe A possède un réel avantage à tirer en premier lorsque la séance se termine dans les 5 premiers tours, ce qui représente 75% des cas. Parmi ceux-ci, 73,59% se terminent au 5^e tour. Néanmoins, cela ne signifie pas nécessairement que le penalty raté l'ait été à ce tour. En outre, le degré d'importance des tirs est significativement plus élevé pour les joueurs de l'équipe qui tirent en second.

Enfin, nous avons proposé un ordre de tir idéal pour les 5 premiers tireurs de chaque équipe. Le biais cognitif de la « main chaude » nous a permis de désigner le premier tireur. Ainsi, le 3^e meilleur tireur commence la séance. Alors qu'un choix arbitraire entre le 4^e et le 5^e meilleur tireur doit être opéré pour le 2^e et 3^e tir. Nous apportons ensuite une petite distinction entre l'équipe A et l'équipe B. L'équipe B devrait positionner son 2^e meilleur joueur en dernier et le meilleur tireur en 4^e et inversement pour A. Les raisons qui motivent ce choix sont les suivantes : la probabilité de pouvoir tirer est nettement supérieure au 4^e tour, les taux de transformations des tirs au but sont plus faibles au 4^e tour, l'explication de la victoire de l'équipe A lors du 5^e tour s'explique principalement par un tir au but raté de l'équipe B au 4^e tour.

Table des matières

Remerciements	2
Résumé	3
Introduction	8
1. Penalty et tirs au but	10
1.1. Un peu d'histoire	10
1.2. Convertir un coup de réparation ou un tir au but.....	12
1.3. La séance de tirs au but.....	18
2. Revue de la littérature	23
2.1. Convertir un tir au but : l'apport de la théorie des jeux.....	23
2.2. Gagner aux tirs au but : l'apport de l'économie comportementale	24
2.2.1. Quel joueur pour quel tir ?	25
2.2.2. L'avantage à l'équipe qui débute la séance de tirs au but.....	26
2.2.3. La pression, le stress et l'enjeu.....	27
3. Etude empirique	31
3.1. Présentation des données	31
3.2. Évidence empirique et analyse statistique	33
3.2.1. Débuter la séance de tir au but	33
3.2.1.1. Statistiques descriptives	33
3.2.1.2. Test de comparaison de moyenne	37
3.2.1.3. Test de comparaison de fréquence	40
3.2.2. Déterminants de la victoire	41
3.2.2.1. Marquer en dernier.....	41
3.2.2.2. Classement FIFA	42
3.2.2.3. Rater en premier.....	42
3.2.2.4. Les séquences.....	43
3.2.3. Le degré d'importance du tir au but	44

3.2.3.1.	Statistiques descriptives	44
3.2.3.2.	Test de comparaison de moyenne	50
3.2.4.	La pression et l'enjeu	52
3.2.5.	Classification des tirs au but.....	55
3.3.	Modèles économétriques	61
3.3.1.	Modèle 1 : Impact sur la victoire	61
3.3.2.	Modèle 2 : Impact sur la transformation du tir au but.....	63
4.	Implications managériales	67
4.1.	Ordre idéal des tireurs pour les deux équipes.....	67
4.2.	Choisir de commencer	69
5.	Conclusion	71
6.	Bibliographie.....	73
Annexes	77

Liste des figures

Figure 1.	Le terrain de jeu.....	13
Figure 2.	Les dimensions du terrain de jeu	13
Figure 3.	Meilleure zone pour un tir au sol.....	15
Figure 4.	Meilleure zone de tir en hauteur.....	15
Figure 5.	Zone couverte vs zone imparable.....	16
Figure 6.	Succès d'un tir au but en fonction de la zone du tir.....	17
Figure 7.	: l'arbre de jeu d'une séance de tirs au but.....	18
Figure 8.	Positionnement durant la séance de tirs au but	22
Figure 9 :	Fréquences gagnantes.....	35
Figure 10.	Fréquence à laquelle une équipe mène au score à la fin d'un tour.....	36
Figure 11.	Probabilité de marquer par tour.....	37

Figure 12. Evolution du degré d'importance au fil des tours pour les deux équipes.....	49
Figure 13. Evolution de l'écart-type de la pression et l'enjeu au fil des tours.....	55
Figure 14. Répartition par type de tir au but.....	57
Figure 15. Proportion de tirs au but marqués, manqués et arrêtés en fonction du type de tir au but.....	58
Figure 16. Proportion de tirs au but marqué, manqué et arrêté en fonction du type de tir au but.....	59
Figure 17. Taux de réussite en fonction du type de tir au but.....	60
<i>Figure 18. Résultats du premier modèle (sans « classement »).....</i>	<i>62</i>
<i>Figure 19. Résultats du premier modèle.....</i>	<i>63</i>
<i>Figure 20. Résultats du second modèle.....</i>	<i>65</i>

Listes des tableaux

Tableau 1. Spécifications du ballon	14
Tableau 2. : Le nombre de séquences théoriques d'une séance de tirs au but.....	19
Tableau 3. Le nombre de séquences possibles d'une séance de tirs au but.....	20
Tableau 4. Les fréquences théoriques des séquences.....	21
Tableau 5. Tableau récapitulatif de la revue de littérature.....	30
Tableau 6. Observations de la base de données par tournoi.....	31
Tableau 7. Observations pour chaque série de tir.....	34
Tableau 8. Test d'égalité des variances de l'hypothèse de taux de réussite identique.....	38
Tableau 9. Test d'égalité des moyennes de l'hypothèse de taux de réussite identique.....	39
Tableau 10. Test de comparaison de moyennes (écart)	39
Tableau 11. Les fréquences des séquences dans la base de donnée.....	44

Tableau12. Importance du tir au but.....	46
Tableau 13. Dernier tir au but raté quand la séance se termine au 5 ^e tour par une victoire de l'équipe B.....	47
Tableau 14. Dernier tir au but raté quand la séance se termine au 5 ^e tour par une victoire de l'équipe A.....	48
Tableau 15. Test d'égalité des variances de l'hypothèse de degré d'importance identiques.....	51
Tableau 16. Test d'égalité des moyennes de l'hypothèse de degré d'importance identiques.....	51
Tableau 17. La pression et l'enjeu.....	53
Tableau 18. Liste des variables du modèle 1.....	61
Tableau 19. Liste des variables du modèle 2.....	64
Tableau 20. Tableau récapitulatif de la significativité des variables.....	66
Tableau 21. Ordre des tireurs pour l'équipe A.....	69
Tableau 22. Ordre des tireurs pour l'équipe B.....	69
Tableau 23. Distinction entre les deux équipes pour les tirs au but de la survie et de la gagne.....	70

Listes des annexes

Annexe 1 : Distinction entre les pénaltys (temps réglementaire) et la séance de tir au but.....	77
Annexe 2 : Test de comparaison de fréquence observée avec une fréquence théorique.....	80
Annexe3 :Test de comparaison de fréquence – toutes les séances.....	80
Annexe 4 : Test de comparaison de fréquence – séances se finissant dans les 5 premiers tours.....	81
Annexe 5 : Test de comparaison de fréquence – séances se finissant aux tours décisifs.....	81
Annexe 6 : Pression et enjeu pour tous les résultats possibles.....	81
Annexe 7: Pression et enjeu pour tous les résultats possibles.....	84

Introduction

L'économie comportementale a remis en cause la rationalité économique en intégrant dans la prise de décision économique et l'analyse du comportement des individus des biais cognitifs, leurs émotions, les normes et préférences sociales... Cette approche a conduit à la prise en compte de paramètres psychologiques, en plus des paramètres classiques, dans l'explication de la prise de décisions individuelles sous pression (Arrondel, Duhautois, Laslier, 2018).

Par exemple, lorsque l'on s'intéresse aux investissements sur les marchés financiers, situation qui caractérise parfaitement la prise de décision face à l'incertitude, on remarque que l'aversion individuelle au risque et la préférence temporelle ne sont plus les seuls facteurs utilisés pour expliquer les investissements individuels. On y ajoute aujourd'hui l'aversion individuelle aux pertes, l'impact des sentiments tel que l'optimisme ou le pessimisme, voire le sentiment de "peur" (Guiso et Sodini, 2013).

Pour valider ses principes, l'économie comportementale a souvent eu recours aux expérimentations en laboratoire. Une alternative consiste à observer des individus en situation réelle de prise de décision. Les séances de tirs au but au football constituent un exemple particulièrement intéressant d'expérimentation naturelle.

Il s'agit d'une situation assez récurrente et facilement observable. Effectivement, pas loin d'un quart (22,8%) de tous les matchs à élimination directe des différentes phases finales des compétitions internationales et intercontinentales se clôture par une séance de tirs au but. À titre d'exemple, lors de la dernière Coupe du monde en 2018 en Russie, 4 matchs se sont clôturés par des tirs au buts pour un total de 16 matchs à élimination directe, en ce compris la finale et le match pour la troisième place, ce qui représente 25%.

À l'approche de l'Euro 2020, toutes les équipes, tous les pays font en sorte de se mettre dans les meilleures conditions possibles de manière à sortir victorieux de chaque rencontre. Les tirs au but consistent alors un point que les entraîneurs doivent indéniablement prendre en compte. L'objectif de ce mémoire consiste alors à analyser les différents facteurs psychologiques ainsi que les choix qui peuvent influencer la réussite et la victoire lors des tirs au buts.

Notre étude se déclinera en quatre chapitres. Le premier chapitre consistera en une explication des différentes notions essentielles pour permettre une meilleure compréhension du phénomène étudié. Le deuxième chapitre fera l'état des principales études menées sur le thème des tirs au buts et en relèvera les plus explicatifs en soulignant les divergences entre certains auteurs.

Le troisième chapitre débutera par une présentation de notre base de données suivie d'une partie comprenant des analyses de statistiques descriptives de plusieurs facteurs observés lors des séances de tirs au but. La modélisation économétrique de nos différents modèles fera également partie intégrante de ce chapitre. Enfin, avant de réaliser une conclusion pour achever ce travail, nous prendrons un peu de recul par rapport aux résultats en abordant les implications managériales.

1. Penalty et tirs au but

1.1. Un peu d'histoire

Le « penalty kick » ou « coup de pied de réparation » en français a été proposé en 1890 par William McCrum, gardien de but du club nord-irlandais de Milford FC. McCrum n'aimait pas le jeu violent et considérait qu'un coup franc indirect pour une faute commise dans la surface de réparation n'était pas une sanction suffisamment dissuasive (Lytleton, 2015). La notion a été adoptée par la Fédération irlandaise (IFA) et ensuite la Fédération internationale de football (FIFA, 2020).

Aujourd'hui, un coup de pied de réparation ou penalty est accordé à l'équipe adverse du joueur qui, dans sa propre surface de réparation, commet une des dix fautes suivantes (Source : FIFA, Loi 14 du jeu - coup de pied de réparation) :

1. Donne ou essaye de donner un coup de pied à l'adversaire ;
2. Fait ou essaye de faire un croche-pied à l'adversaire ;
3. Saute sur un adversaire ;
4. Charge un adversaire ;
5. Frappe ou essaye de frapper un adversaire ;
6. Bouscule un adversaire ;
7. Tacle un adversaire.
8. Tient un adversaire ;
9. Crache sur un adversaire ;
10. Touche délibérément le ballon de la main (excepté le gardien de but).

La procédure d'exécution d'un penalty se déroule comme suit : le ballon est placé sur le point de réparation (cf. infra); le tireur du coup de pied de réparation, clairement identifié, doit botter le ballon en direction du but adverse. Le gardien de but de l'équipe adverse doit rester sur sa ligne de but, face au tireur et entre les poteaux jusqu'à ce que le ballon ait été botté ; il n'y a pas de défenseurs (FIFA,2020).

Les lois du jeu prévoient aussi une procédure pour déterminer le vainqueur d'un match lorsque les deux équipes sont à égalité au terme des 90 minutes du jeu ou s'il y a un score de

parité à l'issue d'une confrontation aller-retour, et que la compétition – un tournoi – exige qu'il y ait une équipe victorieuse. Il s'agit de la prépondérance des buts marqués à l'extérieur dans le cas d'une confrontation avec match aller et retour, ensuite de l'instauration d'une prolongation de deux périodes de 15 minutes et, enfin, d'une séance des tirs au but (FIFA, 2020).

Un tir au but présente les mêmes caractéristiques techniques qu'un coup de pied de réparation : le ballon est placé sur le point de réparation et le tireur fait face au gardien de but. Les deux équipes exécutent chacune cinq tirs au but, en alternance, avec cinq joueurs différents. En cas d'égalité après les cinq tirs, la séance se poursuit jusqu'à ce qu'une équipe ait marqué un but de plus que l'autre au terme du même nombre de tentatives (annexe 1).

La paternité de l'invention des séances de tirs au but n'est pas très claire (Lyttleton, 2015). Certains l'attribuent au manager général de Cadiz CF, Rafael Ballester, dont le club était l'hôte d'un prestigieux tournoi d'avant-saison. Lors du tournoi de 1962, Barcelone et le Réal Saragosse étaient à égalité au terme de la finale et il fallait désigner un vainqueur. Comme rejouer le match en cas d'égalité n'était pas possible faute de temps, plutôt que de tirer au sort le vainqueur en jetant une pièce, Ballester suggéra que chaque équipe tire cinq penaltys, l'un à la suite de l'autre, donc sans alternance. Barcelone l'emporta.

Pour d'autres, c'est à l'arbitre allemand Karl Wald que l'on doit les séances de tirs au but. Après l'avoir testé dans des matchs de jeunes et d'amateurs, il la proposa à la Fédération bavaroise de football en 1970. L'idée fut immédiatement adoptée par la Fédération allemande de football et la première séance de tirs au but opposa les clubs de Schalke 04 et Wolfsburg en décembre 1970, dans le cadre d'un match de la Coupe d'Allemagne.

Enfin, un dirigeant du football israélien, Yosef Dagan, après avoir déjà suggéré des séances de tirs au but auprès des instances de son pays dès 1965 dans le cadre de matchs de la Coupe d'Israël, porta son idée sur la scène internationale après l'élimination au tirage au sort de son équipe nationale du tournoi olympique de 1968.

Ce qui est établi en revanche, c'est que dès 1970, les séances de tirs au but furent adoptées par les instances de l'UEFA et de la FIFA. L'histoire retiendra que le dernier vainqueur d'un match éliminatoire d'un grand tournoi désigné par le tirage au sort fut l'Italie, lors des demi-finales du championnat d'Europe 1968, aux dépens de l'URSS.

En 1976, on assista au premier grand tournoi avec un vainqueur désigné à l'issue d'une séance de tirs au but. La finale du championnat d'Europe des Nations opposait la République Tchèque (Tchécoslovaquie) à l'Allemagne championne du monde avec ses vedettes, Franz Beckenbauer, Gerd Müller et le gardien Sepp Maier. Le match se clôtura sur le score de 2-2 après les prolongations. Et c'est le tchèque Panenka qui entra dans la légende en marquant le tir au but victorieux d'une astucieuse 'pichenette' au centre du but.

La première utilisation des séances de tirs au but en Coupe du Monde eut lieu lors de la dramatique demi-finale entre l'Allemagne et la France en 1982 à Séville. Au terme d'un match marqué par le geste dangereux du gardien de but allemand Schumacker sur le joueur français Battiston, le score était de 1-1. Lors des prolongations, la France mena par deux buts d'écart avant de se faire rejoindre et de perdre lors de la séance de tirs au but.

Deux finales de la Coupe du monde désignèrent leur vainqueur aux tirs au but. En 1994, l'avant-centre italien Roberto Baggio envoya son tir au but dans les nuages, offrant le sacre mondial aux Brésiliens. En 2006, lors de la finale marquée par le fameux coup de boule de Zidane sur Materrazzi, c'est l'avant-centre français Trézéguet qui envoya son tir au but sur le poteau, offrant le titre aux italiens. ¹

1.2. Convertir un coup de réparation ou un tir au but

Qu'il s'agisse d'un penalty sifflé au cours d'un match ou d'un tir au but, l'objectif du tireur est de convertir son tir au but ou son penalty et celui du gardien de but adverse est bien entendu d'arrêter le tir. Les lois du jeu définissent les marques, surfaces et limites du terrain de jeu et ses dimensions (figures 1 et 2). On peut constater que le point de réparation est situé à 11 mètres du milieu de la ligne de but et à égale distance des montants de but. Le but est constitué de deux montants verticaux (poteaux) s'élevant à égale distance des drapeaux de coin et reliés en leur sommet par une barre transversale ; la distance séparant l'intérieur des deux poteaux est de 7,32 m et le bord inférieur de la barre transversale se situe à 2,44 m du sol (Source : FIFA, 2020), Ces mesures sont en fait la traduction en système métrique des mesures du système

¹ Ces paragraphes sur l'origine des tirs au but proviennent de l'ouvrage « Onze mètres – La solitude du tireur de pénalty » de Ben Lyttleton (2015)

impérial ou anglo-saxon, soit 12 yards² pour le point de réparation, 8 yards pour la largeur du but et 8 pieds³ pour sa hauteur. Le tableau 1 reprend les caractéristiques physiques du ballon, telles qu'exigées par la loi 2 du jeu.

Figure 1. Le terrain de jeu (Source : FIFA, 2020-loi 1 du jeu – terrain)

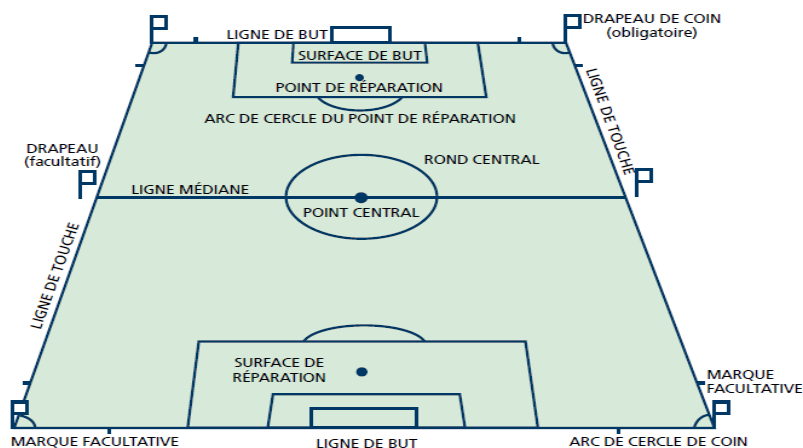
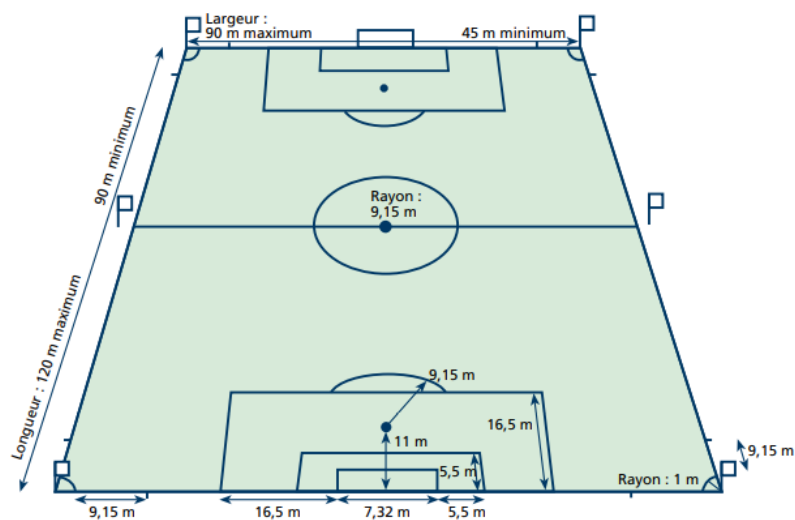


Figure 2. Les dimensions du terrain de jeu (Source : FIFA, loi 1 du jeu – terrain)



² 1 yard = 0,9144 mètre

³ 1 pied = 1/3 yard = 30,48 cm

L'affrontement entre le tireur et le gardien de but lors d'un coup de pied de réparation ou d'un tir au but est assez inégal puisqu'environ 3 penaltys ou tirs au but sur 4 sont marqués. Le tireur dispose donc d'un avantage considérable sur le gardien. Son équipe attend de lui qu'il convertisse son tir en but alors que l'on exige du gardien qu'il fasse simplement de son mieux. Compte tenu du fait que le nombre de buts s'élève en moyenne à 2,5 buts par match (total pour les deux équipes), obtenir un penalty et le convertir peut évidemment changer la physionomie d'une rencontre. Et lors des séances de tirs au but, l'impact de la transformation du tir au but ou non sur l'issue de match et la poursuite de la compétition est encore bien plus évident. Quant aux incitants financiers, ils sont suffisamment importants dans le football moderne pour que chaque joueur donne le meilleur de lui-même ((Bar-Eli et al., 2007).

Tableau 1. Spécifications du ballon (Source : FIFA, loi 2 du jeu – le ballon)

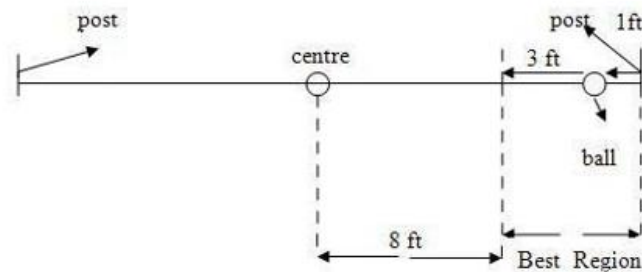
Caractéristiques	Constantes physiques
Matière	En cuir ou dans une autre matière adaptée
Forme	Sphérique
Poids	Compris entre 410 et 450 grammes
Circonférence	Comprise entre 68 et 70 centimètres
Pression	Comprise entre 0,6 et 1,1 atmosphère (600 à 1100 g/cm ²)

La question que se posent la grande majorité des joueurs de football lorsqu'ils s'avancent vers le point de réparation pour frapper dans le ballon, c'est l'endroit où ils vont placer leur tir. Leela et Commissiong (2009), dans un article sur la modélisation des penaltys publié dans une revue de physique, ont mis en avant les éléments importants pour réussir son penalty ou son tir au but et ont défini les meilleures zones de tirs :

- Il est plus important de frapper le ballon avec le bon angle plutôt qu'à la bonne vitesse ;
- La partie du pied qui frappe dans le ballon et la façon dont le reste du corps suit le mouvement influencent la trajectoire du ballon ;
- Etant donné la taille du gardien complètement étiré en position horizontale, la 'best region' ou meilleure zone pour placer un tir au but au sol commence à environ 2,5 m (8 pieds) du centre du but et s'étend jusqu'au poteau de but ; idéalement, le tireur placera la balle à 30 cm (1 pied) du poteau (figure 3).

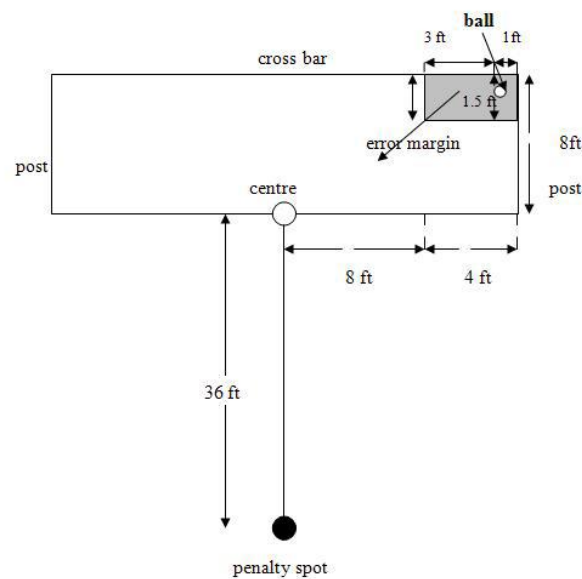
- Pour un tir en hauteur, les mêmes règles s'appliquent, mais dans une zone de 1,5 pied soit 45 cm sous la transversale (figure 4).

Figure 3. Meilleure zone pour un tir au sol



Source : L Leela et Commissiong (2009) p. 261

Figure 4. Meilleure zone de tir en hauteur

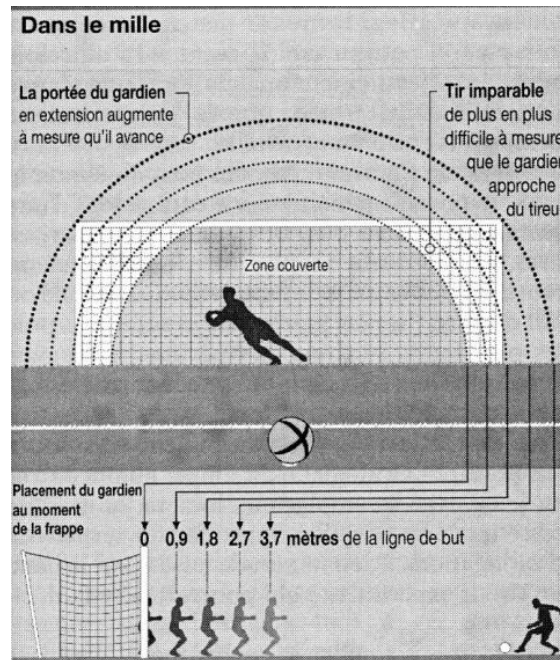


Source : L Leela et Commissiong (2009) p. 261

Ken Bray (2006) s'est également intéressé à la « zone de tir imparable ». De la même manière que ci-dessus, le tireur devrait chercher à placer le ballon dans la partie non couverte par le gardien de but. Cette zone est illustrée dans la figure 5 dans laquelle on y distingue un accroissement de celle-ci, à mesure que le gardien s'éloigne de sa ligne. Cependant, comme le prévoit le règlement, tant que le tireur n'a pas touché le ballon, le gardien doit rester sur sa

ligne. Et c'est tant mieux pour le tireur car si le gardien avait pu s'avancer de 3,7 mètres, cette zone aurait été réduite à néant. Le gardien a, quant à lui, tout intérêt à s'avancer un maximum dès que le tireur a touché le ballon et le plus rapidement possible de manière à réduire l'angle de frappe.

Figure 5. Zone couverte vs zone imparable



Source : Bray (2006) p. 74

On pourrait s'attendre de joueurs professionnels et grassement payés pour les meilleurs d'entre eux qu'ils convertissent tous leurs tirs au but puisqu'il suffit de placer le ballon dans une zone imparable. On est bien loin de ce résultat. Ainsi, Lionel Messi, sacré 6 fois ballon d'or et considéré comme le meilleur joueur du monde, a un taux de conversion à peine supérieur à la moyenne (76,74%).

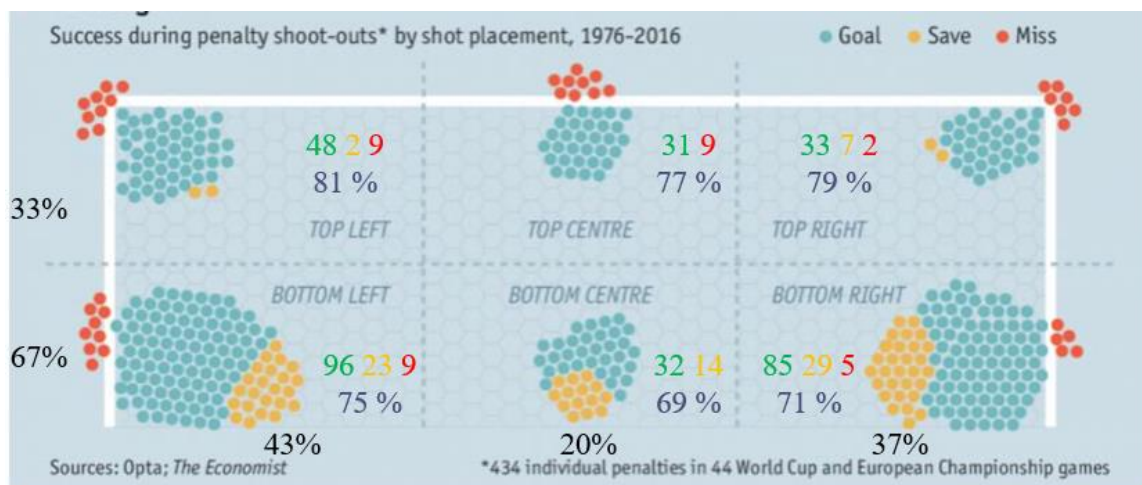
Une explication peut évidemment venir du gardien qui peut décider à l'avance de se décaler sur un côté du but ou anticiper l'endroit du tir pour modifier la zone imparable (Lyttleton, 2015). La stratégie d'attente n'est en effet pas souvent la bonne pour un gardien et il vaut mieux anticiper un côté. En effet, avec un point de réparation situé à 11 mètres de la ligne de but et un ballon qui a une vitesse de l'ordre de 90 km/h soit 25 mètres par seconde, il faut moins de 0,5 seconde au ballon pour parcourir la distance du point de réparation à la ligne de but. Avec un gardien de but qui se déplace à 4 mètres par seconde, pour bloquer le tir, le

gardien de but devrait commencer à bouger 0,3 seconde avant que le ballon ne soit touché par le tireur (Leela et Commissiong, 2009). Le gardien de but ne peut donc généralement pas se permettre d'attendre de voir la direction prise par le ballon avant de plonger ; s'il veut se donner une chance de capter le ballon, il a souvent intérêt à choisir un côté pour plonger avant que le botteur ne touche la balle.

Pour contrer cette stratégie du gardien, le joueur peut mettre plus de puissance dans son tir. Si le tir est suffisamment puissant, même si le gardien plonge du bon côté, la probabilité d'arrêter le ballon reste faible. Une augmentation de la vitesse du tir de 20 mètres par seconde soit 72 km/h à 30 mètres par seconde soit 108 km/h réduit de moitié la probabilité que le gardien de but n'arrête le ballon (Hunter, Angilletta et Wilson, 2018). Mais le tireur peut aussi décider d'attendre que le gardien de but ait choisi un côté pour le prendre à contre-pied.

Enfin, pour convertir un tir au but, il faut commencer par cadrer son tir au but, ce qui n'est pas toujours le cas quand le joueur vise une 'best region'. La figure 6 illustre toute la variété et la complexité de l'exercice des tirs au but. Elle est basée sur un sous-ensemble des tirs au but retenus pour notre analyse empirique.

Figure 6. Succès d'un tir au but en fonction de la zone du tir



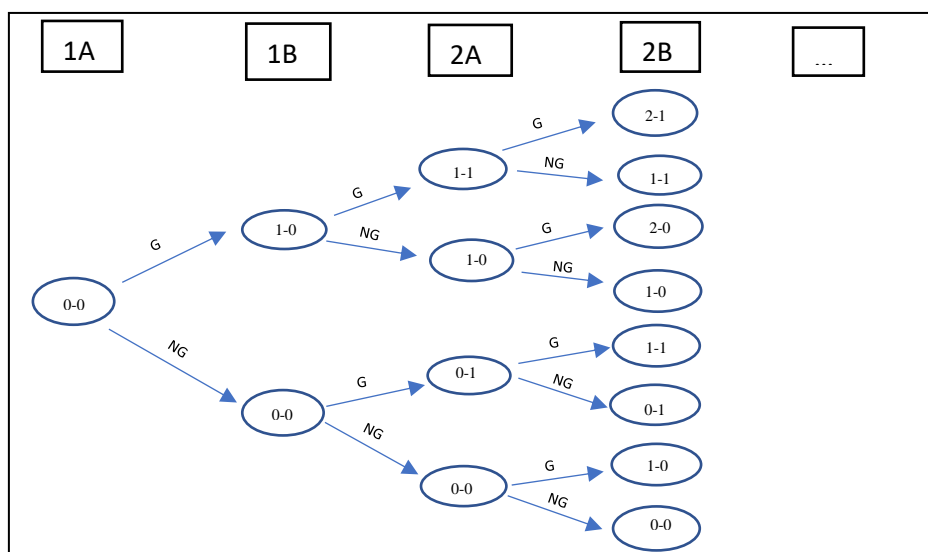
Source : Opta, repris par The Economist (2018)

1.3. La séance de tirs au but

Si, au terme des 90 minutes de jeu et des deux prolongations de 15 minutes, les deux équipes ne sont pas parvenues à se départager et qu'un vainqueur doit être désigné, les lois du jeu prévoient une séance de tirs au but. L'arbitre commence par jeter une pièce pour déterminer l'équipe qui choisira de tirer en premier ou en deuxième. Les deux équipes exécutent ensuite chacune cinq tirs au but, en alternance, avec cinq joueurs différents. Si, avant d'atteindre les cinq tirs pour chacune des équipes, une équipe ne peut plus être rejointe au score, l'épreuve est arrêtée. Par exemple, si l'équipe qui débute la séance est menée 0-3 après que chaque équipe ait tiré trois fois, alors la séance est terminée puisqu'elle ne peut plus revenir au score avec les deux seuls tirs au but qu'il lui reste. Par ailleurs, en cas d'égalité après les cinq tirs, la séance se poursuit jusqu'à ce qu'une équipe ait marqué un but de plus que l'autre au terme du même nombre de tentatives (FIFA, 2020).

Chaque tir au but suit un processus binomial puisque chaque tir au but peut être soit converti en goal soit raté. Le premier tir au but est exécuté par l'équipe qui débute la séance ; après avoir observé le résultat, c'est au tour du premier joueur de la deuxième équipe de tirer au but ; ensuite, c'est au tour du deuxième joueur de la première équipe et ainsi de suite... Chaque tir au but représente donc un nœud d'un arbre de jeu et la conversion en goal (G) ou pas (NG) du tir au but nous emmène sur l'une ou l'autre branche de l'arbre (figure 7).

Figure 7. : l'arbre de jeu d'une séance de tirs au but



En supposant une séance avec dix tirs au but, cinq pour chacune des deux équipes, on obtient 2^{10} soit 1024 chemins théoriquement possibles. Un même score final peut en effet être obtenu en empruntant différents chemins. Par exemple, il y a cinq chemins pour obtenir le score final de 1-0 après cinq tirs au but de chaque équipe : en effet, un tel score signifie que la première équipe a converti son premier, son deuxième, son troisième, son quatrième ou son cinquième tir au but alors que l'autre équipe n'en a transformé aucun. Le tableau 2 indique le nombre de chemins possibles associé à chaque score possible d'une séance de tirs au but.

Tableau 2. : Le nombre de séquences théoriques d'une séance de tirs au but

		Equipe B						
		0	1	2	3	4	5	
Equipe A	0	1	5	10	10	5	1	32
	1	5	25	50	50	25	5	160
	2	10	50	100	100	50	10	320
	3	10	50	100	100	50	10	320
	4	5	25	50	50	25	5	160
	5	1	5	10	10	5	1	32
			32	160	320	320	160	32

Les nombres sont identiques de part et d'autre de la diagonale. Théoriquement, il y a 386 chemins différents qui mènent chaque équipe vers la victoire et 252 situations de parité du score après cinq tirs au but. Chaque équipe a donc en première lecture une probabilité identique remporter la séance de tirs au but et il n'y aurait donc pas d'avantage à l'initiative, c'est-à-dire à être l'équipe qui débute la séance de tirs au but. Dans la suite de ce mémoire, l'équipe qui débute la séance de tirs au but sera désignée par la lettre 'A', et celle qui tire en second par la lettre 'B'.

Compte tenu de la règle selon laquelle une séance de tirs au but est arrêtée dès qu'une des deux équipes ne peut plus revenir au score c'est-à-dire dès qu'il y a trois buts d'écart, et qu'une équipe joue avant l'autre, une série de séquences du tableau ci-dessus doit être éliminée. À titre d'exemple, une séquence se terminant par le score de 5-0 est impossible ; l'arbitre aura,

en effet, déjà sifflé la fin du match sur le score de 3-0, après trois tentatives pour chaque équipe, car l'équipe menée n'avait plus aucune possibilité de revenir au score.

Dans le tableau 3, toute une série de séquences a été supprimée selon cette logique. De manière assez cohérente, les nombres repris sur la diagonale en rouge, qui représentent toutes les situations où la séance de tirs au but se termine par un score de parité et qui donc continue après les cinq tirs de part et d'autre, reste identique. Par ailleurs, la symétrie autour de la diagonale a disparu. Ceci s'explique par le fait qu'une équipe tire avant l'autre. Par exemple, un score de 5-4 avec la victoire de l'équipe qui a engagé les tirs au but ne peut être obtenu que dans un seul cas de figure, celui où le dernier joueur de l'équipe B rate sa tentative. En effet, si l'équipe A convertit tous ses tirs au but et qu'un joueur de l'équipe B rate son tir au but avant le cinquième tour, alors le score est de 5-3. En revanche, si c'est l'équipe B, qui joue en second et qui remporte la séance de tirs au but sur le score de 4-5, alors il y a bien cinq séquences possibles et le dernier joueur de l'équipe B doit convertir son tir au but pour que son équipe emporte la séance.

Tableau 3. Le nombre de séquences possibles d'une séance de tirs au but

		Equipe B						
		0	1	2	3	4	5	
Equipe A	0	1	5	6	1	0	0	13
	1	5	25	44	15	0	0	89
	2	10	40	100	84	6	0	240
	3	4	36	60	100	44	0	244
	4	0	3	27	20	25	5	80
	5	0	0	0	4	1	1	6
			20	109	237	224	76	6

On remarquera que lorsque l'on additionne les chiffres verticalement pour B et horizontalement pour A jusqu'à la diagonale, on arrive toujours au même résultat. Par exemple, pour la ligne 2 ($10+40=50$) et la colonne 2 ($6+44=50$). Le nombre de séquences différentes reste donc identique pour chaque équipe qui dispose de 210 chemins pour l'emporter, ce qui, additionné aux scores de parité pour lesquels le nombre de séquences est identique au nombre théorique, réduit le champ des possibles à 672 chemins ou séquences.

Enfin, on notera que les séquences n'ont pas les mêmes probabilités d'occurrence dans la mesure où le taux de conversion d'un tir au but est de l'ordre de trois tirs au but sur quatre. Pour que chaque séquence ait une probabilité identique, il aurait fallu qu'un penalty soit converti une fois sur deux. Le tableau 4 présente la fréquence d'occurrence des différents chemins lorsque la probabilité de conversion d'un tir au but est de 74,02 %, qui est la moyenne obtenue avec nos données (cf. infra). Pour le construire, il nous a simplement suffi de multiplier le taux de conversion de la séance par le nombre de séquences théoriques observées. La somme des probabilités d'occurrence atteint ainsi très logiquement les 100%. La séquence se terminant par le score de 0-0 a donc une probabilité d'occurrence de $(1-74,02\%)^{10}$ soit 0,0001% alors que celle se terminant par le score de 5-5 a une probabilité d'occurrence de $74,02\%^{10}$, soit 4,94%.

On peut également mentionner que les séances s'étant terminées par un score de parité (la diagonale) représentent de manière théorique 28,59% des séquences. Selon cette logique, un peu plus d'une séance sur quatre devrait se poursuivre lors des tours décisifs. Nous examinerons dans notre partie empirique la mesure dans laquelle les chemins réellement empruntés lors des séances de tirs au but s'écarte de la référence théorique.

Tableau 4. Les fréquences théoriques des séquences

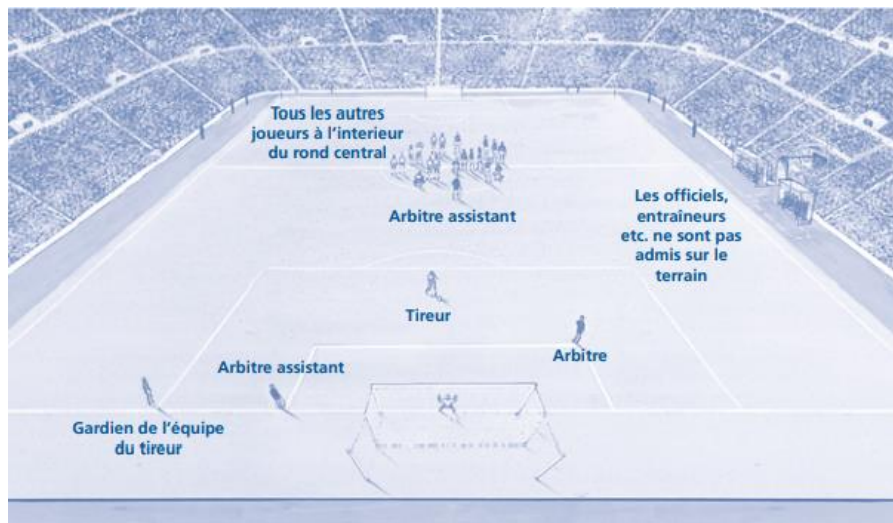
	Equipe B						
	0	1	2	3	4	5	
0	0,00%	0,00%	0,01%	0,03%	0,05%	0,03%	0,12%
1	0,00%	0,03%	0,16%	0,46%	0,66%	0,37%	1,69%
2	0,01%	0,16%	0,92%	2,63%	3,75%	2,13%	9,61%
3	0,03%	0,46%	2,63%	7,49%	10,67%	6,08%	27,37%
4	0,05%	0,66%	3,75%	10,67%	15,21%	8,67%	39,00%
5	0,03%	0,37%	2,13%	6,08%	8,67%	4,94%	22,22%
	0,12%	1,69%	9,61%	27,37%	39,00%	22,22%	100,00%

Pour terminer cette partie descriptive, nous reprenons les dispositions relatives à la place des différents acteurs sur le terrain lors d'une séance de tirs au but, telles que prévues par les lois du jeu (Figure 8) :

- Les joueurs (excepté celui qui s'apprête à tirer) doivent rester dans le rond central durant l'entièreté de l'épreuve.

- Le gardien, dont le coéquipier s'apprête à effectuer son tir, doit se tenir en dehors de la surface de réparation
- Les officiels, entraîneurs, réservistes et le reste du staff de chaque équipe doivent rester en dehors du terrain (FIFA,2020).

Figure 8. Positionnement durant la séance de tirs au but (Source : FIFA, 2020- loi du jeu – tirs au but – procédure)



2. Revue de la littérature

Les modèles de la théorie des jeux et de l'économie comportementale ont trouvé dans l'analyse du comportement humain dans des situations réelles une alternative aux études en laboratoire pour valider leurs principes. Des sports, tels que le tennis ou le football, où des professionnels expérimentés évoluent dans le cadre de règles précises, avec des objectifs clairement définis et des résultats directement observables constituent une source de données inestimable. Les penaltys ont d'abord été étudiés pour valider certains aspects de la théorie des jeux. Ils ont ensuite été utilisés pour discuter de différents apports de l'économie comportementale (Chiappori et al., 2002).

2.1. Convertir un tir au but : l'apport de la théorie des jeux

La théorie des jeux⁴ cherche à prévoir l'issue de situations d'interaction stratégique, que l'on rencontre dans de nombreux contextes économiques, sociaux ou politiques. On parle d'interaction stratégique lorsque la performance d'un joueur dépend non seulement de ses décisions mais aussi des décisions des autres et inversement, et donc lorsque la performance de chacun dépend des décisions de tous. Elle propose pour cela plusieurs concepts d'équilibre dont l'équilibre de Nash. Un équilibre de Nash se caractérise par une cohérence des meilleures réponses des joueurs, facilitée par des croyances. A l'équilibre de Nash, aucun joueur n'est incité à dévier unilatéralement de sa décision et n'éprouve pas de regret.

Un penalty au football constitue un jeu de concurrence qui n'admet pas d'équilibre de Nash en stratégie pure. En effet, on ne peut concevoir dans un penalty une situation où il y a une cohérence des meilleures réponses des joueurs. Il y aura toujours soit le joueur, soit le gardien de but qui souhaitera dévier unilatéralement de sa stratégie. Pour trouver un équilibre de Nash dans un jeu de concurrence, il faut envisager des stratégies mixtes c'est-à-dire une situation où les différentes stratégies pures sont jouées de manière aléatoire, sur base d'une distribution de probabilités. La stratégie mixte optimale est basée sur le principe d'indifférence de l'autre joueur entre ses différentes stratégies pures. Ainsi, si nous supposons que le tireur et le gardien de but ont chacun deux stratégies pures, gauche ou droite, et qu'en cas de conjonction

⁴ Cette présentation de la théorie des jeux s'inspire des notes du cours d'économie industrielle suivi en 2018-2019 à l'UCLouvain FUCaM Mons.

des stratégies, le gardien arrête le tir, et qu'en cas de divergence des stratégies il y a but, alors la stratégie mixte optimale consiste, pour chacun des joueurs, à assigner une probabilité de 0,5 à chacune de ses stratégies pures.

La théorie des jeux suggère donc que si le tireur et le gardien de but se comportent de manière optimale, aucun des deux n'a de stratégie prévisible. Cela n'exclut pas la présence de facteurs psychologiques impactant l'action réalisée ou une défaillance technique. De fait, après que le joueur ait choisi l'endroit où il comptait placer son ballon il doit encore réaliser le tir correspondant (Azar & Bar-Eli, 2011).

À travers leurs études, de nombreux auteurs ont démontré que l'équilibre en stratégies mixtes s'avère être un bon modèle prédictif des stratégies adoptées lors des séances de tirs au but (Chiappori, Levitt, & Groseclose, 2002, Palacias-Huerta, 2003 ; Azar & Bar-Eli, 2011). Le concept de stratégies mixtes impliquant qu'un joueur doit avoir le même taux de réussite sur les deux stratégies pures a été illustré par Palacios Herta qui a mis en évidence les bottés de penalty de certains joueurs. Ainsi, Zinédine Zidane, a tiré 19 fois à gauche (48 %) et 21 fois à droite (52%) avec des taux de réussite quasiment identique (74% et 76%)

D'autres sports ont aussi fait l'objet d'analyse en termes de stratégies mixtes. Ainsi, Walker et Wooders (2001) se sont intéressés au jeu stratégique entre le serveur et le receveur au tennis. Le serveur a le choix entre deux stratégies : servir sur la droite ou sur la gauche du receveur et ce dernier a deux placements correspondant à chaque type de service. Ceux-ci ont trouvé, conformément à la prédiction théorique de l'équilibre de Nash en stratégies mixtes, des taux de points gagnés quasiment identiques pour les deux stratégies (64 % pour gauche et 65 % pour droite).

2.2. Gagner aux tirs au but : l'apport de l'économie comportementale

Une séance de tirs au but exige la prise en compte de davantage d'éléments qu'un penalty considéré de manière isolée. Dans quel ordre assigner les joueurs aux différents tirs au but ? Y-a-t-il un avantage à l'équipe qui débute la séance de tirs au but ? Comment évoluent la pression et le stress au cours d'une séance de tirs au but ? Différents chercheurs ont abordé ces questions, notamment à la lumière de l'économie comportementale.

2.2.1. Quel joueur pour quel tir ?

Lors d'une séance de tirs au but, chaque joueur présent sur le terrain à la fin du match ne peut se voir accorder qu'un seul coup de pied de réparation, sauf dans le cas où tous les joueurs présents sur le terrain ont déjà tiré. Étant donné la capacité technique et la gestion du stress des joueurs, l'ordre dans lequel les tirs au but sont effectués peut avoir une influence sur le résultat final (Feri, Innocenti, Pin, 2013).

McCann et Vroom (2018) estiment qu'il serait plus intéressant d'assigner le meilleur frappeur de pénaltys au premier tour. Alors que Mc Garry et Franks (2000) prétendent que l'ordre optimal est d'assigner les cinq meilleurs tireurs aux cinq premiers tirs mais dans l'ordre inverse de leurs capacités. En effet, plus on avance dans la séance, plus il est dommageable de rater un tir. Autrement dit, le meilleur tireur doit être désigné pour le cinquième tir alors que le cinquième meilleur tireur doit effectuer le premier tir.

Cette stratégie comporte le risque que le meilleur tireur ne tire finalement pas puisqu'en moyenne, 20% des séances de tirs au but se terminent avant le cinquième tour. À titre illustratif, Cristiano Ronaldo, considéré comme le meilleur tireur de l'équipe nationale portugaise, n'a pu s'avancer vers le point de penalty lors de la demi-finale face à l'Espagne durant l'Euro 2012 car son pays s'était déjà incliné sur le score de 4-2 aux tirs au but.

Il convient également de pouvoir réaliser un classement objectif entre les différents joueurs ce qui n'est pas une chose aisée à réaliser. Le seul et unique moyen pour l'entraîneur de réaliser cette hiérarchie est de passer par une séance d'entraînement et d'analyser la réussite de chaque tireur. Néanmoins, les conditions de match tels que la pression et l'enjeu, joueurs absents lors de l'entraînement seront totalement différentes en match et pourraient déboucher sur un classement totalement différent. Les performances en club ou lors des compétitions internationales sont dès lors des éléments intéressants à prendre en compte (Mc Garry et Franks, 2000).

Il faut préciser qu'il est également intéressant de prendre en considération la stratégie du gardien de but qui est le seul joueur à affronter tous les autres et dont la stratégie est observable par les tireurs qui doivent encore l'affronter. Michaël Landreau, gardien de but

français reconnu comme un spécialiste des tirs au but, donne les conseils suivants : « Le premier conseil que je donnerais à un gardien serait de ne pas partir trop tôt. C'est la base, car cela écarte le risque que le joueur décide à cause de vous. Le deuxième conseil serait, lors des trois premiers tirs de la séance, de rester une fois dans l'axe. Un joueur qui loupe en tirant dans l'axe restera avec une très mauvaise sensation qui installera le doute chez ses partenaires. » (Lyttleton, 2015, p.8).

2.2.2. L'avantage à l'équipe qui débute la séance de tirs au but

Jusqu'en 2003, les lois du jeu prévoyaient que l'équipe qui remportait le tirage au sort devait débiter la séance de tirs au but. Depuis 2003, le capitaine de l'équipe qui gagne le tirage au sort peut choisir de débiter la séance de tirs au but ou de jouer en second (FIFA, 2020). La question d'un éventuel 'first-mover-advantage' c'est-à-dire un avantage à l'équipe qui débute la séance de tirs au but a été largement discutée dans la littérature.

Sur base d'une analyse de plus de 250 séances de tirs au but, Apesteguia et Palacios-Huertas (2010) ont conclu que l'équipe qui effectue le premier tir remporte la séance de tirs au but dans 60 % des cas et qu'il y a donc bel est bien la présence d'un 'First Mover Advantage'. Ce résultat a été contredit par Kocher, Lenz et Sutter (2012) sur base d'un échantillon plus large de 700 séances de tirs au but qui ont conclu qu'être la première équipe ou la deuxième équipe qui engage la séance de tirs au but n'avait pas d'impact sur son issue. Cette conclusion a été rejetée par Palacios Huerta (2015) sur base d'un échantillon encore plus large de plus de 1.000 séances de tirs au but.

Vandebroek, McCann et Vroom (2018) ont démontré que les joueurs de l'équipe commençant à tirer en second peuvent ressentir une plus grande pression à la performance s'ils savent que leurs adversaires ont déjà réussi leur tâche. L'observation de la performance réussie d'un adversaire - le 'lag and behind effect' - peut ainsi accroître l'anxiété quant à sa capacité à obtenir la même issue favorable, ce qui entraîne une moins bonne performance et augmenterait la probabilité que la première équipe remporte la séance de tirs au but. Ils ont rejeté les résultats de Kocher et al. (2012) dû à un échantillon trop petit pour prouver statistiquement un effet significatif. En effet, avec un niveau de confiance de 5% (respectivement 1%), un test unilatéral entre 0,53 et 0,50 nécessite plus de 1 500 observations pour être significatif.

Arrondel, Duhautois et Laslier (2018) démontrent quant à eux que différents effets psychologiques tels que l'enjeu et la pression liée au risque de perdre peuvent être identifiés, mais n'en déduisent pas un avantage à réaliser le premier tir.

2.2.3. La pression, le stress et l'enjeu

De nombreuses études ont été réalisées de manière à démontrer que la prise de décision est influencée par des facteurs physiques et psychologiques. A titre illustratif, la faim (Ashton, Kemel, & Nebout-Javal, 2018), le stress (Porcelli & Delgado, 2009) et d'autres émotions telles que la peur, la colère ou le bonheur (Nguyen & Noussair, 2014) peuvent avoir un impact sur la performance des joueurs

Baumeister (1984) ajoute que: « Sous pression, une personne réalise consciemment qu'il est important d'assurer la justesse de cette exécution en contrôlant le processus de la performance (par exemple, la coordination et la précision des mouvements musculaires) , mais la conscience ne contient pas la connaissance de ces compétences, de sorte qu'elle réduit ironiquement la fiabilité et le succès de la performance lorsqu'elle tente de la contrôler. » (Baumeister, 1984, p. 610). Il montre aussi que diverses sources de pression situationnelles peuvent entraîner des performances inférieures. Il a décrit l'un de ces effets comme étant le '*choking under pressure*' qui se traduit en français comme 'le fait de craquer sous la pression'. Il correspond au fait que si les participants sont conscients d'être en retard au niveau du tableau d'affichage, cela peut augmenter le stress et entraîner une baisse de performance.

Chiappori et al. (2002) constatent pour leur part que 90 % des tirs au but sont inscrits lors des séances d'entraînements alors que seulement 80 % des tirs sont transformés lors de matchs de compétitions. Ce constat suggère que des aspects psychologiques affectent la probabilité de réussite. Un conseil serait de se présenter au point de penalty sans le moindre doute sur l'endroit où l'on entend expédier le ballon, et l'exercice ne consisterait alors qu'en la reproduction d'un geste familier (Bray, 2006). Mc Garry et Franks (2000) suggèrent que la probabilité de gagner pourrait être augmentée par une pratique systématique lors des entraînements, tant de la part des tireurs que des gardiens. Même si la pression n'est pas comparable à celle présente en match, la répétition stimule le système nerveux et les muscles de façon très similaire à celles des conditions réelles.

Jordet, Elferink-Gemser, Lemmink et Visscher (2006) précisent cependant qu'il est difficile de dissocier l'impact psychologique des différents éléments mentionnés ci-dessus et l'adresse car les joueurs les plus doués face à cet exercice tirent généralement en premier. Cette situation affecte donc indéniablement les résultats car tous les joueurs ne possèdent pas les mêmes qualités et ne sont pas autant familiarisés face à cette situation.

Leela et Commissiong (2009) ont également montré qu'il existe un lien entre le stress et l'échec de l'imagination. Cet échec de l'imagination contribue à une planification motrice imparfaite et ainsi à un taux d'échec plus important. Ils précisent dans leur article que tenter un tir au but peut représenter une pression importante. En effet, se retrouver devant des milliers de supporters, avec des millions de téléspectateurs et où le simple fait de réussir un tir peut déclarer votre club ou votre pays vainqueur d'une compétition internationale permet d'illustrer cette situation d'angoisse.

Jordet et Elferink-Gemser (2012) décomposent la séance de tirs au but en quatre temps :

- La pause après les prolongations,
- Le moment dans le rond central (avant le tir)
- La marche pour aller tirer
- Le moment au point de penalty

Ils démontrent que l'anxiété varie tout au long de ces quatre temps. L'un de leurs résultats intéressants est le fait qu'elle « tend à atteindre un pic au milieu du cercle, puis à diminuer progressivement lorsque le tireur commence à marcher vers le point de penalty »

Pendant le match, une multitude d'événements, de faits de jeu peuvent faire varier l'anxiété et procurer un avantage ou au contraire un désavantage (Arrondel, Duhautois, Laslier, 2018). À titre illustratif, on se rappelle du ballon arrêté de la main par Luis Suarez lors du quart de finale de la coupe du monde 2014 opposant l'Uruguay au Ghana. Asamoah Gyan s'était ainsi vu octroyé un penalty à la dernière minute avant la fin des prolongations, qu'il avait ensuite manqué alors qu'il pouvait envoyer son pays pour la première fois en demi-finale de la coupe du monde. L'Uruguay s'est finalement imposé sur le score de 4-2 aux tirs au but (Vitkine, 2010). Lyttleton (2015) montre quant à lui que la dernière équipe à avoir marqué et qui a donc recollé au score au tableau d'affichage possède une probabilité plus importante de remporter la

séance de tirs au but. L'anxiété serait en fait réduite et la logique serait la suivante : « On n'a plus rien à perdre, on a déjà évité l'élimination ».

Vandebroek, McCann et Vroom (2018) ont également mis en évidence d'autres formes de pression psychologique qui pourraient avoir une influence sur la réussite, telle que la pression qui se produit dans des situations où marquer un tir implique la victoire de son équipe ou au contraire dans le cas où manquer un tir entraînerait la défaite de son équipe. Ainsi, les « tir au but de la survie » et les « tir au but de la gagne » que l'on abordera plus tard dans ce mémoire devraient présenter des probabilités de succès inférieures.

De manière à regrouper toute l'information détaillée ci-dessus, nous avons réalisé le tableau 5. Cela permet de mettre en évidence les éléments qui nécessitent d'être étudiés à nouveau pour fournir des éléments de réponse supplémentaires quant aux facteurs psychologiques et aux choix à opérer qui peuvent favoriser la victoire.

Tableau 5. Tableau récapitulatif de la revue de littérature

Parties	Auteurs	Résultats
2.1. Convertir un tir au but : l'apport de la théorie des jeux	Palacios-Huerta (2003)	Taux de transformation identique à gauche et droite (football)
	Walker et Wooders (2001)	Taux de points gagnés identiques dans le monde du tennis
2.2.1. Quel joueur pour quel tir ?	McGarry et Franks (200)	Les 5 meilleurs frappeurs dans l'ordre inversé
	McCann et Vroom (2018)	Le meilleur tireur frappe en premier
2.2.2. L'avantage à l'équipe qui débute la séance de tirs au but	Arrondel, Duhautois et Laslier (2018)	Aucun avantage à commencer
	Apestequia et Palacios-Huerta (2010)	"First-mover-advantage" - échantillon de 250 séances
	Kocher, Lenz, Sutter (2012)	Aucun avantage à commencer – échantillon de 700 séances
	Palacios-Huerta (2015)	"First-mover-advantage" – échantillon de 1000 séances
	Vandebroek, McCann et Vroom (2018)	Avantage à commencer - "lag and behind effect"
2.2.1. La pression, le stress et l'enjeu	Baumeister (1984)	"Craquer sous la pression"
	Chiappori, Levitt et Groseclose (2002)	Taux de réussite supérieur à l'entraînement
	Leela et Commissiong (2009)	Lien entre le stress et l'échec de l'imagination
	Jordet et Elferink-Gemser (2012)	Décomposition de la séance en 4 temps
	Lyttleton (2015)	La dernière équipe à avoir marqué avant la fin du temps réglementaire possède un avantage
	Vandebroek, McCann et Vroom (2018)	Pression positive et négative
	Arrondel, Duhautois et Laslier (2018)	Faits de jeu qui procure un avantage ou un désavantage
	Jordet, Elferink-Gemser, Lemmink et Visscher (2006)	Hétérogénéité des joueurs

3. Etude empirique

Nous avons récolté les informations relatives aux séances de tirs au but qui ont eu lieu dans les principaux tournois internationaux (Coupe du Monde, Euro, Coupe d'Amérique du Sud, Coupe d'Afrique des Nations, Coupe d'Asie et la Gold Cup qui représente la compétition pour les pays d'Amérique du Nord, Centrale et Caraïbes).

3.1. Présentation des données

Le tableau 6 présente les données récoltées de notre étude. Celles-ci proviennent du site internet Transfermarkt (2021), du visionnage des séances de tirs au but sur YouTube ainsi que du site officiel de la FIFA (2020). L'ensemble des données comprend, au total, 141 séances avec 1482 tirs au but répertoriés sur la période 1976-2019.

Tableau 6. Observations de la base de données par tournoi

	# séances de tirs au but	# tirs au but	# tirs au but marqués [G]	# tirs au but ratés [NG]	# tirs au but arrêtés [S]	# tirs au but manqués [M]	Taux de réussite (%)
World Cup	30	279	196	83	60	23	70,25%
European Championship	18	194	154	40	22	18	79,38%
Copa America	26	251	196	55	30	25	78,09%
African Nations Cup	34	413	316	97	56	35	76,51%
Gold Cup	13	137	92	45	28	17	67,15%
Asian Cup	20	208	143	65	29	27	68,75%
Total	141	1482	1097	385	225	145	74,02%

La base de données comprend, pour chaque séance de tirs au but, l'identité des équipes qui ont tiré en premier et en second, le résultat de chacun des tirs, le résultat final, la localisation

géographique du match (match à domicile, terrain neutre ou à l'extérieur), l'année du match, le tour auquel les deux équipes s'affrontaient (1/8^e de finale, 1/4 de finale, 1/2 finale, match pour la 3^e place et finale), une comparaison du classement FIFA des équipes en lice, la séquence des tirs, la dernière équipe à avoir marqué dans le match et l'information sur le fait que le tir au but ait été manqué ou arrêté par le gardien⁵.

On observe que 1097 tirs au but sur 1482 ont été marqués, ce qui représente un taux de réussite de 74,02%. La compétition ayant enregistré le taux de réussite moyen le plus élevé est l'*European Championship* (79,38%). À l'inverse, celle ayant le taux le plus faible est la *Gold Cup* (67,15%).

Il est possible d'aller consulter les informations détaillées pour chaque année de compétition dans ma base de données. On remarque alors que l'*EURO 1980* présente le taux de réussite le plus élevé (94,44%). À l'inverse, durant la *GOLD Cup 2000* seulement 3 tirs au but sur 9 ont été transformés, représentant un taux de réussite de 33%.

Il est important d'apporter une petite précision sur les tirs au but ratés. Il s'agit en réalité de distinguer les tirs ayant nécessité un arrêt du gardien de but adverse (tirs arrêtés, sans quoi le but aurait été inscrit), des tirs hors cadre n'ayant nécessité aucun effort de la part du gardien (tirs manqués). Un tir sur un des montants (poteaux et barre transversale) de la cage et qui ressort est considérée comme tir au but manqué.

Au total, on observe alors que 385 tirs au but ont été ratés dont 225 ont été arrêtés par le gardien de but adverse, 145 qui ont été manqués et 15 où nous ne sommes pas parvenus à obtenir de l'information à ce sujet. L'objectif de ces données est de permettre de déterminer si sous l'effet de la pression, certains face-à-face seraient plus sujet à être manqués. Cette analyse complémentaire permet de se distinguer et d'aller un peu plus loin que les travaux existants déjà dans la littérature.

⁵ Seules 4 de ces 141 séances de tirs au but ne possèdent pas d'informations sur le fait que ce soit un penalty manqué ou arrêté et nous n'avons également aucune information concernant le classement FIFA avant 1993, date de la première publication du classement FIFA.

En outre, on peut noter que les séances les plus longues dans notre base de données ont vu la Côte d'Ivoire et le Ghana en 1992 ainsi que le Cameroun et la Côte d'Ivoire en 2006 aller jusqu'au 12^e tour avant de désigner un vainqueur. À l'inverse, la séance la plus courte a été observée en 1988 lors du match entre la Chine et l'Iran après seulement 6 tirs au but.

3.2. Évidence empirique et analyse statistique

3.2.1. Débuter la séance de tir au but

3.2.1.1. Statistiques descriptives

Comme indiqué dans la revue de littérature, il existe actuellement une controverse empirique sur l'existence d'une éventuelle pression psychologique qui pèserait sur le fait de tirer en second lors des séances de tirs au but. Apestequia et Palacios-Huerta (2010) démontrent qu'il y a un avantage psychologique à tirer en premier, puisque l'équipe A possède 60% de chance de gagner, contre 40% pour l'équipe qui tire en second. Kocher et al (2012) et Arrondel, Duhautois et Laslier (2018) n'ont quant à eux trouvé aucune corrélation entre le fait de commencer une séance de tirs au but et de la gagner.

Dans notre étude, on obtient une répartition plus ou moins équiprobable des gagnants entre les équipes qui commencent la séance de tirs au but et celles qui tirent en second. L'équipe A représentant l'équipe qui commence, remporte la séance dans 52,48% des cas alors que la deuxième équipe la remporte dans 47,52% des cas.

Le tableau 7 montre les données relatives aux fréquences de victoires de chaque équipe, tour après tour. Pour ce faire, nous avons analysé à la fin de chaque tour le nombre de séances qui étaient terminées et quelle était l'équipe victorieuse. Comme expliqué précédemment, lorsque les deux équipes sont à égalité après cinq tours, les tirs continuent à être effectués dans le même ordre lors des tours supplémentaires jusqu'à ce qu'une équipe ait marqué un but de plus que l'autre, à nombre de tirs identiques. Nous appelons ces tours les « tours décisifs » ou encore « sudden death ».

Tableau 7. Observations pour chaque série de tir

	# de tirs au but		En cas de vainqueur, % de tirs au but dans lequel	
	Observés	Décidés	la 1 ^{re} équipe [A] gagne	la 2 ^e équipe [B] gagne
Tours réguliers				
1 ^{er} tour	141	-	-	-
2 ^e tour	141	-	-	-
3 ^e tour	141	1	0,0%	100,0%
4 ^e tour	140	27	63,0%	37,0%
5 ^e tour	113	78	53,8%	46,2%
	# décidés	106	55,7%	44,3%
Tour décisifs				
6 ^e tour	35	15	33,3%	66,7%
7 ^e tour	20	5	40,0%	60,0%
8 ^e tour	15	5	40,0%	60,0%
9 ^e tour	10	5	40,0%	60,0%
10 ^e tour	5	1	100,0%	0,0%
11 ^e tour	4	2	50,0%	50,0%
12 ^e tour	2	2	100,0%	0,0%
	# décidés	35	42,9%	57,1%
Ensemble des tours	# décidés	141	52,5%	47,5%

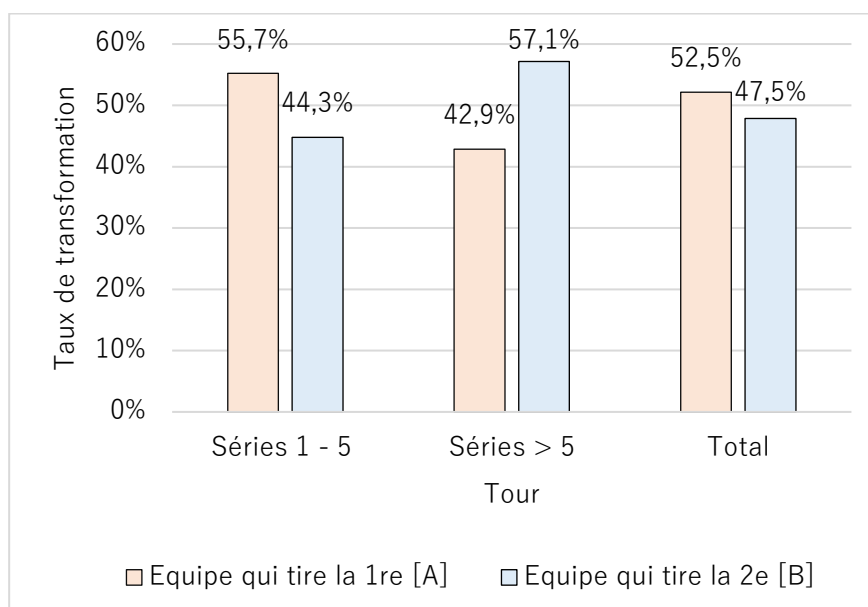
On se rend compte que 3 séances de tirs au but sur 4 (106/141) se terminent en cinq tours ou moins. Bien entendu, aucune séance ne se termine dans les deux premiers tours. À la fin du 3e tour, une seule situation correspond à celle décrite, le cas où une des deux équipes a marqué ses trois tirs au but et l'autre n'en a converti aucun. À titre d'exemple, au 4e tour, 27 séances ont désigné un vainqueur. Parmi celles-ci, 17 (63%) avaient débuté la séance des tirs au but alors que les 10 (37%) autres avaient tiré en second.

On constate également que l'équipe A a remporté 74 séances de tirs au but sur 141 soit 52,5% des séances. Par contre, l'équipe B a remporté plus de séances se terminant au tour décisif (57,1%) alors que l'équipe A a remporté plus de séances se finissant en 5 tours ou moins

(55,7%). La figure 9 illustre parfaitement ces résultats. Nous analyserons dans la suite de ce travail si les différences entre ces deux équipes sont significatives.

Il est important de préciser que le fait que la décision ne tombe qu’au 5e tour n’implique pas nécessairement que le tir au but raté soit celui du 5e tour. En effet, si les 4 premiers tireurs d’une équipe marquent et que 1 des 4 premiers tireurs de l’autre équipe rate, la décision tombe lors du 5e tour. Il s’agit d’un élément qu’on abordera plus dans le détail dans la suite de ce travail.

Figure 9 : Fréquences gagnantes

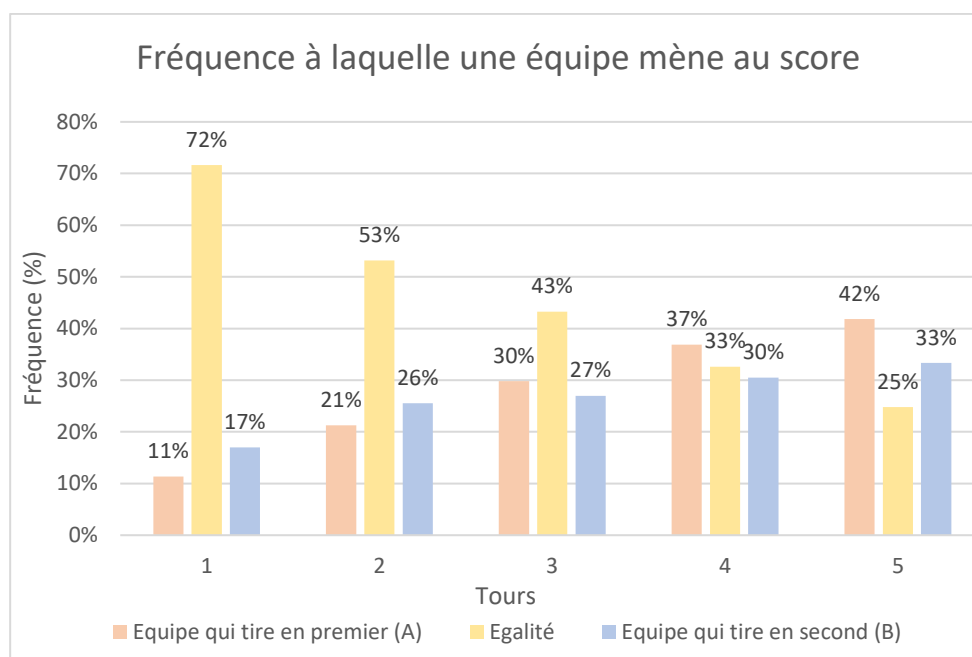


La figure 10 affiche la fréquence à laquelle chaque équipe possède ou pas un avantage à la fin d’un tour, c’est-à-dire pour un nombre de tirs identiques. De manière assez logique, on constate qu’au fur et à mesure que l’on progresse dans la séance de tirs au but, moins il y a des situations de parité. En effet, au premier tour, mis à part sauf si un des deux tireurs a raté son tir, on retrouve une situation d’égalité (également si le premier tireur de chaque équipe a raté). En outre, on remarque également ce que nous avons déjà mis en avant précédemment, à savoir que près d’une séance sur quatre se termine aux tours décisifs.

Un scénario assez surprenant se produit, à savoir que l’équipe B prend l’avantage dans les deux premiers tours avant que la situation ne s’inverse au 3^e tour et ainsi être menée au

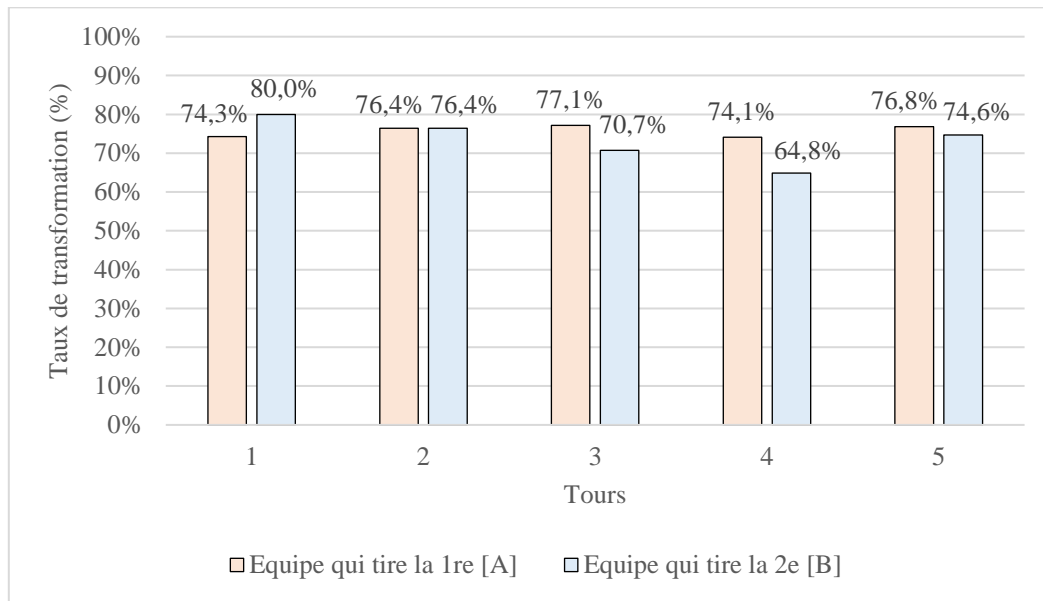
score plus souvent qu'elle ne mène. La différence s'accroît de plus en plus au fil des tours jusqu'à arriver au 5^e tour à 42% pour l'équipe qui a débuté la séance contre 33% pour son adversaire. Ceci représente donc une différence de 9 points de pourcentage. Ces résultats confirment ce que nous avons abordé précédemment, à savoir que dans 42% des cas, l'équipe A gagne à la fin des 5 premiers tours.

Figure 10. Fréquence à laquelle une équipe mène au score à la fin d'un tour



De plus, la figure 11 reflète la probabilité de marquer par tour pour les deux équipes. Nous avons distingué pour chaque tour les tirs au but de l'équipe A et ceux de l'équipe B. Bien que les joueurs soient des joueurs professionnels entraînés quotidiennement, dotés de certaines qualités techniques et que la mission paraît facilement réalisable, on remarque un taux de réussite avoisinant les 75%. Comme nous l'avons déjà abordé précédemment, le taux de réussite moyen s'élève à 74,02%, ce qui signifie qu'en moyenne, plus d'un tir au but sur quatre ne sont pas marqués. Ces chiffres correspondent aux résultats avancés par les précédents chercheurs.

Figure 11. Probabilité de marquer par tour



On découvre également que les tirs au but des deux équipes indiquent un taux de réussite plus faible lors du 4^e tour. Le raté du 4^e penalty pour l'équipe B peut être d'une grande importance car si tous les joueurs ont marqué jusque-là, alors la séance peut se clôturer si le dernier tireur de l'équipe A transforme son tir. À l'inverse, ceux ayant la probabilité la plus grande d'être inscrits sont ceux du 1^{er} tour pour l'équipe B (80,0%) et ceux du 3^e tour pour l'équipe A (77,1%). On aperçoit une différence de probabilité assez importante au 3^e tour (un peu moins de 7 points de pourcentage en plus pour l'équipe A) et au 4^e tour (9,3 points de pourcentage en plus pour B) pour les deux équipes. C'est majoritairement à ce niveau que la différence entre les deux équipes se fait ressentir. Enfin, on constate que le taux de transformation augmente à nouveau au 5^e tour. Une explication à ce phénomène serait que le 5^e tireur est souvent la star, le joueur clé de l'équipe et celui qui gère le mieux la pression. Comme mentionné précédemment, c'est effectivement à ce niveau du match que la majorité des séances se termine. Ils veulent probablement se voir jouer le rôle de héros et offrir la victoire à leur équipe.

3.2.1.2. Test de comparaison de moyennes

Après l'analyse des résultats, il convient de réaliser différents tests de manière à vérifier le niveau significatif des éléments que nous venons d'aborder. Nous allons tester les hypothèses suivantes ⁶:

⁶ Cette utilisation des tests de comparaison de moyenne s'inspire des notes du cours d'inférence statistique suivi en 2017-2018 à l'UCLouvain FUCaM Mons.

- H0, hypothèse nulle : Le taux de réussite moyen de l'équipe A est identique au taux de réussite moyen de l'équipe B $\rightarrow H0 : \mu(x) = \mu(y)$
- H1, hypothèse alternative : Le taux de réussite moyen de l'équipe A est différent au taux de réussite moyen de l'équipe B $H1 : \mu(x) \neq \mu(y)$

Cependant, avant de tester les moyennes, il est intéressant de faire un test préliminaire sur les variances. On détermine donc :

- H0 comme étant l'hypothèse nulle où les variances sont égales $\rightarrow H0 : \sigma^2(x) = \sigma^2(y)$
- H1 comme étant l'hypothèse où les variances ne sont pas égales $\rightarrow H1 : \sigma^2(x) \neq \sigma^2(y)$

Pour ce faire, on doit comparer le F observé qui est de 0,95861982 avec le F critique qui est de 0,88609119 (tableau 8). Comme il s'agit d'un test de Fisher, la zone de rejet se trouve à droite de notre F critique car la loi de Fisher-Snedecor n'est pas symétrique, elle ne peut prendre que des valeurs positives (sa borne inférieure est égale à 0). Le F observé se trouvant dans la zone de rejet, on rejette l'hypothèse nulle. Les variances ne sont donc pas égales. Ce test est important car il va nous permettre de réaliser un test de comparaison de moyennes avec des variances inégales.

Tableau 8. Test d'égalité des variances de l'hypothèse de taux de réussite identique

	<i>Equipe A</i>	<i>Equipe B</i>
Moyenne	0,74837027	0,73146853
Variance	0,18855805	0,19669742
Observations	767	715
Degré de liberté	766	714
F	0,95861982	
P(F<=f) unilatéral	0,28256403	
Valeur critique pour F (unilatéral)	0,88609119	

Passons maintenant au test de comparaison de moyennes proprement dit. Nous sommes dans un test bilatéral car les moyennes peuvent potentiellement être chacune plus grande l'une que l'autre. Si notre valeur observée se retrouve en dehors (soit à droite ou à gauche des seuils critiques) alors nous rejetons l'hypothèse nulle. Il est important de préciser que nous avons utilisé un alpha de 5% (soit 2,5% à droite et 2,5% à gauche). Etant donné ces dernières caractéristiques, nous avons obtenu avec un t critique de 1,9616. L'intervalle de zone de non-rejet est borné par - 1,9616 et 1,9616. Notre t observé est de 0,74052165 (tableau 9). De ce fait, il ne se trouve pas dans la zone de rejet et on ne rejette pas l'hypothèse nulle, les moyennes

sont donc considérées comme étant égales. Le fait de commencer premier n'influence donc pas la réussite du tir au but.

Tableau 9. Test d'égalité des moyennes de l'hypothèse de taux de réussite identique

Test d'égalité des moyennes		
	Equipe A	Equipe B
Moyenne	0,74837027	0,731468531
Variance	0,18855805	0,19669742
Observations	767	715
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	1468	
Statistique t	0,74052165	
P(T<=t) unilatéral	0,22955098	
Valeur critique de t (unilatéral)	1,64589228	
P(T<=t) bilatéral	0,45910195	
Valeur critique de t (bilatéral)	1,96158128	

Le tableau 10 ci-dessous illustre sous une autre manière que les taux de réussite moyens sont identiques. La différence entre les deux (0,02) n'est pas suffisamment importante pour déduire une différence significative. Il aurait fallu une différence de 4 points de pourcentage pour que l'hypothèse nulle soit rejetée.

Tableau 10. Test de comparaison de moyennes (écart)

Echantillons	Effectifs (n)	Moyenne (m)	Ecart-type (s)
1	767	0,75	0,43
2	715	0,73	0,44
Total	1482	0,74	0,023
		Z	alpha
Intervalle de confiance à	95%	1,960	2,5%
Confiance pour le rejet H0	77,07%	0,741	11,47%
df	1480	715	
Ecart significatif entre les moyennes		0,04	
Ecart réel		0,02	

3.2.1.3. Test de comparaison de fréquence

Abordons maintenant les tests de comparaison de fréquences et plus précisément le cas d'un test de comparaison entre une fréquence observée et une fréquence théorique. Nous pouvons utiliser une approche simplifiée en utilisant la statistique U (annexe 2) car la taille de l'échantillon (n) est supérieure à 30 observations (suit une loi normale de moyenne nulle et d'écart type 1). Pour ce faire, il suffit d'appliquer la formule suivante :

$$u = \frac{f1 - f2}{\sqrt{p(1 - p)\left(\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2}\right)}}$$

$$p = \frac{n1f1 + n2f2}{n1 + n2}$$

Nous utilisons ces tests de manière à pouvoir vérifier la présence d'un éventuel avantage à débiter la séance de tirs au but. Nous avons analysé les proportions des deux équipes dans 3 situations différentes :

- 1) De manière générale, pour toutes les séances.
- 2) Uniquement les séances terminées à l'issue des 5 premiers tours.
- 3) Uniquement les séances clôturées dans le sudden death

Nous allons tester les hypothèses suivantes pour chaque situation :

- H0, hypothèse nulle : La fréquence (représentée par la lettre f) à laquelle l'équipe A remporte la séance de tirs au but est identique celle de l'équipe B → H0 : f1 = f2 = 50%
- H1, hypothèse alternative : Le taux de réussite moyen de l'équipe A est différent au taux de réussite moyen de l'équipe B H1 : f1 ≠ f2

Nous allons passer en revue les 3 tests, les uns après les autres :

- 1) Le détail du code R et la présentation des résultats se retrouvent dans l'annexe 3. Il est important de préciser que la fonction *pnorm*(x) correspond à la fonction de distribution de la loi normale centrée réduite. On se rend ainsi compte que la probabilité critique observée est de 0,2377446, ce qui est nettement supérieur à la valeur 5% qui est souvent retenue comme étant le seuil de significativité. On ne rejette donc pas l'hypothèse nulle

selon laquelle la fréquence de remporter la séance pour l'équipe A est identique à celle de son adversaire.

- 2) Le détail du code R et la présentation des résultats se retrouvent dans l'annexe 4. La probabilité critique est dans ce cas inférieure à un seuil de 5% car elle vaut 0,01896. On rejette donc l'hypothèse selon laquelle A et B ont des probabilités de victoire identiques. Selon cette observation, l'équipe qui commence à tirer dispose en effet d'un avantage si la séance se termine dans les 5 premiers tours.
- 3) Le détail du code R et la présentation des résultats se retrouvent dans l'annexe 5. Les fréquences de l'équipe B sont, dans cette situation, supérieures à celles de l'équipe A. La probabilité critique vaut 0,0876688 et est donc supérieure à un seuil de 5%. On rejette donc l'hypothèse selon laquelle les fréquences de victoires seraient égales pour les deux équipes.

Après avoir réalisé et analysé ces différents tests de comparaison de fréquences, on peut conclure qu'il y a bien une tendance à avoir un avantage à commencer même si ceux-ci ne sont pas tous les trois statistiquement significatifs. On peut toutefois déduire un avantage significatif lorsque la séance se clôture dans les 5 premiers tours, ce qui représente tout de même 75% des cas. À l'inverse, dans le cas où la séance se poursuit aux tours décisifs, la tendance s'inverse et B possède alors un léger avantage (non significatif).

3.2.2. Déterminants de la victoire

3.2.2.1. Marquer en dernier

Lyttleton (2015), a démontré qu'être la dernière équipe à avoir inscrit un but avant la fin des prolongations aurait un impact favorable sur le fait de remporter la séance. Les résultats que nous avons observés dans cette étude ne nous permettent pas de tirer la même conclusion. Au contraire, les chiffres (51,14% contre 48,86%) montrent un léger avantage pour l'équipe qui s'est fait rejoindre en dernier. Bien entendu, tous les matchs s'étant soldés par un score nul et vierge n'ont pas été repris dans ces calculs.

Nous avons également réalisé les calculs lorsque l'égalisation tombait avant les 30 dernières minutes de la fin du temps réglementaire. Parfois, le but égalisateur tombait très tôt dans le match et on aurait ainsi pu se dire que l'impact n'était plus pareil. Néanmoins, lorsque l'on analyse ces résultats, on remarque que la différence entre les deux équipes s'accroît

encore plus mais pas dans le sens auquel on s'attendait. L'équipe ayant été rejointe au tableau d'affichage gagne en effet dans 58,06% des cas.

Une explication à ce phénomène pourrait provenir du fait que les joueurs gèrent moins bien leurs émotions et perdent ainsi leur concentration. Le fait de revenir créerait ainsi un effet déstabilisateur. Un élément qui vient renforcer cette supposition est que nous avons remarqué que les tirs au but étaient manqués (tirs en dehors du cadre) dans 31% des cas quand l'équipe à avoir marqué en dernier gagne. Ce chiffre s'élève à 44% quand l'équipe à s'être faite rejoindre en dernier gagne.

3.2.2.2. Classement FIFA

En outre, dans le modèle présenté par Arrondel, Duhautois et Laslier (2018), le « ranking » était l'une des seules variables ayant été retenue dans leurs modèles car elle était significative. Nous voulions également tester si cet effet était également présent avec nos données. C'est pourquoi, à partir des matchs de 1993 (date de l'apparition du classement FIFA), nous avons été récolter les données et comparer le classement des deux pays au moment du match.

On distingue alors assez facilement que l'équipe ayant un meilleur classement FIFA possède un avantage concurrentiel. Cette équipe l'emporte dans 62,3% des cas contre 37,7% des cas pour l'équipe la moins bien classée. Le fait d'avoir un meilleur classement impacte donc les chances de victoire. On ajoutera cette variable dans notre modèle de manière à vérifier l'hypothèse selon laquelle le classement FIFA aurait un impact sur le fait de remporter la séance existe réellement.

3.2.2.3. Rater en premier

Nous avons analysé l'impact d'être la première équipe à rater un tir au but et vérifier ainsi si cela n'avait pas un effet négatif pour l'équipe A. L'équipe A a du fait de commencer à tirer une plus grande probabilité (63,12%) d'être la première équipe à manquer un coup de pied de réparation. Cela dit, il est primordial de préciser que nous avons comparé à nombre de tirs identiques pour les deux équipes pour limiter cet effet et éviter d'introduire un biais dans l'analyse. De manière assez logique, il vaut mieux rater un tir au but tôt dans la séance. De

fait, plus on rate le premier coup de pied de réparation tard, plus les chances de victoire s'amointrissent. Sur les 10 séances qui ont vu le premier tir raté, l'être après le 5^e tour (ce qui implique que les 5 premiers joueurs de chaque équipe ont tous inscrit leurs coups de pied de réparation), une seule s'est conclue par une victoire.

De plus, l'équipe B ne gagne que dans 30,77% des cas alors que l'équipe A est déclarée « vainqueur » dans 31,46% après avoir raté en premier. Etant donné les proportions assez faibles, nous pouvons déduire assez facilement qu'il ne faut surtout pas être la première équipe à rater son face-à-face car cela a un réel effet sur la détermination du vainqueur. Il n'est pas nécessaire de réaliser un test de comparaison de fréquences pour vérifier le potentiel avantage d'une équipe, nous remarquons que les fréquences sont relativement similaires et peuvent être considérées comme étant égales.

3.2.2.4. Les séquences

Lorsque l'on s'intéresse maintenant aux séquences présentes dans la base de données, on distingue 88 séquences différentes. Pour chacune de celles-ci, nous avons analysé le nombre de fois qu'elle se répétait, si l'équipe gagnante était l'équipe qui avait commencé à tirer ou pas ainsi que de savoir si la séance s'est terminée dans les tours décisifs. Ces séquences ont été analysées à l'issue des tours réguliers, les tours décisifs n'ayant pas été pris en compte.

Pour aller un peu plus loin, on peut comparer les occurrences théoriques d'une séquence et celles réellement observées dans notre base de données. Nous avons déjà abordé la manière dont les calculs ont été réalisés pour le tableau 4. Alors qu'il a simplement suffi de diviser les séquences observées pour chaque résultat par 141 (nombre d'observation totales) pour obtenir le tableau 11. Nous pouvons observer aisément que les proportions théoriques et attendues se ressemblent assez fortement, notre base de données est donc assez bien représentative de la théorie.

En outre, on peut apercevoir des différences au niveau de chaque résultat, à l'intérieur du tableau. À titre d'exemple, la séquence dans laquelle l'ensemble des 10 premiers tireurs réussissent a une probabilité de 4,94%. Cela dit, lorsque l'on regarde notre base de données, on remarque 10 observations, ce qui représente 7,09% des observations (10/141). Enfin, on remarque également que l'équipe A s'impose le plus fréquemment par deux buts d'écart, soit

avec un score de 4-2 (14%) ou 5-3 (12%). À l'inverse, l'équipe B s'impose plus souvent avec une différence d'un but, soit par le score de 3-4 (9%) ou 4-5 (11%).

Tableau 4. Les fréquences théoriques des séquences

	B						
	0	1	2	3	4	5	
0	0,00%	0,00%	0,01%	0,03%	0,05%	0,03%	0,12%
1	0,00%	0,03%	0,16%	0,46%	0,66%	0,37%	1,69%
2	0,01%	0,16%	0,92%	2,63%	3,75%	2,13%	9,61%
3	0,03%	0,46%	2,63%	7,49%	10,67%	6,08%	27,37%
4	0,05%	0,66%	3,75%	10,67%	15,21%	8,67%	39,00%
5	0,03%	0,37%	2,13%	6,08%	8,67%	4,94%	22,22%
	0,12%	1,69%	9,61%	27,37%	39,00%	22,22%	100,00%

Tableau 11. Les fréquences des séquences dans la base de données

	B						
	0	1	2	3	4	5	
0	0,00%	0,00%	0,71%	0,71%	0,00%	0,00%	1,42%
1	0,00%	0,00%	0,71%	2,84%	0,00%	0,00%	3,55%
2	0,00%	0,00%	1,42%	4,26%	3,55%	0,00%	9,22%
3	1,42%	2,13%	2,13%	6,38%	9,22%	0,00%	21,28%
4	0,00%	4,26%	14,18%	4,96%	9,93%	11,35%	44,68%
5	0,00%	0,00%	0,00%	12,06%	0,71%	7,09%	19,86%
	1,42%	6,38%	19,15%	31,21%	23,40%	18,44%	100,00%

3.2.3. Le degré d'importance du tir au but

3.2.3.1. Statistiques descriptives

Le tableau 12 permet de déterminer l'importance des différents tirs au but selon la méthode utilisée par Apesteguia et Palacios-Huerta (2010). Notre objectif est de tester l'hypothèse selon laquelle les tirs au but les plus importants seraient ceux qui rencontreraient un taux de réussite plus faible. Cette hypothèse suggère que les joueurs craqueraient sous la pression des tirs au but et les manqueraient plus facilement. Les analyses sont réalisées *ex ante*, c'est-à-dire avant que le tir ne soit effectué. Ceci implique, que lorsque l'équipe B est menée d'un but, en réalité elle ne l'est pas vraiment puisqu'elle peut égaliser en transformant son tir

au but. Par contre, pour l'équipe A, lorsqu'elle est menée, c'est toujours à nombre de tirs identiques et est donc réellement menée au score.

Il est important de préciser que nous avons été plus précis dans l'analyse. En effet, dans leur article, Apestegua et Palacios Huerta (2010) ont calculé l'importance du tir au but, la probabilité de marquer et la probabilité de gagner la séance de tirs au but pour chaque tour de chaque équipe et chaque fois qu'une équipe se retrouverait dans une des trois situations suivantes : menée au score, égalité, mène au score.

La distinction supplémentaire apportée est d'avoir effectué les calculs pour chaque résultat possible. Par exemple, derrière la situation « Mené » au 4^e tour pour l'équipe A nous retrouvons les calculs de probabilité de gagner, de marquer et de l'importance du tir au but pour les situations suivantes⁷ : 0-1, 0-2, 1-2, 1-3, 2-3.

On remarque ainsi qu'on pouvait apporter une classification additionnelle et les regrouper en position -1 (1-0, 2-1, 3-2) et -2 (3-1, 2-0). Dans ce cas-ci, une situation de -3 n'aurait pas été possible étant donné que l'arbitre aurait déjà sifflé le coup de sifflet final car l'équipe ayant tiré en premier n'aurait plus pu revenir au score. De plus, on a remarqué que chaque situation correspondait à un seul et même type de pénalty, ce qui vient confirmer la qualité des distinctions effectuées à ce niveau-là. De fait, la situation 2-0 au tour 3 pour l'équipe A correspond uniquement à des tirs au but avec un type de pression 6 à savoir un « tir au but de l'avantage ».

Ceci nous a permis de pouvoir différencier les situations : menée d'un but, deux buts et même trois buts (pour l'équipe B au 3^e tour). Ensuite, nous avons regroupé toutes les données en appliquant la formule de la moyenne pondérée afin de n'avoir qu'une seule et même information par situation (menée, égalité, mène).

Avant d'aller plus loin dans l'analyse, intéressons-nous à la manière dont le tableau a été construit. Il est impossible d'obtenir certaines données pour des situations particulières (on peut prendre le premier tir au but pour exemple où il est impossible de mener ou être mené). Par exemple, avant que le premier tireur ne s'avance vers la surface de réparation, il est

⁷ Les résultats détaillés peuvent être consultés dans la base de données

impossible que l'équipe soit menée ou mène au score. La situation est identique pour les autres cases comprenant des barres obliques (/) car elles correspondent à des conditions irréalisables.

Tableau 12. : Importance du tir au but

	Equipe A			Equipe B		
Tour 1	Mené	Egalité	Mène	Mené	Egalité	Mène
Probabilité de marquer	/	74,5%	/	84,8%	66,7%	/
Probabilité de gagner	/	52,5%	/	41,0%	66,7%	/
Importance du tir	/	49,0%	/	82,0%	18,8%	/
N		141		105	36	
Tour 2						
Probabilité de marquer	70,8%	77,2%	87,5%	78,7%	72,5%	71,4%
Probabilité de gagner	29,2%	52,5%	87,5%	39,4%	60,0%	85,7%
Importance du tir	99,3%	37,5%	25,2%	85,5%	40,1%	12,3%
N	24	101	16	94	40	7
Tour 3						
Probabilité de marquer	75,0%	80,0%	73,3%	71,1%	64,9%	78,6%
Probabilité de gagner	30,6%	49,3%	90,0%	34,5%	64,9%	85,7%
Importance du tir	72,7%	39,7%	31,5%	113,3%	73,6%	4,0%
N	36	75	30	90	37	14
Tour 4						
Probabilité de marquer	78,4%	72,1%	71,4%	62,3%	69,2%	61,5%
Probabilité de gagner	16,3%	50,8%	88,1%	24,7%	82,1%	92,3%
Importance du tir	64,4%	89,5%	18,2%	142,0%	65,1%	15,4%
N	37	61	42	77	39	13
Tour 5						
Probabilité de marquer	68,2%	76,1%	88,6%	71,8%	78,8%	/
Probabilité de gagner	6,6%	47,8%	97,1%	38,5%	93,9%	/
Importance du tir	40,2%	111,2%	29,0%	172,8%	46,0%	/
N	33	46	35	39	33	/
Tour 6						
Probabilité de marquer	/	51,4%	/	72,2%	58,8%	/
Probabilité de gagner	/	42,9%	/	38,9%	76,5%	/
Importance du tir	/	87,7%	/	62,5%	65,4%	/
N		35		18	17	

Avant de passer à l'analyse des chiffres, il est important de préciser que nous avons effectué les différents calculs jusqu'au tour 6 puisque la situation est identique au-delà de ce tour. Pour obtenir la probabilité de marquer, on a tout simplement répertorié tous les tirs au but pour chaque situation et on obtient ainsi une proportion de ceux ayant été transformés avec succès. La même méthode a été utilisée pour calculer la probabilité de marquer. En outre, la lettre N correspond au nombre d'observations, ces données ont été importantes de manière à calculer la moyenne pondérée. Enfin, pour calculer l'importance du tir au but nous avons

réutilisé la même méthode de calcul proposée par Apesteguia et Palacios-Huerta (2010), à savoir :

$$\frac{\text{Probabilité de gagner si le tir est marqué} - \text{Probabilité de gagner si le tir est manqué}}{\text{Probabilité de gagner avant le tir}}$$

Par exemple, le « *penalty kick importance* » pour l'équipe A au tour 3 dans la situation 2-2 correspond à :

$$\frac{(1-p \text{ que B gagne si le score est de } 3-2) - (1-p \text{ que B gagne si le score est de } 2-2)}{p \text{ de gagner pour A quand c'est } 2-2}$$

Au premier abord, il est difficile de tirer des enseignements évidents concernant la probabilité de marquer. Toutefois, on remarque les tirs au but « équipe mène » ont une importance nettement inférieure étant donné le contexte. La moyenne pondérée des tirs au but les plus importants, sont observés aux tours 4 et 5 (surtout au 5e tour), lorsque la décision finale approche et le suspense est de mise car la moindre erreur peut être fatale.

Il faut toutefois prendre du recul par rapport à cette observation car le fait que la séance se termine au 5e tour ne signifie pas que le tir au but ait été raté à ce tour. Compte tenu de cette observation, il faudrait appliquer une correction, ce qui viendrait diminuer légèrement les résultats des tours 4 et 5 principalement. À titre illustratif, les tableaux 13 et 14 représentent le dernier tir au but raté quand la séance se termine au 5e tour. On remarque en effet, que la majorité des ratés décisifs surviennent au 4^e tour pour l'équipe B et au 5^e tour pour l'équipe A. En effet, la raison pour laquelle l'équipe B perd au 5^e tour ne s'explique que dans 26% des cas par un tir raté à ce tour-là.

Tableau 13. Dernier tir au but raté quand la séance se termine au 5^e tour par une victoire de l'équipe B

Dernier tir décisif	Observation	Pourcentage
5A	19	53%
4A	7	19%
3A	4	11%
2A	5	14%
1A	1	3%
	36	100%

Tableau 14. Dernier tir au but raté quand la séance se termine au 5^e tour par une victoire de l'équipe A

Dernier tir raté décisif	Observation	Pourcentage
5B	11	26%
4B	18	43%
3B	8	19%
2B	4	10%
1B	1	2%
	42	100%

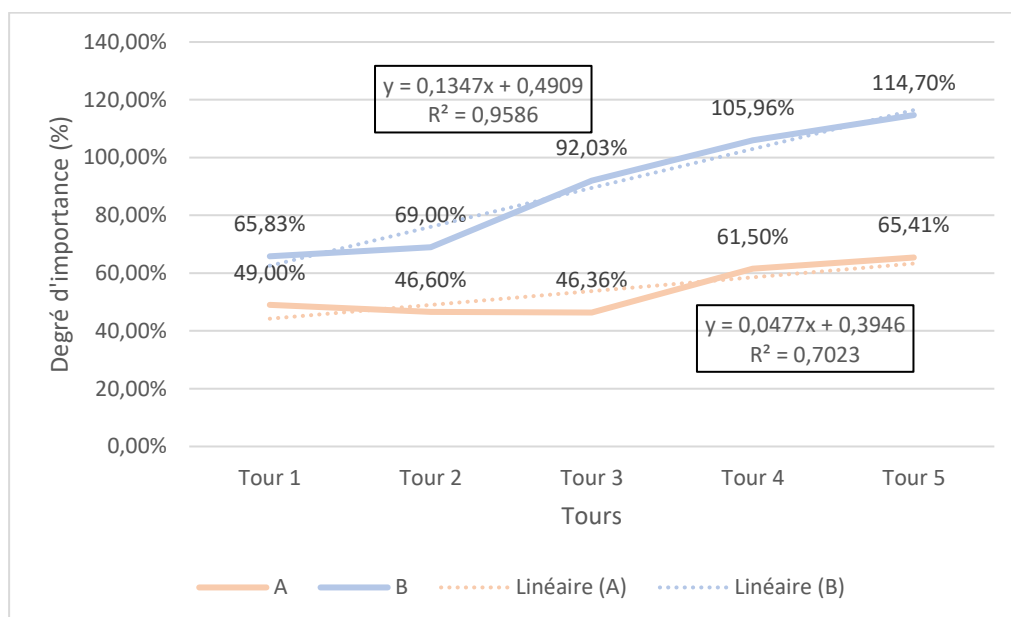
Globalement, on peut mettre en avant le fait que les tirs au but les plus importants se trouvent dans la colonne « égalité » pour l'équipe A et la colonne « menée » pour l'équipe B. C'est assez logique et correspond aux résultats auxquels on était en droit de s'attendre. De fait, l'importance est plus faible lorsque l'équipe mène au score car même si elle rate, la pire situation dans laquelle elle pourrait se retrouver est un score de parité.

La figure 12 présente la relation entre le degré d'importance (y) et l'évolution au fur et à mesure de la séance. Lorsque l'on analyse graphiquement la distinction entre l'importance du tir au but pour l'équipe A et l'équipe B, on remarque assez distinctement que celle de la seconde est plus élevée. Nous réaliserons un test de comparaison de moyenne entre les résultats de l'équipe A et B de manière à vérifier si les différences sont significatives et en déduire potentiellement un avantage à commencer. On observe également, chez les deux équipes cette fois-ci, qu'au fur et à mesure que l'on progresse dans la séance des tirs au but (et donc qu'on s'approche potentiellement de la fin de la rencontre), l'importance croissante des tirs au but. En effet, les pentes des droites des régressions linéaires sont positives. Celle de l'équipe B est plus pentue (0,1347), ce qui implique que le degré d'importance augmente de manière plus forte lorsque l'on avance dans les tours.

Les constantes (0,3946 pour A et 0,4909 pour B), qui correspondent à l'intersection avec l'axe des ordonnées, ne peuvent dans ce cas-ci pas être interprétées car elles représentent virtuellement au tour 0. Elles sont néanmoins nécessaires si l'on veut obtenir une estimation du degré d'importance. Ainsi, pour l'équipe B au tour 4, le point qui passe par la droite de régression est de $0,4909 + 0,1347 \cdot 4 = 102,97\%$, ce qui est relativement proche de la valeur observée (105,96%). Si l'on souhaite réaliser le même calcul pour le tour 3 par exemple, il

suffit simplement de multiplier la constante par 3. Le coefficient de détermination⁸ (R^2) est relativement élevé, respectivement 0.9586 pour l'équipe A et 0.7023 pour l'équipe B ce qui implique que la relation entre le degré d'importance de chaque équipe et le tour s'explique plutôt bien par cette logique.

Figure 12. Evolution du degré d'importance au fil des tours pour les deux équipes



Néanmoins, il est important de prendre du recul par rapport aux résultats et prêter attention aux points suivants :

- Nous rencontrons un premier problème lorsque la probabilité de gagner est égale à 0%. Cette situation se produit lorsque nous n'avons pas de cas de victoires recensé dans les données pour une situation précise (Ex : 0-2). Dans ce cas, on a alors remplacé par un nombre très petit (1%) de manière à obtenir des résultats cohérents.
- Une seconde contrainte correspond au fait que l'importance du tir au but est parfois négative à cause de la probabilité de gagner dans une situation plus favorable qui est inférieure à la probabilité de gagner dans le cas où l'on rate son tir au but. C'est

⁸ Le R^2 correspond au coefficient de détermination du modèle de régression linéaire classique. Ses valeurs sont comprises dans l'intervalle (0;1) et permet ainsi de juger de la qualité du modèle présenté. Plus la valeur est élevée, plus le caractère explicatif de la droite de régression est important. Une valeur égale à 1 implique que tous les points soient exactement alignés sur la droite de régression.

notamment le cas pour l'équipe B lors du second tour dans la situation « équipe menée » (2-0), si le score passe à 2-1, la probabilité de gagner pour l'équipe est de 91% alors que si le tableau d'affichage indique le résultat de 2-0, la probabilité de gagner passe à 75%. Pour résoudre ce problème, nous avons utilisé la moyenne pondérée de la situation « équipe mène » au tour 3 pour l'équipe A.

- Un troisième point d'attention est lié au fait que certains résultats paraissent parfois incohérents. Un exemple concret sera plus explicite : au tour 2, pour l'équipe A le « *penalty kick importance* » dans une situation d'égalité prend des valeurs fortement différentes. De fait, dans une situation de 1-1 elle est égale à 21,9% alors que dans le cas où le score est de 0-0 elle vaut 152,7%. Ce résultat élevé s'explique par une valeur extrême de la probabilité de gagner lorsque le tir au but n'est pas transformé (0%).

La raison principale de ces incohérences provient du fait que la base de données, bien que déjà constituée de 1482 tirs au but, est trop petite. Il aurait fallu élargir nos recherches à d'autres compétitions de manière à éviter les points cités ci-dessus.

3.2.3.2. Test de comparaison de moyennes

De manière à vérifier si la différence entre le degré d'importance des deux équipes est significative, nous allons tester les hypothèses suivantes :

H0, hypothèse nulle : L'importance des tirs au but est plus élevée pour l'équipe B →
H0 : $\mu(A) = \mu(B)$

H1, hypothèse alternative : L'importance des tirs au but est différente pour les deux équipes → H1 : $\mu(A) < \mu(B)$

Pour ce faire, de la même manière que précédemment, il convient tout d'abord de réaliser un test d'égalité des variances. Pour cela, on doit d'abord comparer le F observé qui est de 0,31771427 avec le F critique qui est de 0,87885369 (tableau 15). La zone de rejet se situant à droite du F critique, le F observé ne se trouve pas dans la zone de rejet. On ne rejette donc pas l'hypothèse nulle, les variances peuvent être considérées comme étant égales.

Tableau 15. Test d'égalité des variances de l'hypothèse de degré d'importance identiques

	<i>Equipe A</i>	<i>Equipe B</i>
Moyenne	0,53266473	0,86822478
Variance	0,12806176	0,40307211
Observations	676	624
Degré de liberté	675	623
F	0,31771427	
P(F<=f) unilatéral	0	
Valeur critique pour F (unilatéral)	0,87885369	

Nous sommes ici dans un test unilatéral à gauche car nous voulons voir si la moyenne de B est plus importante que la moyenne de A. Pour ce type de test, si notre valeur observée se retrouve en dehors (à gauche du seuil critique) alors nous rejetons l'hypothèse nulle. Il est important de préciser que nous avons utilisé un alpha de 5%. Etant donné ces dernières caractéristiques, nous avons un t critique de - 1,64602841 (tableau 16). Notre t observé s'élève à -11,853017, donc 0,74052165 et se situe donc dans la zone de rejet, on rejette donc l'hypothèse nulle. Cela signifie donc que l'importance du penalty de l'équipe B est bien supérieure à celle de l'équipe A, les moyennes ne sont pas considérées comme étant égales.

Tableau 16. Test d'égalité des moyennes de l'hypothèse de degré d'importance identiques

	<i>Equipe A</i>	<i>Equipe B</i>
Moyenne	0,53266473	0,86822478
Variance	0,12806176	0,40307211
Observations	676	624
Variance pondérée	0,26005826	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	1298	
Statistique t	-11,853017	
P(T<=t) unilatéral	3,7951E-31	
Valeur critique de t (unilatéral)	1,64602841	
P(T<=t) bilatéral	7,5903E-31	
Valeur critique de t (bilatéral)	1,9617933	

3.2.4. La pression et l'enjeu

Dans la majeure partie des cas (sauf pour le tir au but de la victoire), même si un joueur convertit son tir au but, il n'est pas certain que son équipe finira par gagner. De la même manière, si le joueur rate (sauf pour le tir au but de la survie), il n'est pas certain que cela provoquera la défaite de son équipe. Les conséquences sur le résultat final sont donc incertaines. Le tireur aborde cette incertitude sur base de deux facteurs principaux : la pression et l'enjeu. Nous avons estimé ces paramètres dans chaque situation.

Il convient alors de fournir une explication sur la manière utilisée pour obtenir ces valeurs. Nous avons besoin à chaque étape de la séance de tirs au but, et selon la séquence, des trois composantes suivantes :

- P0 : Probabilité de gagner pour l'équipe du tireur avant qu'il ne tire
- P+ : Probabilité de gagner si le tir au but est marqué
- P- : Probabilité de gagner si le tir au but est raté⁹

Une séance de tirs au but peut être considérée comme un arbre de jeu, où chaque tir représente un nœud allant de 1 à 10 (ou 9) lorsque cela se termine au 5^e tour. Tous les chiffres impairs correspondent à des tirs de l'équipe A alors que les chiffres pairs correspondent à des tirs de l'équipe B. À chaque tour, il existe 2 possibilités, le tir au but peut être soit transformé (représenté par un 1 dans la dernière colonne du tableau 17), soit raté (représenté par un 0 cette fois-ci). Il est important de préciser que nous étudions ce phénomène ex ante, c'est-à-dire avant que le joueur ne s'avance vers le point de pénalty. Ainsi, le résultat avant le tir du premier tireur de la première équipe est de 0-0. Ensuite, le résultat évolue en fonction de leurs transformations.

Prenons l'exemple du tir au but 5 d'une des séances observées (dont le vainqueur est l'équipe B sur le score de 5-4) dans notre échantillon pour illustrer nos explications. C'est donc le tour d'un joueur de l'équipe A. Tout le monde a jusque-là converti son face à face avec le gardien, le score s'élève donc à 2-2. Dans de telles conditions, la probabilité de gagner si le

⁹ Toutes les informations concernant p+ et p- proviennent des calculs précédemment réalisés pour le degré d'importance du tir au but. Ce qui implique également que les 3 points d'attentions et les limites observées dans la partie précédente sont toujours d'application et sont identiques pour l'enjeu et la pression.

joueur marque passe à 52% alors que les chances de remporter la victoire s'il rate tombent à 34%. La probabilité de gagner s'élève donc à 48% et est calculée de la manière suivante :

$$0,74 * 0,52 + (1-0,74) * 0,34$$

$$P0 = \text{probabilité de marquer} * P^+ + (1 - \text{probabilité de marquer}) * P^-$$

Il est important de relever que le 0,74 provient du taux de transformation moyen d'un tir au but que nous avons déjà abordé à plusieurs reprises. La pression étant caractérisée par la probabilité (ex ante) de perdre le match, soit $1-p_0$, elle s'élève dans ce cas-ci à 52%. Alors que l'enjeu correspond quant à lui à la différence entre p^+ et p^- et s'élève ici à 18%. Finalement, le tir au but a été transformé et nous passons alors au tir 6 avec un résultat de 3-2. Le tableau 17 se lit donc de manière horizontale, ligne après ligne.

Tableau 17. La pression et l'enjeu

Séquence	1111110111						
Equipe	Tir au but	Résultat (ex ante)		P0	P+	P-	Transformation du tir au but
A	1	0	0	50%	56%	33%	1
B	2	1	0	37%	46%	13%	1
A	3	1	1	52%	55%	43%	1
B	4	2	1	42%	54%	9%	1
A	5	2	2	48%	52%	34%	1
B	6	3	2	49%	63%	12%	1
A	7	3	3	42%	50%	19%	0
B	8	3	3	85%	99%	45%	1
A	9	3	4	0%	0%	0%	1
B	10	4	4	89%	100%	57,1%	1

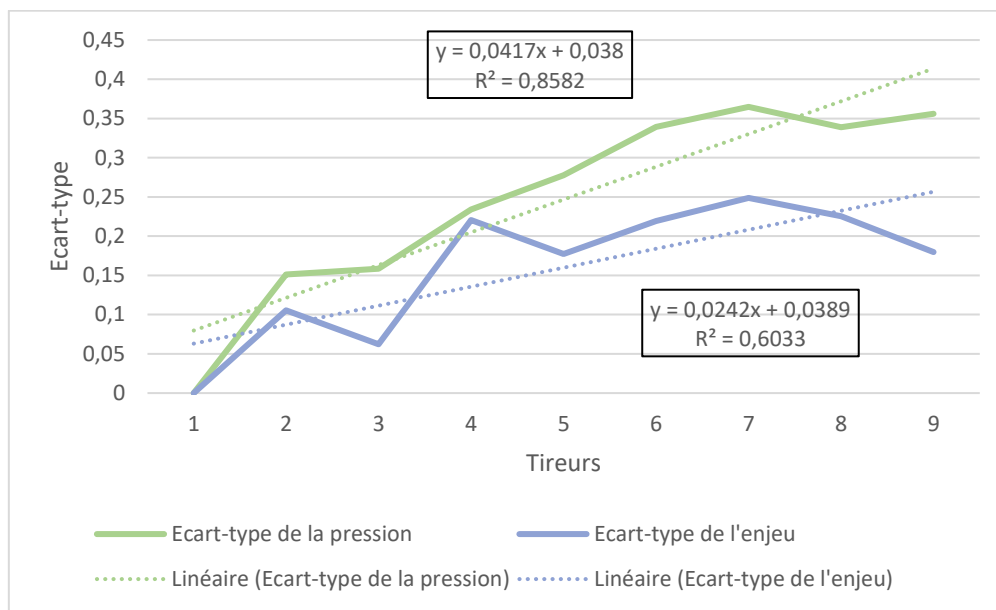
Lorsque l'on compare la pression moyenne de tous les tirs au but manqués (49,62%) à celle des tirs au but inscrits (48,74%), on s'aperçoit que la différence entre les deux est inférieure à un point de pourcentage. Les mêmes conclusions peuvent être tirées lorsque l'on s'intéresse à l'enjeu. Selon cette analyse, il est impossible de déduire un impact considérable de la pression et l'enjeu sur la probabilité de transformer son pénalty. Il est important de préciser que nous avons pu réaliser cette comparaison grâce à la distinction réalisée pour la pression, l'enjeu et des différentes probabilités pour chaque résultat (Annexe 6).

Dans un premier temps, nous nous sommes simplement intéressés aux moyennes des deux facteurs. On s'est très rapidement rendu compte que leurs valeurs étaient à peu de choses près similaires. Néanmoins, lorsque l'on s'intéresse à l'évolution de l'écart-type de la pression et l'enjeu au fil des tours, on distingue dans la figure 13 deux relations linéaires entre le tour et le niveau de pression mais également avec le niveau d'enjeu. De fait, plus on avance dans les tours et plus on se retrouve face à des situations de pression et d'enjeu totalement différentes et donc au plus l'écart-type augmente. Par exemple, au 9^e tir, le joueur A peut se retrouver face à des situations avec des niveaux de pression et d'enjeu totalement différents :

- Si le score indique un avantage de +1 (exemple 4-3) : nous sommes dans le cas d'un tir au but de la gagne, la pression est assez faible car même si le joueur rate, l'équipe A peut toujours gagner si le 10^e tireur rate.
- Si le résultat indique un score de parité (exemple 4-4) : nous sommes dans le cas d'un tir au but dangereux, l'enjeu y est donc assez élevé car si le joueur ne marque pas alors l'équipe adverse peut remporter la séance au tour suivant.
- Si le score indique un désavantage de -1 (exemple : 2-3) : nous sommes alors dans le cas d'un tir au but de la survie. La pression est donc très importante car si le joueur rate la séance est terminée et l'équipe B est déclarée victorieuse. L'enjeu est quant à lui très faible car si le 5^e tireur de l'équipe B converti son face à face avec le gardien la séance est terminée.

Les constantes (0,038 pour la pression et 0,0389 pour l'enjeu), qui correspondent à l'intersection avec l'axe des ordonnées, ne peuvent dans ce cas-ci pas être interprétées car elles représentent virtuellement le tour 0. Elles sont néanmoins nécessaires si l'on veut obtenir une estimation d'un point particulier sur la droite de régression. Les pentes sont également toutes les deux positives ce qui implique que les écarts-types augmentent au fil des tours. Le coefficient de détermination (R^2) est relativement élevé, respectivement 0.8582 pour la pression et 0.6033 pour l'enjeu. On remarque que l'écart-type de la pression est plus ou moins similaire lors des tours 4 et 5 alors qu'il diminue même pour l'enjeu. Etant donné que la décision approche, la pression et l'enjeu possèdent des valeurs plus importantes de manière générale ce qui implique moins de variation et donc un écart-type plus faible. Sur base de cette analyse, l'enjeu et la pression jouent un rôle dans la détermination de l'ordre idéal dans lequel placer les joueurs.

Figure 13. Evolution de l'écart-type de la pression et l'enjeu au fil des tours



3.2.5. Classification des tirs au but

Arrondel Duhautois et Laslier (2018) ont classé les tirs au but selon 3 situations différentes :

- « *Catch-up kick* » : Correspond en quelque sorte à un coup de pied de rattrapage. Lorsque le joueur tire et que son équipe n'a qu'un but de retard avec un coup de pied de réparation en moins.
- « *Break-point kick* » : Concerne la situation où, pour un nombre de tirs identiques, l'équipe du tireur a un but d'avance.
- « *Survival kick* » : concerne la situation où pour un nombre de tirs identiques, l'équipe du frappeur est en retard d'un but.

Ils ont constaté qu'il y avait un avantage psychologique à être dans une situation de « confort », c'est-à-dire lorsque l'équipe mène au score. Ils ont également montré que la probabilité de marquer est plus faible lorsqu'on joue un coup de pied de rattrapage que lorsqu'on joue sa survie. On a réalisé une approche encore plus sophistiquée et plus détaillée dans ce travail de manière à vérifier s'il est possible d'établir de tels liens entre le type de tir au but et la probabilité de marquer. On a répertorié 7 situations différentes :

- 1) « Tir au but de la survie » : correspond à la situation dans laquelle le tireur condamne son équipe s'il ne marque pas son coup de pied de réparation.

2) « Tir au but dangereux » : correspond à la situation où si le tireur n'inscrit pas son coup de pied de réparation alors son adversaire peut gagner au tour suivant

3) « Tir au but mené » : correspond à la situation, où à un nombre de tirs identiques, l'équipe du tireur a un ou plusieurs buts de retard.

4) « Tir au but d'alignement » : correspond à la situation, où avec un tir en moins réalisé, l'équipe du joueur a un tir en moins.

5) « Tir au but neutre » : correspond à la situation, où à un nombre de tirs identiques, l'équipe du tireur est à égalité avec son adversaire.

6) « Tir au but de l'avantage » : correspond à la situation, où à un nombre de tirs identiques, l'équipe du tireur a un ou plusieurs buts d'avance mais également lorsque l'équipe du joueur peut prendre l'avantage (avec un nombre de tirs inférieurs) s'il convertit son coup de pied de réparation.

7) « Tir au but de la gagne » : correspond à la situation dans laquelle le tireur offre la victoire à son équipe s'il marque.

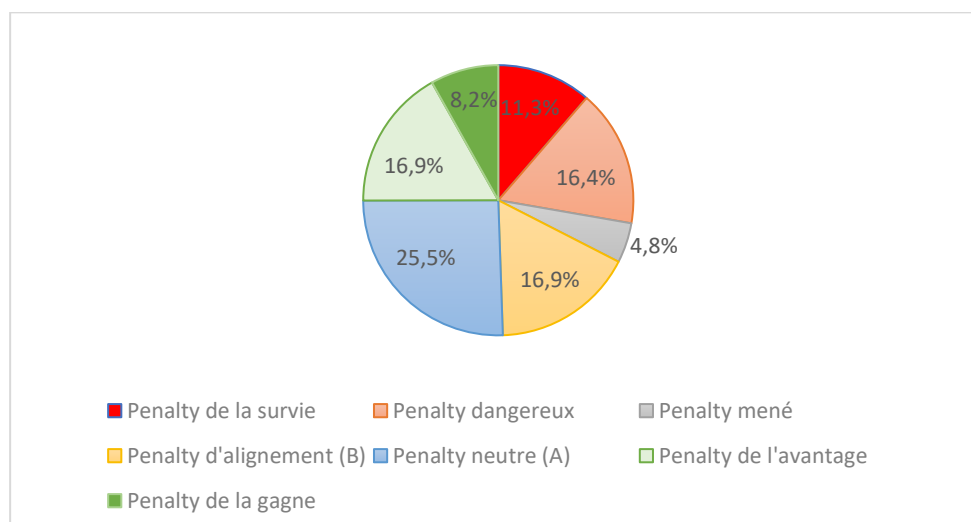
Après avoir classé les tirs au but en fonction de leurs caractéristiques, il est désormais possible de réaliser la figure 14 représentant la répartition des tirs au but en fonction de leurs caractéristiques. D'une part, on remarque ainsi qu'un peu plus d'un quart des tirs au but appartient à la classification de « neutre ». Cela s'explique par le fait que l'entièreté des premiers tirs se rapporte à cette catégorie. D'autre part, les tirs au but « menés » sont ceux qui reviennent le moins souvent, dans seulement 4,8%. La raison n'est pas qu'il n'y ait que très peu de tirs au but « menés » mais plutôt parce qu'ils sont répartis en différentes autres classes (« alignement », « dangereux », « survie »). Comme l'illustre le diagramme circulaire, les 70 derniers pourcents se répartissent entre les 5 classes restantes.

Il est important de remarquer que nous avons classé (de 1 à 7) les tirs au but de la situation la moins agréable (« tir au but de la survie ») à la situation la plus confortable (« tir au but de la gagne »). De plus, il est possible d'établir 10 vérités générales sur les types de tirs au but qui, au premier abord, ne paraissent pas évidentes :

- 1) Compte tenu de la classification réalisée, les tirs au but de type « neutre » sont uniquement réservés à l'équipe ayant commencé à tirer, l'équipe A.

- 2) Compte tenu de la classification réalisée, les tirs au but dit « d'alignement » sont uniquement réservés à l'équipe commençant à tirer en second car il est impossible pour l'équipe A d'avoir un tir en moins.
- 3) La séance débute toujours avec un tir au but « neutre ».
- 4) La séance se termine toujours avec un tir au but « de la gagne » ou « de la survie »
- 5) Les tirs décrits au point précédent ne peuvent apparaître qu'à partir du 3^e tour (pour la deuxième équipe), pas avant. Il n'est en effet pas possible que la séance se termine avant d'avoir atteint ce tour.
- 6) Le 5^e tour représente déjà une situation décisive et est comparable aux tours décisifs car seuls les 2 types de tirs au but déterminants mentionnés aux points 4 et 5 sont représentés.
- 7) On ne retrouve plus que 3 situations différentes dans les tours décisifs (y compris le 5^e comme nous venons de l'expliquer), à savoir les coups de pied de réparation « de la survie », « dangereux » et « de la gagne ». Les autres situations ne sont effectivement plus réalisables.
- 8) Il n'est plus possible d'observer des tirs au but de l'alignement après le 3^e tour. Le 4^e tour représentant déjà des circonstances comparables aux tours décisifs pour B.
- 9) Chaque résultat final ou partiel différent ne représente qu'une seule et même classe de tirs au but. Par exemple, la situation 2-0 au tour 3 pour l'équipe A correspond uniquement à des tirs au but « de l'avantage ».
- 10) Chaque séance possède au minimum un tir au but « dangereux » ainsi qu'un ou plusieurs pénaltys « de la survie » ou « de la victoire ».

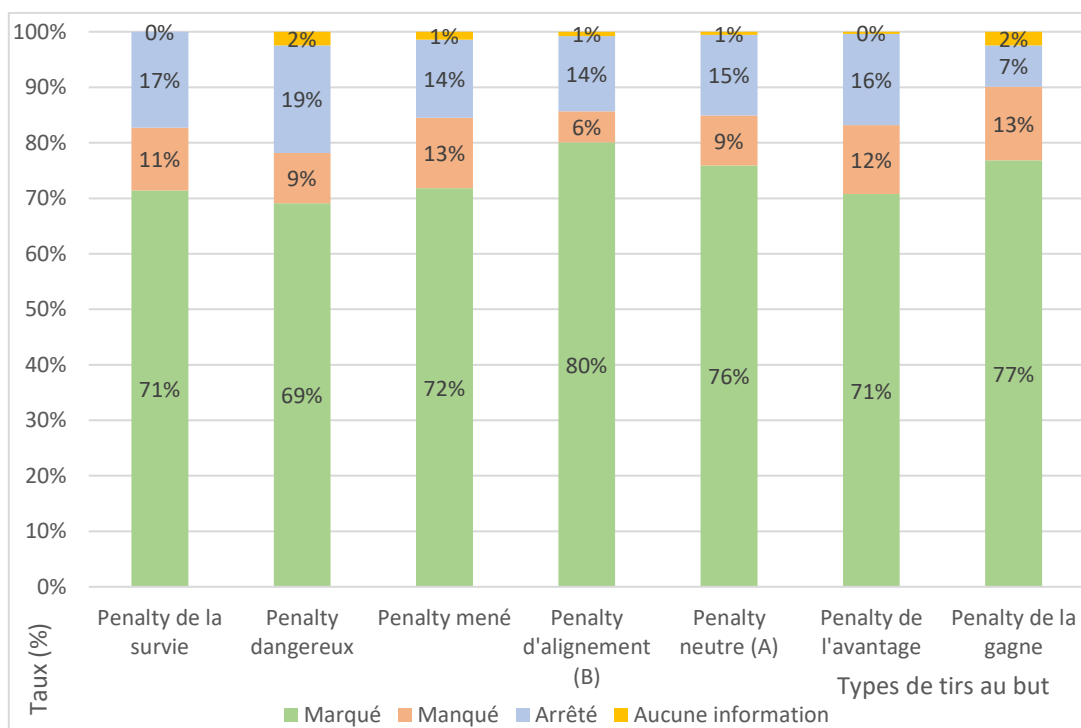
Figure 14. Répartition par type de tir au but



Abordons maintenant les tirs manqués, marqués et arrêtés qui comme affiché dans la figure 15 ont été classés en fonction des caractéristiques du coup de pied de réparation. L'idée ici est de montrer que certains tirs au but sont plus propices à être manqués et d'autres plus propices à être inscrits. On peut représenter le fait de manquer son tir au but par une pression psychologique plus intense pour les joueurs, cela représenterait une perte totale de contrôle. En effet, tirer dans le cadre (entre les poteaux) représente une situation très facile pour des joueurs de football professionnels. On constate ainsi que 2/5 des tirs au but non marqués sont manqués. Le gardien arrête donc lui-même le ballon dans 60% des tirs au but ratés.

La proportion de tirs au but « de la gagne » manqués (13%) est supérieure à ceux étant arrêtés (7%), comportant une grosse différence avec les autres occurrences. Une explication plausible serait que dans cette position, la pression diminuerait et que conjointement la concentration des joueurs s'amoinerait. Une autre piste serait que les joueurs perdraient plus leurs moyens à cause de la perspective de gagner et de fait l'euphorie de pouvoir offrir la victoire à leur équipe. L'anxiété du tireur est, comme on le voit, bien plus complexe que ne le laisse supposer la simple hypothèse de celui qui commence à l'avantage.

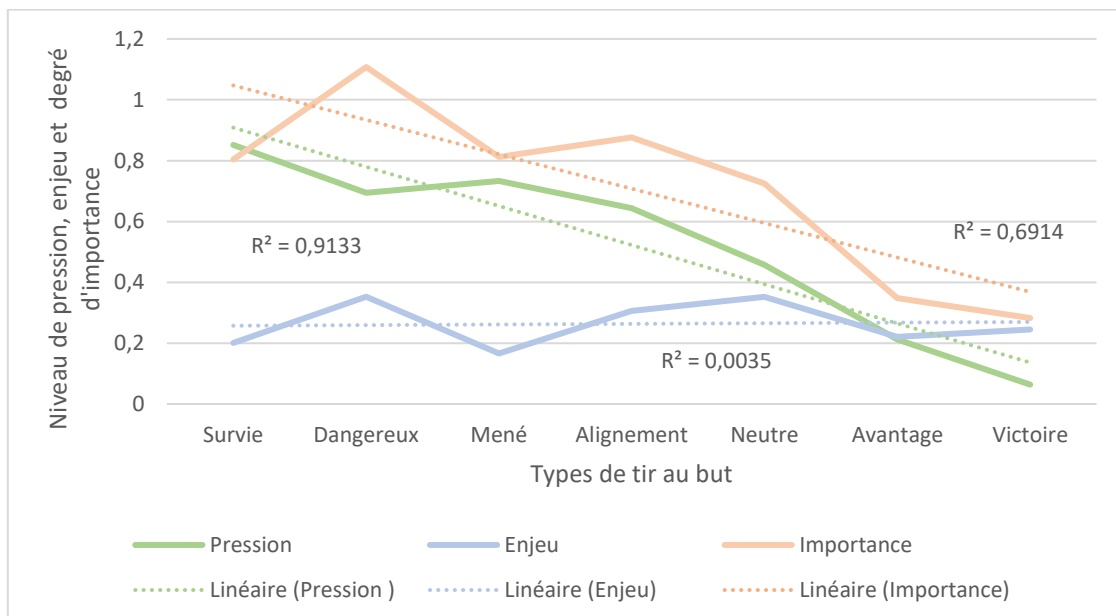
Figure 15. Proportion de tir au but marqués, manqués et arrêtés en fonction du type de tir au but



En outre, on constate également que le « tir au but dangereux » (69.1%) présente le taux de réussite le plus faible suivi par le « tir au but de l'avantage » (70.8%). À l'inverse, le « tir au but d'alignement » (80%), le plus représenté dans ma base de données, possède le taux de transformation le plus élevé. On remarque ainsi une différence supérieure à 10 points de pourcentage entre les deux situations les plus extrêmes. Nous allons vérifier si les différences de niveau de l'importance, l'enjeu ou la pression peuvent expliquer les différences de résultat.

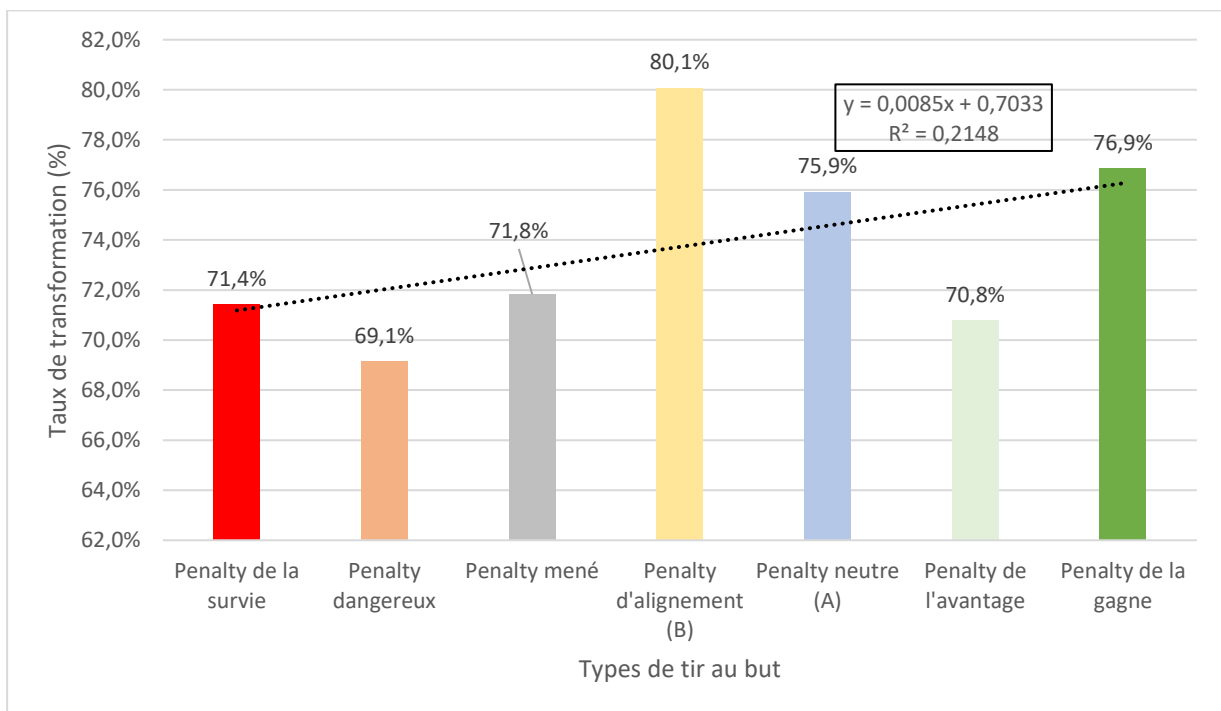
Qui plus est, on aperçoit dans la figure 16 que le classement que nous avons réalisé, à savoir de la situation la moins favorable à la plus favorable, s'avère cohérent. L'importance et la pression diminuent au fur et à mesure que l'on se dirige vers un « tir au but de la victoire » alors que l'enjeu reste plus ou moins identique pour les différents types de coups de pied de réparation. On observe ainsi des pentes négatives pour les deux relations entre les différents types de pénaltys (x, variable indépendante) et le degré d'importance du tir (y, variable dépendante) mais également avec le niveau de pression (y, variable dépendante). Les coefficients de détermination de ces deux relations sont relativement élevés, respectivement 0,6914 et 0,9125. Cela signifie donc qu'il existe une relation avec le type de tir au but.

Figure 16. Proportion de tir au but marqué, manqué et arrêté en fonction du type de tir au but



Compte tenu de cette observation, on pourrait s'attendre à ce que le taux de réussite soit croissant quand la situation devient plus favorable. On note tout de même que la pente de la courbe de tendance est positive (0,0085) dans la figure 17, ce qui implique que la relation évolue bien dans ce sens. Néanmoins, on constate que le R^2 du modèle et donc la relation entre le taux de réussite (y) et le type de tir au but (x) est assez faible car il s'élève seulement à 0,2148. La constante (0,7033) ne peut dans ce cas-ci pas être interprétée car elle représente un type non représenté. Elle est néanmoins nécessaire si l'on veut obtenir une estimation d'un point particulier sur la droite de régression. Ainsi, pour le « tir au but neutre », le point qui passe par la droite de régression est de $0,7033 + 0,0085 \cdot 5 = 74,58\%$, ce qui est relativement proche de la valeur observée (75,9%). Nous avons utilisé un multiplicateur de 5 car ce type de tir au but est 5^e dans le classement que nous avons réalisé, pour un tir au but « mené » le multiplicateur aurait été de 3.

Figure 17. Taux de réussite en fonction du type de tir au but



3.3. Modèles économétriques

Au cours de ce travail, nous avons abordé différentes variables et mis en avant de nombreuses caractéristiques. Notre objectif d'analyse de lien consiste alors à vérifier leurs significativités et leurs impacts. C'est pourquoi, nous avons mis en place 2 modèles économétriques avec les 2 variables dépendantes binaires suivantes :

- La victoire
- La transformation du tir au but

3.3.1. Modèle 1 : Impact sur la victoire

Le premier modèle économétrique étudie ainsi l'impact des variables indépendantes (x) sur la victoire (variable dépendante, y). L'ensemble des différents facteurs que nous avons testés sont repris dans le tableau 18 ci-dessous.

Tableau 18. Liste des variables du modèle 1

Types	Noms	Signification	Codes
Variables explicatives	Classement	Classement FIFA	1 si l'équipe a un meilleur classement, 0 sinon
	Dernier à avoir marqué dans le match	Dernier à avoir marqué dans le match	1 si l'équipe est la dernière à avoir marqué, 0 sinon
	Commencer à tirer	Commencer à tirer en premier	1 si l'équipe a commencé à tirer, 0 sinon
	Domicile	Pays organisateur de la compétition	1 si l'équipe joue à domicile, 0 sinon
	Extérieur	Equipe qui joue contre le pays organisateur	1 si l'équipe joue à l'extérieur, 0 sinon
	Neutre	Equipe qui joue sur un terrain neutre	1 si l'équipe joue sur un terrain neutre, 0 sinon
Variabes à expliquer	Victoire	Remporter la séance de tirs au but	1 si la séance est remportée, 0 sinon

Dans un premier temps, nous n'avons pas pris en compte la variable « classement ». En effet, étant donné que nous avons des données uniquement à partir de 1993 pour cette variable, nous ne possédons aucune information pour 54 observations. Au total, le modèle reprend donc ici 282 observations différentes. Ce qui correspond au double de 141, qui est le nombre de séances totales observées. En effet, nous avons scindé chaque séance en deux, obtenant ainsi une observation pour chaque pays. Ainsi, de manière assez logique nous avons pour chaque match, une observation de défaite et une victoire. Etant donné que la somme des variables

domicile, extérieur et neutre sont égales à 1, il convient d'en retirer une de manière à éviter une multicolinéarité parfaite. Cette variable représentera la constante du modèle. L'absence de multicolinéarité parfaite est une des conditions requises pour pouvoir réaliser un modèle linéaire.

Il est nécessaire de donner un petit mot d'explication sur les éléments présentés dans la figure 18 :

- La colonne « Estimate » indique les paramètres estimés
- La colonne « Std. Error » indique les écarts-type
- La colonne « t-value » indique les valeurs de la statistique utilisée
- La dernière colonne indique le niveau de significativité

Figure 18. Résultats du premier modèle (sans « classement »)

```

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.5620 -0.5022 -0.4331  0.4932  0.5669

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    0.47176    0.05104    9.243  <2e-16 ***
b$`Tir en premier`  0.05986    0.06183    0.968   0.334
b$`Dernier buteur` -0.01376    0.06481   -0.212   0.832
Domicile       -0.02487    0.09097   -0.273   0.785
Extérieur      0.03041    0.09105    0.334   0.739
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5036 on 276 degrees of freedom
(1 observation effacée parce que manquante)
Multiple R-squared:  0.00376,    Adjusted R-squared:  -0.01068
F-statistic: 0.2604 on 4 and 276 DF,  p-value: 0.9031

```

Nous rejetons l'hypothèse nulle de non-significativité de la variable au seuil de 10%, c'est-à-dire lorsque la p-value est inférieure à 0,10. La *p-value* indique ainsi le risque que l'on a de se tromper si on rejette l'hypothèse nulle de non-significativité. Après analyse, on se rend compte qu'aucune des quatre variables n'est significative au seuil de 10%. Néanmoins, lorsque l'on ajoute la variable « classement », on se rend compte qu'elle est significative avec un alpha de 0,1% (figure 19). Les autres variables, y compris le fait de commencer la séance, sont considérées comme étant non-significatives. On remarque également qu'avec cet ajout les valeurs des autres variables ont été modifiées. Le coefficient de base de « domicile » était égal à -0,02487. Lorsque nous ajoutons la variable classement, ce coefficient change. Il est

maintenant égal à 0,06155. On peut expliquer cette différence par le fait qu'on ait ajouté une variable plus pertinente.

Nous analysons uniquement la variable significative dans ce cas-ci, à savoir le « classement ». D'après le signe ainsi que la valeur du paramètre estimé, nous pouvons déduire que lorsque la valeur du classement FIFA augmente d'un point de pourcentage en plus alors la probabilité de remporter la victoire augmente de 26,038% points de pourcentage. Avoir un meilleur classement FIFA a donc un impact positif sur la victoire.

En outre, le coefficient de détermination, le R^2 correspond ici à la capacité du modèle à expliquer pourquoi une équipe sort vainqueur ou pas d'une séance de tir au but. On remarque ici que sa valeur est relativement faible (0,07389). Cette observation signifie qu'il existe d'autres paramètres, n'ayant pas été pris en compte dans ce modèle, permettant d'expliquer la victoire d'une équipe. Le caractère explicatif de la victoire par ces variables est donc relativement faible.

Figure 19. Résultats du premier modèle

```

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.69317 -0.42238  0.00938  0.39072  0.71192

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    0.34889    0.06242    5.590 6.64e-08 ***
b$Classement   0.26038    0.06583    3.955 0.000103 ***
b$`Tir en premier` 0.07349    0.06606    1.112 0.267135
b$Domicile     0.06155    0.09822    0.627 0.531546
b$Extérieur   -0.06081    0.09821   -0.619 0.536420
b$`Dernier buteur` -0.05114    0.07002   -0.730 0.465937
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.4876 on 222 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.07389, Adjusted R-squared:  0.05304
F-statistic: 3.543 on 5 and 222 DF, p-value: 0.004213

```

3.3.2. Modèle 2 : Impact sur la transformation du tir au but

Nous avons réalisé un second modèle économétrique pour étudier l'impact de plusieurs variables indépendantes (x) sur la transformation d'un tir au but (variable dépendante, y). L'ensemble des différents facteurs que nous avons testés sont repris dans le tableau 19 ci-dessous.

Tableau 19. Liste des variables du modèle 2

Types	Noms	Signification	Codes
Variables explicatives	Survie	Tir au but de la survie	1 si le type de tir au but correspond, 0 sinon
	Dangereux	Tir au but dangereux	
	Mené	Tir au but mené	
	Alignement	Tur au but de l'alignement	
	Neutre	Tir au but neutre	
	Avantage	Tir au but de l'avantage	
	Victoire	Tir au but de la victoire	
	Huitième	Huitième de finale	1 si le tour du tir au but correspond, 0 sinon
	Quart	Quart de finale	
	Demi	Demi-finale	
	Finale	Finale	
	Troisième	Match pour la 3e place	
	Importance	Degré d'importance du tir au but	Variable continue
	Enjeu	Enjeu du tir au but	Variable discrète continue (compris entre 0 et 1)
Pression	Pression du tir au but	Valeur discrète continue (compris entre 0 et 1)	
Variables à expliquer	Réussite	Convertir le tir au but	1 si le tir au but est transformé, 0 sinon

Au total, le modèle reprend 1300 observations différentes. Ce qui correspond au nombre de tirs au but dans les 5 premiers tours. En effet, nous n'avons pas mesuré le degré d'importance, l'enjeu et la pression pour les tirs au but se poursuivant au-delà du 5^e tir au but. De la même manière que dans le premier modèle, nous avons retiré de manière arbitraire les variables « troisième » et « alignement » de manière à éviter la multicolinéarité parfaite. Ces variables seront maintenant reprises dans la constante.

Comme nous l'avons déjà mentionné, nous rejetons l'hypothèse nulle de non-significativité de la variable au seuil de 10%. Après analyse, on se rend compte que 6 variables (survie, dangereux, avantage, huitième, enjeu et importance) ont un seuil inférieur à 10%. D'après le signe ainsi que la valeur du paramètre estimé des différentes variables significatives nous pouvons déduire que :

- La constante a une valeur de 0,84121 et est toujours significative. Elle représente ici le taux de transformation des tirs au but d'alignement lors d'un match pour la troisième place. Etant donné que la constante est relativement élevée, nous remarquons que les coefficients de la majorité des variables explicatives sont négatifs et impactent donc négativement la variable dépendante.
- Nous pouvons interpréter les variables de la « survie », « dangereux », « avantage » et « huitième » de la même manière. En effet, étant donné leurs signes négatifs, nous pouvons déduire qu'ils ont une probabilité plus faible d'être convertis en but, leur impact est donc négatif sur la conversion en but.
- Lorsque l'importance et l'enjeu augmentent d'un point de pourcentage alors la probabilité d'inscrire son tir au but diminue de 7,4 points de pourcentage pour le degré d'importance et augmentent respectivement de 15,35 points de pourcentage pour l'enjeu. Le taux de transformation diminue donc avec un degré d'importance plus élevé et augmente avec un niveau d'enjeu plus élevé.

De plus, le R^2 correspond ici à la capacité du modèle à expliquer pourquoi le tir au but est dans certain cas réussi ou pas. On remarque ici que sa valeur est relativement faible (0,01563). Cette observation signifie qu'il existe d'autres paramètres, n'ayant pas été pris en compte dans ce modèle, permettant d'expliquer la réussite d'un tir au but. Le caractère explicatif de ces variables est donc relativement faible (figure 20).

Figure 20. Résultats du second modèle

Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	0.84121	0.06051	13.902	< 2e-16	***
b\$survie	-0.09010	0.04621	-1.950	0.05143	.
b\$dangereux	-0.10804	0.04145	-2.607	0.00925	**
b\$mené	-0.06732	0.06122	-1.100	0.27168	
b\$neutre	-0.03909	0.03742	-1.045	0.29630	
b\$avantage	-0.08520	0.04153	-2.052	0.04042	*
b\$ victoire	-0.01676	0.05090	-0.329	0.74198	
b\$huitième	-0.11163	0.05719	-1.952	0.05115	.
b\$quart	-0.05445	0.04723	-1.153	0.24916	
b\$demi	-0.03005	0.05012	-0.599	0.54895	
b\$finale	-0.06706	0.05315	-1.262	0.20724	
b\$pression	0.04229	0.06465	0.654	0.51314	
b\$enjeu	0.15354	0.08711	1.763	0.07820	.
b\$importance	-0.07423	0.03100	-2.395	0.01678	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 0.4341 on 1286 degrees of freedom					
Multiple R-squared: 0.01563, Adjusted R-squared: 0.005682					

Enfin, de manière à regrouper toute l'information, nous avons réalisé le tableau 20, récapitulatif de la significativité de nos variables indépendantes pour les deux variables dépendantes.

Tableau 20. Tableau récapitulatif de la significativité des variables

Variables dépendantes	Variables indépendantes	Significativité
Réussite	Survie	OUI
	Dangereux	OUI
	Mené	NON
	Neutre	NON
	Avantage	OUI
	Victoire	NON
	Huitième	OUI
	Quart	NON
	Demi	NON
	Finale	NON
	Troisième	NON
	Importance	OUI
	Enjeu	OUI
	Pression	NON
Victoire	Classement FIFA	OUI
	Dernier à avoir marqué dans le match	NON
	Commencer à tirer	NON
	Domicile	NON
	Extérieur	NON

4. Implications managériales

4.1. Ordre idéal des tireurs pour les deux équipes

Les différentes études précédentes proposaient simplement un ordre inversé des tireurs en fonction de leurs qualités (McGarry et Franks, 2000) ou d'assigner le joueur le plus à l'aise face à cette situation au premier tour (Vandebroek, McCann et Vroom, 2018). Après analyse de l'importance du tir, le taux de réussite aux différents tours, la pression ainsi que l'enjeu de chaque tir au but, nous sommes maintenant en mesure de proposer un ordre des tirs au but.

Nous sommes partis de l'idée proposée par McGarry et Franks (2000) qui serait d'assigner les 5 meilleurs tireurs en ordre inversé mais nous apportons plusieurs modifications. Ainsi, le 5^e meilleur joueur de chaque équipe, encore sur le terrain au moment de la séance de tirs au but, tirerait en premier, le 4^e meilleur tirerait en second et ainsi de suite. On apporte toutefois deux modifications à cette proposition. La première consiste à inverser le meilleur et le second meilleur tireur pour l'équipe B et non pour l'équipe A. Les raisons qui motivent ce choix sont les suivantes :

- Le 5^e tireur de l'équipe A ne tire que dans 80,14% (113/141) et celui de l'équipe B dans 51,06% (72/141). Alors que lors du tour 4, les joueurs de l'équipe A et B s'avanceront vers le point de penalty dans respectivement 99,29% (140/141) et 91,49% (129/141). La probabilité de tir est donc nettement supérieure au tour 4 pour l'équipe B (la différence pour l'équipe A est nettement moins importante), il serait dommage de ne pas profiter pleinement des capacités du meilleur tireur.
- Les facteurs d'importance et d'enjeu sont quasiment similaires pour le tour 4 et 5, certainement avec la correction qu'il faudrait apporter comme nous l'avons abordé précédemment. La pression du 5^e tour étant quant à elle, même inférieure à celle du 4^e pour l'équipe B.
- Les taux de réussite des coups de pied de réparation lors du tour 4 représentent les pourcentages les plus faibles pour les deux équipes. La différence se fait encore plus ressentir pour l'équipe B car seulement 64,8% des tirs ont été convertis alors que la moyenne générale se situe à 74,02%.

- La majorité des ratés décisifs survient au 4^e tour pour l'équipe B et au 5^e tour pour l'équipe A. En effet, la raison pour laquelle l'équipe B perd au 5^e tour ne s'explique que dans 26% des cas par un raté à ce tour-là.

Cette légère modification peut être d'une importance capitale. En effet, si le Portugal avait placé Cristiano Ronaldo comme 4^e tireur lors de la demi-finale de l'Euro 2012 entre l'Espagne et le Portugal peut-être que la *Roja* n'aurait pas été championne d'Europe cette année-là. Le 4^e tir du Portugal ayant été raté par Nani, la star portugaise n'a pu s'avancer vers le point de penalty. Si ce dernier avait lui-même frappé et inscrit son but, la pression sur les épaules de Fabregas aurait été totalement différente et le résultat n'aurait peut-être pas été le même. La probabilité de gagner serait ainsi passée de 92% à 27%, l'importance du tir au but de 33% à 136%, la pression de 8% à 73% et l'enjeu de 32% à 36%.

Ce dénouement a eu des répercussions économiques importantes pour le Portugal car il aurait pu engranger une somme supplémentaire de 8 millions d'euros s'il avait remporté la finale ou de 5 millions s'il avait perdu celle-ci (annexe 7). Dans le monde du football, les incitations financières sont très élevées c'est pourquoi il est primordial de prendre les meilleures décisions possibles.

La seconde modification consiste à désigner le 3^e meilleur frappeur pour débiter la séance. En effet, le phénomène de la « Hot Hand » ou « main chaude » en français est considéré comme un biais cognitif selon lequel lorsqu'un joueur connaît le résultat positif d'un de ses partenaires, il aurait une plus grande probabilité d'inscrire son tir au but. Selon cette logique, le premier tir au but serait donc relativement important pour mettre ses coéquipiers en confiance pour le reste de la séance.

Le choix du second et du 3^e tireur repose sur un choix arbitraire entre le 4^e meilleur et le 5^e meilleur frappeur. En effet, selon notre étude et l'évolution au fil des tours des différents éléments (importance, enjeu et pression, taux de réussite...) étudiés nous devrions choisir le 5^e meilleur en second. La raison qui explique cela est que selon ces différents éléments, la situation est plus « facile » à gérer au second tour qu'au troisième. Cependant, selon la logique de la « Hot Hand », il conviendrait de choisir le 4^e meilleur frappeur en second. Les tableaux 21 et 22 reprennent ainsi respectivement l'ordre idéal pour l'équipe A et B. Néanmoins, il est

important de préciser que ces deux modifications reposent sur l'hypothèse de pouvoir réaliser un classement objectif entre les différents tireurs.

Tableau 21. *Ordre des tireurs pour l'équipe A*

A	
Tour	Meilleur tireur
1	3e
2	4 ^e ou 5 ^e
3	4 ^e ou 5e
4	2e
5	1er

Tableau 22. *Ordre des tireurs pour l'équipe B*

B	
Tour	Meilleur tireur
1	3e
2	4 ^e ou 5 ^e
3	4 ^e ou 5e
4	1er
5	2e

4.2. Choisir de commencer

Le fait d'être la première équipe à tirer a déjà fait couler pas mal d'encre et suscité de nombreuses controverses au sein de la littérature actuelle. Apestequia et Palacios-Huerta (2010) ont montré la présence d'une éventuelle pression psychologique sur la seconde équipe alors que Kocher et al (2012) et Arrondel, Duhautois et Laslier (2018) ont rejeté cette conclusion.

Tout au long de ce travail, nous avons réalisé différents tests, diverses analyses de manière à vérifier si on pouvait retrouver l'existence d'un réel avantage à commencer. Ceci nous amène à rejoindre les conclusions de Apestequia et Palacios-Huerta (2010) et déduire la présence d'un effet favorable à commencer à tirer.

Bien que le modèle économétrique ainsi que le test de comparaison de moyennes ont démontré que la variable « tirer en premier » était non significative, le test de comparaison de fréquences réalisé sur les 106 séances terminées à l'issue des 5 premiers tours a quant à lui

affiché un effet significatif en faveur de l'équipe qui commence. Ce même test réalisé sur les séances se terminant au « *sudden death* » révèle une plus grande proportion pour l'équipe B mais l'effet est non significatif.

Nous avons également démontré dans la troisième partie de ce travail, en réalisant un test de comparaison de moyenne, que le degré d'importance du tir au but est significativement supérieur pour l'équipe B. Cette observation induit une pression plus importante sur les épaules des joueurs.

En outre, comme le prouve le tableau 23, lors des 5 premiers tours, l'équipe A est plus souvent maître de son destin face à une situation favorable alors que l'équipe B est beaucoup plus souvent sous la pression de voir la séance se conclure par une défaite. Cette situation s'explique par le fait que l'équipe A commence à tirer. En effet, si tout le monde marque alors le 5^e tireur de l'équipe B se retrouve face à un tir au but de la survie alors que le 5^e de l'équipe adverse se retrouve face à un tir au but « dangereux ». Lorsque l'on voit les taux de transformation des tirs au but de la gagne (76,9%) et ceux des tirs au but de la survie (71,4%) que l'on a abordé précédemment, il est évident que l'équipe qui commence dispose d'un avantage.

Tableau 23. Distinction entre les deux équipes pour les tirs au but de la survie et de la gagne

Tir au but de la survie		Tir au but de la gagne	
A	B	A	B
29	45	39	34

De manière assez identique, lorsque les tirs au but se prolongent lors des tours décisifs, l'équipe A est dans une position que l'on peut caractériser de « dominante » car c'est elle qui décide de la pression sur son adversaire. Soit elle marque et alors dans ce cas-là, son adversaire est confronté à un tir au but de la « survie ». Et même dans le cas, où elle manquerait son tir au but, son gardien aurait encore une chance de sauver son équipe. L'enjeu est donc d'autant plus important pour l'équipe B car la séance peut se terminer à tout moment. Alors qu'il est impossible qu'une séance se prolongeant au-delà du 5^e tour, voit l'équipe A tirer en dernier.

5. Conclusion

Au terme de notre étude, les analyses menées sur les données récoltées nous permettent de conclure un avantage à débiter la séance de tirs au but. Certes, globalement cet avantage n'est pas significatif mais la majorité des séances se conclut dans les 5 premiers tours et dans ce cas de figure l'équipe qui débute possède un avantage significatif puisqu'elle remporte la séance dans 55,7% des cas. Le degré d'importance des tirs au but étant significativement plus élevé pour l'équipe qui tire en second vient confirmer cette hypothèse. De plus, les séances se poursuivant aux tours décisifs se terminent toutes après un tir des joueurs de la seconde équipe. La décision (victoire ou défaite) repose alors sur la transformation de leurs tirs au but, l'enjeu est donc plus important.

Les différents modèles économétriques mis en place ont permis de mettre en évidence l'impact de différentes variables explicatives. Ainsi, on a pu remarquer que le degré d'importance, l'enjeu, les matchs de huitième de finale, le « tir au but dangereux », le « tir au but de la survie », le « tir au but mené » et le « tir au but de l'avantage » avaient un impact négatif sur la réussite d'un tir au but. Le fait d'avoir un meilleur classement FIFA avait également un impact positif sur les chances de victoire.

Nous avons également déterminé un ordre idéal pour les tireurs. Selon notre approche, il serait judicieux pour l'entraîneur de l'équipe A de désigner son meilleur tireur pour le 5^e tir et son second meilleur tireur pour le 4^e tir ; par contre c'est l'inverse pour l'équipe B, qui doit désigner son meilleur tireur pour le 4^e tir et son second meilleur tireur pour le 5^e tir. Les raisons qui motivent ce choix sont les suivantes : 75% des séances se clôturent avant la fin du 5^e tour parmi lesquelles l'équipe A s'impose majoritairement, la victoire de l'équipe A lors du 5^e tour s'explique principalement par un tir au but raté de l'équipe B au 4^e tour et la défaite de l'équipe B avant les tours décisifs par un échec au 4^e tir. Ensuite, le phénomène de la « main chaude » nous a permis de déterminer le premier frappeur en commençant par le 3^e meilleur tireur car il est primordial de bien débiter. Le choix des deux autres frappeurs repose sur un choix arbitraire entre le 4^e et le 5^e meilleur joueur.

Une limite de notre étude est liée à la problématique suivante : nous ignorons la logique qui a conduit à la désignation des joueurs dans les séances de tirs au but que nous avons observées. Il est possible que certains entraîneurs aient désigné leur meilleur tireur en premier,

d'autres en dernier, d'autre de manière plus aléatoire. Ceci a pu avoir un impact sur nos statistiques de réussite et nos résultats.

En conclusion, nos variables n'expliquant pas la totalité des variables dépendantes, il faudrait analyser la performance passée de chaque tireur. Cela permettrait ainsi d'ajouter une distinction supplémentaire en déterminant le joueur attiré pour botter les penaltys en équipe nationale et en club. Cela demande cependant un travail de recherche absolument colossal, celui que nous avons réalisé avait déjà une certaine envergure...

6. Bibliographie

Arrondel, L., Duhautois, R., Lasliera, J-F. (2018). *Decision under psychological pressure : The shooter's anxiety at the penalty kick*.

Apestequia, J., & Palacios-Huerta, J. Psychological Pressure in Competitive Environments : Evidence from a Randomized Natural Experiment. *American Economic Review*, 2548–2564

Ashton, L., Kemel, E., & Nebout-Javal, A. (2018). *Hunger Games II: Does Hunger Affects Risk Preferences?* Paris: Presented at Behavior seminar. PSE <https://prodinra.inra.fr/record/442663>.

Azar, O. H., & Bar-Eli, M. (2011). Do soccer players play the mixed-strategy Nash equilibrium ? *Applied Economics*, 43(25), 3591–3601.

Bar-Eli, M., Azar, O. H., Ritov, I., Keidar-Levin, Y., & Schein, G. (2007). Action bias among elite soccer goalkeepers: The case of penalty kicks. *Journal of Economic Psychology*, 28(5), 606–621.

Baumeister, R. F. (1984). Choking under pressure: Self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 46(3), 610–620.

Bray, K. (2006). : Comment marquer un but ? : Les Lois secrètes du football, 59-80.

Chiappori, P. A., Levitt, S., & Groseclose, T. (2002) : Testing mixed-strategy equilibria when players are heterogeneous : The case of penalty kicks in soccer. *American Economic Review*, 1138-1151.

Couet, N (2014). : Pays-Bas – Costa Rica : Krul, le coup de poker que seul Van Gaal avait vu venir. *Eurosport*. Site consultée le 03/05/2021 : https://www.eurosport.fr/football/coupe-du-monde/2014/pays-bas-costa-rica-krul-le-coup-de-poker-que-seul-van-gaal-avait-vu-venir_sto4315270/story.shtml

Delanoë R. (2015). : La première séance de tir au but de l’histoire, il y a 45 ans ...*So foot.com*. Site consultée le 13/04/2021 : <https://www.sofoot.com/la-premiere-seance-de-tirs-au-but-de-l-histoire-il-y-a-45-ans-205800.html>

Eber N. (2003), Ce que les sportifs ont appris aux économistes, *Revue d'économie politique* 2008/3, Volume 118, p. 341- 374.

Feri, F., Innocenti, A., & Pin, P. (2013). Is there psychological pressure in competitive environments ? *Journal of Economic Psychology*, 39, 249–256.

FIFA (2020) The International Football Association Board : La Loi du jeu 2020/2021. *IFAB*.

Giusio, L., & Sodini, P. (2013) : Household finance : An emerging field. In G. M. Constantinides, M. Harris, & R. M. Stulz (Eds). *Handbook of the economics of finance*.

Guyon. P (2020). : Le penalty célèbre ses 130 ans sans le foot, voici l'étonnante histoire de celui qui l'a inventé. *L'édition du soir*. <https://www.ouest-france.fr/leditiondusoir/2020-11-18/le-penalty-celebre-ses-130-ans-dans-le-foot-voici-letonnante-histoire-de-celui-qui-la-invente-594058a4-58fe-4e8d-81e3-342771739077>

Hunter, A. H., Angilletta, M. J., Jr, & Wilson, R. S. (2018). Behaviours of shooter and goalkeeper interact to determine the outcome of soccer penalties. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.

Jordet, G., Elferink-Gemser, M. T., Lemmink, K. A., & Visscher, C. (2006). The “Russian roulette” of soccer? Perceived control and anxiety in a major tournament penalty shootout. *International Journal of Sport Psychology*, 37(2/3), 281–298

Jordet, G., & Elferink-Gemser, M. T. (2012). Stress, coping, and emotions on the world stage: The experience of participating in a major soccer tournament penalty shootout. *Journal of Applied Sport Psychology*, 24(1), 73–91.

Kahneman, D., & Miller, D. T. (1986). Norm theory: Comparing reality to its alternatives. *Psychological Review*, 93, 136–153.

Kahneman, D., & Tversky, A. (1982). The psychology of preferences. *Scientific American*, 246, 160–173.

Kocher, M., Lenz, M. V., & Sutter, M. (2012). Psychological pressure in competitive environments: New evidence from randomized natural experiments. *Management Science*, 58, 1585–1591.

Jeffrey K. Leela and Donna M. G. Comissiong (2009) : Modelling Football Penalty Kicks. *The University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad*.

Linternaute (2021). Combien gagne le vainqueur de l'Euro de football ?. *Linternaute.com*. <https://www.linternaute.com/sport/magazine/1077956-primés-et-prize-money-du-sport/1077964-championnat-d-europe>

- Lyttleton. B (2015). : Onze mètres : La solitude du tireur de penalty, 154-380.
- McGarry, T., & Franks, I. M. (2000). On winning the penalty shoot-out in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(6), 401–409.
- Memmert, D., Hüttermann, S., Hagemann, N., Loffing, F., & Strauss, B. (2013). Dueling in the penalty box: Evidence-based recommendations on how shooters and goalkeepers can win penalty shootouts in soccer. *International Review of Sports and Exercise Psychology*, 6(1), 209–229.
- Moreau. D (2010). : Récapitulatif des conditions d’application des tests de comparaison de fréquences et de moyennes, et des tests d’indépendance. *CNAM*.
- Nguyen, Yen, & Noussair, Charles N. (2014). Risk aversion and emotions. *Pacific economic review*, 19(3), 296–312.
- Palacios-Huerta, Ignacio. 2003. “Professionals Play Minimax.” *Review of Economic Studies*, 70(2): 395–415
- Apestequia. J & Palacios-Huertas. I (2010). Psychological Pressure in Competitive Environments: Evidence from a Randomized Natural Experiment. *American Economic Review*.
- Porcelli, Anthony J., & Delgado, Mauricio R. (2009). Acute stress modulates risk taking in financial decision making. *Psychological Science*, 20(3), 278–283
- Ritov, I., & Baron, J. (1994). Biases in decisions about compensation for misfortune: The role of expectation. *European Journal of Social Psychology*, 24, 525–539.
- Stats Perform (2021) : Opta Event Definitions. *Stats Perform*.
<https://www.statsperform.com/opta-event-definitions/>
- Vandebroek, T. P., McCann, B. T., & Vroom, G. (2018). Modeling the effects of psychological pressure on first-mover advantage in competitive interactions. The case of penalty shoot-outs. *Journal of Sports Economics*, 19(5), 725–754.
- Vitkine. B (2010). L’Uruguay élimine le Ghana et va en demi-finale. *Le monde*. Site consultée le : 05/05/2021 https://www.lemonde.fr/sport/article/2010/07/02/l-uruguay-elimine-le-ghana-et-va-en-demi-finale_1382479_3242.html

Walker, Mark and Wooders, John. "Minimax Play at Wimbledon." *American Economic Review*, December 2001, 91(5), 1521–1538.

Annexes

Annexe 1 : Distinction entre les pénaltys (temps réglementaire) et la séance de tir au but

	Tir au but pendant le temps réglementaire	Séance de tirs au but afin de déterminer le vainqueur du match
Motif	Faute commise dans la surface de réparation par un adversaire	Départager et déterminer un vainqueur lorsque les règles de la compétition prévoient une séance de tir au but à la suite d'un match nul, éventuellement d'une prolongation ou à l'issue d'une confrontation aller-retour
Positionnement du gardien	Le gardien doit rester sur sa ligne de but, face à l'exécutant et entre les poteaux jusqu'à ce que le tireur touche le ballon	Le gardien doit rester sur sa ligne de but, face à l'exécutant et entre les poteaux jusqu'à ce que le tireur touche le ballon
Positionnement des joueurs	Les joueurs (excepté le tireur) doivent rester dans les limites du terrain de jeu et en dehors de la surface de réparation	<ul style="list-style-type: none"> • Les joueurs (excepté le tireur) doivent rester dans le rond central pendant l'épreuve des tirs au but. • Le gardien, dont le coéquipier s'apprête à effectuer son tir au but, doit se tenir en dehors de la surface de réparation (Voir annexe)
Choix	Un joueur pour tirer le penalty doit être déterminé. Aucun autre choix n'est à réaliser.	<ul style="list-style-type: none"> • Le jeu pile ou face détermine le but dans lequel les tirs seront exécutés. • Le jeu pile ou face entre les deux capitaines détermine l'équipe qui choisira de tirer en premier ou en second

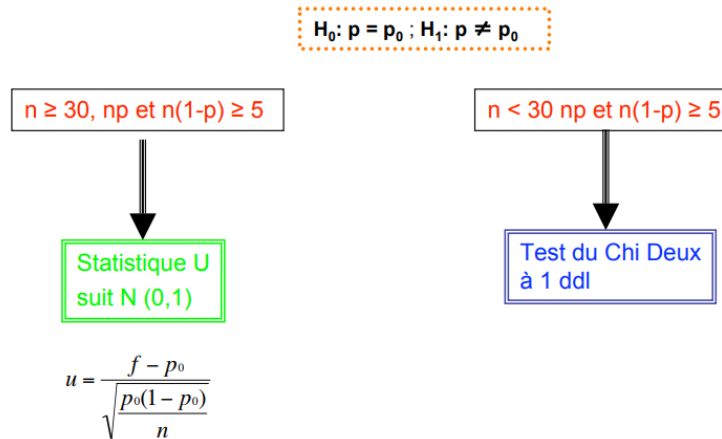
		<ul style="list-style-type: none"> • Chaque équipe doit sélectionner, au minimum, les 5 premiers tireurs (parmi ceux encore présents lors du coup de sifflet final) et l'ordre dans lequel les tirs seront réalisés
L'exécution	<ul style="list-style-type: none"> • L'arbitre donne le signal de tirer le coup de pied de réparation. • Le tireur du penalty tape dans la balle en direction du but adverse • Un seul tir est effectué sauf si l'arbitre décide de faire tirer le penalty une nouvelle fois dans le cas où une des règles aurait été enfreinte¹⁰. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'arbitre donne le signal de tirer le coup de pied de réparation. • Le tireur du penalty tape dans la balle en direction du but adverse • L'arbitre peut décider de faire tirer une seconde fois si une des règles n'a pas été respectée • « Les tirs sont exécutés alternativement, une équipe après l'autre. Chaque tir est exécuté par un joueur différent, et tous les joueurs autorisés doivent avoir exécuté un premier tir avant que l'un d'eux ne puisse en exécuter un second »
Après l'exécution	Le tireur ne peut retoucher le ballon à moins que celui-ci n'ait été touché par un autre joueur. Exemple : Si le gardien adverse repousse le ballon, l'exécutant	Le tireur ne peut, dans aucun cas, retoucher le ballon.

¹⁰ Il existe de nombreuses règles et situations particulières expliquant pourquoi un tir au but devrait être tiré à nouveau. Pour obtenir plus de détails et d'information à ce sujet, elles peuvent être consultées dans les lois du jeu de la FIFA.

	peut de nouveau toucher le ballon pour marquer un but. À l'inverse, si le ballon est renvoyé par le montant, ce dernier ne peut dans ce cas-ci pas frapper une nouvelle fois dans la balle.	
L'issue	Le tir au but est marqué ou pas et le match reprend son cours	« Si, avant que les deux équipes n'aient exécuté leurs cinq tirs, l'une d'elles a déjà marqué plus de buts que l'autre et ne pourra jamais en marquer autant même en finissant sa série de tirs, l'épreuve n'est pas poursuivie. Si, après que les deux équipes ont exécuté leurs cinq tirs, toutes deux ont marqué le même nombre de buts ou n'en ont marqué aucun, l'épreuve se poursuit dans le même ordre jusqu'à ce qu'une équipe ait marqué un but de plus que l'autre au terme du même nombre de tentatives » (FIFA, 2019)

1.1 Comparaison d'une fréquence observée avec une fréquence théorique

F: variable aléatoire fréquence de la modalité d'un caractère A; n: nombre d'observations de l'échantillon;
f : fréquence observée dans l'échantillon; p: fréquence dans la population où est issu l'échantillon;
p₀: fréquence théorique de A.



Source : Moreau (2010), p.4

Annexe 3 : Test de comparaison de fréquence – toutes les séances

```
# l'équipe A a une plus grande probabilité de gagner que l'équipe B
n=141
f=74/141
f
p0=0.47517
u=(f-p0)/sqrt((p0*(1-p0))/n)
u
pobs=2*(1-pnorm(u))
pobs

> n=141
> f=74/141
> f
[1] 0.5248227
> p0=0.50
> u=(f-p0)/sqrt((p0*(1-p0))/n)
> u
[1] 0.5895063
> pobs=2*(1-pnorm(u))
> pobs
[1] 0.5555217
> |
```

Annexe 4 : Test de comparaison de fréquence – séances se finissant dans les 5 premiers tours

```

> n=106
> f=59/106
> f
[1] 0.5566038
> p0=47/106
> u=(f-p0)/sqrt((p0*(1-p0))/n)
> u
[1] 2.346169
> pobs=2*(1-pnorm(u))
> pobs
[1] 0.01896752

```

Annexe 5 : Test de comparaison de fréquence – séances se finissant aux tours décisifs

```

> n=35
> f=20/35
> f
[1] 0.5714286
> p0=15/35
> u=(f-p0)/sqrt((p0*(1-p0))/n)
> u
[1] 1.707825
> pobs=2*(1-pnorm(u))
> pobs
[1] 0.0876688

```

Annexe 6 : Pression et enjeu pour tous les résultats possibles

Tirs	Score	Probabilité de gagner	Pression	Enjeu	P+	P-	Pénalty marqué	Pénalty raté	Total pénalty
1	0-0	50%	50%	23%	56%	33%	105	36	141
2	1-0	37%	63%	34%	46%	13%	89	16	105
	0-0	68%	32%	13%	71%	58%	24	12	36
3	0-1	36%	64%	29%	43%	14%	17	7	24
	0-0	57%	43%	24%	64%	40%	9	3	12
	1-1	52%	48%	12%	55%	43%	69	20	89
	1-0	80%	20%	22%	86%	64%	14	2	16
4	2-0	13%	87%	-16%	9%	25%	10	4	14
	1-0	31%	69%	42%	42%	0%	8	3	11
	2-1	42%	58%	45%	54%	9%	56	13	69
	0-0	72%	28%	29%	80%	51%	3	0	3
	1-1	59%	41%	23%	65%	42%	26	11	37

	0-1	80%	20%	0%	80%	80%	5	2	7
5	0-2	13%	87%	18%	18%	0%	5	0	5
	0-1	28%	72%	38%	38%	0%	3	2	5
	1-2	30%	70%	16%	34%	18%	19	7	26
	1-1	56%	44%	26%	63%	38%	14	5	19
	2-2	56%	44%	29%	63%	34%	46	10	56
	1-0	81%	19%	-24%	75%	99%	2	1	3
	2-1	86%	14%	31%	94%	63%	18	5	23
	2-0	93%	7%	24%	99%	75%	2	2	4
6	3-0	0%	100%	0%	0%	0%	2	0	2
	2-0	25%	75%	33%	33%	0%	2	2	4
	3-1	9%	91%	12%	12%	0%	12	6	18
	1-0	18%	82%	8%	20%	12%	1	0	1
	2-1	36%	64%	4%	38%	33%	15	4	19
	3-2	49%	51%	51%	63%	12%	32	14	46
	1-1	69%	31%	66%	86%	20%	4	4	8
	2-2	69%	31%	43%	80%	38%	20	9	29
	0-1	95%	5%	15%	99%	84%	2	0	2
	1-2	87%	13%	2%	88%	86%	8	3	11
	0-2	100%	0%	1%	100%	99%	1	0	1
7	1-3	7%	93%	10%	10%	0%	6	2	8
	0-2	0%	100%	0%	0%	0%	1	1	2
	1-2	13%	87%	18%	18%	0%	5	2	7
	2-3	16%	84%	9%	19%	10%	17	3	20
	1-1	56%	44%	75%	75%	0%	4	1	5
	2-2	63%	37%	60%	78%	18%	18	6	24
	3-3	42%	58%	31%	50%	19%	22	10	32
	2-1	84%	16%	-9%	81%	90%	2	4	6
	3-2	91%	9%	17%	95%	78%	20	6	26
	2-0	99%	1%	5%	100%	95%	2	0	2
	3-1	100%	0%	1%	100%	99%	6	2	8
8	3-1	0%	100%	0%	0%	0%	2	2	4
	4-2	4%	96%	5%	5%	0%	13	7	20

	2-1	27%	73%	36%	36%	0%	7	1	8
	3-2	33%	67%	45%	45%	0%	11	12	23
	4-3	56%	44%	68%	73%	5%	15	7	22
	1-1	63%	37%	15%	67%	52%	1	0	1
	2-2	77%	23%	55%	91%	36%	7	4	11
	3-3	85%	15%	54%	99%	45%	19	8	27
	1-2	91%	9%	33%	100%	67%	2	1	3
	2-3	98%	2%	9%	100%	91%	6	4	10
9	1-2	19%	81%	25%	25%	0%	1	1	2
	2-3	7%	93%	9%	9%	0%	7	4	11
	3-4	0%	100%	0%	0%	0%	14	5	19
	2-2	64%	36%	53%	78%	25%	8	3	11
	3-3	53%	47%	59%	68%	9%	16	4	20
	4-4	27%	73%	36%	36%	0%	11	4	15
	2-1	90%	10%	38%	100%	62%	1	0	1
	3-2	94%	6%	22%	100%	78%	13	1	14
	4-3	92%	8%	32%	100%	68%	17	3	20
10	3-2	42%	58%	57%	57%	0%	6	3	9
	4-3	42%	58%	57%	57%	0%	12	7	19
	5-4	42%	58%	57%	57%	0%	10	1	11
	2-2	89%	11%	43%	100%	57%	2	2	4
	3-3	89%	11%	43%	100%	57%	8	3	11
	4-4	89%	11%	43%	100%	57%	16	2	18

Annexe 7: Pression et enjeu pour tous les résultats possibles

Dotation pour l'Euro 2016	
Rang	Gains à additionner (en euros)
Vainqueur	8 millions
Finaliste	5 millions
Demi-finaliste	4 millions
Quart de finaliste	2,5 millions
Huitième de finaliste	1,5 million
Victoire en poule	1 million
Match nul en poule	500 000
Participation	8 millions
Source : UEFA	

Source : L'internaute (2021).

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN
Louvain School of Management

Chaussée de Binche 151, 7000 Mons, Belgique | www.uclouvain.be/lsm