

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG, SUISSE
FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE MÉDECINE

En collaboration avec la
HAUTE ÉCOLE FÉDÉRALE DE SPORTS DE MACOLIN

DÉTERMINATION DU SEUIL DE PERCEPTION DU HORS-JEU CHEZ LES ARBITRES ASSISTANTS À
L'AIDE DE SCÈNES VIRTUELLES

Travail final pour l'obtention du Master en
Sciences du Mouvement et du sport
Option Enseignement

Conseiller
Prof. Dr. Jean-Pierre BRESCIANI

Co-conseiller
Thibaut LE NAOUR

Nils LESCH
Fribourg, Mai 2017

Remerciements

J'aimerais remercier mon conseiller le Professeur Jean-Pierre BRESCIANI et Thibaut LE NAOUR qui m'ont été d'une grande aide lors de toutes les étapes de mon travail. Notamment Thibaut qui m'a généreusement prêté son logiciel informatique afin que je puisse mener ma recherche. J'aimerais également remercier toutes les personnes, appelées sujets dans mon travail qui ont participé à mon expérience, tout particulièrement les arbitres assistants qui se sont portés volontaires et sans qui je n'aurais jamais pu mener à terme cette étude. J'aimerais également remercier mon amie pour son soutien, par la lecture pertinente de mon travail et ses commentaires ainsi que ma maman pour sa relecture.

Résumé

Dans cette étude nous allons essayer d'évaluer les capacités de perception de la limite du hors-jeu chez des arbitres assistants au football en comparaison avec un groupe de personnes sans expérience. L'expérience a été réalisée à l'aide de scènes virtuelles qui ont été projetée sur un grand écran dans un laboratoire. Deux déroulements (croisé, même sens) et deux conditions (son, vue) ont été entrecroisées afin d'obtenir six scénarii à tester. Afin d'évaluer au mieux les seuils de perception, nous avons utilisé l'algorithme de psychophysique "staircase". Notre hypothèse était que les arbitres assistants ont une évaluation plus juste que le groupe control car ils sont entraînés. Il s'est avéré que les résultats des arbitres assistants étaient meilleurs dans un seul des déroulements (croisé) mais pas dans l'autre (même sens). Les conditions « vue » et « son » n'ont eu aucun impact sur la qualité de la perception pour aucun des deux groupes.

Table des matières

Remerciements	- 2 -
Résumé	- 3 -
Introduction	- 5 -
Historique	- 5 -
Contexte	- 6 -
Introduction à la thématique.....	- 8 -
Hypothèse.....	- 10 -
1. Méthode.....	- 11 -
1.1. Approche psychophysique	- 11 -
1.2. Méthode « Staircase »	- 12 -
1.5. Participants	- 19 -
1.6. Déroulement de l'expérience	- 19 -
2. Résultats	- 22 -
2.1.1. Thresholdmean selon les scénarios	- 22 -
2.1.2 Comparaison des groupes selon les scénarios.....	- 25 -
2.1.3. Comparaison des groupes selon la limite véritable du hors-jeu	- 27 -
Validité et fiabilité du travail	- 30 -
Limites du travail et améliorations.....	- 31 -
Perspectives de nouvelles questions de recherches.....	- 32 -
Bibliographie	- 33 -

Introduction

Historique

Avant les années 1860, les règles du football n'étaient pas standardisées et chaque association était libre d'appliquer son propre règlement. Lors des rencontres inter-associations, des règles communes devaient être définies avant chaque match et c'est pour cette raison que les règles ont commencée petit à petit à se standardiser. En 1863 que les premières règles sont mises en place. L'International Football Association Board se crée en 1882 dans le but d'établir des lois communes¹. Elle est composée de quatre fédérations : anglaise, écossaise, galloise et irlandaise. Quelques années plus tard, se crée la FIFA (Fédération Internationale de Football Association) qui décide de faire appliquer tel quel le règlement mis en place par l'association britannique. En 1913, la FIFA entre dans le conseil de l'IFAB. Aujourd'hui, cette fédération (FIFA) possède 4 voix sur 8 au sein du conseil. Chaque décision doit être approuvée par l'ensemble d'une des deux corporations et par deux membres de l'autre car 6 voix sont nécessaires pour son acceptation. Ce sont ces organismes qui ont le pouvoir décisionnel en matière de règles pour le football international. Quant à l'arbitrage lors des premiers matchs, les capitaines de chaque équipe en étaient chargés. Lorsqu'il y avait un litige, ils faisaient appel à des tierces personnes, appelées « umpires », généralement positionnées à côté des buts qui n'avaient, à l'époque, pas de filets. Par la suite, un « referee » est nommé, d'abord assis dans les tribunes, il descend ensuite sur le terrain et devient l'arbitre que l'on connaît aujourd'hui. Les « umpires » sont relayés au bord du terrain et nommés juges de touche jusqu'en 1966 puis arbitres assistants. A l'heure actuelle les arbitres ont le plein pouvoir décisionnel lors des actions (Tenèze, Joncheray, et Arnal, 2015). Ils suivent des formations spécifiques proposées dès leur début. A Fribourg, il existe l'Association Fribourgeoise de Football (AFF) qui possède une commission des arbitres qui organise des tests de condition physique. Les arbitres de plusieurs catégories y sont astreints selon certaines directives.² Depuis quelques années, il existe la Referee Academy qui a centralisé la formation des arbitres talents de chaque région afin d'uniformiser les instructions dès le niveau de 2^{ème} ligue régionale et interrégionale. Il existe treize associations régionales qui doivent promouvoir le rôle d'arbitre. Les commissions d'arbitres s'occupent de prendre des décisions quant à leur formation ainsi que des problèmes de sécurité sur les terrains. L'association faîtière nationale,

¹ <http://fr.fifa.com/about-fifa/who-we-are/the-laws/index.html>

² http://www.football.ch/aff/Portaldata/12/Resourcen/documents/arbitres/2015-2016/2015_Directives_tests_physiques_f.pdf

L'Association Suisse de Football possède un département et une commission pour les arbitres. La commission est séparée en trois services distincts : les arbitres d'élite, les espoirs et les amateurs et le développement.³

Contexte

Si les premiers acteurs du football sont les arbitres et les joueurs, de nombreux autres protagonistes entrent en scène lors des compétitions. Tout au long du match l'arbitre doit prendre des décisions qui vont impacter de manière significative l'attitude des joueurs et la continuité du match (Dosseville & Garnarczyk, 2007). Leurs décisions sont fondées sur les caractéristiques de la situation, leur expérience personnelle et la connaissance du règlement qui inclues des dimensions empiriques et rationnelles. Au fil du temps, la pression qui repose sur l'arbitre n'a fait qu'augmenter pour diverses raisons. Tout d'abord, les matchs et les compétitions nationales ou internationales ont d'énormes retombées économiques au niveau des équipes, des pays mais également pour de nombreuses entreprises. Si nous prenons la compétition européenne la plus lucrative. Lors de la Champions League, une équipe peut engranger jusqu'à 57,2 € millions en cas de victoire.

Tableau 1 : Primes de la Champions League 2016/2017 ⁴

Dotation de la ligue des champions 2016-2017	
Rang	Gains à additionner (en euros)
Vainqueur	15'500'000
Finaliste	11'000'000
Demi-finalistes	7'500'000
Quart de finalistes	6'500'000
Huitième de finalistes	6'000'000
Bonus « match nul »	500'000
Bonus « victoire »	1'500'000
Participation	12'700'000

³http://football.ch/fr/Portaldata/1/Resources/dokumente/schiedsrichter/20150701_Detail_Referee_org_new_f_internet.pdf

⁴ <http://fr.uefa.com/uefachampionsleague/news/newsid=2398610.html>

Des entreprises profitent également des matchs afin de faire passer un message publicitaire en sponsorisant des équipes. On trouve des marques de sport qui vendent des articles en lien direct avec la compétition, mais également des marques plus étonnantes comme de grandes chaînes de fastfood ou de boissons sucrées. L'utilisation de l'image de joueurs reconnus pour vendre un produit peut également rapporter de nombreux bénéfices. Nike a conclu un contrat à long terme avec Cristiano Ronaldo qui leur coûterait jusqu'à 40 millions d'euros par année selon le figaro du 08 novembre 2016.⁵ Les revenus pour Nike grâce à cette image de Cristiano Ronaldo sont impossibles à déterminer et de ce fait, il est difficile de trouver des chiffres exacts. Cependant, il est inutile de dire que Nike mise gros sur cet aspect marketing et publicitaire. Un autre acteur de cette situation est la télévision où les droits de diffusion sont très élevés. La Coupe du Monde du Football, organisée tous les quatre ans, est l'une des trois compétitions les plus regardées en direct et donc l'une des plus rentables au monde. Les droits de diffusion sont à eux seuls 60 à 65% des gains⁶⁷. En plus de prendre part aux compétitions pour des raisons économiques, elle permet au spectateur de suivre le match depuis chez lui et de revoir le match quand il le souhaite. Le ralenti, proposé par les chaînes lors des retransmissions, permet de revoir les beaux gestes du match, les fautes, les hors-jeux, etc. Si on peut facilement imaginer les avantages de cette méthode elle rend également le spectateur de plus en plus acteur du jeu. Les gens, chez eux, peuvent juger des erreurs ou non des joueurs et remettre en cause la décision de l'arbitre. Ce dernier n'a pas, pendant le jeu, la possibilité de visionner le ralenti et doit donc prendre une décision dans l'action. Il peut arriver que les ralentis permettent aussi de sanctionner *a posteriori* les tricheurs, tel que les joueurs mettant des buts avec les mains, les coups en douce que les arbitres n'auraient pas vus ou alors les simulations grossières (Blociszewski, 2001). En plus du téléspectateur, il y a les spectateurs qui sont eux dans le stade. Leur comportement peut mettre une pression supplémentaire sur les arbitres (Nevill et Holder 1999; Nevill, Balmer, et Williams 2002; Boyko, Boyko, et Boyko 2007). Pour certains chercheurs, l'attitude des spectateurs se détériore de plus en plus (Genevois 2002). Nous pouvons par exemple citer les débordements et affrontements entre les supporters russes et anglais à Marseille lors de l'Euro 2016. Tous les éléments que nous venons de citer appuient le fait que la pression sur les arbitres est de

⁵ <http://sport24.lefigaro.fr/football/etranger/espagne/fil-info/ronaldo-signe-un-contrat-a-vie-avec-nike-832225>

⁶ http://sport.gentside.com/coupe-du-monde/top-7-des-evenements-sportifs-les-plus-rentables-du-monde_art41256.html

⁷ <http://fr.uefa.com/uefachampionsleague/news/newsid=2398610.html>

plus en plus forte et que leurs décisions peuvent avoir beaucoup de répercussions qui vont au-delà des limites du stade.

Introduction à la thématique

Au football, il existe 17 lois qui régissent le jeu durant un match. On peut aisément les trouver sur le site de la FIFA. Elles sont édictées par l'IFAB et elles sont mises à jour chaque année. Les règles du jeu ont subi des mutations aléatoires jusqu'à ce qu'en 1886, l'IFAB se réunisse pour la première fois et décide de préserver les Lois du Jeu.⁸ Depuis l'apparition de la FIFA en 1904 et l'adhésion des pays à l'association, les règles sont devenues communes à toutes les nations. *« Les pays possèdent une marge de manœuvre pour les matchs des catégories de joueurs de moins de 16 ans, entre équipes féminines, entre joueurs vétérans (plus de 35 ans) et entre handicapés. Voici les domaines dans lesquels les pays peuvent décider de modifier les règles ;*

- *Les dimensions du terrain*
- *Circonférences, poids et matière du ballon*
- *Dimensions des buts*
- *Durée des périodes du jeu*
- *Remplacements »*

Deux lois nous intéressent particulièrement dans le cadre de ce travail : la loi 6 qui régit les devoirs des autres arbitres et la loi 11 qui légifère le hors-jeu. Dans la première, les arbitres assistants, le quatrième arbitre, les arbitres assistant supplémentaires et l'arbitre assistant de réserve trouvent les instructions concernant leur rôle.

« Il sont chargés d'indiquer :

- *Quand le ballon est entièrement sorti du terrain et à quelle équipe revient le corner, le coup de pied de but ou la rentrée de touche ;*
- *Quand un joueur en position de hors-jeu peut être sanctionné ;*
- *Quand un remplacement est demandé ;*
- *Lors de penalties, si le gardien de but quitte sa ligne avant que le ballon n'ait été botté, et si le ballon a franchi la ligne ; en la présence d'arbitres assistants supplémentaires, l'arbitre assistant devra se tenir à hauteur du point de penalty.*

Il doit également contrôler les procédures de remplacement, il a le droit d'entrer sur le terrain pour faire respecter la distance des 9,15 m. » (IFAB, 2016)

⁸ <http://fr.fifa.com/about-fifa/who-we-are/the-laws/index.html>

La tâche qui nous intéresse plus particulièrement est leur capacité à indiquer correctement si un joueur est en position de hors-jeu. Comme cité précédemment, c'est la 11^{ème} loi qui mentionne cette question. Elle contient 8 alinéas définissant les comportements pouvant être sanctionnés. C'est sur l'alinéa 2 que se base l'expérience réalisée dans le cadre de mon travail.

« 11.2. Statut des bras du joueur

Un joueur est en position de hors-jeu si :

- *N'importe quelle partie de la tête, du corps ou des pieds se trouve plus près de la ligne de but adverse que le ballon et l'avant-dernier adversaire. Les mains et bras de tous les joueurs, y compris les gardiens de but, ne sont pas pris en compte.*

Explication :

Cela clarifie le fait que les mains et les bras des défenseurs, des attaquants et des gardiens ne sont pas pris en compte lorsque l'arbitre juge une position de hors-jeu. » (IFAB, 2016)

Comme le montre ces extraits, les lois sont précises en ce qui concerne la position de hors-jeu et il n'y a donc pas plusieurs interprétations possibles. A la différence de, par exemple, l'arbitre central qui a la possibilité de décider si durant l'action il y a eu faute ou pas, l'arbitre assistant suit des règles claires et strictes sans marche de manœuvre. Comme dans tous les pays, la loi 11 s'applique de la même manière, il ne devrait pas y avoir de doute ou de situation où l'on peut remettre en cause la décision de signaler le hors-jeu. Malgré cela, il y a toujours des erreurs qui peuvent parfois changer le cours du jeu. Pour expliquer ces erreurs de jugement, la littérature met en évidence plusieurs hypothèses.

- La première est le moment du match où l'erreur a lieu. Dans une expérience, des chercheurs ont partagé un match en période de 15 minutes et ont déterminé dans quelle tranche les arbitres assistants commettaient le plus d'erreur. Ils ont également présenté le nombre de décisions corrects et incorrects en fonction du positionnement (sur, devant ou derrière la ligne du hors-jeu) des arbitres assistants (Mallo et al. 2012).
- La deuxième, la vitesse de déplacement peut détériorer la justesse de la décision prise lors d'une position de hors-jeu. Ils ont découvert que plus l'arbitre se déplace rapidement plus la possibilité est importante qu'il commette une erreur de jugement (Oudejans et al. 2005).
- La troisième, l'erreur optique si l'arbitre assistant se trouve proche ou éloigné de l'action qu'il doit juger. L'emplacement des attaquants et des défenseurs sur le terrain de jeu a un impact sur la qualité de la décision. En effet, si l'attaquant se trouve plus proche ou plus éloigné de l'arbitre que le défenseur cela peut faire une différence.

(Oudejans et al. 2000). Selon Baldo, Ranvaud, et Morya (2002), le « flash lag effect » est l'hypothèse pouvant mener à comprendre une partie des erreurs de jugement des arbitres assistants bien qu'il n'aient pas pu le prouver. Le « flash lag effect » est une limite de notre système visuel qui percevra un objet se déplaçant toujours devant (dans sa propre direction) si le même objet est flashé au moment où ils sont tous les deux alignés. Le temps que l'image de l'objet flashé arrive à notre cerveau, l'objet qui se déplace sera déjà à un autre endroit.⁹ Une étude conclu que, lorsque les arbitres faisaient une erreur de jugement en sanctionnant un hors-jeu alors qu'il n'y en avait pas, la théorie du « flash lag effect » peut expliquer toutes ces erreurs de sanction (Catteeuw, Gilis, Wagemans, et al. 2010).

Hypothèse

Ma recherche s'insère dans le cadre des recherches menées par le professeur Bresciani sur la perception visuelle des mouvements. D'autres expériences ont été menées sur la perception des mouvements afin de trouver de nouvelles méthodes d'entraînement ou savoir si des personnes dites « expertes » sont meilleures que des personnes « novices » pour certaines tâches perceptuelles. Dans ce travail, nous allons essayer de déterminer si l'expérience des arbitres assistants leur permet de juger une position de hors-jeu plus précisément qu'une personne sans expérience en tant qu'arbitre assistant. L'expérience menée se rapproche de l'expérience « *off-the-field offside test* » dans la recherche de Gilis, Helsen, Catteeuw et al. (2008, 2009) Dans cette expérience ils ont fait passer les sujets dans trois conditions différentes.

- La première vidéo, le défenseur était totalement arrêté,
- La deuxième, le défenseur se déplaçait dans la direction opposée à l'attaquant
- La troisième, ils ont changé la vitesse des phases de jeu présentée. Ils ont déterminé le nombre de décisions correct et incorrect qu'ils ont pris par rapport à la distance qui séparait l'attaquant de la ligne du hors-jeu.

Dans mon travail je ne vais pas déterminer combien d'erreurs de jugement ils feront mais la perception du hors-jeu dans les deux groupes selon un certain nombre d'essais où le défenseur sera en mouvement. Ce que l'expérience teste, c'est la précision des sujets à déterminer avec justesse de la limite réelle du hors-jeu sur la scène qui leur sera présentée. Plus précisément, il s'agit de déterminer pour chaque candidat un seuil. Comme nous le verrons dans la suite du

⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=DUBM-GG0gAk>

travail, l'expérience présente deux scénarii simples (un passeur, un attaquant, un défenseur) dans trois conditions différentes. Elle pourra également permettre d'essayer de déterminer si ces schémas ont un impact sur la capacité de jugement des sujets.

Les questions de recherches auxquelles nous allons essayer de répondre sont les suivantes :

- Est-ce que les arbitres assistants sont meilleurs qu'un novice dans la perception de la limite du hors-jeu ?
- Est-ce que les différentes conditions (son, vue, son+vue) ont un impact sur la perception de la limite ?
- Est-ce que le déroulement de la phase de jeu, lorsque le défenseur et l'attaquant se croisent ou quand ils vont dans le même sens, a un impact sur la perception de la limite ?

Mon hypothèse est la suivante : les arbitres assistants sont meilleurs qu'un groupe de personnes sans expérience pour définir la limite du hors-jeu sur un logiciel vidéo et ceci dans n'importe quelle condition ou déroulement.

1. Méthode

1.1. Approche psychophysique

La psychophysique est une approche qui cherche à mettre en évidence les liens entre un stimulus physique (couleur/longueur d'onde, son/Hz, etc.) et leur perception. Les stimuli peuvent être lus sur une échelle de valeur quantitative alors que leur perception fait partie de la psychologie et est évalué avec des échelles plus subjectives. La psychophysique classique tente de déterminer les seuils sensoriels absolus (exemple : à partir de quel moment j'entends un son selon sa fréquence) et les seuils sensoriels relatifs (exemple : à partir de quel moment j'arrive à distinguer un son d'un autre son). Dans notre cas, nous allons essayer de déterminer le seuil absolu de la détection du hors-jeu dans différents groupes d'individus. Pour ce faire, Demeuse et Henry (2004) ont mis en évidence plusieurs méthodes possibles :

La méthode de l'erreur moyenne : le sujet doit essayer de déterminer l'équivalence de deux stimuli en ajustant lui-même la puissance de ces derniers.

- La méthode des différences justes perceptibles, des limites ou des changements minimaux : Cette méthode consiste à partir d'une valeur très faible et de l'augmenter très lentement afin de déterminer précisément à partir de quel moment le sujet perçoit un stimulus. Inversement, il est possible de partir de très haut et diminuer lentement jusqu'à ce que le sujet ne puisse plus rien détecter.
- Les méthodes constantes : plusieurs stimuli différents (de 4 à 7) sont présentés un nombre de fois élevé de manière aléatoire à un sujet. Ce dernier doit ensuite essayer de reformer les groupes de stimuli équivalents.
- Les méthodes adaptatives : les valeurs présentées aux sujets sont déterminées par la réponse précédente du sujet. En fonction de sa réponse, la valeur augmentera ou diminuera.

1.2. Méthode « Staircase »

Pour réaliser notre expérience, nous avons choisi la méthode des « Staircase ». C'est une approche adaptative à contraintes faibles c'est-à-dire que c'est le sujet qui fait augmenter ou diminuer le stimulus en fonction de ses propres réponses à ce stimulus. Cette méthode a un avantage par le fait qu'il n'y a pas besoin de connaître, a priori, les seuils des sujets parce que ce sont ces derniers qui seront découverts grâce à cette méthode. Cette procédure nous amène en quelques essais seulement autour du seuil qui nous intéresse mais cela dépend néanmoins du nombre de paliers que l'expérimentateur a décidé de programmer. Le programme utilisé, qui sera décrit par la suite, permet d'automatiser les « Staircase » afin de ne pas les régler manuellement après chaque essai. L'idée est de commencer avec un stimulus de haute intensité avec lequel il ne devrait pas y avoir de doute dans la détection. Ce stimulus est réduit avec un écart considérable entre chaque stimulus jusqu'au moment où le sujet donne une mauvaise réponse. Dans ce cas, la procédure est inversée et le stimulus augmente à nouveau mais l'écart entre chaque stimulus est réduit. La procédure s'inverse si le sujet fait à nouveau une erreur. Une réponse correcte diminue le stimulus, à contrario, deux réponses erronées l'augmente. L'expérience s'arrête au moment où le nombre défini d'inversions ou le nombre maximal d'essais est atteint. Les « Staircase », soit le nombre d'inversion et le nombre d'essais maximal doivent être définis à l'avance pour l'expérience. La figure 1 illustre un exemple de courbe d'essai tirée de l'expérience. Aux essais numéro 8 et 9, le sujet a répondu faux à la question (hors-jeu ou pas hors-jeu) à deux reprises et de même jusqu'au 16^{ème} essai où il a répondu juste donc le stimulus diminue à nouveau. Aux 17^{ème} et 18^{ème} essais le sujet a,

à nouveau, répondu faux alors le stimulus augmente en testant 2 fois les mêmes valeurs. Jusqu'au 8^{ème} essai, le palier était de 0.06 seconde, le second était 0.04 seconde, le troisième était de 0.02 seconde et le quatrième de 0.01 seconde.

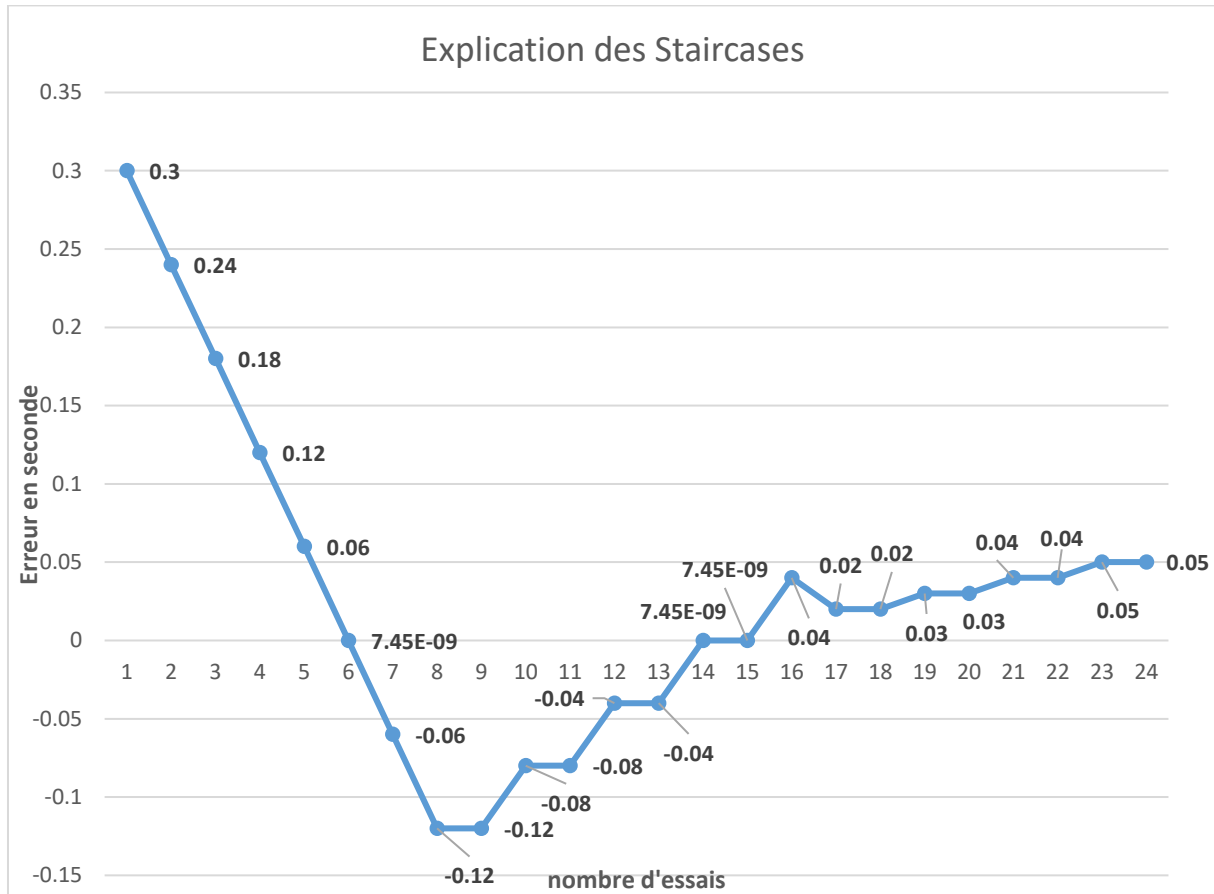


Figure 1 : Exemple d'une courbe utilisant la méthode « Staircase ». Sujet de mon expérience.

1.3. Programme

Nous avons utilisé un ordinateur standard avec une capacité d'affichage de 500 images par seconde projetées sur un écran en toile de 2,70 mètres de haut et 4,30 mètres de large grâce à un projecteur Barco F50 WUXGA High Brightness, LVDS DMDTM with DarkChip3TM, 1,920 x 1,200, 5,500 ANSI lumens. A noter qu'il est classique d'utiliser comme valeur minimale de fréquence d'affichage 60 images/sec, ce qui constitue la valeur maximale de vitesse de perception de l'humain. Afin de mener l'expérience, j'ai bénéficié d'un programme créé spécialement par Thibault LE NAOUR pour ce type d'expérience. Dans ce programme, un terrain de foot d'une dimension de 105m*68m a été modélisé sur lequel nous avons pu programmer des situations de hors-jeu. Le programme s'exécute sur des ordinateurs standards avec Windows 10. Le programme est codé en langage C++/OpenGL. Les joueurs sont

représentés par des bâtonnets de différentes couleurs selon leur rôle : les attaquants en rouge, les défenseurs en bleu et le brun pour les passeurs. Lorsque que le passeur déclenche la passe virtuelle, le sujet entend le son d'un ballon frappé dans la condition *son* et *son+vue* que nous verrons par la suite.

Au démarrage du programme, deux fenêtres apparaissent sur la gauche de l'écran, elles sont présentées dans la figure 2.

- Dans la première fenêtre nous pouvons créer un scénario à partir des différentes options proposées. Une première partie, « Edition », présente trois options : « Open project » et « Save project » qui servent à ouvrir et enregistrer. « Step » n'a pas d'utilité particulière dans le cadre de notre expérience. Puis la deuxième, « Scenario », permet de modifier le paramètre de décalage. De base, la scène à jouer est parfaitement coordonnée pour qu'un croisement des joueurs s'effectue exactement au niveau du hors-jeu. « PsyStepPasser », « PsyStepStriker » et « PsyStepDefender » servent à créer un décalage sur un des acteurs de la scène soit avant ou après la ligne. Je n'ai pas utilisé ces paramètres pour l'expérience car c'est les sujets qui les modifiaient indirectement avec le staircase. L'option « Speed » définit la vitesse des joueurs à l'écran. Elle correspond à la durée de la scène : 1 correspond à une scène de 2 secondes et 2 correspond à une scène de 4 secondes. « Play » permet de jouer la scène afin de voir si le scénario est juste selon les critères souhaités. La dernière partie « Expérience », grâce à la fonction « Set camera » on enregistre la position de la caméra (position virtuelle de la tête de l'arbitre de touche (1m75)) à un endroit de la scène, dans notre cas sur la ligne du hors-jeu pour ensuite l'utiliser dans le test. Elle permet également de lancer le test avec la fonction « LaunchExperience ».
- La seconde fenêtre gère les paramètres du Staircase. Elle permet de définir le nombre maximum d'essais avant l'interruption du test et fixe le nombre de fois maximal d'inversions que le sujet pourra vivre durant le test grâce aux options « Max trials » et « Max reversals ». « Min stim val » et « Max stim val » qui sont les valeurs minimales et maximales que peuvent atteindre les sujets lors du test, dans notre cas +0.500 ou - 0.500 seconde. La fonction « Max boundaries » définit le nombre maximal où le sujet a le droit d'atteindre une des limites vues précédemment. Grâce à la fonction « Fixed step sizes » nous pouvons créer différentes valeurs avec lesquelles le niveau des stimuli sera augmenté ou abaissé entre les essais après une inversion. Les deux derniers paramètres, « Step size » et « Initial val », permettent de définir les valeurs de

chaque phase après une inversion et de définir la valeur initiale du test, dans notre cas + 0.300 secondes.



Figure 2 : Paramètres modifiables de l'application vidéo

1.4. Scénario et ordre de passage

Grâce aux paramètres modifiables du programme nous avons créé 6 scénarios différents. Pour ce faire, deux conditions et deux déroulements ont été croisés et illustrés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Codage des scénarios selon les conditions et le déroulement

	Croisé	Même sens
Son	cs	ms
Vue + son	cvs	mvs
Vue	cv	mv

Chaque scénario met en scène deux joueurs de deux équipes différentes. Le joueur bleu est toujours le défenseur alors que le rouge est l'attaquant. Lorsque le passeur est visible, il a une

couleur rouge-brun afin que le sujet comprenne que la scène importante à juger est celle entre le joueur bleu et rouge. Dans le déroulement « croisé » et « même sens », les joueurs sont distants d'environ 8 mètres car plus ils sont proches, plus l'erreur de jugement est grande (Wühr, Fasold & Memmert 2015). Dans tous les scénarios, les joueurs se trouvent à peu près au milieu du terrain entre les deux lignes de touches. Ils sont, environ, à 30 mètres et l'attaquant se trouvent à chaque fois plus proche de l'arbitre assistant que le défenseur. Les trois conditions sont les suivantes : *son*, *vue* et *vue + son*. Dans la première, nous avons estimé qu'il est possible que l'arbitre assistant n'ait pas toujours la vue sur le passeur et qu'il doit donc se fier au son du ballon frappé par le passeur. Dans la seconde, étant donné que les stades sont parfois très bruyants il se peut que l'arbitre assistant doive impérativement voir d'où et quand arrive le ballon sans pouvoir entendre le départ du coup. Dans la troisième, le sujet a accès à ses deux sens pour juger de la position du hors-jeu.

Dans la figure 3 sont illustrées les différentes possibilités de scénarii.

- 1^{er} scénario (« cv » et « cvs »), les joueurs rouges et bleus se croisent sur la ligne du hors-jeu et le passeur est visible pour l'arbitre. Les deux acteurs vont dans une direction opposée. Sur la vidéo, le bleu se déplace vers la gauche et le rouge va en direction de la droite de l'écran. La scène peut être jouée avec ou sans le son.
- 2^{ème} scénario (« cs »), les joueurs rouges et bleus se croisent sur la ligne du hors-jeu mais le passeur n'est pas visible pour l'arbitre. Les deux joueurs vont dans une direction opposée. Sur la vidéo, le bleu se déplace vers la gauche et le rouge va en direction de la droite de l'écran. Cette scène ne peut être jouée uniquement avec le son.
- 3^{ème} scénario (« mv » et « mvs »), les joueurs rouges et bleus se déplacent dans le même sens et le passeur est visible pour l'arbitre. Sur la vidéo, le bleu et le rouge se déplacent vers la droite de l'écran. La scène peut être jouée avec ou sans le son.
- 4^{ème} scénario (« ms ») met en scène les joueurs rouges et bleus qui se déplacent dans le même sens mais le passeur n'est pas visible pour l'arbitre. Sur la vidéo, le bleu et le rouge se déplacent vers la droite de l'écran. Le scénario ne peut pas être joué sans le son.

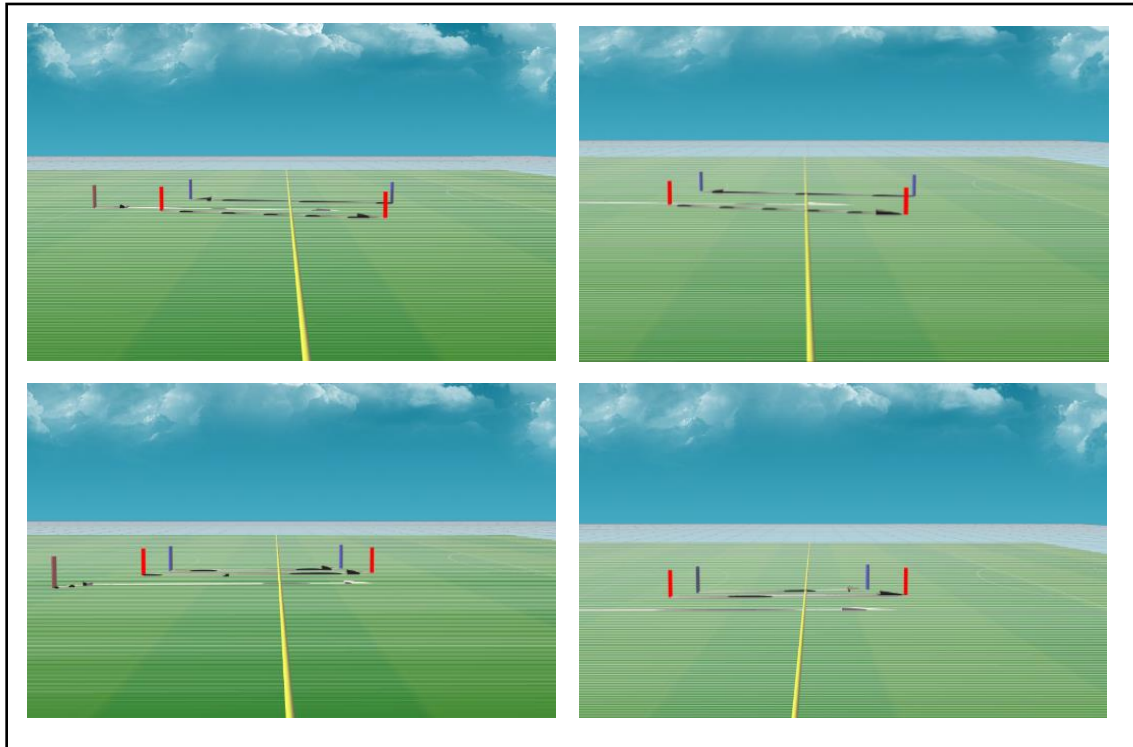


Figure 3 : Screenshot des scénarii. Dans l'ordre : cv et cvs, cs, mv et mvs, ms

Grâce à ces six conditions, douze ordres de passation différents ont été créés en faisant un contrebalancement des conditions, présentés dans le tableau 3. Sur les douze sujets, six ont débuté avec le scénario croisé mais ils n'ont jamais eu le même ordre dans les conditions. Les six autres ont débuté avec le scénario dans lequel les joueurs se déplacent dans le même sens mais ils n'ont également jamais vécu le même ordre.

Tableau 3 : Ordre de passation des scénarios selon les sujets, contrebalancement des conditions

ordre de passation						
Sujet 1	cs	cv	ms	mvs	mv	cv
Sujet 2	cv	cs	mvs	mv	ms	cv
Sujet 3	cv	cs	cv	ms	mvs	mv
Sujet 4	ms	mvs	mv	cs	cv	cs
Sujet 5	mvs	mv	ms	cv	cs	cv
Sujet 6	mv	ms	mvs	cv	cs	cv
Sujet 7	cs	cv	cv	ms	mv	mvs
Sujet 8	cv	cv	cs	mv	mvs	ms
Sujet 9	cv	cs	cv	mvs	ms	mv
Sujet 10	ms	mv	mvs	cs	cv	cv
Sujet 11	mv	mvs	ms	cv	cv	cs
Sujet 12	mvs	ms	mv	cv	cs	cv

Pour tous les sujets, le test démarre avec un premier essai où l'attaquant rouge n'est pas hors-jeu pour 0.300 seconde, ce qui signifie 1.5 mètre à la vitesse de nos joueurs. Au second essai, si le sujet a répondu juste, l'attaquant ne sera pas hors-jeu pour 0.240 seconde (step 0 → 0.060) et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il y aille la première inversion due à une erreur du sujet. Si l'inversion a lieu, par exemple, à 0.120 seconde, l'essai suivant sera remonté à 0.160 seconde (step 1 → 0.040). Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, le logiciel ajuste automatiquement le moment de la passe (son ou visuel) grâce aux réponses données par les sujets. Le but est de définir à quel moment le sujet n'arrive plus à définir s'il y a effectivement hors-jeu ou pas. Nous avons limité à 0.5 seconde l'écart entre la limite du hors-jeu et le moment de la passe. Les joueurs bleu et rouge se déplaçant à une vitesse comprise entre 14 et 18 km/h selon les scénarii. Ces 0.5 seconde apparaissent à l'écran comme environ 1.90 à 2.50 mètres. Les joueurs bleu et rouge se déplacent toujours à la même vitesse lors du même scénario dans la même condition, l'élément qui change en fonction des staircases est la vitesse du passeur et déclenche plus ou moins rapidement sa passe.

1.5. Participants

Pour l'expérience deux groupes ont été créés : un groupe contrôle et un groupe d'expert. Les sujets du groupe contrôle sont des personnes prises au hasard parmi les étudiants de l'université. Ils étaient donc tous volontaires. Pour le premier groupe il y avait douze étudiants de l'université de Fribourg mixtes, 4 femmes et 8 hommes. Le hasard a voulu que les personnes que j'ai contactées et qui acceptent de faire l'expérience soient ainsi réparties. Ils ont entre 21 et 27 ans et ils n'ont jamais été arbitre de football mais certains ont été joueurs pendant plusieurs années alors que d'autres n'ont jamais pratiqué ce sport. Trois filles et un garçon n'ont jamais pratiqué ce sport en club. Alors que les autres sujets ont entre deux et dix-neuf ans d'expérience dans le football mais tous n'ont été que joueur de champ. Ils ont été répartis de manière aléatoire au sein du groupe. Ils connaissent tous les règles du hors-jeu nécessaire à l'expérience ou ont été rapidement instruits, je leur ai expliqué la règle et présenté la scène qui allait se présenter à eux. Le deuxième groupe est formé de douze arbitres dont le niveau varie entre la 1^{ère} ligue classique et le niveau FIFA. Ils ont entre 24 et 40 ans et ont entre 4 et 13 ans d'expérience en tant qu'arbitre assistant au football, Ils ont été répartis aléatoirement au sein du groupe.

1.6. Déroulement de l'expérience

L'expérience s'est déroulée dans le laboratoire de réalité virtuelle qui se trouve dans le bâtiment de Pérolles 21 au sous-sol. Dès son arrivée, le sujet a dû signer un document déclarant qu'il était d'accord de participer à l'étude pour autant que leurs données soient utilisées de manière confidentielle. La disposition de la salle est présentée dans la figure 4 :

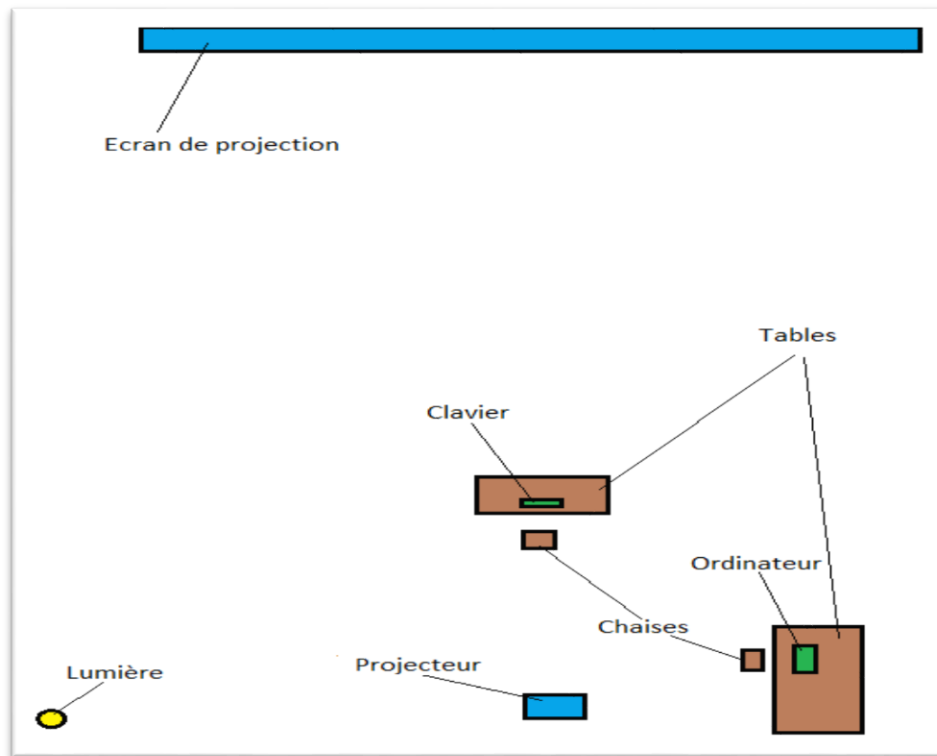


Figure 4 Schéma de l'installation de la salle

La lumière à l'arrière de la salle est allumée afin d'éviter que la vision du sujet s'altère trop rapidement et que l'image projetée à l'écran soit claire. Afin de mener à bien l'expérience, un clavier et une souris connectée via Bluetooth à l'ordinateur sont posés sur la table.

Avant de commencer, j'ai expliqué ce qu'est une situation de hors-jeu à chaque sujet qui n'était pas au clair et le sens dans lequel la scène virtuelle se déroule. Pour commencer chaque nouveau scénario de l'expérience, le sujet entre son nom suivi du détail du scénario qui va être joué (par exemple : *Nilsmvs*). J'ai accompagné tous les sujets durant la première scène de l'exercice afin que le processus soit clair et compris. Avant chaque scène apparaît le message de la figure 5.

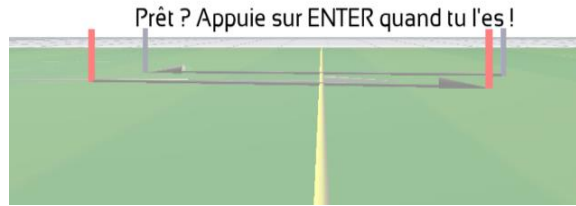


Figure 5 : Screenshot du lancement du test et au début de chaque phase de jeu



Figure 6 : Screenshot à la fin de chaque phase de jeu.

Durant l'exercice, le sujet peut prendre le temps qu'il veut pour recommencer une nouvelle fois la scène. Il peut également se lever ou faire une pause avant de reprendre l'exercice. A la fin de chaque scénario le message présenté dans la figure 6 s'affiche à l'écran.

A ce moment le sujet peut également prendre le temps qu'il souhaite afin d'y répondre. Il doit appuyer sur la lettre « F » (faute) s'il estime qu'il y a « hors-jeu » ou appuyer sur la lettre « J » (joué) s'il estime qu'il n'y a pas « hors-jeu ». En d'autres mots, si le sujet presse la lettre « F » c'est qu'il décide en réalité de stopper l'action de jeu car il y a, selon lui, une position de hors-jeu. S'il presse la « J » c'est qu'il laisse jouer l'action car il n'y a, selon lui, pas de hors-jeu. Aucun feedback sur leurs réponses n'est donnée aux sujets. Entre chaque scène (fin du staircase), le sujet a une pause d'environ 45 secondes, le temps que j'enregistre les données et que je relance le programme pour le prochain scénario.

L'expérience dans son ensemble, a duré entre 30 et 45 minutes par sujet. En effet, le temps de l'expérience pouvait varier si le sujet désirait prendre une pause, s'il répondait rapidement à la question à la fin de chaque scène mais aussi à cause du nombre d'essai que le sujet faisait afin que le logiciel puisse déterminer le moment où il répondait au hasard.

2. Résultats

2.1. Analyse

Pour analyser les résultats obtenus, nous allons passer en revue plusieurs graphiques. Dans ceux-ci, les valeurs se situant en dessous de 0 signifient que les sujets ont tendance à sanctionner une action alors qu'en réalité il n'y a pas hors-jeu. C'est-à-dire qu'à la fin de la séquence, ils ont souvent répondu par « F » alors qu'ils auraient dû presser sur la touche « J ». Les sujets se trouvant au-dessus laissent le jeu se dérouler alors qu'il y a effectivement hors-jeu, donc ils ne voient pas la faute. Ils ont donc plutôt pressé « J » alors qu'ils auraient dû presser « F ». Le « Thresholdmean » est la valeur à partir de laquelle le sujet n'arrive plus à déterminer s'il y a hors-jeu ou pas. C'est le moment où les sujets donnent des réponses qui s'approche du hasard. Il est défini grâce à la méthode « staircase ». Les valeurs se rapprochent par palier de la limite de perception du hors-jeu. Dans la suite de mon analyse je reprendrai toujours les valeurs se rapportant au « Thresholdmean » des sujets. Ces valeurs représentent leur limite de perception du hors-jeu.

Lors de l'analyse des résultats obtenus, nous verrons, dans un premier temps, des graphiques avec les « Thresholdmean » de chaque sujet pour chaque scénario et condition. Ces graphiques permettent de tester les variances et la distribution des données. Dans le deuxième sous-chapitre, nous verrons les valeurs permettant de comparer directement le groupe contrôle avec le groupe d'experts. Cette analyse nous permettra de savoir si les conditions et le déroulement ont un impact sur la décision finale. Au final, nous verrons les valeurs absolues qui nous permettront de voir quel groupe est plus proche de la vérité concernant le hors-jeu.

2.1.1. Thresholdmean selon les scénarii

Pour des raisons de lisibilité, les résultats obtenus par les sujets du groupe contrôle et expert sont présentés sur des graphiques différents comme les deux déroulements. Les figures 11 à 14 sont présentées de la manière suivante : Les résultats de chaque sujet sont représentés dans les trois conditions possibles par les barres de couleurs. Plus la barre tend vers le haut ou le bas plus l'erreur est grande par rapport à la limite réelle du hors-jeu qui est symbolisée par la ligne 0. Si les résultats sont inférieurs à 0 cela signifie que les sujets ont arrêté l'action alors qu'il n'y avait pas de position de hors-jeu. Si les résultats sont positifs, les sujets ont laissé jouer l'action alors qu'il y avait hors-jeu.

Dans les figures 7 et 8, nous pouvons observer les données du groupe contrôle et ceux des experts dans le déroulement « croisé ». Nous pouvons voir que le premier groupe a tendance à arrêter l'action alors qu'il n'y a pas de hors-jeu. Dans le groupe des experts, les données sont moins homogènes. Certains sujets laissent jouer plutôt que d'arrêter l'action en la sanctionnant d'un hors-jeu. Certains experts, notamment les numéros 1, 4 et 5, sont extrêmement proches de la limite réelle. C'est-à-dire qu'ils savaient presque exactement

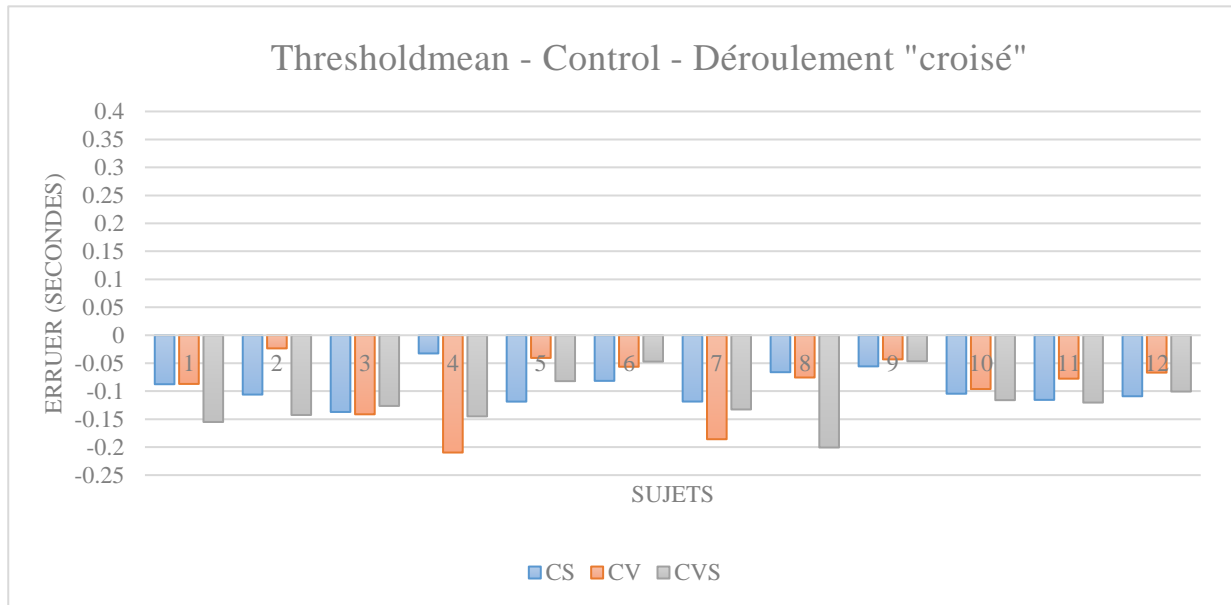


Figure 7 : Groupe contrôle, déroulement « croisé »

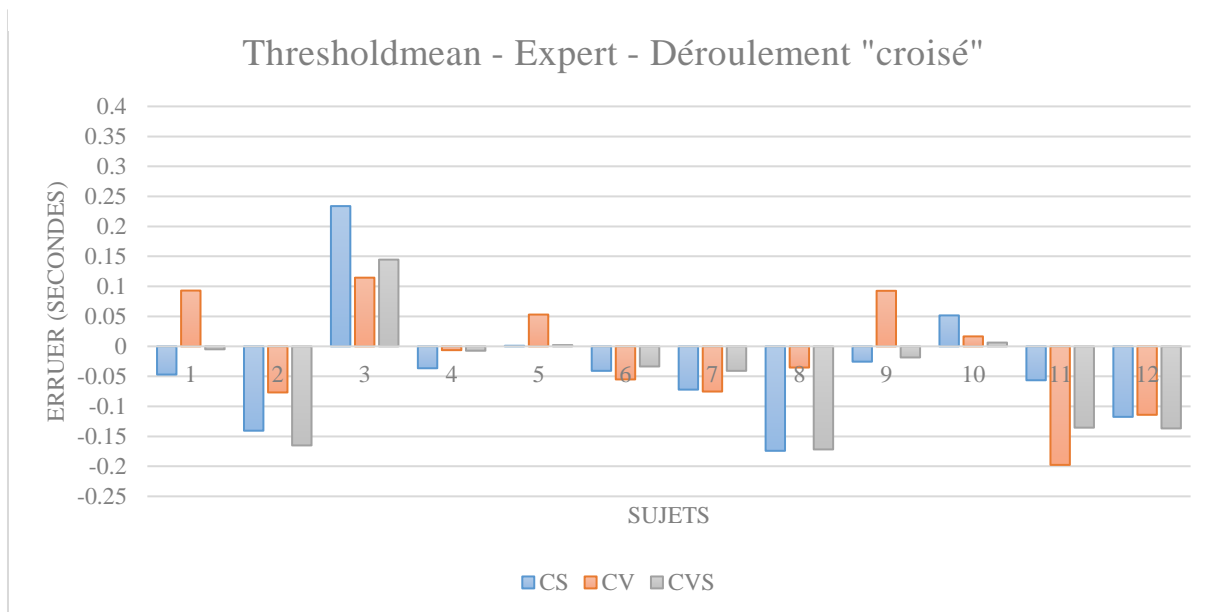


Figure 8 Groupe expert, déroulement « croisé »

quand il fallait sanctionner l'action ou quand il ne le fallait pas.

Dans les figures 9 et 10, nous pouvons observer les données du groupe contrôle et ceux des experts dans le déroulement « même sens ». Les données des sujets novices sont cette fois-ci beaucoup moins homogènes. Certains sujets comme le 5, le 6 et le 12 laisseraient jouer l'action bien qu'il y ait hors-jeu. Le reste des sujets la stopperaient alors qu'il n'y a pas de position de hors-jeu de la part de l'attaquant. Dans certaines conditions, les sujets 5, 9 et 10 sont très proches de la limite véritable. Comme dans le premier déroulement, les données du groupe expert sont beaucoup plus hétérogènes que le groupe contrôle. De manière générale les arbitres laissent plus souvent le jeu allé et sont pour certains très loin de la limite véritable du hors-jeu. Certains sujets comme le 4, le 7 ou le 9 restent cependant très près de la réalité

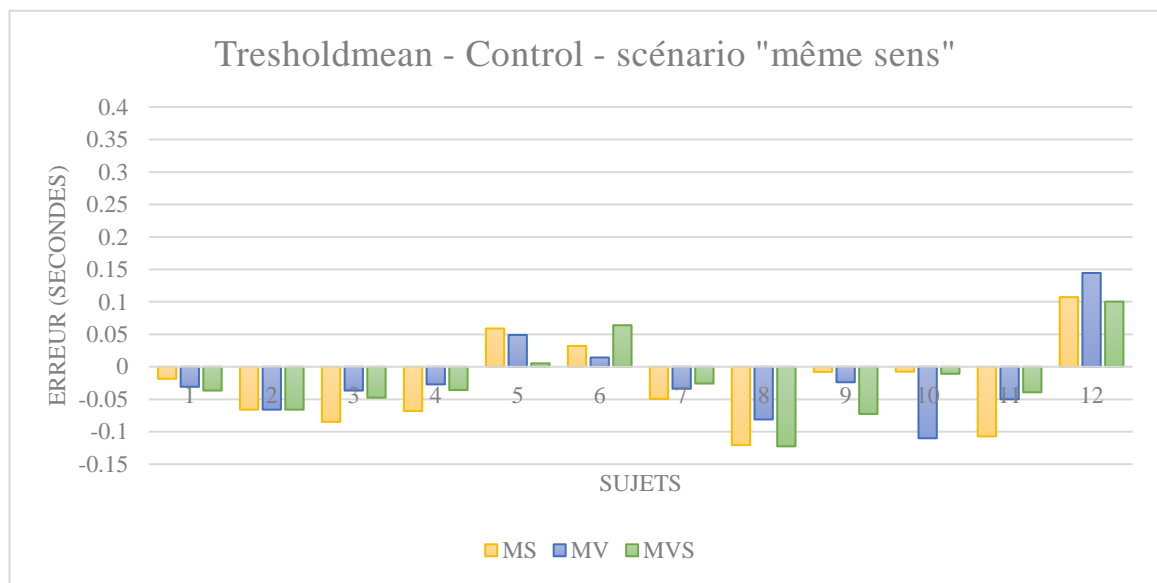


Figure 10 : Groupe contrôle. Déroulement « même sens »

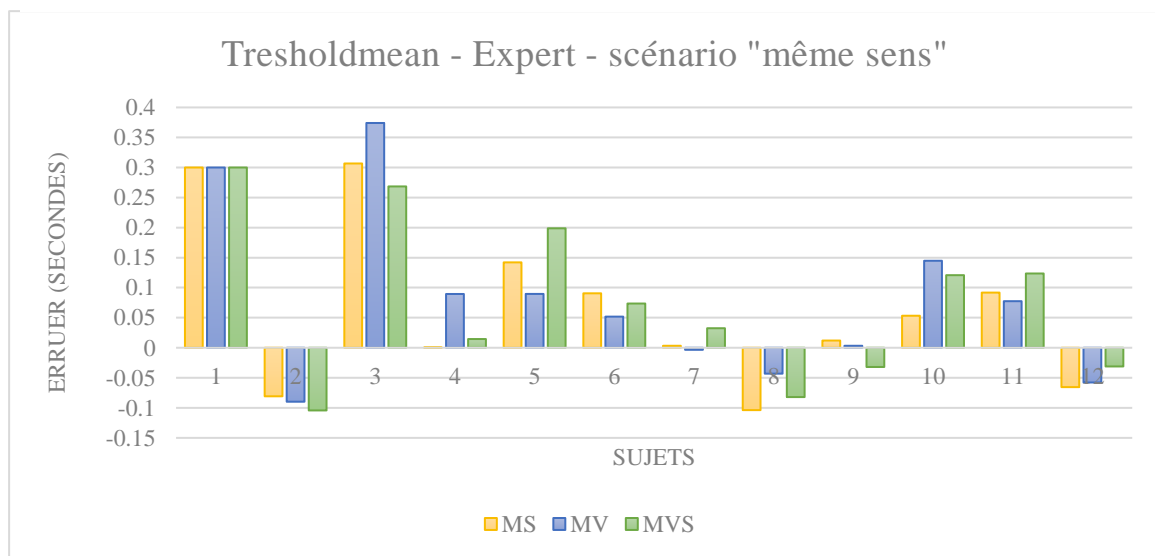


Figure 9 : Groupe expert. Déroulement « même sens »

dans certaines conditions.

Grâce à ces premiers graphiques nous pouvons voir que les experts ont une forte tendance à laisser jouer l'action lorsque les deux joueurs se déplacent dans le même sens. En faisant une analyse visuelle de ces graphes on s'aperçoit que les conditions n'ont pas vraiment d'impact sur la perception de la limite du hors-jeu. A contrario, on peut observer que les déroulements impactent dans une certaine mesure les décisions des deux groupes. Dans la prochaine partie, nous allons peut-être confirmer cette analyse visuelle.

2.1.2. Comparaison des groupes selon les scénarii

Afin de pouvoir choisir les tests statistiques appropriés afin de mener une comparaison, les données récoltées ont été testées pour s'assurer qu'elles soient distribuées de façon normale selon la courbe de Gauss et que les variances soient homogènes. Après un test du χ^2 (khi carré) et les tests de Bartlett et Levene nous avons constaté que les données étaient bien distribuées normalement et ont des variances homogènes. Les données étant paramétriques, des tests statistiques paramétriques ont été utilisés pour créer des graphiques se prêtant à l'analyse. J'ai fait une ANOVA 2x6 [expertise (expert, novice) x conditions (cv, cs, cvs, mv, ms, mvs)]. L'expertise est testée en groupe indépendant et les conditions en mesures répétées : ANOVA expertise $F(1,22)$ 6.547, $p = 0.0179^*$ et ANOVA conditions $F(5,110)$ 21.763, $p = 4.27 \times 10^{-15}$ ***. Ces ANOVA nous prouvent qu'il y a une différence entre les experts et les novices. Grâce à cette ANOVA nous pouvons dire que les conditions sont réellement différentes les unes des autres.

Afin de permettre une lecture claire des graphiques et de la dispersion des données, j'ai choisi d'utiliser des boîtes à moustaches, appelé aussi boxplot. Ce type de graphique se lit de la manière suivante : la boîte représente 50% des données, la croix est la moyenne des données, les deux « moustaches » représentent les valeurs minimums et maximums. Les points que l'on peut observer dans certains graphiques au-dessus ou dessous d'une boîte sont les données extrêmes qui représentent au maximum 5% de toutes les valeurs recueillies.

Pour commencer, la figure 11, présente la moyenne des écarts par rapport au hors-jeu en fonction des six scénarii proposés aux sujets et également la dispersion de chaque groupe pour chaque condition. De manière globale, on peut observer que les novices sont plus homogènes dans leurs réponses aux stimuli que les experts en particulier dans le scénario « cs ». Nous pouvons également constater que les experts ont tendance à laisser jouer l'action plus longtemps comme nous l'avons déjà mis en évidence dans le chapitre précédent. Si nous nous

basons sur la limite du hors-jeu, la ligne du zéro, les experts sont en général plus proches de la vérité que le groupe control. A la lecture du graphique nous pouvons voir que les conditions (s, v et vs) n'ont pas d'impact significatif sur le jugement des sujets. La différence se fait surtout selon le déroulement (« même sens » et « croisé »). Après avoir fait les ANOVA, j'ai procédé à un POST-HOC. Ce dernier montre que les scénarii CV, CS, CVS sont significativement différentes de MV, MS, MVS. (CS/MS, $p=0.00119$, CS/MV, $p=0.00012$, CS/MVS, $p=0.00050$, CV/MS, $p=0.01571$, CV/MV, $p=0.00468$, CV/MVS, $p=0.01263$, CVS/MS $p=8.4 \times 10^{-6}$, CVS/MV, $p=2.3 \times 10^{-6}$, CVS/MVS 4.9×10^{-6}) se qui confirme l'interprétation du graphique. Dans le déroulement « croisé » les deux groupes ont tendance à stopper l'action plus rapidement que dans les conditions « même sens ».

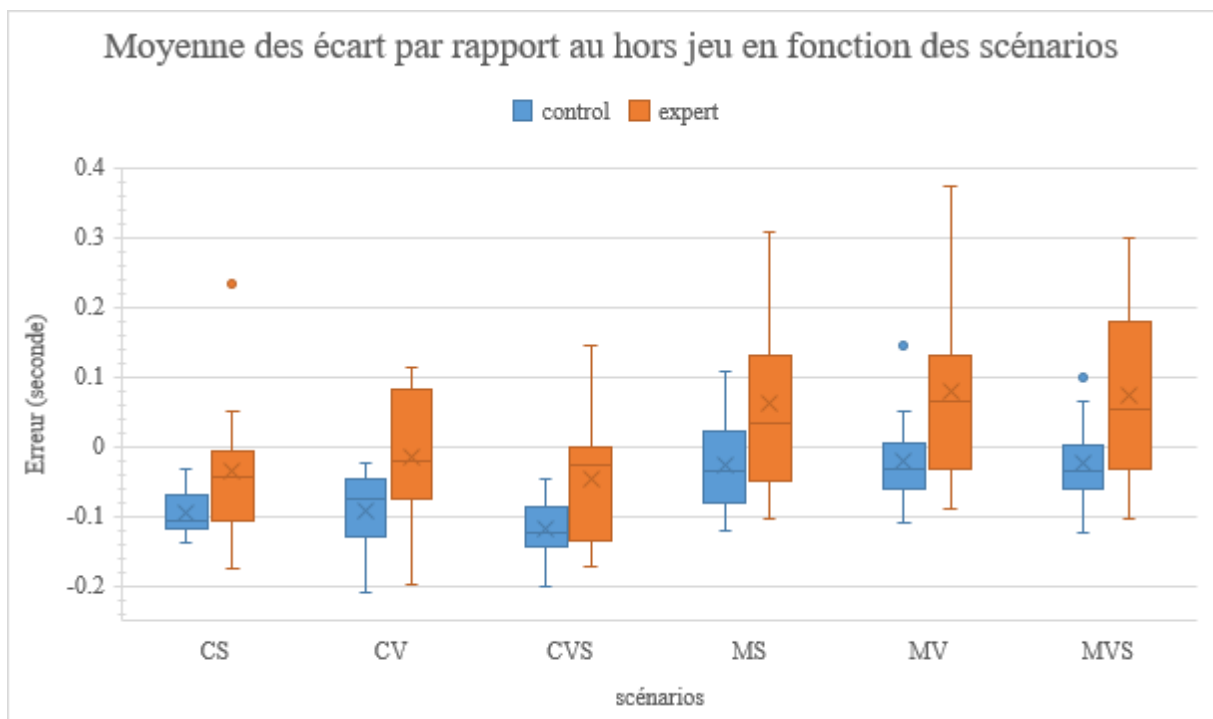


Figure 11 : Moyenne des écarts par rapport au hors-jeu en fonction des scénarios

Afin d'affiner l'analyse, la figure 12 présente la comparaison entre les deux groupes mais cette fois-ci uniquement selon le déroulement. Pour ce faire, les moyennes des scénarios de chaque sujet ont été regroupées pour créer deux moyennes globales de chaque déroulement. Grâce à la ligne tirée d'une moyenne à l'autre, nous pouvons confirmer, une fois de plus, que les groupes laissent jouer l'action dans le déroulement « même sens ». Le groupe contrôle laisse jouer 0.077 seconde de plus et le groupe expert arrive à 0.103 seconde de plus. Cela confirme également que le déroulement a bien un impact sur la décision. Ces résultats confirment ceux de l'expérience de Gilis et ses collaborateurs (Gilis et al. 2009) intitulée « off-

the-field offside test ». Lorsque l'attaquant était un mètre en jeu alors les arbitres assistants faisaient encore environ dix pourcents d'erreur en levant le drapeau (Flag error). C'est-à-dire que dans 10% des cas où l'attaquant était un mètre en jeu, en position licite, les arbitres assistants annonçaient un hors-jeu. Ce que mon expérience montre, c'est que lorsque le défenseur et l'attaquant se déplacent dans le même sens en direction du but défendu, les arbitres laissent jouer (non flag error). Ils ne lèvent pas leur drapeau afin signaler le hors-jeu alors qu'ils devraient le faire.

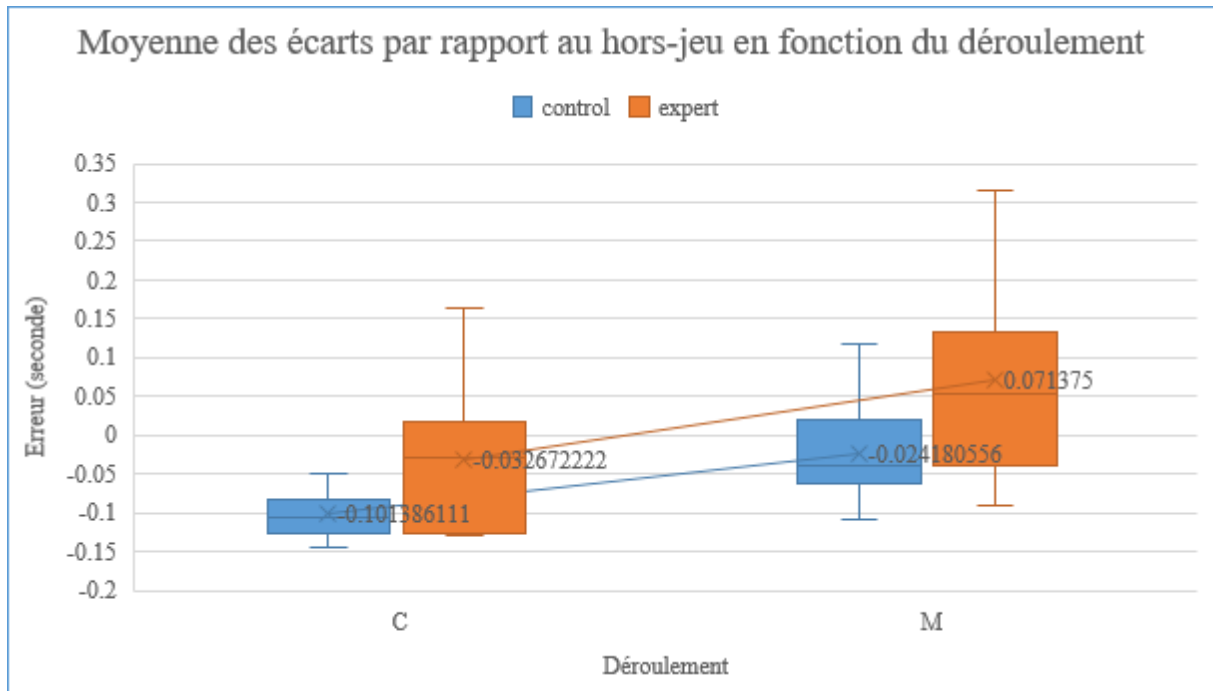


Figure 12 : Moyenne des écarts par rapport au hors-jeu en fonction du déroulement

2.1.3. Comparaison des groupes selon la limite véritable du hors-jeu

Dans la figure 13, nous pouvons voir que pour le scénario « croisé » le groupe expert est en moyenne meilleur, plus proche de la véritable limite du hors-jeu, que le groupe contrôle. En revanche, dans le scénario « même sens » la tendance s'inverse et c'est le groupe contrôle qui s'approche le plus de la vérité. Pour contrôler ces affirmations, j'ai réalisé une ANOVA condition : expertise $F(1,22) 6.219$, $p = 0.0206$. Elle confirme qu'il y a une inversion significative de la justesse des décisions entre experts et novices selon le déroulement proposé. Les arbitres assistants sont plus précis dans le déroulement « croisé » que le groupe contrôle. Ce dernier est, tout de même, meilleur avec le déroulement « même sens » que le groupe des experts. Cependant le déroulement a un impact uniquement sur le groupe contrôle qui est significativement meilleur dans les scénarios où les joueurs vont dans le même sens.

Le test POST-HOC nous donne les chiffres suivants : Opp_Con/Sam_Con, $p = 0.012$. Statistiquement parlant, nous pouvons dire que les différents déroulements ont un impact sur le groupe de novices mais pas sur le groupe des arbitres assistants. En ce qui concerne le groupe expert, le déroulement n'a pas d'impact significatif sur la précision de leur décision.

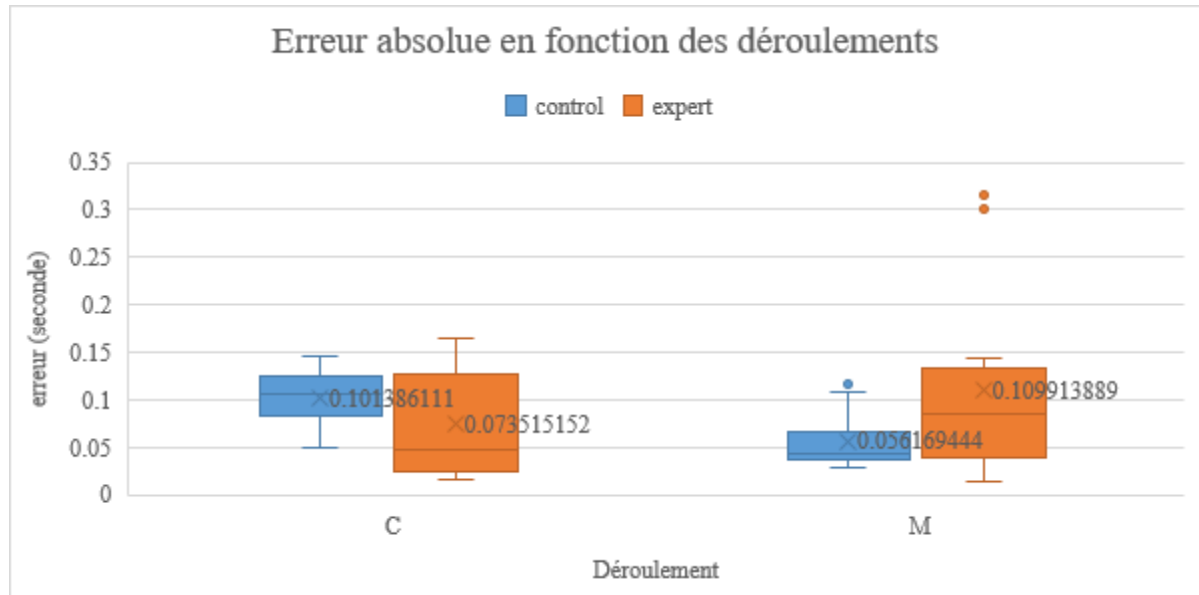


Figure 13 : Erreur absolue en fonction des déroulements

Discussion et conclusion

Grâce à l'analyse des résultats obtenus mon hypothèse de départ n'est pas validée : Les arbitres assistants ne sont pas meilleurs qu'un groupe de personnes novices dans la perception de la limite du hors-jeu. Cela ne dépend pas non plus des scénarii ni des conditions proposées en ce qui concerne les experts. Ce travail va à l'encontre de plusieurs études menées sur les arbitres ces dernières années. Une étude réalisée par Gilis et ses collaborateurs (2009) auprès des arbitres assistants FIFA et des arbitres assistants belges confirme que les sujets les plus entraînés font moins d'erreur que les autres. Dans leur expérience « off-the-field test », ils avaient deux déroulements. Un dans lequel le défenseur était immobile et dans le second le défenseur se déplaçait dans le sens opposé à l'attaquant. Ils expliquent que la condition où le défenseur se déplaçait dans le sens opposé, les arbitres assistants FIFA étaient meilleures que les arbitres assistants belges, moins entraînés. Les résultats montrent également que les arbitres de la FIFA ont 73.7% d'évaluation correcte à 73.7% contre 69,3% pour les arbitres assistants belges en prenant tous les essais en compte dans les deux déroulements. D'autre part, les arbitres assistants s'améliorent de plus en plus avec le temps comme le montre

l'étude de Catteeuw et ses collègues (2010). Pour faire cette étude, ils ont repris toutes les actions lors desquelles les arbitres assistants avaient signalé des hors-jeux dans deux compétitions et ont analysé la validité des décisions. A la coupe du monde 2002, il y avait 26.1% d'erreur dans les décisions de jeu alors qu'en 2006 il n'y en avait plus que 10%. Nous pouvons donc nous demander pourquoi les résultats obtenus dans notre expérience sont différents des études trouvées dans la littérature, pourquoi les experts sont meilleurs dans la réalité et moins bons lors des simulations ? Si les experts ne sont pas meilleurs que des novices dans la perception de la limite du hors-jeu alors pourquoi sont-ils supérieurs aux novices en réalité ? Un premier élément de réponse peut venir de l'entraînement des arbitres assistants. En effet ce travail a montré que les scénarii n'ont aucun impact sur les experts mais ils en ont un sur l'erreur standard. Quant au scénario « croisé », les arbitres assistants sont plus précis que les novices en moyenne de 0.077 seconde. Lors d'une discussion avec un des experts volontaires pour mon expérience, j'ai appris qu'ils s'entraînent à des situations croisées durant leur formation. Cela pourrait expliquer la moyenne plus proche de la limite réelle dans ce type de scénario. Toujours grâce aux discussions avec mes sujets, j'ai pu apprendre que lorsqu'un arbitre assistant a un doute sur la position de hors-jeu, il doit laisser jouer l'action. Ce sont les instructions qu'ils reçoivent lors de leur formation. Cela peut expliquer que les arbitres ont tendance à laisser jouer une action alors qu'il pourrait y avoir hors-jeu. Dans ce cas, le doute profite donc à l'attaquant. La règle du hors-jeu est bien plus complexe qu'une simple passe à un attaquant en position de hors-jeu. L'arbitre assistant doit attendre que le joueur fasse acte de jouer le ballon qu'il reçoit ou qu'il prenne activement part au jeu avant de lever son drapeau. Dans le cadre de l'expérience, l'effet flash lag peut expliquer en partie la tendance des deux groupes à laisser plus jouer l'action lors du scénario « même sens » (Baldo, Ranvaud, et Morya 2002; Catteeuw, Gilis, Wagemans, et al. 2010). Les biais visuels sont également à prendre en considération pour expliquer la non validation de mon hypothèse. Dans l'expérience, nous avons voulu réduire les effets des différents biais liés aux déplacements de l'arbitre assistant, c'est pourquoi il était statique, assis sur une chaise mais placé parfaitement sur la ligne virtuelle du hors-jeu. Cependant, des biais visuels dû à la position de l'attaquant par rapport au défenseur et à l'assistant peuvent persister. Il se peut, en effet, que l'attaquant qui passait le plus proche de l'arbitres aie caché pendant plusieurs millisecondes le défenseur ce qui peut induire un doute chez les sujets (Gilis et al. 2008).

Suite au déroulement de l'expérience nous pouvons conclure que la perception de la limite du hors-jeu est personnelle et différente selon les situations. Il faut comprendre que les arbitres assistants ne sont pas meilleurs dans la simple perception de la limite mais dans le métier

d'arbitre assistant dans son entier si l'on en croit les études que j'ai cité tout au long de mon travail. Les règles sont développées afin que le sport avance et évite les tricheries. Les arbitres s'efforcent de les faire appliquer. Ils le font de mieux en mieux selon Catteeuw et ses collègues quand ils ont comparé les deux compétitions. La règle du hors-jeu a été instaurée et transformée pour servir le jeu de passe, pour augmenter la fluidité du jeu, ainsi que pour créer des situations plus difficiles à défendre ce qui implique parfois des erreurs d'arbitrage. Cependant, plusieurs questions d'ordre philosophique restent ouvertes concernant cette loi qui en 2007, suite une décision de l'IFAB, a quasiment mis fin au hors-jeu de position. Depuis, il faut que l'attaquant prenne activement part au jeu, mais la question qui subsiste est « *Où commence l'influence sur le jeu ?* » (Marle et Duprat 2016)

Validité et fiabilité du travail

L'expérience que nous avons menée pour ce travail de Master n'avait jamais été entreprise auparavant. De ce fait, il n'y a pas de valeur comparative afin de vérifier la fiabilité des données récoltées. Cependant, comme nous l'avons vu dans le sous-chapitre précédent des études vont à l'encontre des résultats déduits et il serait donc intéressant que d'autres chercheurs reproduisent ces tests afin de voir s'ils obtiennent les mêmes résultats. Pour ce qui est de la validité interne, nous avons mis en place plusieurs éléments afin qu'elle soit élevée. Réaliser une expérience en laboratoire permet de contrôler la situation de recherche. Nous avons travaillé avec la vue et l'ouïe des participants et aucun élément externe n'a pu perturber ces sens (bruits extérieur, flash, etc.). La salle a été agencée de manière à ce que les participants soient dans une situation optimale et il n'y a pas eu de changement entre les sujets. Cependant plusieurs effets peuvent influencer sur la validité interne : l'effet de fatigue mentale car les scènes sont répétitives et rapides et impactent sur la concentration des sujets et la fatigue des yeux due à la lumière artificielle du projecteur. Quant aux variables de l'expérience nous avons également mis en place des éléments pour les contrôler. Tout d'abord l'ordre de passage des sujets a été randomisé afin qu'ils ne passent jamais les mêmes conditions au même moment. Les conditions (vue, son) ont été choisies car elles représentent ce qu'il y a de plus proche d'un stade de foot. En effet, dans un stade comble, il peut y avoir énormément de bruit et il était donc intéressant d'étudier les réponses dans cette condition. Le fait de se baser également uniquement sur la vision du passeur n'est pas non plus dénuée de sens. Dans certains cas, le passeur est très loin de l'arbitre assistant qui doit se concentrer sur l'attaquant mais aussi sur le son du ballon frappé pour déterminer s'il y a une position de

hors-jeu. Dans le meilleur des cas, ils ont accès à toutes les informations utiles, le son et la vue. Au niveau du contrôle des variables parasites nous aurions pu travailler avec les deux groupes de participants de manières plus rigoureuses. En effet les variables propres des sujets (âge, expérience, niveau sportif, connaissances, etc.) ont été peu prises en compte pour former des groupes mais aussi afin d'analyser les résultats. Ces données auraient pu nous donner des informations pertinentes si, par exemple, le nombre de sujets avait été plus important. Au vu de ces derniers aspects, entre autres, la validité externe de l'expérience est modérée. Il y a de nombreuses possibilités d'amélioration du travail s'il devait être reproduit et nous allons le voir dans le prochain chapitre.

Limites du travail et améliorations

Ce travail a plusieurs limites. Il en découle des idées d'améliorations et de modifications qui pourraient être appliquées si l'expérience devait être reproduite. Le fait de faire une expérience en laboratoire permet de contrôler de nombreuses variables mais enlève de nombreux aspects qui dans ce cas peuvent influencer les décisions des arbitres qui ont l'habitude de s'entraîner sur un terrain de jeu. Souvent, les pelouses des stades sont bien tondues et cette tonte donne aux arbitres assistants des repères visuels qu'ils peuvent utiliser afin de détecter les hors-jeux. De même, les panneaux publicitaires posés autour des terrains peuvent leur donner des repères. Tous ces éléments n'ont pas été reproduit dans les scènes virtuelles et il pourrait être intéressant d'y réfléchir. La caméra fixe lors de la visualisation de la scène en laboratoire est également un point à améliorer. En effet, lors d'un match, l'arbitre assistant est constamment en mouvement pour suivre la ligne du dernier défenseur (Fabrice et al. 2011). On pourrait donc intégrer le déplacement de la caméra en fonction du dernier défenseur « bleu ». Un autre point qui éloigne la mise en scène proposée de la réalité du terrain est la représentation des joueurs par des bâtonnets. Lors d'un match l'arbitre peut juger une position de hors-jeu des pieds à la tête. La forme géométrique a proposé devrait donc ressembler plus à un triangle. Mais le problème de la dynamique de l'image resterait encore quand un joueur veut accélérer, par exemple, il doit s'incliner et faire plusieurs mouvements. Les scénarios proposés mettent en scène un ballon qui arrive toujours du même endroit et des joueurs qui vont toujours à la même vitesse. Ces conditions ne sont pas réalistes et ne sont qu'une des possibilités arrivant dans un match. Il pourrait être intéressant de proposer des schémas avec plusieurs distances et vitesses différentes pour les joueurs afin d'introduire de nouveaux paramètres et ainsi se rapprocher d'une scène réelle.

Pour terminer, si nous devions reproduire l'expérience, nous essaierions de mieux choisir les participants des groupes en ayant des critères plus précis. Dans le groupe contrôle nous prendrions des personnes ne pratiquant aucun sport d'équipe, pour qu'ils n'aient à la base aucune compréhension direct d'une règle de hors-jeu. Quant à celui des experts je tâcherais d'avoir uniquement des arbitres assistants FIFA avec au minimum deux ans d'expérience à ce niveau. Ceci dans le but de créer une plus grande différence entre les deux groupes.

Perspectives de nouvelles questions de recherches

Lors de notre recherche bibliographique nous avons trouvé un article qui pourrait amener éventuellement un nouvel élément à l'expérience. Cette étude montre que la couleur d'un objet a un impact sur la perception du son que cet objet émet. Est-ce que la couleur des maillots d'une équipe aurait un impact sur la décision de hors-jeu des arbitres assistants de haut niveau ? (Fastl et others 2004). Cette variable pourrait facilement être intégrée au logiciel. L'idéal serait de développer un programme capable d'enregistrer les phases de hors-jeu d'un match de football et de pouvoir manuellement simuler une position de hors-jeu sur ces mêmes phases de manière plus écologique. Avec ces situations, prises de la réalité nous pourrions entraîner les arbitres assistants uniquement sur un aspect de leur travail qui est la capacité de perception de la limite du hors-jeu. Si l'expérience était mise en lien avec une recherche menée sur le terrain cela nous permettrait de voir l'effet d'une scène virtuelle et de constater réellement quel est l'effet de l'expertise des arbitres. Un autre paramètre qui pourrait être développé est l'effet de sexe. L'expérience serait reconduite avec des groupes de filles pour voir si les résultats obtenus sont les mêmes ou s'il y a une différence avec les groupes masculins. Cet aspect augmenterait la validité externe du travail car l'échantillon est de cette manière plus représentatif de la population.

Bibliographie

Article

- Gilis, Bart, Werner Helsen, Peter Catteeuw, Evelien Van Roie, et Johan Wagemans. 2009. « Interpretation and application of the offside law by expert assistant referees: Perception of spatial positions in complex dynamic events on and off the field ». *Journal of Sports Sciences* 27 (6): 551–563.
- Baldo, Marcus Vinicius C., Ronald D. Ranvaud, et Edgard Morya. 2002. « Flag errors in soccer games: the flash-lag effect brought to real life ». *Perception* 31 (10): 1205–1210.
- Blociszewski, Jacques. 2001. « Le football télévisé victime du ralenti ». *Communication et langages* 129 (1): 4–20.
- Catteeuw, Peter, Bart Gilis, José-María García-Aranda, Fernando Tresaco, Johan Wagemans, et Werner Helsen. 2010. « Offside decision making in the 2002 and 2006 FIFA World Cups ». *Journal of sports sciences* 28 (10): 1027–1032.
- Fabrice, Dosseville, Laborde Sylvain, Traclet Alan, et Koffi P. Edoh. 2011. « Décisions arbitrales en football et performances physiques en situation écologique: indicateurs comportementaux et physiologiques ». *Staps*, n° 3: 51–60.
- Krustrup, Peter, Magni Mohr, et Jens Bangsbo. 2002. « Activity profile and physiological demands of top-class soccer assistant refereeing in relation to training status ». *Journal of Sports Sciences* 20 (11): 861–871.
- Genevois, Bruno. 2002. « Le football, la gloire fragile d'un jeu ». *Pouvoirs*, n° 2: 5–14.
- Gilis, Bart, Werner Helsen, Peter Catteeuw, et Johan Wagemans. 2008. « Offside decisions by expert assistant referees in association football: Perception and recall of spatial positions in complex dynamic events. » *Journal of Experimental Psychology: Applied* 14 (1): 21-35. Doi : 10.1037/1076-898X.14.1.21
- Mallo, Javier, Pablo Gonzalez Frutos, Daniel Juárez, et Enrique Navarro. 2012. « Effect of positioning on the accuracy of decision making of association football top-class referees and assistant referees during competitive matches ». *Journal of Sports Sciences* 30 (13): 1437–1445.

- Ténèze, Ludovic, et Hélène Joncheray. 2012. « Les lois du jeu en football: le pouvoir du Board ». *Jurisport* 121: 43–46.
- Ténèze, Ludovic, Helene Joncheray, et Thierry Arnal. 2015. « Rôle et pouvoir de l'arbitre en football : approche historique ». *Movement & Sport Sciences*, n° 87 (mars): 11-22.
- Oudejans, Raoul RD, Raymond Verheijen, Frank C. Bakker, Jeroen C. Gerrits, Marten Steinbrückner, et Peter J. Beek. 2000. « Errors in judging 'offside' in football ». *Nature* 404 (6773): 33–33.
- Nevill, Alan M., Nigel J. Balmer, et A. Mark Williams. 2002. « The influence of crowd noise and experience upon refereeing decisions in football ». *Psychology of Sport and Exercise* 3 (4): 261–272.
- Nevill, Alan M., et Roger L. Holder. 1999. « Home advantage in sport ». *Sports Medicine* 28 (4): 221–236.
- Demeuse, Marc, et Georges Henry. 2004. « La théorie psychophysique ». *Introduction aux théories et aux méthodes de la mesure en sciences psychologiques et en sciences de l'éducation*. Partie III- (1) : 91-115

Article électronique avec doi:

- Boyko, Ryan H., Adam R. Boyko, et Mark G. Boyko. 2007. « Referee bias contributes to home advantage in English Premiership football ». *Journal of Sports Sciences* 25 (11): 1185-94. doi:10.1080/02640410601038576.
- Fastl, Hugo, et others. 2004. « Audio-visual interactions in loudness evaluation ». In *Proceedings of the 18th International Congress on Acoustics*, 2:1161–1166. Citeseer. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.364.4139&rep=rep1&type=pdf>.
- Wühr, Peter, Frowin Fasold, et Daniel Memmert. 2015. « Soccer Offside Judgments in Laypersons with Different Types of Static Displays ». *PloS one* 10 (8): <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0133687>
- Catteeuw, Peter, Bart Gilis, Johan Wagemans, Werner Helsen, et others. 2010. « Perceptual-cognitive skills in offside decision making: Expertise and training effects ». *Journal of Sport and Exercise Psychology* 32 (6): 828-844 doi : 10.1123/jsep32.6.828.

Article de journal

Oudejans, Raoul RD, Frank C. Bakker, Raymond Verheijen, Jeroen C. Gerrits, Marten Steinbrückner, et Peter J. Beek. 2005. « How position and motion of expert assistant referees in soccer relate to the quality of their offside judgements during actual match play. » *International Journal of Sport Psychology*.
<http://psycnet.apa.org/psycinfo/2005-06291-002>.

Marle, Patrick, et Eric Duprat. 2016. « Au football, la règle du hors-jeu a-t-elle encore un sens? » *eJRIEPS* 32(avril 2014) 72-86 http://elliadd.univ-fcomte.fr/ejrieps/system/files/eJ32_Marle_et_al.pdf.

Règlement du football

IFAB. 2016. « lois du jeu 2016/17 ». http://resources.fifa.com/mm/document/footballdevelopment/refereeing/02/79/92/44/1aws_of_the_game_16-17_french_printview_french.pdf.

Je soussigné certifie avoir réalisé le présent travail de façon autonome, sans aide illicite quelconque. Tout élément emprunté littéralement ou mutatis mutandis à des publications ou à des sources inconnues, a été rendu reconnaissable comme tel.

Lieu, date

Signature

Je soussigné reconnais que le présent travail est une partie constituante de la formation en Sciences du Mouvement et du Sport à l'Université de Fribourg. Je m'engage donc à céder entièrement les droits d'auteur – y compris les droits de publication et autres droits liés à des fins commerciales ou bénévoles – à l'Université de Fribourg

La cession à tiers des droits d'auteur par l'Université est soumise à l'accord du soussigné uniquement.

Cet accord ne peut faire l'objet d'aucune rétribution financière.

Lieu, date

Signature