



HAL
open science

Entraînement de l'attention visuo-spatiale (CVSA) de gardiens de but de football de haut niveau : mise en oeuvre par la méthode du MOT (Multiple Object Tracking)

Kévin Le Targat

► **To cite this version:**

Kévin Le Targat. Entraînement de l'attention visuo-spatiale (CVSA) de gardiens de but de football de haut niveau : mise en oeuvre par la méthode du MOT (Multiple Object Tracking). Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-01646096

HAL Id: dumas-01646096

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01646096v1>

Submitted on 23 Nov 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



UNIVERSITÉ RENNES 2 – HAUTE BRETAGNE

UFR Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

Master 2 Mouvement Sport Santé

**Entraînement de l'attention visuo-spatiale (CVSA) de
gardiens de but de football de haut niveau
– Mise en œuvre par la méthode du MOT (Multiple
Object Tracking)**

Mémoire présenté par :

Kévin LE TARGAT

Tuteur universitaire : Richard KULPA

Tuteur professionnel : Benoit BIDEAU

Année universitaire 2016-2017

Remerciements

Je tiens à remercier Richard Kulpa et Benoit Bideau pour m'avoir intégré au sein de ce projet ainsi que pour leur aide concernant ce mémoire. Je les remercie également pour leur encadrement et leur implication tout au long de ce stage

Je remercie également Charles Faure pour son implication et ses conseils à propos du mémoire qui m'ont été très utiles.

Merci à Armel Cretual pour ses conseils en statistiques.

Je tiens à remercier le club du Stade Rennais Football Club qui a permis de réaliser ce protocole au sein de sa structure.

Je remercie également Christophe Revel pour sa disponibilité qui a permis de faciliter la mise en place de ce protocole auprès des joueurs.

Enfin, je remercie les joueurs du Stade Rennais qui ont participé à ce protocole avec sérieux afin que celui-ci ait pu se mettre en place.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	5
REVUE DE LITTÉRATURE.....	6
1. La vision.....	6
1) Fonctionnement du système visuel	6
1. Au niveau de l'œil.....	6
2. Au niveau des voies visuelles.....	8
2. Perception visuelle et football	10
1) Influence de la perception visuelle au football.....	10
2) Effet de l'expertise sur la perception visuelle.....	11
3. Multiple Object Tracking.....	14
1) Définition	14
2) Paramètres influençant la performance	15
1. La Vitesse.....	16
2. Le nombre d'objets (cibles ou distracteurs)	16
3. La proximité des balles	17
4. La vision stéréoscopique	17
5. Autres	18
4. Entraînement perceptif visuel.....	19
1) Entraînement perceptif.....	19
2) Programme de formation MOT	20
SYNTHESE ET OBJECTIFS.....	21
METHODOLOGIE	23
1. Population.....	23
2. Protocole.....	24
3. Analyse.....	27
1) Paramètres calculées	27
2) Statistiques envisagées.....	27
RESULTATS.....	28
1. Evaluation du MOT.....	28
1) Résultats généraux.....	28
2) Résultats en fonction du nombre de cibles.....	28
3) Résultats en fonction de la vitesse des balles	29
2. Evaluation du MOT Track	30
1) Résultats généraux.....	30
2) Résultats en fonction du nombre de cibles.....	30
3) Résultats en fonction de la vitesse des balles	31
3. Comparaison des différents supports utilisés	32
4. Comparaison avant/après séance d'entraînement.....	34

5. Comparaison MOT/MOT Track	35
DISCUSSION	36
1. Evaluation du MOT	36
2. Evaluation du MOT Track	37
3. Comparaison des différents supports utilisés	39
4. Comparaison avant/après séance d'entraînement.....	40
5. Comparaison MOT/MOT Track	40
6. Limites.....	42
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43
RESUMES	45
ANNEXES	46

TABLE DES FIGURES :

<u>Figure 1:</u> Schéma de l'œil.....	7
<u>Figure 2:</u> Illustration du système visuel humain	8
<u>Figure 3:</u> Détail du champ de vision.....	9
<u>Figure 4:</u> Illustration de la perspective d'un gardien de but dans laquelle : (1) le gardien doit suivre plusieurs éléments, (2) le gardien doit suivre ces éléments en utilisant des parties centrales mais aussi une importante partie du champ visuel périphérique, (3) le gardien doit utiliser efficacement les informations d'une grande partie du champ visuel, (4) le GK doit traiter toutes ces informations à des vitesses très rapides (Faubert et al ; 2012)	10
<u>Figure 5:</u> Tâche 3D-MOT. Illustration des différentes phases	15
<u>Figure 6:</u> Illustration de la précision visuelle périphérique moyenne dans le pré-test et le post-test pour les deux groupes (Nan et al ; 2013)	19
<u>Figure 7:</u> Evolution du seuil de vitesse normalisé chez les 3 groupes (Faubert et al ;2013)	20
<u>Figure 8:</u> Effet de la formation 3D-MOT sur la prise de décision de passes pré et post-formation (Romeas et al ; 2016).....	21
<u>Figure 9:</u> Illustration de l'angle visuel des joueurs et de l'écran perçu par les joueurs (MOT Track)	24
<u>Figure 10:</u> Comparaison des résultats entre le pré-test et le post-test	28
<u>Figure 11:</u> Comparaison des résultats pré-test et post-test en fonction de la vitesse des balles	29
<u>Figure 12 :</u> Comparaison des résultats pré-test et post-test sur le MOT Track.....	29
<u>Figure 13:</u> Comparaison des résultats pré-test et post-test en fonction du nombre de cibles	30
<u>Figure 14:</u> Comparaison des résultats pré-test et post-test en fonction de la vitesse des balles	31
<u>Figure 15 :</u> Comparaison des résultats en fonction des différents supports utilisés	32
<u>Figure 16 :</u> Comparaison des différents supports en fonction de la vitesse des balles.....	33
<u>Figure 17:</u> Comparaison des différents supports en fonction du nombre de cibles.....	33
<u>Figure 18:</u> Comparaison des résultats entre deux séances réalisées avant et après un entraînement.	34
<u>Figure 19:</u> Comparaison des résultats entre les tâches MOT et MOT Track	35
<u>Figure 20:</u> Comparaison des résultats en fonction du nombre de cibles.....	35
<u>Figure 21:</u> Comparaison des résultats en fonction des différentes vitesses.....	36
<u>Figure 22 :</u> Planification du programme d'entraînement.....	49

Introduction

Le football est le sport le plus populaire dans le monde et plus particulièrement en France où l'on compte plus d'un million de licenciés dans le monde amateur et professionnel. De nombreux paramètres influencent la performance au football, qu'ils soient directs comme les facteurs physiques, techniques, tactiques, physiologiques ou mental (Stolen et al ; 2005) ou indirects comme la nutrition ou le sommeil par exemple qui sont susceptibles d'influencer positivement ou négativement la performance.

Dans un match de football, les joueurs sont amenés à saisir un grand nombre d'informations et il faut répondre de la manière la plus efficace possible avec une passe ou un dribble par exemple. La perception est un facteur fondamental dans la prise de décision des gardiens de but au football car ils doivent simultanément traiter plusieurs informations tout en gardant le regard sur le ballon pour effectuer le meilleur choix (adversaires, coéquipiers etc.). Cette capacité à porter une attention à un endroit différent du point de fixation est appelé Covert Visuo-Spatial Attention (CVSA) (Posner ; 1980). De même, ils doivent avoir une vision du jeu importante avec un large champ visuel afin d'être capable de prendre un maximum d'informations simultanément (ballon, des adversaires, des partenaires etc). En effet, lors d'un centre par exemple, un gardien de but doit être capable de regarder le ballon tout en étant capable de situer les joueurs adverses ou coéquipiers. Dans ces cas, la vision périphérique est donc un élément important pour capter les informations environnantes (Faubert et al ; 2012). Il paraît donc fondamental de trouver des moyens pour développer l'attention visuo-spatiale (CVSA). Dans leur étude, Faubert et al (2012) disent que le Multiple Object Tracking dispose de toutes les caractéristiques pour améliorer les capacités perceptivo-cognitives. Le Multiple Object Tracking (MOT) (Pylyshyn et al ; 1988) est une tâche complexe impliquant plusieurs parties de son champ visuel. En effet, le procédé est le suivant : d'abord un affichage d'un certain nombre d'objets identiques est montré, ensuite un sous-ensemble de ces objets appelés « Cibles » clignotent brièvement pour les rendre distinctives (ou sont initialement d'une couleur différente). Après, les objets cessent de clignoter (ou change de couleur) de sorte que l'ensemble "cible" devient semblable aux autres objets. Une fois le mouvement arrêté, la tâche de l'observateur est d'indiquer tous les objets cibles en cliquant sur chacun d'eux à l'aide d'une souris d'ordinateur par exemple ou d'un autre dispositif.

Certains types de MOT comportent deux tâches dont l'une est de suivre un objet, afin d'obtenir un point de fixation, et la deuxième est de suivre les autres objets avec la vision périphérique. C'est une situation qui simplifie des stratégies retrouvées en situation réelle et qui se rapproche

d'une tâche ou l'on peut travailler la CVSA. De plus, ce type de tâche se rapproche de certaines situations en sports collectifs dans lequel un joueur fixe le ballon ou l'adversaire (pivot visuel avec la vision fovéale) et prend les informations aux alentours via la vision périphérique (Williams et al ; 1998).

Pour toute ces raisons, on peut se demander si un entraînement spécifique via le MOT peut permettre d'améliorer l'attention visuo-spatiale et donc la capacité des joueurs à extraire les informations avec la vision périphérique. A notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée à l'étude d'un protocole de MOT pour améliorer l'attention visuo-spatiale chez des gardiens de but de haut niveau. En revanche, Romeas et al (2016) ont montré qu'un transfert est possible entre l'amélioration de la tâche MOT et l'amélioration de la prise de décision sur le terrain. Dans ce mémoire nous allons donc entraîner et évaluer la CVSA de gardiens de football professionnels avec la mise en œuvre de la méthode du Multiple Object Tracking (MOT) et ainsi voir s'il y a progression grâce à cet entraînement.

Revue de littérature

Dans un premier temps, nous allons voir le fonctionnement du système visuel afin de différencier et voir les possibilités du champ de vision central et périphérique. Ensuite, nous allons regarder les travaux qui se sont intéressés à la perception dans le football afin de voir l'influence de la perception visuelle au football et voir les différences entre novices et expert. Dans la troisième partie, nous allons nous intéresser à la tâche du Multiple Object Tracking afin de voir son intérêt et sa pertinence dans la perception visuelle et les facteurs qui influencent sa performance. Dans un dernier temps, nous allons regarder les études qui se sont centrés sur un entraînement de la perception visuelle.

1 La vision

1.1 Fonctionnement du système visuel

1.1.1 Au niveau de l'œil

Le rôle des yeux est de capter les rayons lumineux et les images, de les transformer en activité nerveuse qui va se diriger vers le cerveau.

Ces signaux sont ensuite traités par notre cerveau qui traduit les informations et nous renvoie les images traitées, nous permettant ainsi d'interpréter notre environnement.

L'œil est composé de plusieurs parties distinctes qui ont chacune une fonction précise. La lumière est focalisée sur la cornée et le cristallin puis projetée sur la rétine qui est situé au fond du globe oculaire (figure 1). La rétine est une membrane composée de millions de cellules

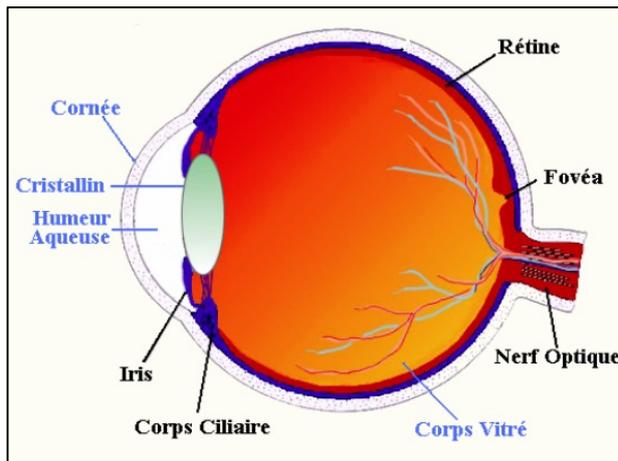


Figure 1: Schéma de l'œil

photo-réceptrices qui transmettent l'information visuelle vers le cerveau via le nerf optique en effectuant une photo-transduction du signal, c'est-à-dire en transformant l'énergie lumineuse en activité nerveuse. Deux types de photo-récepteurs constituent la rétine et vont se charger de ces tâches : les cônes et les bâtonnets. La fovéa se distingue par une concentration maximale de cônes pour une très faible concentration en bâtonnets. Les cônes sont

très concentrés au niveau de la fovéa mais leur densité décroît à mesure que l'on se dirige vers la périphérie du globe oculaire. Ces récepteurs ont pour caractéristiques une sensibilité à la couleur ce qui permet la vision de jour et une réponse rapide aux stimuli. Ils sont aussi pourvus de petit champ récepteur qui leur confèrent une petite partie du champ visuel dotée d'une vision très détaillée. Ils ont une sensibilité moyenne donc il faut une grande quantité de lumière pour les stimuler.

A l'inverse, les bâtonnets tapissent la totalité de la rétine à l'exception de la zone fovéale. Leur densité est maximale sur la périphérie du globe oculaire et nulle sur la fovéa. Ils ont un champ récepteur large, ce qui donne une vision plus floue mais très sensible aux variations de lumière et au mouvement. Ils perçoivent donc des stimuli très faibles. Les bâtonnets, du fait de leur hypersensibilité, sont saturés par la lumière le jour et sont plus efficaces la nuit. Ces récepteurs ne perçoivent pas les couleurs mais uniquement le noir, le blanc et les nuances de gris (ce qui nous donnent une vision des formes dans l'obscurité).

L'acuité visuelle est maximale dans la région centrale du champ visuel qui correspond sur la rétine à la fovéa (haute densité de cônes). Le nerf optique transmet les informations reçues par

les yeux vers le cerveau, au niveau du cortex visuel. C'est lui qui permet au cerveau d'enregistrer, d'interpréter et de traduire les images.

1.1.2 Au niveau des voies visuelles cérébrales

A la sortie de la rétine, il n'existe plus de scène visuelle à proprement parlé. Les informations visuelles sont transmises sous forme d'influx électrique de l'œil au cerveau. C'est au niveau du cerveau, à partir de ces influx électriques que la scène va être reconstruite en fonction des différentes informations portant sur la couleur, la forme, le mouvement, la localisation spatiale etc... Les différentes images que nous voyons sont donc une construction de notre cerveau et non une photographie que nos yeux auraient prise.

Entre l'œil et le cerveau, il y a une réorganisation des fibres nerveuses au niveau du chiasma optique qui fait que chaque hémisphère cérébral va traiter les informations issues d'une seule moitié du champ visuel ou hémichamp. Cette représentation est croisée c'est-à-dire que l'hémisphère droit traitera les informations de l'hémichamp gauche et inversement.

Il existe deux principales voies optiques : l'une croise entre l'œil et l'hémisphère, l'autre non. Celle qui croise, est la voie « rétino-tectale » (colliculus supérieur et prétegmentum). Partant de l'hémirétine nasale, elle rejoint le colliculus supérieur et se projette ensuite dans le cortex visuel

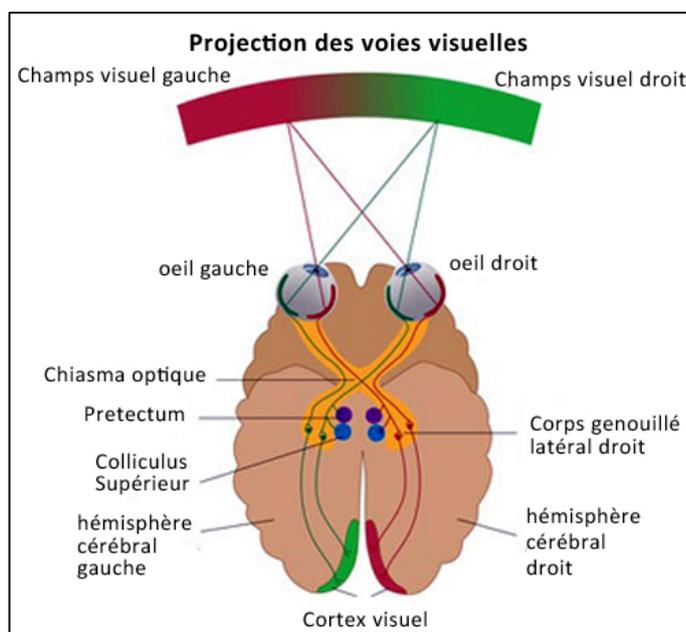


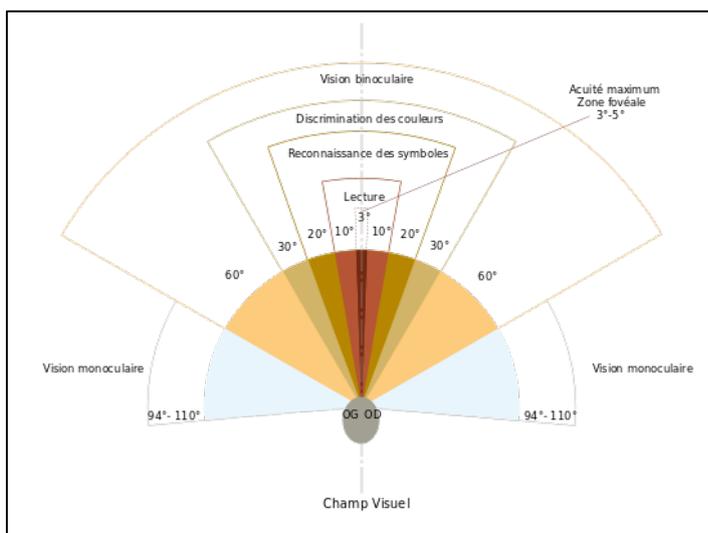
Figure 2: Illustration du système visuel humain

de l'hémisphère controlatéral à l'œil d'origine. Les images transportées par cette voie représentent, pour chaque œil, 90° de l'hémichamp visuel temporal. (Azemar et al ; 2008). Cette première voie contribue beaucoup à la vision périphérique qui joue un rôle déterminant pour détecter des signaux dans un champ étendu. C'est également cette voie qui coordonne les mouvements de la tête et des yeux. Aussi, le colliculus supérieur sert à la programmation des saccades oculaires mais aussi à la fonction essentielle de

diriger les yeux vers les centres d'intérêt tandis que le préectum sert à la stabilisation de l'image sur la rétine.

L'autre voie, dite rétino-géniculée ou corticale part de l'hémirétine temporale puis atteint le « noyau géniculé latéral » (NGL) et se projette dans le cortex visuel primaire de « l'hémisphère ipsilatéral » à l'œil d'origine. Les images transportées par cette seconde voie couvrent seulement 60° de l'hémichamp visuel nasal et privilégient la région fovéale. Ce sous-système contribue à l'identification de certains détails de l'image parvenue en vision centrale (Azemar et al ; 2008) et est responsable de la majeure partie de la perception visuelle consciente. C'est l'addition des projections des quatre hémirétines qui contribue à la vision stéréoscopique (Azemar et al 2008). Les deux autres voies optiques sont : Le système (tractus) optique accessoire composé de plusieurs noyaux dont le rôle est la stabilisation de l'image sur la rétine et la voie photique ou rétino-hypothalamo-hypophysaire.

Les aires cérébrales visuelles représentent près d'un tiers de notre cerveau et chacune ont un rôle précis que ce soit dans le traitement perceptif ou cognitif. Aussi, il est admis que la vision fovéale et para-fovéale représente jusqu'à 8/10° du champ de vision alors que le reste est alloué à la vision périphérique. Celle-ci permet de détecter des objets naturels à des excentricités importantes jusqu'à 70,5° et de catégoriser les scènes naturelles à une excentricité de 70° avec une grande précision (Vater et al ; 2016). De même Jebara et al en 2009 montrent que les capacités de la vision périphérique dans la perception d'un objet se situe jusqu'à 60°



d'excentricité. Les possibilités du champ de vision sont détaillées dans le schéma ci-contre (Figure 3). On voit que les limites du champ de vision monoculaire se situe autour de 60° alors que les limites de la vision monoculaire se situe autour de 110°. Abramov et al (1991) démontrent que la perception de la couleur est faible à partir de 40° et forte autour de 20°.

Figure 3: Détail du champ de vision

2 Perception visuelle et football

La perception visuelle est un élément important dans le football. En effet, les joueurs doivent prendre beaucoup de décisions pendant un match à partir de leurs prises d'informations. On peut se demander à quel point cette capacité à percevoir influence la performance et quelles sont les différences entre les experts et les novices.

2.1 Influence de la perception visuelle au football

L'étude de Posner en 1980 met en avant une capacité à porter attention à un endroit autre que son point de fixation qu'il appelle Covert Visuo-Spatial Attention (CVSA). Cette capacité est donc liée à la capacité à prendre les informations avec la vision périphérique puisque la vision fovéale est portée sur le point de fixation. On peut donc penser que cette qualité est essentielle pour atteindre des performances élevées. Dans le football, les joueurs et les gardiens de but doivent prendre l'information avec leur vision périphérique car souvent le regard est fixé sur le

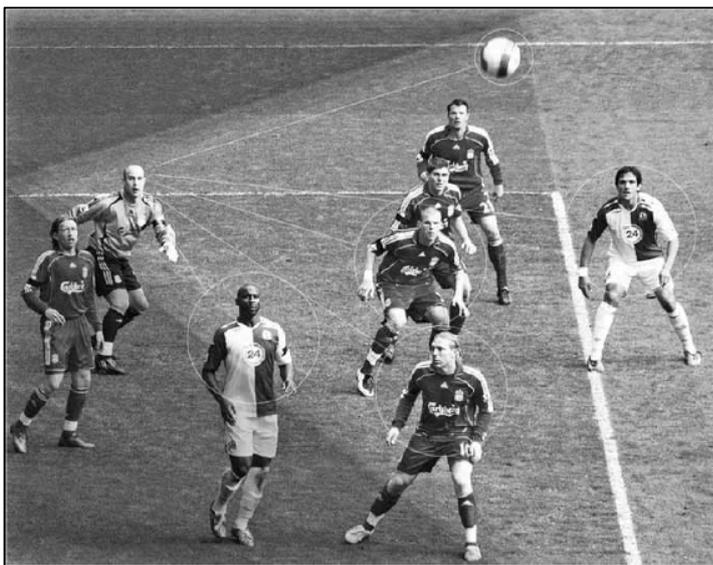


Figure 4: Illustration de la perspective d'un gardien de but dans laquelle : (1) le gardien doit suivre plusieurs éléments, (2) le gardien doit suivre ces éléments en utilisant des parties centrales mais aussi une importante partie du champ visuel périphérique, (3) le gardien doit utiliser efficacement les informations d'une grande partie du champ visuel, (4) le GK doit traiter toutes ces informations à des vitesses très rapides (Faubert et al ; 2012)

ballon ou sur un joueur.

Faubert et al (2012) disent qu'une caractéristique déterminante des sports d'équipe, tels que le football, le hockey, le soccer, le rugby et le basket-ball, est la nécessité de prêter attention à plusieurs membres de l'opposition ainsi que des coéquipiers « clés » pendant les différentes phases du jeu. Ils prennent l'exemple d'un défenseur en duel avec un attaquant possédant le ballon : le joueur doit anticiper sa stratégie en anticipant les possibilités de mouvement dans l'espace libre tout en jugeant les distances entre soi et les autres défenseurs et les possibilités de passes à d'autres attaquants. Au haut niveau,

ces perceptions doivent être basées sur un suivi instantané, d'autant plus que les attaques impliquent régulièrement des déplacements coordonnés imprévisibles pour tromper les défenseurs.

La figure 4 illustre le point de vue d'un gardien de but de football dans une situation de jeu donnée. Faubert et Sidebottom (2012) ont également souligné l'importance du suivi de plusieurs objets dans les sports d'équipe et ont décrit la nécessité pour les gardiens de but au football de suivre simultanément la balle, les coéquipiers et les adversaires tout en gardant un champ visuel large et dynamique sous surveillance. On remarque que la zone importante requise pour traiter la situation dynamique est répartie sur un grand champ visuel. Par conséquent, on peut en déduire que l'amélioration de la capacité à maintenir le suivi de plusieurs éléments devient théoriquement une aptitude souhaitable à développer. Cette capacité à suivre plusieurs objets dans un environnement sportif dynamique a été identifiée comme potentiellement importante pour réagir rapidement et efficacement (Williams et al 2006).

Dans son étude, Williams et al (1998) montrent que les joueurs de football de haut niveau utilisent une stratégie avec un point de fixation. En effet, les joueurs fixent leur vision fovéale pour extraire une information plus pertinente (ex : porteur de balle) tout en utilisant la vision périphérique pour obtenir des informations basées sur le mouvement des joueurs (mouvement des joueurs sans ballon). Ce genre de stratégie est également retrouvé dans l'étude de Williams en 1999 ou encore Vaeyens et al en 2007. Ces travaux nous démontrent que l'attention visuo-spatiale (CVSA), c'est-à-dire la capacité à prendre l'information en périphérie quand le regard est fixé à une autre position est indispensable aux joueurs de football. On peut maintenant se demander si la perception visuelle permet de discriminer le niveau des joueurs et si c'est le cas se demander quelles sont les différences entre experts et novices.

2.2 Effet de l'expertise sur la perception visuelle

On a vu précédemment que la perception visuelle, que ce soit la capacité à suivre plusieurs éléments ou bien l'attention visuo-spatiale était importante dans le football. On peut maintenant se demander à quel point ses capacités sont importantes dans les performances et à quel point celles-ci discriminent le niveau des joueurs.

Pour aller dans ce sens, l'étude de Ward et Williams (2003) a comparé deux groupes de joueurs élites et non élites âgés de 9 à 17 ans. Ils montrent que les variables qui prédisaient la

performance d'élite étaient de nature perceptive ou cognitive. En revanche, ils ne notent pas de différence entre les joueurs élite et non élite dans la fonction visuelle entre 9 et 17 ans. Ce modèle perceptuel-cognitif a prédit avec exactitude le statut élite de 80% des joueurs en développement. Dès 9 ans, les experts sont davantage capables d'évaluer les situations de jeu, les relations entre les joueurs ainsi que l'importance de ceux-ci dans les actions. Aussi, les joueurs élités développent des capacités perceptives et cognitives supérieures dans chaque catégorie d'âges qui se traduisent par une meilleure capacité d'intégrer et d'utiliser efficacement les informations contextuelles ce qui leur confère une meilleure lecture du jeu.

Une tâche de surveillance sur la détection des changements de mouvement dans la périphérie peut être considérée comme un exemple de mise en œuvre de la vision périphérique. On peut trouver ces tâches dans les sports d'équipe, où il est souvent nécessaire de percevoir un certain nombre d'objets mobiles à travers un grand champ de vision fonctionnel (Davids, 1984). En effet, nous avons vu, précédemment que les joueurs utilisaient une stratégie avec point de fixation pour leurs prises d'informations. Ainsi, pour extraire des informations significatives de la scène visuelle, y compris la périphérie, les athlètes experts s'appuient sur des stratégies avancées de recherche visuelle (Vaeyens et al ; 2007, Williams, 2000). Des études ont démontré que l'information relative au mouvement est captée efficacement via la vision périphérique (Williams et al, 1999). Par exemple, il a été montré que dans des situations de « contrainte de temps » (par exemple, situation 5 vs 5), les joueurs de football de haut niveau fixent la balle avec la vision fovéale tout en utilisant la vision périphérique pour surveiller les positions de leurs coéquipiers et de leurs adversaires de la périphérie (Williams et Davids, 1997).

En outre, Williams et Davids (1998) ont pu démontrer que, dans une tâche d'anticipation de 3 vs 3 en football, les experts extraient une grande quantité d'informations concernant les positions des joueurs et les mouvements avec la vision périphérique. En effet, malgré le fait qu'il n'y avait aucune différence entre les mouvements des yeux dans les deux groupes, les experts ont capté davantage d'informations nécessitant un changement de locus d'attention dans les zones périphériques de l'écran. Aussi, les joueurs expérimentés ont utilisé la vision fovéale pour extraire une information plus pertinente de la posture du joueur ayant le ballon (par exemple : orientation des hanches, des épaules et de la région des jambes inférieures), tout en utilisant la vision périphérique pour obtenir des informations de confirmation basées sur les mouvements des joueurs sans ballon. Les joueurs expérimentés ont passé moins de temps à fixer visuellement les zones périphériques de l'affichage par rapport à la quantité de temps qu'ils

ont signalé visuellement dans ces zones via des rapports verbaux simultanés par rapport aux joueurs moins expérimentés.

La capacité à utiliser un champ visuel large et dynamique est donc théoriquement susceptible d'être un avantage pour les experts, dans les sports d'équipe, en offrant plus de signaux d'action de jeu à partir de la périphérie tout en se fixant sur un point central de la scène (Davids et al ; 1984).

Aussi, Vaeyens et al, en 2007, ont évalué les différences dans la prise d'information entre des joueurs de football élites et amateurs. La supériorité des joueurs élites se situent dans la rapidité et la précision de la prise d'informations mais aussi dans la collecte d'indices contextuels (orientation posturale des joueurs). De même, dans un autre sport, au rugby, les travaux de Brault et al (2012) montrent que les experts sont davantage capables de saisir les informations pertinentes à partir de signaux fiables tandis que les novices se laissent plus influencés par les signaux trompeurs.

Vaeyens et al (2007) montrent dans leur étude que les experts sont également davantage capables d'anticiper les situations de jeu. Les auteurs notent que les stratégies de recherche visuelle sont plus efficaces chez les experts. En effet, ils remarquent qu'il y a beaucoup plus d'alternance visuelle entre le porteur de balle et les autres zones de jeu entre les joueurs experts et novices. Ils notent que cette stratégie a pour avantage que l'information peut être traitée plus rapidement en vision périphérique plutôt qu'en vision fovéale, ce qui procure un avantage lors d'une situation sous contrainte temporel. De plus, Williams et al (2000) montrent que les joueurs de haut niveau sont davantage capables d'anticiper les actions adverses.

Concernant les gardiens de but au football, des études ont évalué les capacités de perception entre des joueurs experts et novices et les conclusions indiquent que les gardiens experts ont des capacités perceptives supérieures à leurs homologues novices.

L'étude de Saversbergh et al (2002) indiquent que les gardiens experts sont plus rapides et précis dans l'anticipation de la trajectoire d'un penalty et les auteurs notent des différences évidentes dans les comportements entre les groupes. Les experts utilisent un modèle de recherche plus sélectif, impliquant moins de fixation de plus longue durée et à des zones moins disparates de l'écran. La stratégie de recherche moins exhaustif des experts a également été démontré comme étant efficace dans le jeu sous contrainte de temps au football (Williams et Davids, 1998). Les gardiens experts ont également tendance à passer plus de temps à se fixer sur la jambe de frappe, la jambe d'appuis et le ballon, en particulier lorsque le moment de contact pied-balle approche, alors que les novices passaient plus de temps à fixer le tronc, le

bras et la hanche. De même, dans leur étude Salvendy et al (2005) montrent que chez des experts, les différences entre les pénaltys stoppés ou non se situent dans le fait qu'ils ont attendu plus longtemps avant de d'initier une réponse et ont passé beaucoup plus de temps à fixer la jambe d'appuis du tireur. Cela prouve que la qualité de la prise d'information est essentielle pour faire de bonnes performances.

En conclusion à toutes ces études, il paraît donc nécessaire de développer la perception visuelle et plus particulièrement l'attention visuo-spatiale chez les gardiens de but. En effet, la capacité à prendre l'information via la périphérie tout fixant le regard sur une autre position et le suivi de plusieurs cibles est indispensable pour pouvoir être performant.

Pour travailler ces tâches de suivi périphérique que l'on trouve au sein du jeu, il faut donc trouver une tâche simplifiée dans laquelle on puisse avoir une double tâche, c'est-à-dire un point de fixation ainsi qu'une autre tâche où il faut suivre plusieurs éléments. La méthode du Multiple Object Tracking est une tâche où l'observateur est tenu de suivre simultanément plusieurs éléments en mouvement parmi beaucoup d'autres. Elle peut donc nous permettre de fixer un pivot visuel tout en suivant simultanément les autres éléments.

3 Multiple Object Tracking (MOT)

3.1 Définition

Le Multiple Object Tracking (MOT) tiré de Pylyshyn et al (1988) est une tâche complexe impliquant plusieurs parties de son champ visuel. Le MOT est une tâche perceptivo-cognitive pertinente pour explorer l'attention multifocale et l'information de mouvement complexe. L'exercice est une tâche où l'observateur est tenu de suivre simultanément plusieurs éléments en mouvement parmi beaucoup d'autres. La capacité de l'observateur est généralement évaluée par le nombre d'éléments qui peuvent être suivis avec succès (Pylyshyn, 1989).

Faubert et al (2012) soulignent le fait qu'un aspect potentiellement important du MOT est la simplicité de la tâche, qui comprend la fixation sur le pivot visuel, le suivi des sphères indexées et la répétition avec des changements de vitesse. Ils indiquent que cela laisse peu de place pour la technique ou la stratégie. En conséquence, le degré élevé d'isolement fonctionnel est destiné à permettre la mesure de la performance perceptivo-cognitive réelle et des gains de formation directement associés. Bien que la tâche MOT utilise un haut degré d'isolement fonctionnel

spécifique à la tâche, les ressources mentales activées sont potentiellement importantes et nécessitent une intégration efficace dans plusieurs domaines des fonctions neurologiques. Ces exigences perceptuelles et cognitives comprennent l'intégration de mouvement complexe, l'attention distribuée, le traitement fluide-rapide et la mémoire de travail visuelle (Faubert et al 2012). Les auteurs notent que dans les tâches perceptivo-cognitives le principe de progressivité et d'isolement sont bien trop souvent négligés.

Ils expliquent également que pour eux, un programme de formation perceptivo-cognitif doit être composé de quatre caractéristiques qui sont supposées refléter une condition d'entraînement optimale. Il comprend : une attention distribuée sur un certain nombre d'éléments dynamiques distincts connus dans la littérature comme le suivi d'objets multiples (MOT, Cavanagh & Alvarez, 2005), un grand champ visuel, des seuils de vitesse et la stéréoscopie (Indicateurs de profondeur binoculaire).

Dans leur étude, Vater et al (2016) montrent que le MOT permet de travailler de manière importante la vision périphérique. En effet, l'analyse des temps de réaction des saccades par rapport à la réponse motrice a montré que la vision périphérique est naturellement utilisée pour détecter les mouvements dans MOT. En effet, dans de nombreux essais, la pression sur le bouton a été exécutée avant que la saccade à la cible modifiée ait été initiée. Ces changements ont été perçus avec une vision périphérique, puisque la position du regard était à plus de 5° de la cible modifiée.

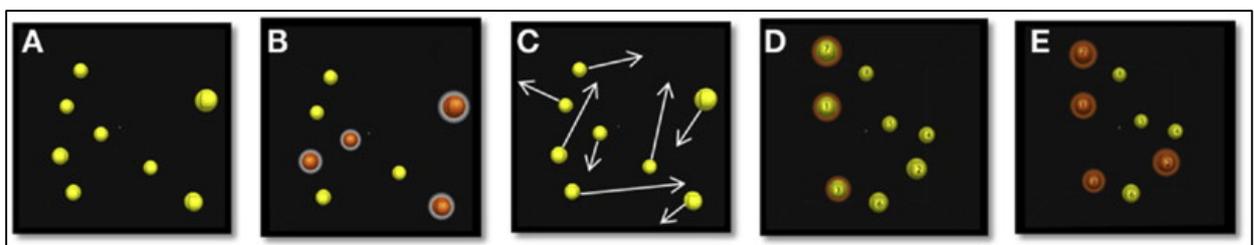


Figure 5: Tâche 3D-MOT. Illustration des différentes phases

3.2 Paramètres influençant la performance

De nombreuses études se sont intéressées aux différents paramètres pouvant influencer le niveau de difficulté du suivi d'objets multiples. En effet plusieurs éléments sont susceptibles de jouer un rôle sur la performance des individus réalisant la tâche comme la vitesse, le nombre d'objets suivis, de distracteur (les objets qui ne sont pas à suivre) etc...

3.2.1 La vitesse

Un des paramètres susceptibles de modifier la difficulté de la tâche MOT est la vitesse. En effet, plusieurs auteurs ont montré que l'augmentation de la vitesse diminuait les performances de la tâche. En effet, la performance de suivi diminue à mesure que la vitesse des objets augmente (Bettencourt et Somers, 2009). Selon le modèle de ressource flexible, la raison pour laquelle la vitesse affecte le MOT est que lorsque les objets se déplacent à des vitesses rapides, une attention accrue doit être accordée à chaque cible, et donc moins de cibles peuvent être suivies. En outre, plus les objets se déplacent rapidement, plus la fenêtre de sélection attentionnelle est grande sur chaque cible (Alvarez & Franconeri, 2007).

Aussi, une étude récente a démontré que la vitesse est un facteur critique indépendant des autres événements de la scène, tels que les collisions, le nombre de distracteurs et la distance entre la cible et le distracteur (Feria, 2013).

Les résultats de Vater et al (2016) montrent que plus les objets se déplacent rapidement, plus la précision du suivi est réduite. Ce résultat est en parfaite concordance avec plusieurs autres études (Alvarez et Franconeri, 2007 ; Fehd et Seiffert, 2010).

A l'inverse, il a été proposé que la vitesse proprement dite n'affecte en rien le suivi. Franconeri et al (Franconeri et al ; 2010 ; Franconeri et al ; 2008) ont noté que dans de nombreuses situations de la vie réelle et en laboratoire, les augmentations de vitesse accroissent la fréquence avec laquelle les cibles et les distracteurs passent proche les uns des autres. Ainsi, ce modèle de rencontres rapprochées propose que la vitesse elle-même n'affecte pas la MOT. C'est plutôt que la réduction de la performance de suivi à mesure que la vitesse augmente est due uniquement au nombre accru de rencontres rapprochées à des vitesses plus élevées (Franconeri et al ; 2008, Feria et al ; 2012).

3.2.2 Le nombre d'objets (cibles et distracteurs)

Il est également logique de penser qu'au fur et à mesure que l'on augmente le nombre d'objets, le suivi devient de plus en plus difficile. Dans la littérature scientifique, il est bien établi qu'à mesure que le nombre d'objectifs à surveiller augmente, le suivi des performances diminue (Pylyshyn et Storm, 1988 ; Yantis, 1992). Alors que la majorité des études ont suggéré qu'un maximum de quatre ou cinq objets peuvent être suivis avec une grande précision (Cavanagh et

Alvarez ; 2005, Pylyshyn et Storm, ; 1988), certaines études récentes ont montré que jusqu'à huit objets peuvent être suivis (Alvarez et Franconeri ; 2007) mais avec une vitesse très réduite. Dans leur article, Cavanagh et al (2005) disent que l'on peut suivre au maximum 4 balles simultanément alors que Pylyshyn et al (1989) disait avant cela que l'on pouvait traquer 5 balles conjointement. La performance de la tâche MOT diminue à mesure que le nombre de distracteurs augmente (Bettencourt et Somers, 2009 ; Ferial, 2012 ; Sears et Pylyshyn, 2000). De même, L'étude d'Intriligator et Cavanagh (2001) montre que les performances de suivi se sont détériorées au fur et à mesure que le nombre de distracteurs a augmenté.

3.2.3 Proximité des balles

Les interactions d'objets peuvent également se produire simultanément et en plusieurs endroits dans le volume virtuel. Le suivi de la trajectoire est donc plus difficile à suivre donc cela élargit les exigences MOT sur les fonctions cognitivo-perceptives. Des augmentations de vitesse peuvent créer plus de ces événements, avec des vitesses plus élevées augmentant le défi de MOT, pas seulement en vitesse, mais aussi le taux d'interactions.

Un autre facteur qui affecte le suivi d'objets multiples est la proximité de l'objet. Lorsque les objets sont plus rapprochés, la performance MOT diminue (Alvarez et Franconeri, 2007 ; Intriligator et Cavanagh, 2001). Ceci est lié à la fois à la vitesse mais aussi à l'augmentation du nombre d'objets. Logiquement, en augmentant la vitesse ou le nombre d'objets, la distance entre ceux-ci diminue. Une raison pour laquelle la proximité de l'objet affecte le MOT est que plus les distracteurs sont proches des cibles, plus les confusions cible-distracteur sont vraisemblables (Pylyshyn, 2004). Lorsque l'espacement entre les objets est proche, une fenêtre de sélection plus étroite est nécessaire, nécessitant plus d'attention par cible, et donc moins de cibles peuvent être suivies (Alvarez et Franconeri, 2007) et donc la performance diminue avec le nombre de cibles.

3.2.4 Vision stéréoscopique

Dans l'étude de Viswanathan et al (1999) les auteurs montrent que la perception des indices de profondeur améliore les performances dans le cas particulier où les limites des éléments peuvent

se croiser sur un écran plat. En effet, les performances étaient moins bonnes quand l'affichage ne comportait ni indice de disparité ni occlusion pour la profondeur.

L'étude montre que l'attribution de l'attention à travers deux plans de profondeur (ou surfaces de profondeur) est plus facile que dans un seul plan de profondeur (ou surface de profondeur). Lorsqu'ils sont mis ensembles, ces résultats suggèrent que l'affectation de l'attention en profondeur est plus facile que dans une scène complètement bidimensionnelle (2D).

La conclusion qui peut être tirée de cette étude est que l'ajout de repères de profondeur, ou plus précisément des indices de disparité ou des jonctions T, à une tâche de suivi d'objets multiples rend la tâche de suivi beaucoup plus facile.

3.2.5 Autres

Tran et al (2016) notent que l'identification de la cible était plus rapide et/ou plus précise lorsque les flashes apparaissaient sur des objets suivis car un maximum de l'attention visuelle était consacré à la tâche de suivi. De ce fait moins d'attention était alloué aux distracteurs (les participants devaient maintenir une haute précision de suivi). Ces résultats montrent que le suivi dépend de l'attention visuelle et qu'une fois que l'attention à un objet suivi tombe en dessous d'un certain niveau minimum, les gens ont tendance à perdre la trace de celui-ci. Les participants à cette expérience ont pu obtenir une plus grande précision pour les flashes apparaissant sur le distracteur par rapport aux objets suivis mais seulement à un coût de précision nettement réduit sur la tâche de suivi. Intriligator et Cavanagh (2001) ont utilisé une variante de la tâche de suivi d'objets multiples impliquant seulement deux cibles se déplaçant dans une configuration rigide. Ils ont signalé que la détection de changements de luminance était facilitée lorsqu'ils se produisaient sur des cibles qui étaient suivies. On note une priorité d'accès à ces objets, de sorte que les objets cibles peuvent être contrôlés par l'attention focale avant les objets distracteurs lorsqu'un changement se produit.

Le MOT est donc une tâche qui requiert toutes les caractéristiques dans le but de pouvoir améliorer les qualités perceptivo-cognitives (Faubert et al ; 2012). On a vu que les stratégies de perception au football peuvent se retrouver dans cette tâche avec le point de fixation. On peut donc penser que le MOT permet de travailler la CVSA. La littérature scientifique montre également qu'il y a une grande différence concernant les capacités perceptives entre les joueurs experts et novices. De plus, plusieurs études montrent que plusieurs paramètres tels que la vitesse des balles ou leurs nombres peuvent permettre de faire varier la difficulté de la tâche. Il

serait donc intéressant de voir si un programme d'entraînement via la méthode du MOT peut permettre une amélioration de la perception visuelle et de la CVSA.

4 Entraînement perceptif visuel

4.1 Entraînement perceptif

Nan et al (2013) ont proposé un programme d'entraînement par neurofeedback (NF) pour améliorer la vision périphérique. Pour le neurofeedback, les auteurs se sont basés sur leurs travaux précédents dont les résultats indiquaient une corrélation inter individuelle entre les

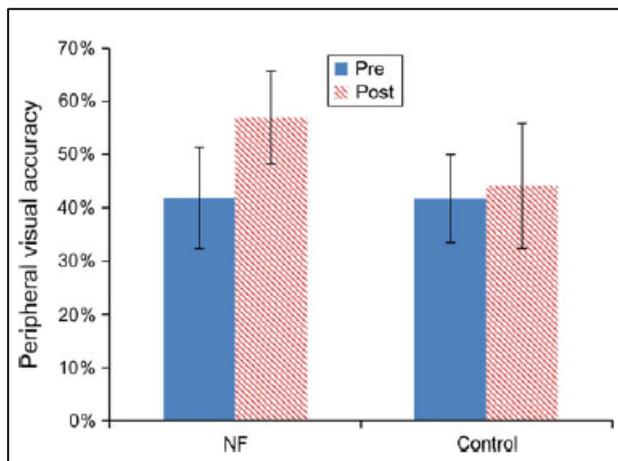


Figure 6: Illustration de la précision visuelle périphérique moyenne dans le pré-test et le post-test pour les deux groupes (Nan et al ; 2013)

performances visuelles périphériques et l'amplitude alpha relative à Cz pendant le test de performance. C'est à partir de ces résultats que l'entraînement par NF a été mis en place. Les résultats montrent une l'amélioration de la performance de la vision périphérique au moyen d'une formation de neurofeedback alpha (figure 6). En effet, seul le groupe entraîné montre des résultats significatifs concernant l'amplitude alpha relative ($p < 0,01$). Aussi, le groupe NF a considérablement amélioré la performance

visuelle périphérique ($p < 0.001$). Aucune différence n'était présente dans les pré-tests.

Schwaab et al (2012) ont réalisé une étude portant sur l'impact d'un entraînement visuel chez des jeunes joueurs de hockey. Le programme a été réalisé pendant 6 semaines à une fréquence de 3 fois 45 min par semaine. Le programme d'entraînement a été conçu avec les équipements suivants : Dynavision D2® Trainer, Eyeport, Vision Performance Enhancement Programme, Hart Charts et P-Rotator et les tests de performance étaient réalisés sur ces équipements.

Les résultats suggèrent que le programme de formation à la vision se réfère à la fois aux tâches d'apprentissage, au temps de réaction de choix et à la vision périphérique. En général, il est difficile de vérifier si les améliorations pré-post-formation dans la fonction visuelle de base sont une conséquence d'une véritable amélioration de la fonction visuelle ou simplement de

l'effet de la pratique prolongée sur l'instrument de test. Néanmoins, dans leur expérience, l'effet positif du groupe d'intervention a été maintenu six semaines plus tard dans le test de contrôle. Toutefois, le groupe d'intervention, contrairement au groupe témoin a révélé une amélioration de leur vision périphérique. Ainsi, il convient de mentionner que les résultats obtenus, en particulier l'amélioration du groupe d'intervention, ont seulement une validité dans la zone mesurée du champ de vision fonctionnel.

En résumé, l'étude suggère que certaines capacités visuelles par exemple la perception périphérique ou le temps de réaction de choix peuvent être améliorés au moyen d'une formation visuelle appropriée.

4.2 Programme de formation MOT

Parsons et al (2014) ont effectué une étude qui porte sur l'amélioration des fonctions cognitives via un entraînement de 5 semaines avec le MOT (3D). Cette étude préliminaire a démontré que le MOT améliore les fonctions cognitives dans une population saine et que des modifications de la fonction cérébrale ont été observées. Cet entraînement avec le 3D MOT a démontré des effets robustes sur l'attention, la mémoire de travail et la vitesse de traitement de l'information visuelle mesurée par des tests neuropsychologiques, tandis que des changements correspondants mesurés par qEEG ont également été observés. En termes d'investissement temporel, une heure par semaine serait suffisante. Cependant, il faut davantage de recherche pour déterminer la fréquence et la durée optimale de la formation. D'un point de vue temporel, ils ignorent si les effets de la formation persistent ou non sur de longues périodes de temps.

Faubert et al (2013) ont effectué un programme de 14 sessions de MOT (3D) chez des joueurs professionnels, des amateurs élités et des non athlètes. Les résultats montrent que les performances de départ sont plus élevées en fonction du niveau des joueurs mais aussi que la

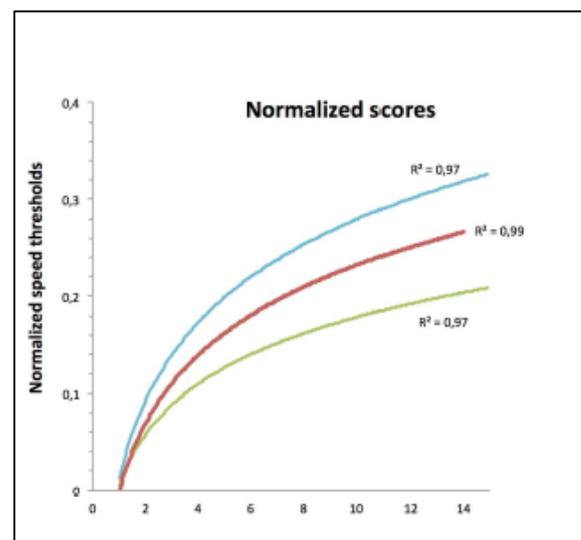


Figure 7 : Evolution du seuil de vitesse normalisé chez les 3 groupes (Faubert et al ;2013)

progression est proportionnelle au niveau des joueurs (figure 7). Ces travaux montrent que les joueurs professionnels ont une meilleure capacité d'apprentissage des scènes visuelles dynamiques complexe en dehors de contexte sportif.

Aussi, Romeas et al (2016) ont évalué la transférabilité d'une formation de 3D-MOT perceptivo-cognitive d'un cadre de laboratoire à un terrain de football. Les joueurs ont réalisé 10 sessions de 3D-MOT et leur capacité à prendre des décisions a été évaluée au cours d'un jeu

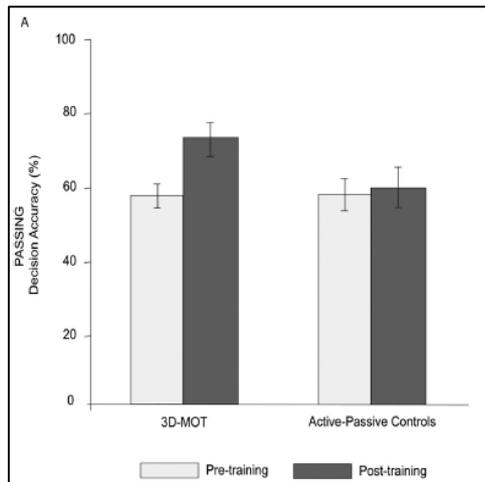


Figure 8: Effet de la formation 3D-MOT sur la prise de décision de passes pré et post-formation (Romeas et al ; 2016)

réduit. Leur prise de décision a été observée sur trois compétences (tirs, passes et dribbles). Les résultats montrent que cette prise de décision a été améliorée principalement dans la capacité à passer le ballon par le groupe formé par le 3D-MOT par rapport aux groupes contrôles (figure 8). Ce résultat a été corrélé avec la précision subjective de prise de décision des joueurs, évaluée après pré et post-entraînement à travers un questionnaire d'échelle analogique visuelle. La conclusion de cette étude est qu'elle est une preuve que la formation perceptivo-cognitive via le 3D-MOT peut avoir un effet de transfert sur le terrain chez des footballeurs.

Synthèse et objectifs

Le football est donc un sport dans lequel les qualités perceptives sont essentielles afin de pouvoir être performant. En effet, nous avons vu que la vision périphérique est indispensable pour pouvoir prendre les informations provenant à la fois du ballon, des joueurs (adversaires et coéquipiers) ou de l'espace et cela dans une situation de pression temporelle élevée. L'attention visuo-spatiale (CVSA) est la capacité à porter attention à un endroit autre que son point de fixation. Plusieurs études montrent que les joueurs de haut niveau utilisent une stratégie avec pivot visuel pour extraire prendre les informations (Williams et al,1998). Ce genre de stratégie

met donc en œuvre la CVSA. La différence entre experts et novices ne se trouve pas au niveau des capacités visuelles à proprement parler mais au niveau des capacités perceptives. En effet, nous avons vu que les experts utilisent davantage leur vision périphérique et sont également capable de prélever des informations plus pertinentes. Aussi, on voit que dans de nombreuses situations, les joueurs comme les gardiens de but doivent avoir un champ de vision très large afin de couvrir un maximum de champ et donc capter un maximum d'informations (figure 4). Dans ces cas-là, la vision périphérique est donc nécessaire pour pouvoir prendre le maximum d'informations dans le champ le plus étendu possible. Chez les gardiens, des études ont également montré que les experts ont une meilleure capacité à anticiper les actions (penalty) car ils ont des stratégies de perception de l'information plus rapides et plus efficaces que les novices (Savelsberg et al ; 2002 ; 2005). A partir de ces constats, il devient important de vouloir améliorer les capacités perceptivo-cognitives des joueurs de football et plus particulièrement l'attention visuo-spatiale et la capacité à suivre plusieurs éléments simultanément. On a vu que Faubert et al (2012) disent que le MOT requiert toutes les caractéristiques pour améliorer les qualités perceptives. Le MOT, issu de l'étude de Pylyshyn et al (1988) est une tâche complexe impliquant plusieurs parties de son champ visuel. Le MOT est une tâche perceptuelle-cognitive de pertinence particulière pour explorer l'attention multifocale et l'information de mouvement complexe. L'exercice est une tâche où l'observateur est tenu de suivre simultanément plusieurs éléments en mouvement parmi beaucoup d'autres. L'un des principaux intérêts du MOT est que l'on retrouve une stratégie avec l'utilisation d'un point de fixation comme celle que Williams et al (1998) retrouve chez les joueurs de haut niveau au football (utilisation CVSA). Aussi cette tâche permet de travailler de manière importante la vision périphérique comme le montre l'étude de Vater et al (2016). Comme vu précédemment, plusieurs paramètres peuvent influencer la difficulté de la tâche. En effet, l'augmentation du nombre de balles diminuent les performances dans le MOT (Alvarez et al ; 2007). Aussi, certains auteurs ont montré que la vitesse des balles influençait la difficulté de la tâche. Autrement dit, l'augmentation de la vitesse accroîtrait la fréquence avec laquelle les balles passent proches les unes des autres et se collisionnent. D'autres paramètres comme le fait d'avoir des indices de profondeur pour réaliser la tâche faciliterait le suivi.

Les gardiens de but se doivent de posséder des qualités perceptives importantes. En effet dans de nombreuses actions dans lesquelles ils interviennent, les gardiens doivent suivre plusieurs éléments dans un champ de vision important. Dans une majorité de leurs actions, que ce soit les centres, les corners ou mêmes des frappes, le gardien doit à la fois être capable de suivre le ballon, mais aussi le mouvement de ses adversaires afin de lire leurs déplacements (sur centre

ou corner) pour toucher le ballon avant eux. L'attention visuo-spatiale et donc la capacité à prendre l'information avec la vision périphérique est donc mise en jeu dans beaucoup d'actions. Les gardiens novices possèdent une prise d'information moins développée due, en partie, à une capacité plus faible à utiliser leur vision périphérique (Williams et al 2000). Il y a donc peu de doutes sur le fait qu'ils puissent développer ces paramètres. Les gardiens de buts experts possèdent déjà des qualités perceptives élevées en étant capable d'utiliser leur vision périphérique en fixant un point central. On peut donc se demander si ces gardiens de but experts sont capables par le biais de la méthode du MOT, qui possèdent toutes les caractéristiques pour développer les qualités perceptives visuelles, d'augmenter leur capacité à suivre plusieurs éléments et la CVSA à la suite d'un programme d'entraînement. De plus, nous avons vu précédemment que ces qualités perceptives permettaient de discriminer le niveau des joueurs. Nous pouvons donc penser qu'en développant ces qualités, les gardiens de but s'amélioreront également.

L'hypothèse émise est que malgré le fait que les joueurs de haut niveau ont des qualités perceptives élevées, il y aura une amélioration des performances à la suite programme d'entraînement. Cependant, l'amélioration devrait être supérieure pour le test du MOT avec point de fixation car c'est une stratégie que les joueurs ont pour habitude d'utiliser.

Méthodologie

1 Population

Ce protocole a donc pour but d'entraîner l'attention visuo-spatiale des gardiens de but avec la méthode du MOT. Ce sont les quatre gardiens professionnels du Stade Rennais F.C. qui ont réalisé cette étude. Ces joueurs évoluent donc au plus haut niveau français. De plus, trois de ces quatre gardiens de but sont des joueurs internationaux.

2 Protocole

Le programme d'entraînement s'est déroulé pendant 13 semaines, celui-ci se passait soit au laboratoire M2S, soit au centre d'entraînement du club. Au laboratoire l'exercice était projeté sur une toile via un vidéoprojecteur et au centre d'entraînement sur une télé de longueur 135 cm. L'entraînement s'effectuait une à deux fois par semaine en fonction de leurs disponibilités et des matchs qu'ils avaient dans la semaine. La durée d'un exercice est d'environ 15 minutes par joueur.

Sur les quatre gardiens de but, l'un d'entre eux n'a pas eu le même programme que les autres. En effet, il est arrivé au club lors de la séance 3 et n'a donc pas réalisé le même test MOT que les autres. En revanche, à partir de cette séance, il a suivi le même programme que ses coéquipiers.

Deux types d'exercices ont été proposés lors de ce programme :

- Le MOT : Le procédé est le suivant, d'abord un affichage d'un certain nombre de balles de 2 couleurs : les balles rouges (les balles cibles) et les balles vertes (distracteurs). En pressant un bouton, l'ensemble des balles se mettent à bouger, au bout d'une seconde les balles rouges deviennent vertes (dans le mouvement) puis les balles s'arrêtent 3 secondes après cela. Une fois le mouvement arrêté la tâche de l'observateur est d'indiquer tous les objets suivis en cliquant sur chacun d'eux à l'aide d'une souris d'ordinateur.

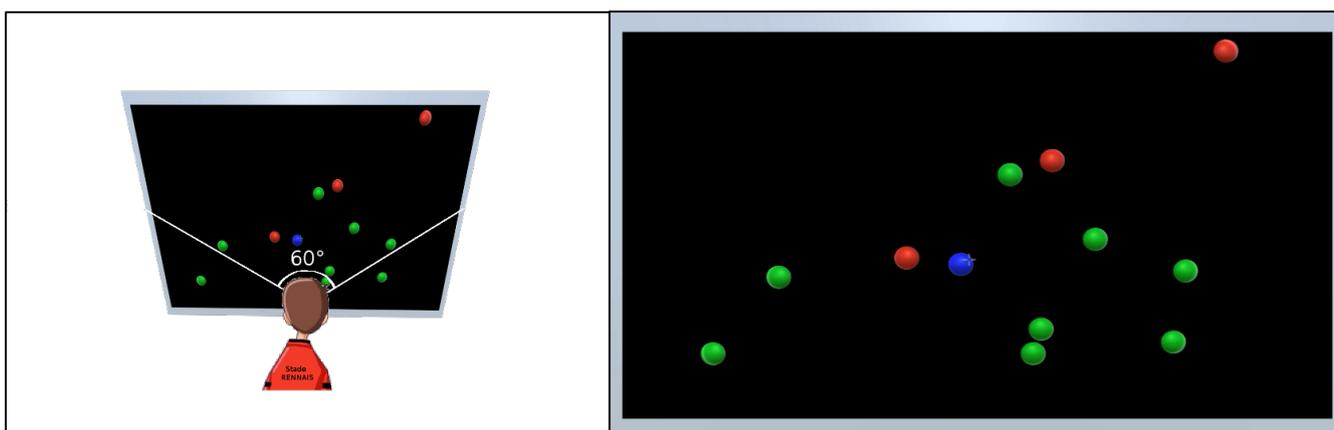


Figure 9: Illustration de l'angle visuel des joueurs et de l'écran perçu par les joueurs (MOT Track)

- Le MOT avec tracking : dont le principe est le même que le MOT sauf que l'on ajoute une balle bleue que l'utilisateur doit suivre avec le curseur de la souris durant les 4

secondes (pivot visuel). La balle à suivre avec le curseur de la souris suit une trajectoire aléatoire et ne peut pas se collisionner avec les autres. Un exemple de ce que perçoit un joueur lors cet exercice est illustré sur la figure 9 ci-dessus.

Lorsqu'il y a cette double tâche, cela permet d'avoir un point de fixation et donc par conséquent oblige à suivre les balles rouges avec la vision périphérique. C'est ce type de stratégie que l'on trouve dans le football de haut niveau comme le montre l'étude de Williams et al (1999). De plus, avec ce type de stratégie, l'information peut être traitée plus rapidement en vision périphérique (Vaeyens et al, 2007).

Pour l'entraînement visuel, nous avons utilisé ces deux exercices en faisant varier les paramètres afin de respecter le principe de progressivité en augmentant régulièrement la difficulté. En revanche, malgré le fait que nous utilisions des conditions différentes, l'angle visuel pour l'exercice était le même quel que soit les conditions. L'angle auquel nous avons décidé de travailler est de $30^\circ \times 18^\circ$ et était calculé en fonction de la taille de l'écran sur lequel était projeté l'exercice. Nous avons choisi cet angle car il permet de travailler la vision périphérique. De plus, dans la littérature, une grande partie des études travaille entre 20° et 40° à l'horizontal (ex : Franconeri et al ; 2010 Alvarez et al ; 2007). A partir de 30° l'acuité visuelle décline fortement (Besharse & Bok, 2011). Aussi, la perception des couleurs devient faible à 40° et est élevée à 20° (Abraham et al, 1991).

A partir de l'angle auquel on voulait travailler et de la taille de l'écran nous calculions la distance à laquelle les joueurs devaient réaliser l'exercice. Lorsque l'entraînement se déroulait au Stade Rennais sur l'écran de 135cm les joueurs étaient à une distance de 116cm. Au laboratoire la longueur de l'écran est de 230cm donc les joueurs devaient être situés à une distance de 2m pour retrouver l'angle de 30° . Le regard des participants est centré au milieu de l'écran à l'horizontal et à la verticale (figure 9).

En ce qui concerne la planification de l'entraînement, elle a été réalisée de manière à ce que la difficulté soit progressive. En effet, pour augmenter la difficulté de la tâche nous avons fait varier des paramètres comme le nombre de cibles, mais aussi la vitesse de celles-ci. Par la suite, nous avons également réalisé ces tâches dans le casque de réalité virtuelle (HTC Vive) afin que l'on puisse se rapprocher un peu plus de la réalité.

L'ordre des différents essais a été généré de manière randomisée. Une séance comportait 3 séries de 18 ou 30 essais selon le nombre de vitesses différentes à laquelle ils travaillaient. La trajectoire des balles de chaque essai a été générée aléatoirement. Les résultats sont exprimés en pourcentage de réussite.

Dans chaque série, 3 vitesses de balles différentes ainsi que 2 nombres différents de cibles ont été fixés. La première séance qui a été réalisée était une séance de familiarisation à l'outil pour les gardiens dans laquelle les conditions étaient : 2 et 3 cibles parmi 5, 7 et 9 à vitesse 17.5°/s, 26.3°/s et 35°/s (17.5°/s vitesse utilisée par Fehd et al, 2010).

Deux tests pré- et post-entraînement ont été effectués. Le test MOT consistait à 3 séries de 18 répétitions, à vitesse 52.5°/s, 43.7°/s et 35°/s (de telles vitesses déjà utilisé dans Franconeri et al 2008 jusqu'à 100°/s) dans différentes conditions de balles (2 et 3 balles cibles à suivre parmi 5, 7 et 9). Ces conditions difficiles ont été choisis volontairement pour que les résultats soient relativement faibles afin que les joueurs puissent avoir une marge de progression importante. En effet, lors de la séance de « familiarisation », les joueurs ont eu des résultats très corrects qui laissaient une marge de progression trop faible. Nous avons donc durci la difficulté pour le test en augmentant la vitesse des balles, en prenant la vitesse la plus rapide comme la plus lente. En ce qui concerne le MOT Track, les tests étaient composés de 3 séries de 18 répétitions à vitesse 26.3, 21.9 et 17.5°/s ($\pm 20\%$ par rapport à la vitesse 21.9) ou les conditions de balles étaient 2 et 3 cibles à suivre en plus du track respectivement parmi 7, 8, 9 et 10, 11 et 12 balles. Nous avons modifié les conditions de balles car avec la progression des joueurs, certaines conditions étaient devenues trop simple. De plus, avec ces conditions le ratio entre le nombre de cibles et de balles totales est le même qu'il y ait 2 ou 3 cibles. Les vitesses des balles sont plus faibles que lors du test du MOT car la tâche est à priori plus difficile et plus complexe.

Au niveau du programme d'entraînement nous avons commencé par la tâche MOT, c'est celle que l'on retrouve davantage dans la littérature mais aussi la plus simple. Nous avons par la suite introduit rapidement le MOT Track car avec le point de fixation, cette double tâche ressemble à certaines stratégies employées en match (Williams et al ; 2008, Veayens et al 2007) et permet de travailler davantage la CVSA. De plus, le MOT Track est une tâche plus isolée c'est-à-dire, par exemple, qu'elle laisse moins de place à la stratégie de recherche visuelle. Nous avons ensuite augmenté progressivement la difficulté de l'exercice en modifiant les vitesses des balles ainsi que le nombre de celles-ci. A partir de la séance 6, nous avons intégré ces exercices dans le casque de réalité virtuelle. Ces exercices étaient réalisés uniquement lors des séances faites au laboratoire. Comme pour le mode sur écran plat, nous avons dans un premier temps fait des exercices de MOT avant d'intégrer le MOT Track.

Le test de MOT Track a été réalisé plus tard dans le programme car avant, nous avons réalisé les séances de MOT mais aussi effectué une séance de MOT Track qui devait servir de test mais dans laquelle les joueurs avoisinaient les 90% de réussite ce qui leur laissait marge de progression quasiment nulle. Le détail des séances se trouve en annexes.

3 Analyse

3.1 Paramètres calculés

Dans cette étude, le principal objectif est de voir l'influence du programme d'entraînement que nous allons mettre en place sur les deux tests que sont le MOT et le MOT Track. Nous allons aussi analyser les résultats en fonction des différentes conditions de vitesses et de balles afin de voir si l'amélioration s'effectue quel que soit les conditions (plus ou moins difficiles).

De plus, nous allons aussi comparer les deux tâches entre elles afin de déterminer la difficulté de ces exercices. Aussi, l'organisation des séances nous permettra de comparer la différence de résultats sur le MOT Track quand la séance est réalisée avant ou après une séance d'entraînement et ainsi de voir une possible influence de la fatigue sur la tâche.

Les exercices ont été réalisés sur 3 supports différents que sont : le casque de réalité virtuelle, la télévision et une toile sur laquelle un vidéoprojecteur projetait l'exercice. Il est donc intéressant de voir si ces supports ont une influence sur les résultats.

L'ensemble des résultats au sein de cette étude est exprimé en pourcentage de réussite.

3.2 Analyses statistiques

En ce qui concerne l'analyse statistique, un test de Shapiro-Wilk a été utilisé afin de tester la normalité de la distribution des valeurs. Ensuite un test de Levene a été effectué afin de savoir si les variances étaient égales ou non. Dans le cas où les variances étaient identiques et la distribution normale validée alors un test T de Student apparié a été réalisé. Dans les cas contraires, le test Wilcoxon étaient réalisés.

La comparaison des résultats entre les 3 supports que sont la télévision, le vidéoprojecteur et le casque de réalité virtuelle a été effectué avec une ANOVA à une voie (supports) à mesures répétées et le test post hoc utilisé est le SNK.

Les différents résultats exposés en fonction du nombre de cibles et des différentes vitesses ont été analysés via une ANOVA à 2 voies à mesures répétées à la suite duquel un test post hoc SNK était réalisé.

Le seuil de significativité a été fixé à $p < 0.05$.

Résultats

1 Evaluation du MOT

1.1 Résultats généraux

Lors du test pré-entraînement, le pourcentage de réussite était de $61\% \pm 10\%$ alors que lors du test post-entraînement le pourcentage de réussite pour le même exercice était de $66\% \pm 8\%$. On ne note aucune différence significative entre les deux tests ($P < 0.185$). Les résultats sont exposés dans la figure 10 ci-dessous.

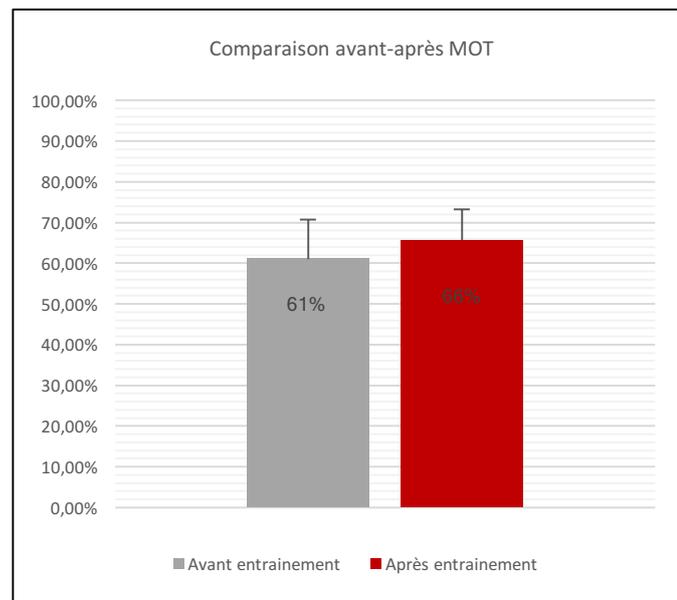


Figure 10 : Comparaison des résultats entre le pré-test et le post-test

1.2 Résultats en fonction du nombre de « cibles »

Quand on regarde les résultats en fonction du nombre de cibles on voit que lors du test pré-entraînement les joueurs ont réalisé $59\% \pm 15\%$ et $64\% \pm 5\%$ respectivement quand il y avait 2 et 3 balles à suivre. En revanche, après le programme d'entraînement les résultats sont de

63% ± 8% et 68% ± 7% quand il y a 2 et 3 balles à suivre. Il n'y a aucune différence significative quel que soit le nombre de cibles ($p < 0.10$ pour 2 balles).

1.3 Résultats en fonction des différentes vitesses

Les résultats pré test en fonction des différentes vitesses sont de 52% ± 6, 67% ± 3 et 64% ± 21 respectivement pour les vitesses 35°/s, 43.7°/s, 52.5°/s alors qu'après le programme d'entraînement le pourcentage de réussite était de 59% ± 17%, 72% ± 5% et 66% ± 9%. On ne note aucune différence significative concernant une amélioration à la suite du programme d'entraînement (figure 11).

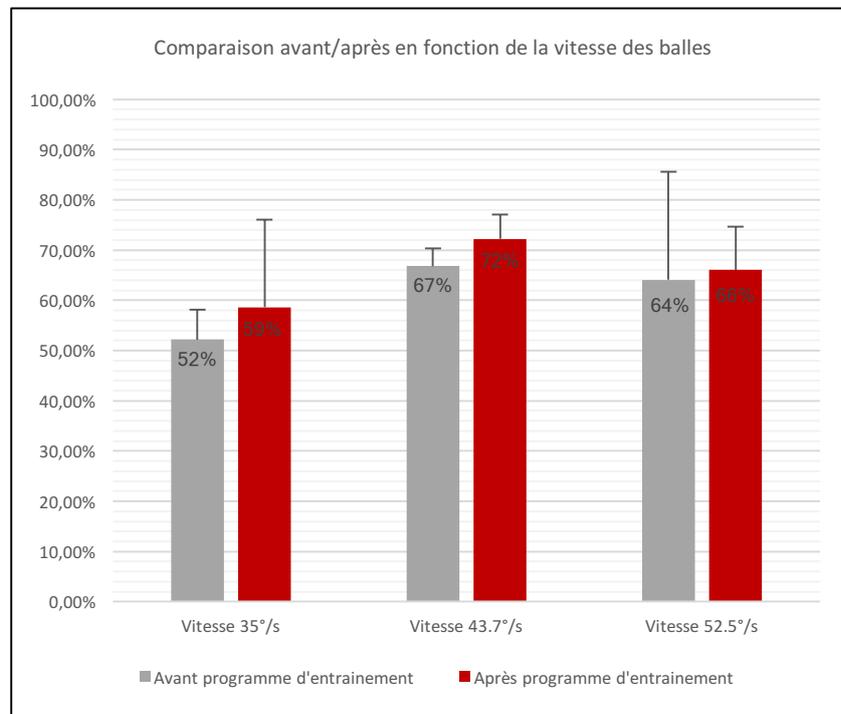


Figure 11 : Comparaison des résultats pré-test et post-test en fonction de la vitesse des balles

2 Evaluation du MOT Track

2.1 Résultats généraux

Concernant les résultats du MOT avec track, on note une augmentation de 16 points entre le test avant et après le programme d'entraînement. Le pourcentage de réussite des joueurs passe de $65\% \pm 5\%$ à $81\% \pm 7\%$. On note une différence significative entre l'avant et l'après programme d'entraînement ($p < 0,01$) (figure 12).

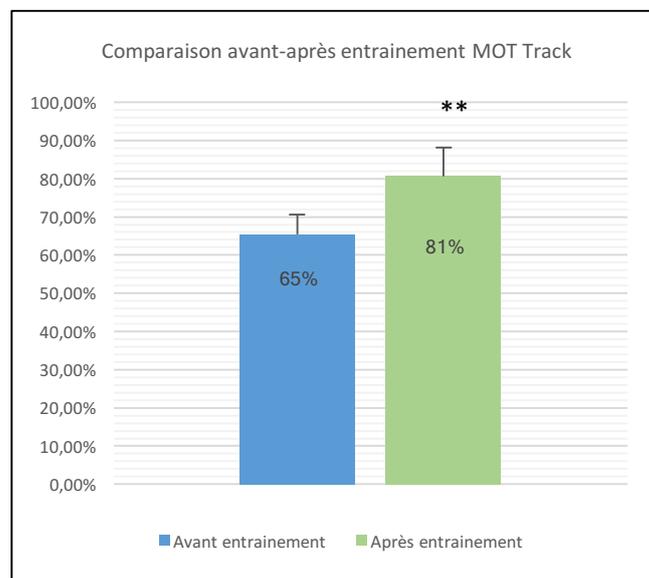


Figure 12 : Comparaison des résultats pré-test et post-test sur le MOT Track. ** $p < 0.01$

2.2 Résultats en fonction du nombre de « cibles »

A propos des résultats en fonction du nombre de cibles, on voit que lorsque qu'il y a 2 balles à suivre en plus du track il y a une différence de 10 points entre avant et après le programme alors que lorsqu'il y a 3 cibles on note une différence de 20 points. Au niveau statistique, il n'y a pas de différence significative concernant l'évolution des essais ou il y avait deux balles à suivre mais on note une tendance ($p < 0.08$). A l'inverse, on remarque une différence significative concernant les essais dans lesquelles il y avait 3 cibles ($p < 0.05$). On remarque aussi une différence significative entre les résultats 2 et 3 cibles avant le programme ($p < 0.05$) alors qu'on

n'a qu'une tendance entre ces deux conditions après le programme ($p=0.06$). Tous ces résultats sont exposés sur la figure 13 ci-dessous.

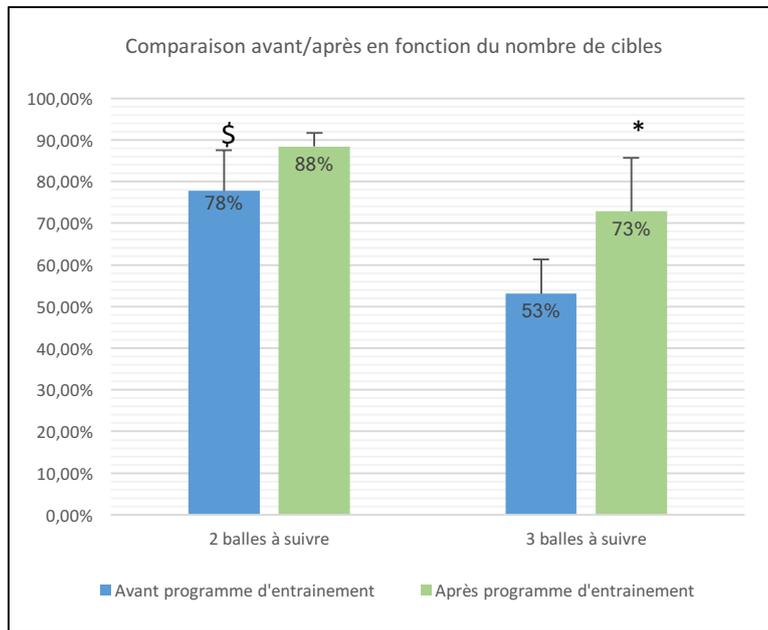


Figure 13 : Comparaison des résultats pré-test et post-test en fonction du nombre de cibles. * $p<0.05$; \$ $p<0.05$ entre 2 vs 3 balles avant entraînement

2.3 Résultats en fonction des différentes vitesses

En ce qui concerne les résultats en fonction des différentes vitesses, on note une différence de résultats de 19%, 15% et 12% respectivement pour les vitesses 17.5°/s, 21.9°/s et 26.3°/s entre le test avant et après le programme d'entraînement. On note des différences significatives pour les deux vitesses les plus lentes alors qu'il y a une tendance pour la vitesse la plus rapide ($p=0.06$). On remarque également des différences inter-vitesses après le programme que l'on ne trouve pas avant celui-ci (figure 14).

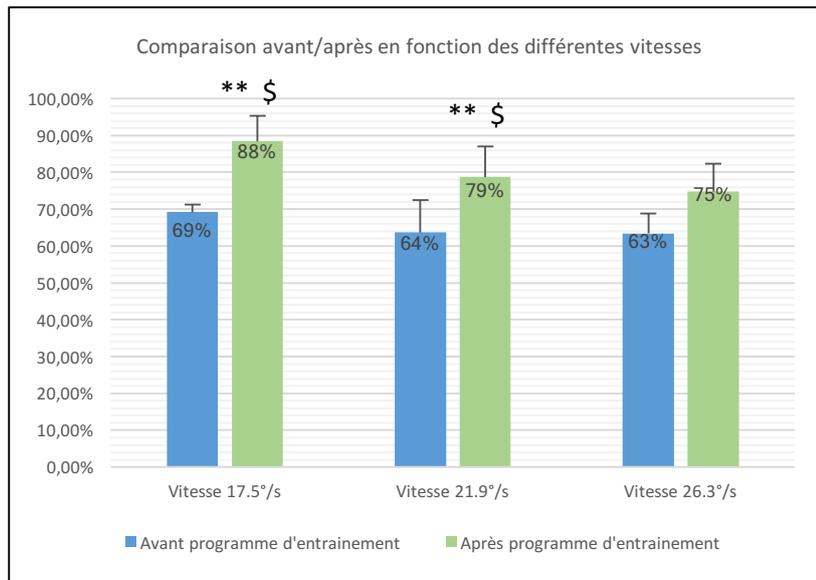


Figure 14 : Comparaison des résultats pré-test et post-test en fonction de la vitesse des balles. $**p < 0.01$; $\$ < 0.05$ par rapport à la condition 26.3°/s

3 Comparaison des différents supports utilisés

Les exercices ont été réalisés sur des supports différents que ce soit la télévision, la toile ou le casque de réalité virtuelle. Nous les avons donc comparés en réalisant la même séance sur ces trois supports. On note que les résultats sont de 85% dans le casque de réalité virtuelle, de 75% sur la toile et de 72% sur la télévision. Les résultats statistiques sont illustrés sur la figure 15. Les résultats ont également été déclinés en fonction des différents seuils de vitesses et du nombre de cibles dans les figures 16 et 17.

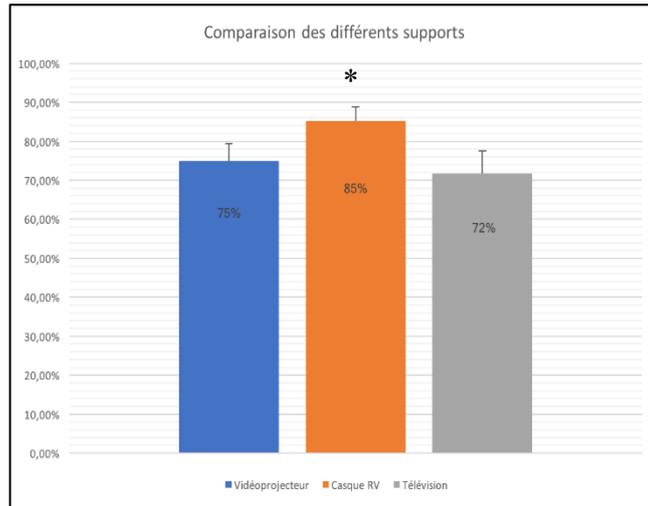


Figure 15 : Comparaison des résultats en fonction des différents supports utilisés

* $p < 0.05$ par rapport aux deux autres conditions

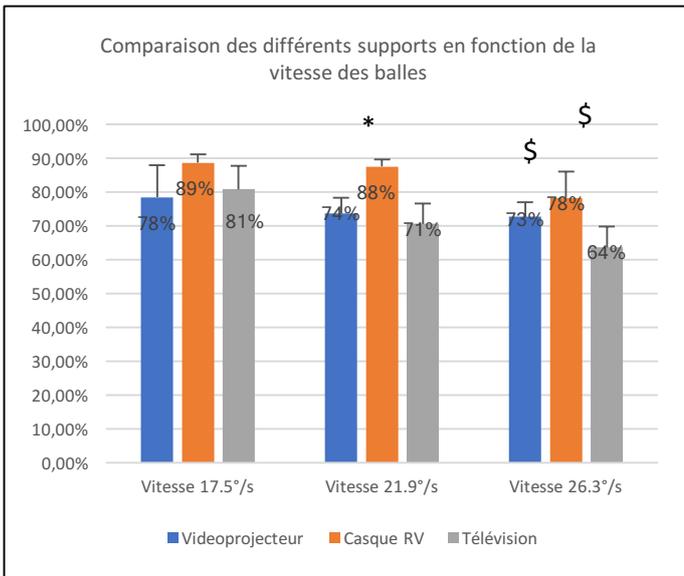


Figure 16 : Comparaison des différents supports en fonction de la vitesse des balles

* $p < 0.05$ par rapport aux autres supports

\$ $p < 0.05$ par rapport au support télévision

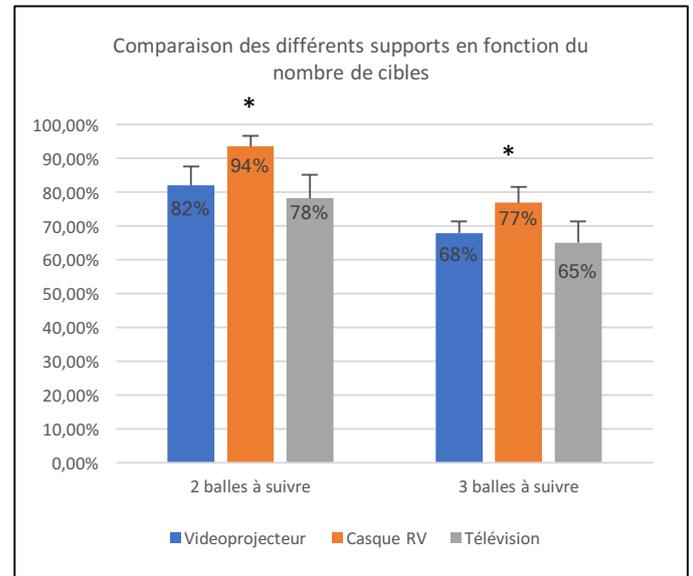


Figure 17 : Comparaison des différents supports en fonction du nombre de cibles

* $p < 0.05$ par rapport aux autres supports

4 Comparaison avant/après une séance d'entraînement

Nous avons comparé deux séances identiques effectuées une fois après une séance d'entraînement ayant entraîné de la fatigue et l'autre à l'arrivée des joueurs au centre d'entraînement. On remarque qu'il y a une différence de seulement 3% entre les deux séances (figure 18). De ce fait, aucune différence significative n'est trouvée entre les deux séances.

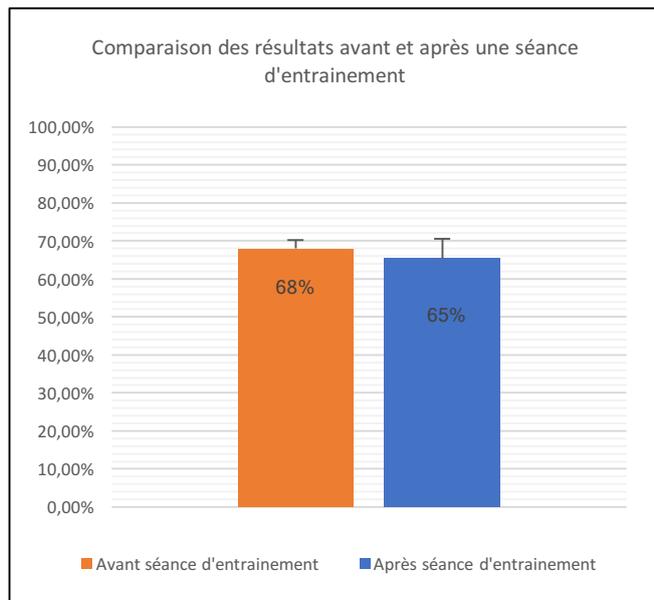


Figure 18 : Comparaison des résultats entre deux séances réalisées avant et après un entraînement

Concernant les résultats en fonction des différentes vitesses, on avait un pourcentage de réussite de $73\% \pm 5$, $71\% \pm 3$, $60\% \pm 7$, respectivement pour les vitesses 17.5°/s, 21.9°/s, 26.3°/s lorsque l'exercice a été réalisé avant la séance d'entraînement. En revanche, les résultats étaient de $69\% \pm 2$, $64\% \pm 9$ et $63\% \pm 5$ lorsque l'exercice a été effectué après la séance d'entraînement.

Le pourcentage de réussite s'il est calculé en fonction du nombre de balles à suivre est de $80\% \pm 4$ et $56\% \pm 6$, respectivement quand il y a 2 et 3 balles à suivre avant la séance d'entraînement tandis que les résultats sont de $78\% \pm 10$ et $53\% \pm 8$ après la séance d'entraînement. Aucune différence significative n'a été trouvée quel que soit les conditions de vitesses et de balles.

5 Comparaison MOT/MOT Track

Pour évaluer la difficulté des deux tâches que sont le MOT et le MOT Track nous les avons comparées. En effet, les mêmes essais étaient générés sauf que la balle à « tracker » du MOT Track devenait une balle à suivre. On voit que lors de l'exercice du MOT la réussite des gardiens était de $76\% \pm 5\%$ alors que pour le MOT Track le pourcentage de réussite était de $68\% \pm 2\%$ (figure 19). Malgré le fait que le seuil de significativité ne soit pas dépassé, on note une forte tendance ($p < 0.06$). Les comparaisons effectuées en fonction des différentes conditions de vitesses et de balles sont illustrées dans les figures 20 et 21.

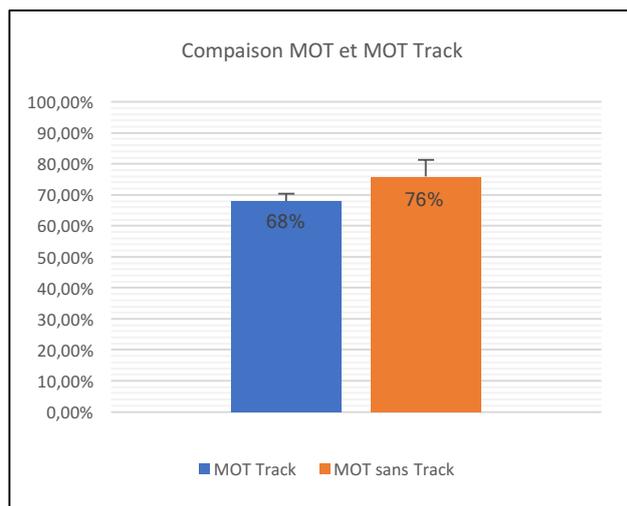


Figure 19 : Comparaison des résultats entre les tâches MOT et MOT Track

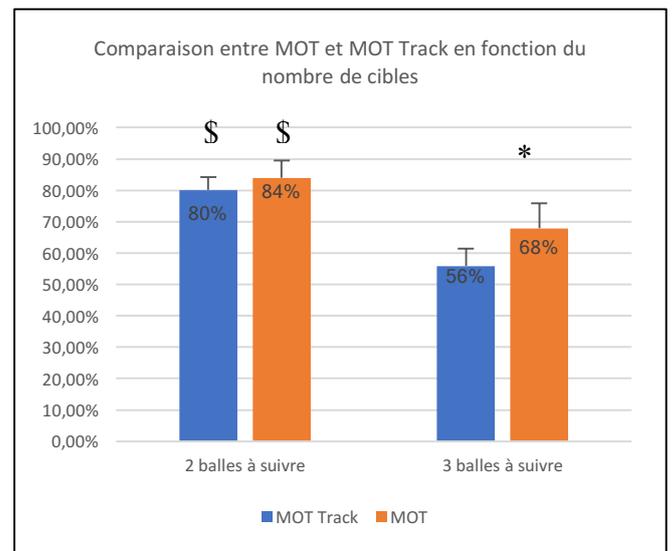


Figure 20 : Comparaison des résultats en fonction du nombre de cibles

* $p < 0.05$; \$ $p < 0.01$ différence entre 2 et 3 balles dans chaque test (inter-condition)

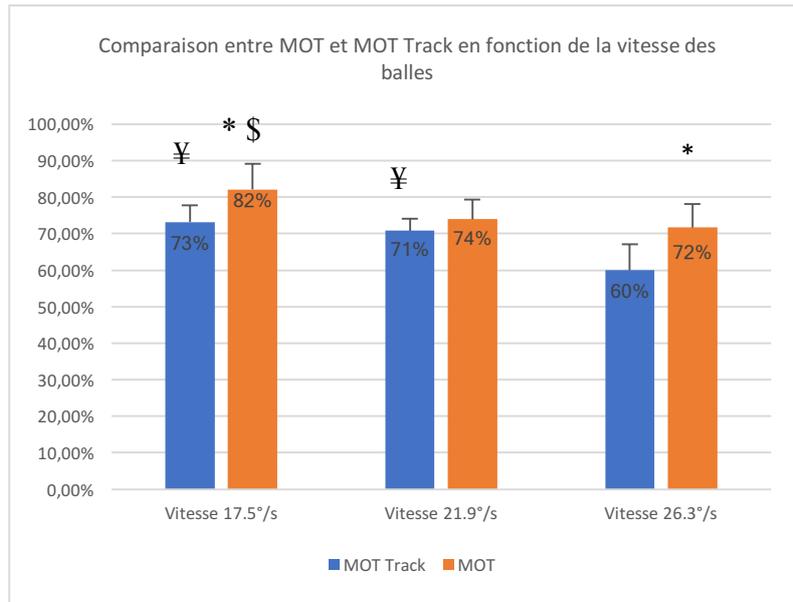


Figure 21 : Comparaison des résultats en fonction des différentes vitesses * $p < 0.05$: différence entre MOT et MOT Track, \$ $p < 0.05$ par rapport aux autres conditions de vitesses MOT ¥ $p < 0.01$ par rapport à la condition 26.3°/s du MOT Track

Discussion

L'objectif de cette étude était d'entraîner et d'évaluer l'attention visuo-spatiale des gardiens de but de football via la méthode du MOT. En effet, nous leur avons fait effectuer un programme d'entraînement de 13 semaines au cours duquel nous les avons évalués avant et après celui-ci. Deux tests ont été réalisés, un test MOT et un test MOT track dans lequel un point de fixation était utilisé afin de se rapprocher des stratégies retrouvées en match. Le MOT étant une tâche possédant toutes les caractéristiques pour augmenter les capacités perceptives, nous pensons qu'à la suite de ce programme les gardiens de but auront progressé.

1 Evaluation du MOT

Les tests MOT avant et après le programme d'entraînement montrent qu'il y a une différence de 5 points entre le test avant et le test après. Seulement, il n'y a aucune différence significative entre l'avant et l'après entraînement. Quand on s'intéresse aux résultats selon les différentes conditions, on voit que les joueurs ont un écart de 4 points entre avant et après pour les conditions 2 et 3 balles à suivre. Ce sont des différences relativement négligeables donc on ne note pas de différence significative. En ce qui concerne l'évolution des résultats en fonction des différentes vitesses, on voit comme pour le nombre de balle à suivre, une légère augmentation pour toute les vitesses de balles mais qui est insignifiant en termes statistiques. On peut donc dire qu'il n'y a pas eu d'effet de l'entraînement sur la tâche MOT.

En revanche, on remarque certains résultats étranges comme le fait que les résultats soient meilleurs lorsqu'il y a 3 cibles par rapport aux essais dans lesquelles il y en a 2. De même, les résultats en fonction des différentes vitesses montrent que le pourcentage de réussite est supérieur pour la vitesse 52.5°/s par rapport à la vitesse 35°/s alors que le meilleur pourcentage de réussite est pour la vitesse 43.7°/s. Ces résultats sont en opposition avec ce que l'on trouve dans la littérature ou l'on voit que globalement les résultats sont meilleurs lorsque les vitesses sont plus faibles. De même, les travaux dans le domaine montrent que plus il y a de cibles, plus le suivi devrait être difficile. C'est pour cette raison qu'il serait intéressant d'avoir le nombre de collisions dans chaque essai afin de voir si cela peut avoir une incidence et expliquer en partie les résultats. Une autre hypothèse qui pourrait expliquer ces résultats est que les limites de ce que les joueurs peuvent faire ont été atteintes. En effet, le niveau de difficulté étant très élevé dès la vitesse la plus faible on peut penser que l'augmentation de celle-ci n'a pas plus d'influence car la difficulté était déjà au maximum. Cette hypothèse peut être soutenue car dans toutes les autres séances du même type qui ont été effectuées, les résultats étaient en accord avec ce que l'on trouve dans la littérature scientifique.

2 Evaluation du MOT Track

Le test du MOT Track a été réalisé pendant le programme d'entraînement car lors des premières semaines le travail était effectué sur le MOT. Ensuite nous avons intégré le MOT Track car avec le pivot visuel, les stratégies de prises d'informations se rapprochaient de celles que l'on

retrouve en match (Williams et al ; 1998 ; Vaeyens et al ; 2007) et cela permettait de travailler la CSVA. Quand on s'intéresse à l'impact de l'entraînement sur le MOT Track, nous voyons que le groupe a une différence de résultats de 16 point en passant de 65 à 81% de réussite sur les mêmes essais ($p < 0.01$). Aucun entraînement de ce type n'a été effectué dans la littérature (avec pivot visuel mobile). Il est donc difficile de comparer ses résultats avec ceux de la littérature.

En revanche, si l'on s'intéresse aux résultats en fonction des différentes conditions de vitesse, on voit que plus la vitesse des balles est rapide et plus le pourcentage de réussite des joueurs est faible et cela pour les tests avant et après entraînement. Néanmoins, il n'y a des différences significatives inter-vitesses uniquement lors du test post-entraînement. Ces résultats sont en accord avec les études de Vater et al (2016), Alvarez et Franconeri (2007) ou encore Fehd et Seiffert (2010) qui montraient que plus la vitesse augmentait et plus la réussite était faible. Il serait également intéressant, pour aller plus loin, de compter le nombre de collisions des balles et de corrélérer cela au pourcentage de réussite car certains auteurs pensent que la proximité des balles, mais aussi les collisions ont un rôle important dans la réussite ou non de la tâche. En ce qui concerne les résultats en fonction du nombre de cibles, on s'aperçoit que le pourcentage de réussite est nettement supérieur lorsqu'il y a 2 balles à suivre plutôt que lorsqu'il y en a 3 et ce que ce soit avant ou après le programme d'entraînement. On note une forte tendance ($p = 0.06$). Ces résultats sont également en accord avec ce qu'il se trouve dans la littérature scientifique qui dit que plus on augmente le nombre d'objets à suivre et plus le suivi est difficile (Pylyshyn et Storm, 1988 ; Yantis, 1992 ; Cavanagh et Alvarez, 2005).

Aussi, si l'on s'intéresse aux résultats concernant l'évolution de ces deux paramètres après le programme d'entraînement, on remarque qu'il y a des différences significatives concernant l'amélioration de la condition « 3 cibles » alors que pour la différence concernant la condition « 2 cibles » on a seulement une tendance ($p = 0.08$). Les joueurs se sont davantage améliorés dans la condition 3 cibles que sur la condition 2 cibles ce qui est sans doute dû au fait que la marge de progression était plus importante. En ce qui concerne l'évolution des différentes vitesses, on voit que les différences significatives pour presque toutes les conditions (sauf $26.3^\circ/s$ $p = 0.06$).

Ces résultats sont encourageants car il montre une progression pour des gardiens de buts de très haut niveau pour presque toutes les conditions. De plus, cette amélioration sur le MOT Track est d'autant plus importante que c'est la tâche qui se rapproche le plus des situations que l'on retrouve sur le terrain.

Cependant, il est important et essentiel de reproduire cette étude sur une population plus importante afin que des résultats significatifs puissent être retrouvés.

Aussi, on peut aussi se poser la question du transfert vers le terrain. En effet, améliorer ses performances dans la tâche du MOT Track ne signifie pas obligatoirement améliorer ses performances sur le terrain. Seulement, la performance au football étant multifactorielle et que la perception visuelle étant déterminant dans la performance, on peut penser que l'amélioration de la capacité de suivis d'objet multiple et de la CVSA est susceptible d'améliorer la performance des gardiens de buts. Dans ce sens, les travaux de Romeas et al (2016) montrent qu'une formation perceptivo-cognitive via le 3D-MOT possède un effet de transfert sur le terrain chez des joueurs de football dans la capacité à prendre des décisions.

3 Comparaison des différents supports utilisés

Il était important de pouvoir comparer si les différents supports utilisés lors de cette étude avaient un impact sur les performances des joueurs. En effet malgré le fait que la vitesse rétinienne était la même quel que soit le support, la taille des différents écrans et donc la distance à laquelle était effectuée l'exercice différait. Quand on regarde les résultats, on s'aperçoit que la réussite est nettement meilleure lorsque l'exercice est réalisé avec le casque de réalité virtuelle comparé à celui effectué sur les autres écrans ($p < 0.05$). En revanche, aucune différence significative est à noter entre la réussite sur l'écran de télévision et la toile sur lequel était projetée l'exercice au laboratoire. Ces résultats sont en accord avec l'étude de Viswanathan et al (1999) qui ont montré que la 3D facilitait la réussite sur le MOT car l'ajout d'un plan en profondeur faciliterait le suivi des balles. De plus, les indices de profondeur améliorent les performances dans le cas particulier lorsque les limites d'élément peuvent se croiser sur un écran plat ce qui était le cas dans cette étude. Un autre élément qui peut expliquer le fait que les résultats soient meilleurs dans le casque de réalité virtuelle est que l'angle visuel ne reste pas à 30° mais se réduit et permet d'avoir un champ de vision plus resserré. Aussi, en réalité virtuelle, les balles ont moins de chance de se superposer et de se confondre. C'est une des hypothèses qui pourrait expliquer que les meilleurs résultats avec le casque de réalité virtuelle. On remarque aussi que quel que soit les conditions de balles à suivre la réussite des exercices avec le casque est significativement plus élevée qu'avec les autres supports. On voit également des différences significatives entre les supports pour les vitesses $26.3^\circ/s$ et $21.9^\circ/s$.

4 Comparaison avant/après une séance d'entraînement

Nous avons comparé 2 séances dont l'une était réalisée à la suite d'une séance d'entraînement après laquelle les gardiens de buts étaient fatigués et l'autre a été effectuée le matin à l'arrivée des joueurs au centre d'entraînement. L'objectif était de voir s'il y avait une influence de la fatigue sur la tâche d'attention qu'est le MOT Track. Nous voyons que sur la comparaison de ces deux séances il y a très peu de différence dans les résultats des deux séances. Cet écart est de seulement 3 points, ce qui montre que la programmation de la séance après ou avant un entraînement n'avait pas d'influence sur les résultats. Les séances ayant été réalisées avec peu d'intervalle de temps, on ne peut imputer ces résultats à l'amélioration des joueurs à la tâche. Nous voyons également que la fatigue n'influence pas les résultats que les conditions soient plus ou moins difficile car que ce soit pour les différentes vitesses ou le nombre de cibles aucun résultat probant ne ressort de ces deux séances. Cependant, il faudrait reproduire ce type de comparaison sur un nombre de séance plus importante pour réellement se faire une idée de l'influence de la fatigue sur ce type d'entraînement.

5 Comparaison MOT/MOT Track

Nous avons également comparé la tâche de MOT avec la tâche de MOT Track afin d'évaluer la difficulté des deux tâches. Pour cela, nous avons utilisé les mêmes conditions. Il y avait 3 vitesses de balles différentes ainsi que 3 et 4 cibles pour le MOT et 2 + track et 3 + track pour le MOT Track. Dans les résultats, nous voyons que la tâche de MOT a un pourcentage de réussite plus élevé que celle du MOT Track même si la différence n'est pas significative ($p < 0.06$, forte tendance). Cette différence de difficulté vient du fait que lors de l'exercice du MOT Track, les gardiens de buts sont obligés d'avoir le regard centré sur le point de fixation tandis que lors du MOT la stratégie de recherche visuelle est libre. Les joueurs peuvent donc utiliser davantage de saccades oculaires pour situer les différentes balles à suivre. En effet, lors de la tâche du MOT, les joueurs peuvent porter leur attention à l'endroit où il le veule tandis que dans le MOT Track, une très forte attention est centrée sur le pivot visuel ce qui laisse moins d'attention pour chacune des autres balles que les gardiens de buts doivent suivre. Néanmoins, il y a une limite à cette comparaison qui est que les essais du MOT et du MOT Track ne sont

pas tout à fait les mêmes. En effet, la balle à suivre du MOT Track ne collisionne pas avec les autres balles ce qui a pour conséquence que les essais n'étaient pas tout à fait les mêmes. On ne peut donc pas exclure que les essais étaient de difficulté différente pour l'une ou l'autre des tâches. On remarque également des différences significatives concernant les essais avec 3 cibles mais aussi ceux aux vitesses 17.5°/s et 26.3°/s dans lesquelles le pourcentage de réussite du MOT Track est supérieur. Cependant, les différences sont moins marquées concernant les essais où il y a 2 cibles sans doute parce que la marge de progression était inférieure. On note aussi que dans les 2 tests, il y a des différences significatives entre les conditions 2 et 3 balles ainsi qu'entre les différentes vitesses. On retrouve ce type de résultats dans la littérature scientifique car on voit que la vitesse et le nombre de cibles influencent les résultats (Alvarez et al ; 2007). Concernant le MOT, ces résultats sont en contradiction avec ceux du test MOT dans la partie 1 qui montraient que le pourcentage de réussite dans les conditions les plus difficiles étaient meilleurs que dans des conditions sensées être plus simple.

L'hypothèse, selon laquelle les limites des joueurs ont pu être atteintes lors de ce test peut donc prendre du sens. Cependant, c'est une hypothèse qu'il faudrait vérifier avec expérimentation. Ces résultats, s'ils se confirment avec une population de plus grande importance viennent s'ajouter et compléter ceux trouvés par Parsons et al (2016) qui avaient montré qu'après un entraînement de 5 semaines de MOT les sujets avaient amélioré leurs fonctions cognitives et que des modifications cérébrales avaient été observés. De même, ces travaux ont montré des effets sur l'attention mais aussi sur la vitesse de traitement de l'information visuelle.

Les résultats de cette étude montrent que des gardiens de buts de très haut niveau sont capables d'améliorer leurs capacités perceptives visuelles en particulier l'attention visuo-spatiale lorsqu'une stratégie avec un point de fixation est adoptée ce qui traduit une meilleure capacité à traiter l'information avec sa vision périphérique. Il n'est pas illogique que les gardiens de buts se sont davantage améliorés sur le MOT Track car c'est une stratégie qu'ils utilisent fréquemment sur le terrain. Nous avons également mis en avant le fait qu'avec le casque de réalité virtuelle le pourcentage de réussite étaient supérieurs. Aussi, malgré le fait qu'il n'y a pas de différence significative mais une forte tendance, on peut penser que le MOT Track est une tâche plus difficile que le MOT. En revanche, nous n'avons pas trouvé de différence entre un exercice programmé avant ou après un entraînement ce qui laisse penser que la fatigue a eu peu d'influence sur la performance.

6 Limites

Plusieurs limites sont présentes au sein de cette étude. En effet, la principale limite étant le nombre de joueurs utilisé lors de celle-ci. Malgré le fait que l'on note une amélioration importante sur le test de MOT Track, il est difficile d'affirmer la significativité de celle-ci, car au vu du faible nombre de joueurs les tests statistiques ont une puissance faible.

Aussi, la question du transfert entre MOT Track et performance sur le terrain n'a pas été vérifiée et il est difficile de dire à la suite de cette étude que les gardiens ont amélioré leurs performances. Cependant, Romeas et al (2016) ont montré qu'un transfert pouvait être possible. Malgré le fait que la tâche du MOT Track soit réalisée afin de se rapprocher des situations de terrain, la tâche du MOT est assez décontextualisée du football et il est donc difficile d'évaluer les bénéfices directs gagnés sur le terrain grâce à l'amélioration sur le MOT.

Une autre limite de l'étude est l'absence de groupe contrôle afin de comparer la progression du groupe entraîné par rapport aux résultats d'un groupe contrôle. Cette limite découle de la première limite qui est le nombre de joueurs

Aussi, le nombre de collision n'étant pas contrôlé, on peut penser que la difficulté des différents essais n'était pas la même, en particulier lors de la comparaison du MOT et du MOT Track. Enfin, la difficulté a été augmentée de manière arbitraire et au vu des résultats sur le test du MOT, on peut se demander si la vitesse choisie était optimale.

Enfin, les gardiens étant professionnels, ont développé leurs propres schémas de perception visuelle et il peut être difficile de vouloir les modifier en leur imposant une stratégie qui ne leur est pas propre et qu'ils n'utiliseront pas pour leurs performances.

Conclusion et perspectives

Cette étude avait pour but de d'entraîner l'attention visuo-spatiale (CVSA) de gardiens de but de haut niveau de football via la méthode du MOT. Après les 13 semaines d'entraînement, on ne note pas de différences majeures concernant la tâche MOT. En revanche, les joueurs ont très nettement amélioré leurs performances sur l'exercice du MOT Track (différence de 16 points entre avant et après, $p < 0.01$) et ce dans la majorité des conditions de vitesses ou de balles. Cette

tâche est plus proche du terrain car les joueurs utilisent des stratégies avec l'utilisation d'un pivot visuel (ex : porteur de balle) et la prise d'information est faite via la vision périphérique. La capacité à suivre plusieurs éléments est indispensable pour les gardiens de buts de haut niveau, il est donc très intéressant que l'augmentation des performances soit supérieure sur la tâche du MOT Track. Les résultats suggèrent donc que les gardiens ont amélioré leur capacité à suivre plusieurs éléments avec un point de fixation et donc par conséquent leur attention visuo-spatiale. D'autres résultats secondaires ont montré que la tâche du MOT Track était plus difficile que celle du MOT à cause du pivot visuel qui oblige à porter une grande attention à celui-ci, mais aussi que les exercices réalisés étaient plus faciles avec le casque de réalité virtuelle. Enfin aucune différence significative n'a été trouvée entre un exercice effectué avant ou après une séance d'entraînement. Néanmoins, il est indispensable de confirmer ces résultats sur une population plus importante.

Une des perspectives de cette étude est d'étendre ce type d'entraînement aux joueurs de champ qui eux aussi prélèvent de nombreuses informations du jeu avec la vision périphérique tout en ayant un point de fixation.

La principale perspective est qu'il faut davantage contextualiser la tâche de suivi d'objet multiple au football. Cela passe par l'utilisation de la réalité virtuelle avec le casque ou dans une CAVE. En effet avec ce type de technologie, les possibilités de travail sont très étendues. Il est possible de plonger les joueurs dans un environnement comme un stade de football dans lequel les balles pourraient être remplacés par des joueurs (ou formes) qui se déplaceraient sur le terrain tandis que le point de fixation pourrait être le ballon. Ce type de situation se rapprocherait directement des situations de match. De plus, les trajectoires des joueurs pourraient être plus ou moins définies afin que celles-ci soient réalistes.

De plus, il serait également intéressant de vérifier le possible transfert du MOT vers le terrain. Identifier les zones de faiblesses chez les gardiens de but, c'est-à-dire voir les zones dans lesquelles leur vision périphérique présente de moins bonne performance serait une perspective intéressante.

Références bibliographiques

- Abramov, I., J. Gordon, et H. Chan. « Color Appearance in the Peripheral Retina: Effects of Stimulus Size ». *Journal of the Optical Society of America. A, Optics and Image Science* 8, n° 2 (février 1991): 404-14.
- Alvarez, George A., et Steven L. Franconeri. « How Many Objects Can You Track? Evidence for a Resource-Limited Attentive Tracking Mechanism ». *Journal of Vision* 7, n° 13 (30 octobre 2007): 14.1-10. doi:10.1167/7.13.14.
- Azémar, G., J.-F. Stein, et H. Ripoll. « Effets de la dominance oculaire sur la coordination œil-main dans les duels sportifs ». *Science & Sports* 23, n° 6 (décembre 2008): 263-77. doi:10.1016/j.scispo.2008.06.004.
- Besharse, Joseph, et Dean Bok. *The Retina and Its Disorders*. Burlington: Elsevier Science, 2011.
- Bettencourt, Katherine C., et David C. Somers. « Effects of Target Enhancement and Distractor Suppression on Multiple Object Tracking Capacity ». *Journal of Vision* 9, n° 7 (14 juillet 2009): 9. doi:10.1167/9.7.9.
- Brault, Sébastien, Benoit Bideau, Richard Kulpa, et Cathy M. Craig. « Detecting Deception in Movement: The Case of the Side-Step in Rugby ». *PloS One* 7, n° 6 (2012): e37494. doi:10.1371/journal.pone.0037494.
- Cavanagh, Patrick, et George A. Alvarez. « Tracking Multiple Targets with Multifocal Attention ». *Trends in Cognitive Sciences* 9, n° 7 (juillet 2005): 349-54. doi:10.1016/j.tics.2005.05.009.
- Davids, K. (1984). The role of peripheral vision in ball games : Some theoretical and practical notions. *Physical Education Review*, 7,26-40.
- Faubert, Jocelyn. « Professional Athletes Have Extraordinary Skills for Rapidly Learning Complex and Neutral Dynamic Visual Scenes ». *Scientific Reports* 3 (2013): 1154. doi:10.1038/srep01154.
- Faubert, Jocelyn, et Lee Sidebottom. « Perceptual-Cognitive Training of Athletes ». *Journal of Clinical Sport Psychology* 6, n° 1 (mars 2012): 85-102. doi:10.1123/jcsp.6.1.85.
- Fehd, Hilda M., et Adriane E. Seiffert. « Eye Movements during Multiple Object Tracking: Where Do Participants Look? ». *Cognition* 108, n° 1 (juillet 2008): 201-9. doi:10.1016/j.cognition.2007.11.008.
- Fehd, Hilda M., et Adriane E. Seiffert. « Looking at the Center of the Targets Helps Multiple Object Tracking ». *Journal of Vision* 10, n° 4 (28 avril 2010): 19.1-13. doi:10.1167/10.4.19.
- Feria, Cary S. « Speed Has an Effect on Multiple-Object Tracking Independently of the Number of Close Encounters between Targets and Distractors ». *Attention, Perception & Psychophysics* 75, n° 1 (janvier 2013): 53-67. doi:10.3758/s13414-012-0369-x.
- Feria, Cary S. « The Effects of Distractors in Multiple Object Tracking Are Modulated by the Similarity of Distractor and Target Features ». *Perception* 41, n° 3 (2012): 287-304. doi:10.1068/p7053.
- Franconeri, S. L., S. V. Jonathan, et J. M. Scimeca. « Tracking Multiple Objects Is Limited Only by Object Spacing, Not by Speed, Time, or Capacity ». *Psychological Science* 21, n° 7 (juillet 2010): 920-25. doi:10.1177/0956797610373935.
- Franconeri, S. L., J. Y. Lin, Z. W. Pylyshyn, B. Fisher, et J. T. Enns. « Evidence against a Speed Limit in Multiple-Object Tracking ». *Psychonomic Bulletin & Review* 15, n° 4 (août 2008): 802-8.
- Intriligator, J., et P. Cavanagh. « The Spatial Resolution of Visual Attention ». *Cognitive Psychology* 43, n° 3 (novembre 2001): 171-216. doi:10.1006/cogp.2001.0755.
- Jebara, Najate, Delphine Pins, Pascal Desprez, et Muriel Boucart. « Face or building superiority in peripheral vision reversed by task requirements ». *Advances in Cognitive Psychology* 5, n° 1 (1 janvier 2009): 42-53. doi:10.2478/v10053-008-0065-5.
- Nan, Wenya, Feng Wan, Chin Ian Lou, Mang I Vai, et Agostinho Rosa. « Peripheral Visual Performance Enhancement by Neurofeedback Training ». *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 38, n° 4 (décembre 2013): 285-91. doi:10.1007/s10484-013-9233-6.
- Parsons, Brendan, Tara Magill, Alexandra Boucher, Monica Zhang, Katrine Zogbo, Sarah Bérubé, Olivier Scheffer, Mario Beauregard, et Jocelyn Faubert. « Enhancing Cognitive Function Using Perceptual-Cognitive Training ». *Clinical EEG and Neuroscience* 47, n° 1 (janvier 2016): 37-47. doi:10.1177/1550059414563746.
- Posner, M. I. « Orienting of Attention ». *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* 32, n° 1 (février 1980): 3-25.
- Pylyshyn, Z. « Some Primitive Mechanisms of Spatial Attention ». *Cognition* 50, n° 1-3 (juin 1994): 363-84.

- Pylyshyn, Z. « The Role of Location Indexes in Spatial Perception: A Sketch of the FINST Spatial-Index Model ». *Cognition* 32, n° 1 (juin 1989): 65-97.
- Pylyshyn, Z. W., et R. W. Storm. « Tracking Multiple Independent Targets: Evidence for a Parallel Tracking Mechanism ». *Spatial Vision* 3, n° 3 (1988): 179-97.
- Pylyshyn, Zenon. « Some Puzzling Findings in Multiple Object Tracking: I. Tracking without Keeping Track of Object Identities ». *Visual Cognition* 11, n° 7 (octobre 2004): 801-22. doi:10.1080/13506280344000518.
- Romeas, Thomas, Antoine Guldner, et Jocelyn Faubert. « 3D-Multiple Object Tracking Training Task Improves Passing Decision-Making Accuracy in Soccer Players ». *Psychology of Sport and Exercise* 22 (janvier 2016): 1-9. doi:10.1016/j.psychsport.2015.06.002.
- Savelsbergh, Geert J. P., John Van der Kamp, A. Mark Williams, et Paul Ward. « Anticipation and Visual Search Behaviour in Expert Soccer Goalkeepers ». *Ergonomics* 48, n° 11-14 (15 novembre 2005): 1686-97. doi:10.1080/00140130500101346.
- Savelsbergh, Geert J. P., A. Mark Williams, John Van der Kamp, et Paul Ward. « Visual Search, Anticipation and Expertise in Soccer Goalkeepers ». *Journal of Sports Sciences* 20, n° 3 (mars 2002): 279-87. doi:10.1080/026404102317284826.
- Schwab, Sebastian, et Daniel Memmert. « The Impact of a Sports Vision Training Program in Youth Field Hockey Players ». *Journal of Sports Science & Medicine* 11, n° 4 (2012): 624-31.
- Sears, C. R., et Z. W. Pylyshyn. « Multiple Object Tracking and Attentional Processing ». *Canadian Journal of Experimental Psychology = Revue Canadienne De Psychologie Experimentale* 54, n° 1 (mars 2000): 1-14.
- Stølen, Tomas, Karim Chamari, Carlo Castagna, et Ulrik Wisløff. « Physiology of Soccer: An Update ». *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)* 35, n° 6 (2005): 501-36.
- Tran, Annie, et James E. Hoffman. « Visual Attention Is Required for Multiple Object Tracking ». *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance* 42, n° 12 (décembre 2016): 2103-14. doi:10.1037/xhp0000262.
- Vaeyens, Roel, Matthieu Lenoir, A. Mark Williams, et Renaat M. Philippaerts. « Mechanisms Underpinning Successful Decision Making in Skilled Youth Soccer Players: An Analysis of Visual Search Behaviors ». *Journal of Motor Behavior* 39, n° 5 (septembre 2007): 395-408. doi:10.3200/JMBR.39.5.395-408.
- Vater, Christian, Ralf Kredel, et Ernst-Joachim Hossner. « Detecting Single-Target Changes in Multiple Object Tracking: The Case of Peripheral Vision ». *Attention, Perception & Psychophysics* 78, n° 4 (mai 2016): 1004-19. doi:10.3758/s13414-016-1078-7.
- Viswanathan, Lavanya, et Ennio Mingolla. « Dynamics of Attention in Depth: Evidence from Multi-Element Tracking ». *Perception* 31, n° 12 (2002): 1415-37. doi:10.1068/p3432.
- Ward, Paul, et A. Mark Williams. « Perceptual and Cognitive Skill Development in Soccer: The Multidimensional Nature of Expert Performance ». *Journal of Sport and Exercise Psychology* 25, n° 1 (1 mars 2003): 93-111. doi:10.1123/jsep.25.1.93.
- Williams, A. Mark, Nicola J. Hodges, Jamie S. North, et Gabor Barton. « Perceiving Patterns of Play in Dynamic Sport Tasks: Investigating the Essential Information Underlying Skilled Performance ». *Perception* 35, n° 3 (2006): 317-32. doi:10.1068/p5310.
- Williams, A. M. « Perceptual Skill in Soccer: Implications for Talent Identification and Development ». *Journal of Sports Sciences* 18, n° 9 (septembre 2000): 737-50. doi:10.1080/02640410050120113.
- Williams, A. M., et K. Davids. « Assessing Cue Usage in Performance Contexts: A Comparison between Eye-Movement and Concurrent Verbal Report Methods ». *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* 29, n° 3 (septembre 1997): 364-75. doi:10.3758/BF03200589.
- Williams, A. M., et K. Davids. « Visual Search Strategy, Selective Attention, and Expertise in Soccer ». *Research Quarterly for Exercise and Sport* 69, n° 2 (juin 1998): 111-28. doi:10.1080/02701367.1998.10607677.
- Williams, A. M., K Davids, et J. G. P Williams. *Visual Perception and Action in Sport*. New York: E & FN Spon, 1999. <http://www.myilibrary.com?id=15753>.
- Yantis, S. « Multielement Visual Tracking: Attention and Perceptual Organization ». *Cognitive Psychology* 24, n° 3 (juillet 1992): 295-340.

Résumés

Résumé :

La perception est un facteur important dans la prise de décision et les gardiens de but doivent prendre simultanément plusieurs informations pour prendre ces décisions. Pour cela, les gardiens utilisent la vision périphérique tout en regardant le ballon qui sert de point de fixation (Williams et al, 1998). Cette qualité appelée Covert Visuo-Spatial Attention (CVSA) est la capacité à porter attention à un endroit autre que son point de fixation (Posner, 1980). Le Multiple Object Tracking (MOT) a été reconnue comme ayant toutes les caractéristiques pour améliorer les qualités perceptivo-cognitives (Faubert et al, 2012). Le MOT est une tâche complexe impliquant plusieurs parties de son champ visuel dans laquelle l'individu doit suivre un sous ensemble de cibles parmi d'autres balles (distracteurs). Un programme d'entraînement de 13 semaines basé sur le Multiple Object Tracking (MOT) (Pylyshyn et al, 1988) a été mis en place pour améliorer la CVSA de quatre gardiens de but professionnels. Les participants ont été évalué sur deux tests dont un « MOT simple » (MOT) et un MOT avec point de fixation (MOT Track). Les résultats de cette étude montrent une amélioration des joueurs sur le MOT Track ($p < 0.01$) tandis qu'aucun résultat n'est trouvé sur MOT. D'autres résultats montrent que la tâche avec point de fixation (MOT Track) est plus difficile que la tâche simple (MOT). Cependant, ces résultats doivent se confirmer sur une population plus importante. Une des perspectives est de se rapprocher du terrain en utilisant la réalité virtuelle.

Abstract :

Perception is an important factor in decision making, and goalkeepers must simultaneously process multiple moving information to take decision. For this purpose, goalkeepers use their peripheral vision to take information while watching at the ball, used as a fixation point (Williams et al, 1998). This quality, called Covert Visuo-Spatial Attention (CVSA) (Posner et al, 1980) is a capacity to committing attention to a position other than the fixation point. This task has been recognized as an effective tool to improve perceptual-cognitive qualities (Faubert et al, 2012). MOT is a complex task involving several parts of one's visual field, in which participants must follow a subset of ball-targets among a larger number of balls (distractors). A 13-week training program, based on Multiple Object Tracking (MOT) (Pylyshyn et al, 1988), has been led to improve CVSA of four 1st French league goalkeepers. Participants were tested on two tests: a "simple MOT" (MOT) and a MOT with a point fixation (MOT Track). Results show an improvement of goalkeepers' performance on MOT Track ($p < 0.01$) while no improvement is found with the MOT. Results also show that the task with visual pivot is more difficult than the "simple task". However, these results must be confirmed with a larger population. One of perspectives is to get closer to the field using virtual reality.

Annexes :

	Exercices	Nombre de séries/ répétitions	Vitesse des balles (°/s)	Nombre de balles	Angle visuel
Jour 1	MOT	3 séries de 18 répétitions	17.5, 26.3, 35	2 et 3 parmi 5,7 ou 9	± 30°
Jour 2	MOT	3 séries de 18 répétitions	35, 43.7, 52.5	2 et 3 parmi 5,7 ou 9	± 30°
Jour 3	MOT avec track	3 séries de 18 répétitions	9.2, 13.8, 17.5 vitesse track: 4.6	1 et 2 parmi 4, 6 ou 8	± 30°
Jour 4	MOT avec track	3 séries de 18 répétitions	9.2, 13.8, 17.5	1 et 2 parmi 4, 6 ou 8	± 30°
Jour 5	2 ateliers : 1 mot track, 1 mot RV	MOT track: 3*18rep MOT RV :3*30	Track : 17.5, 21.9, 26.3 RV : 9.2, 13.8, 17.5, 21.9, 26.3	Track : 2, 3 parmi 5,7,9 RV : 2, 3 parmi 5,7,9	± 30°
Jour 6	MOT track	3*18 rep	17.5, 21.9, 26.3	2 et 3 parmi 7,8,9 et 10,11,12	± 30°
Jour 7	2 ateliers : 1 mot track, 1 mot RV	MOT track: 3*18rep MOT RV :3*18	Track : 17.5, 21.9, 26.3 RV : 17.5, 21.9, 26.3	2 et 3 parmi 7,8,9 et 10,11,12	± 30°
Jour 8	MOT avec track	3*18 rep	17.5, 21.9, 26.3	2 et 3 parmi 7,8,9 et 10,11,12	± 30°
Jour 9	2 ateliers MOT Rv : MOT track	3*18 rep Rv : 3*18 rep	Track : 17.5, 21.9, 26.3 Rv : 17.5, 21.9, 26.3	3(2+ track) et 4(3+track) parmi 7,8,9 et 10,11,12	± 30°

Jour 10	MOT track	3*18 rep	17.5, 26.3	21.9,	2 et 3 parmi 7,8,9 et 10,11,12	± 30°
Jour 11	MOT track	3*18 rep	17.5, 26.3	21.9,	2 et 3 parmi 7,8,9 et 10,11,12	± 30°
Jour 12	2 ateliers : MOT track	3*18 rep	17.5, 26.3	21.9,	2 et 3 parmi 7,8,9 et 10,11,12	± 30°
Jour 13	2 ateliers MOT track	3*18 rep	17.5, 26.3	21.9,	2 et 3 parmi 7,8,9 et 10,11,12	± 30°
Jour 14	MOT track	3*18 rep	17.5, 26.3	21.9,	2 et 3 parmi 7,8,9 et 10,11,12	± 30°
Jour 15	Test MOT	3 séries de 18 répétitions	35, 43.7, 52.5		2 et 3 parmi 5,7 ou 9	± 30°
Jour 16	Test MOT track	3*18 rep	17.5, 26.3	21.9,	2 et 3 parmi 7,8,9 et 10,11,12	± 30°

Figure 22 : Planification du programme d'entrainement