HAL
open science

Prise en charge orthoptique et amélioration des performances visuelles des sportifs

Laëtitia Estève

To cite this version:

Laëtitia Estève. Prise en charge orthoptique et amélioration des performances visuelles des sportifs. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03106121

HAL Id: dumas-03106121

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03106121

Submitted on 11 Jan 2021

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.

Faculté des sciences médicales et paramédicales
Aix-Marseille Université

Ecole des sciences de la Réadaptation
Ecole d'Orthoptie

PRISE EN CHARGE ORTHOPTIQUE ET AMÉLIORATION DES PERFORMANCES VISUELLES DES SPORTIFS

ESTEVE Laëtitia

Maitre de mémoire :

POORJABAR Marion

Orthoptiste

Directrice des mémoires :

TRINQUET Laure

Directrice pédagogique

Année Universitaire 2019-2020

Mémoire de fin d'étude d'Orthoptie

Aix-Marseille Université – Faculté des Sciences Médicales et Paramédicales – 27 boulevard Jean Moulin – 13385 Marseille Cedex 5

Tel : +33 (0)4 91 32 43 00 – Site : http://smpm.univ-amu.fr

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Monsieur Georges LEONETTI, doyen de la faculté des Sciences Médicales et Paramédicales de Marseille, de nous avoir donné les outils nécessaires à la réussite de mes études d'Orthoptie.

Ensuite, j'adresse un sincère remerciement au Pr Danièle DENIS, chef de service de l'hôpital Nord de Marseille, pour ses interventions au cours de la formation théorique et pour nous avoir permis de tous d'intégrer son service, car cela m'a notamment permis d'acquérir de l'expérience.

Je remercie également, Madame Laure TRINQUET directrice pédagogique de l'école d'orthoptie de Marseille, qui m'a transmis sa passion pour l'orthoptie grâce à son expérience. Je lui suis également très reconnaissante pour son parcours et son investissement afin de nous donner une formation de qualité.

En outre, je présente aussi un remerciement conséquent pour Madame Marion POORJABAR, ma tutrice de mémoire, pour le temps consacré à me procurer des outils indispensables dans la réalisation de celui-ci et à m'apporter son aide dans la réalisation du sondage. Je la remercie, tout particulièrement, pour sa disponibilité et ses conseils précieux.

Aussi, je tiens à remercier également tous les intervenants durant ma scolarité pour m'avoir enseigné avec passion mon futur métier et assuré la partie théorique.

Enfin, j'aimerais exprimer ma gratitude envers les orthoptistes que j'ai côtoyés durant mes stages et qui ont pris le temps de m'enseigner leurs savoirs et qui m'ont fait confiance.

Pour finir, je voudrais exprimer ma reconnaissance envers ma famille notamment mes parents, mon frère pour m'avoir toujours soutenue tout au long de mon parcours universitaire. Je remercie mes parents d'avoir toujours été présents moralement pour moi. Cela m'aura permis d'avoir le métier que j'aime et par conséquent la réalisation de ce mémoire.

À toi, Damien pour tout ce qu'on a vécu et ce qu'il nous reste à vivre.

Enfin, encore merci à tous mes camarades de classe spécialement Chloé, Anaëlle, Léa mais aussi Micka, Coco, Kyllian, Roldy et Fred de m'avoir tant fait rire pendant ces trois années. Merci à Victoria, Angèle, Clarisse et Mathilde, mes amies de longue date pour avoir toujours été présentes.

Table des matières

1 INTRODUCTION 1

2 Le système visuel des sportifs de la perception à l'action 3

2.1 Les modalités de perception 3

2.1.1 Les étapes de l'image rétinienne 3

2.2 Le dépistage visuel des sportifs améliore les performances 3

2.2.1 L'importance de la correction optique du sportif 4

2.2.2 La détermination de la réfraction spécifique 5

2.3 Les équipements optiques sportifs 5

2.3.1 Une correction optique en lunettes adaptées 6

2.3.2 La correction en lentille de contact du sportif 6

2.3.3 L'orthokératologie 6

2.3.4 L'amélioration des performances visuelles par filtres optiques 7

2.4 Les éléments de la prise d'information visuelle chez l'athlète de haut niveau 8

2.4.1 Les capacités de discrimination et d'orientation spécifique du regard chez l'athlète 9

2.4.1.1 Les "niveaux bas" du système visuel : les éléments sensoriels des sportifs ……...9

2.4.1.2 Les éléments optomoteurs permettant l'orientation du regard des sportifs……10

2.4.2 Le champ visuel périphérique nécessaire et sollicité par les athlètes 11

2.4.3 Le système visuel comme niveau perceptif et cognitif 12

2.4.3.1 La convergence d'un système multisensoriel permettant l'équilibre du sportif……12

2.4.3.2 La situation de double tâche dans les sports d'équipes dynamiques……12

2.5 Les éléments susceptibles de modifier la vision 13

2.5.1 Les modifications intrinsèques liées aux sportifs...……13

2.5.2 Les modifications extrinsèques liées à la pratique sportive……13

3 Les informations visuo-motrices dans le sport guidées par la dominance oculaire des athlètes 14

3.1 L'œil dominant comme perception de repère spatial 14

3.2 La latéralisation des athlètes et l'œil dominant 15

3.2.1 La dominance oculaire dans la coordination oculo-manuelle 15

3.2.2 Le transfert interhémisphérique 18

3.3 La dominance oculaire et les processus attentionnels nécessaires chez le sportif ……19

3.3.1 L'efficacité d'un contrôle visuel attentionnel 19

3.3.2 L'entraînement du contrôle visuo-attentionnel 20

4 La pratique orthoptique chez le sportif de haut niveau visant l'augmentation des performances visuelles 21

4.1 L'influence d'un entraînement visuel orthoptique sur les performances sensorielles et motrices 21

4.2 Les technologies à l'entraînement visuel 23

4.2.1 Les instruments visio-numériques comme entraînement perceptivo-cognitif 24

4.2.1.1 L'entraînement visuel par lunettes stroboscopiques 24

4.2.1.2 Le Neuro-Tracker comme entraînement perceptivo-cognitif 26

4.2.1.3 L'entraînement perceptivo-cognitif basé sur la vidéo…..... 27

4.2.2 Le développement de la coordination visio-gestuelle par augmentation des performances visuelles 27
4.2.2.1 Le dynavision 28
4.2.2.2 Le fitlight 29
4.2.2.3 Le quick board 29

5 DISCUSSION 31

6 CONCLUSION, LIMITES ET PERSPECTIVES 31

Table des tableaux

Tableau 1 : Lignes directrices pour la compensation réfractive chez les athlètes ……. 5

Table des figures

Figure 1 : Géométrie d'une lentille Ortho-K ……7

Figure 2 : Le modèle de traitement de Welford ……. 8

Figure 3 : Rétine centrale et rétine périphérique …...……..... 11

Figure 4 : Éléments clés pour un gardien de but en relation avec la charge cognitive ……..... 13

Figure 5 : Comparaison des temps de réaction entre main droite et main gauche en fonction de la dominance oculaire individuelle ……. 15

Figure 6 : Comparaison des temps de réaction de la main droite de droitiers manuels en fonction de leur dominance oculaire …….....16

Figure 7 : Comparaison des temps de mouvement moyens entre droitiers et gauchers manuels, en fonction de leur dominance oculaire …… 17

Figure 8 : Représentation schématique du circuit visuomoteur mis en jeu entre l'œil et la main en situation d'incertitude spatiale, dans le cas d'un gaucher manuel ayant une dominance oculaire droite …….. 17

Figure 9 : Le paradigme de Poffenberger ……..... 18

Figure 10 : Les trois parties de l'examen du champ visuel attentionnel sur le Métrovision 19

Figure 11 : Courbes de comparaison entre athlètes professionnels, élites-amateurs et non athlètes lors d'un entraînement cognitif ……... 24

Figure 12 Entraînement neuromusculaire dynamique de haut niveau intégrant l'acquisition visuelle de la cible, l'interaction environnementale, la capacité d'anticipation sur surfaces instables et avec interférence visuelle stroboscopique ……. 25

Figure 13 : Déroulement d'un essai de suivi de cible ……. 26

Figure 14 : Montage pour étudier les stratégies de recherche visuelle de joueurs de soccer ... 27

Figure 15 : Le système Dynavision …….. 28

Figure 16 : Le Quick Board ……...29

Figure 17 : Un rapport d'évaluation d'agilité et de symétrie par le Quick Board ……. 30

Table des graphiques du sondage

Graphique1 Répartition d'un contrôle ophtalmologique des différents sportifs ……... 4

Graphique2 Répartition des sportifs portant une correction …….…… 4

Graphique3 Répartition des signes fonctionnels des sportifs pendant ou après le sport …….. 5

Graphique4 L'utilisation des lentilles d'orthokératologie sur les sportifs consultés ……. 7

Graphique5 Les sportifs utilisant les lentilles d'orthokératologie avec un équipement optique 7

Graphique 6 Avez-vous déjà entendu parler de l'œil dominant ? …… 14

Graphique 7 Répartition des sportifs montrant leurs points de vue concernant l'utilité de la coordination œil-main et œil pied en fonction de leur sport ……... 20

Graphique 8 Répartition des sportifs ayant consulté un orthoptiste ……..... 23

Graphique 9 Amélioration quotidienne et sportive après rééducation orthoptique ……. 23

Graphique 10 Répartition du nombre de sportifs ayant entendu parler d'un entraînement visuel augmentant les performances ……... 23

Graphique 11 Nombres de sportifs intéressés par l'entraînement visuel ……. 23

Table des annexes

Annexe 1 : Questionnaire sur la vision et le sport …… 35

Annexe 2 : Autoportrait réalisé par Michel Paysant en utilisant les mouvements oculaires comme « moyen de dessiner par la pensée et l'esprit » …… 36

Annexe 3 : Exigences d'éclairages requises pour optimiser les performances visuelles pour les installations sportives extérieures et intérieures ……... 37

Annexe 4 : Choix des classes d'éclairages ……... 37

Annexe 5 : Questionnaire de latéralité dans le sport ……..... 38

Annexe 6 : Matériel et coût d'un entraînement visuel spécifique …….. 39-40

Annexe 7 : Logiciel Eye Motion …….. 41

Liste des symboles et unités de mesure

Unités de longueur :

ms : milliseconde

cm : centimètre

m : mètre

Unité d'angle :

° : degré

Unité adimensionnelle :

% : pourcentage

Table des abréviations

INSEP : Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance

AVS : Acuité Visuelle Statique

AVD : Acuité Visuelle Dynamique

AFO : Association Française d'Orthoptie

RVO : Réflexe Vestibulo-Oculaire

ROC : Réflexe OptoCinétique

TR : Temps de Réaction

TM : Temps de Mouvement

CVG : Champ Visuel Gauche

CVD : Champ Visuel Droit

CVSA : Cover Visuo-Spatial Attention

ARVIMEX : Analyse des Réactions Visuo-Motrice de l'Escrimeur

3D-MOT : Multiple Object Tracking en 3D

RÉSUMÉ

L'Orthoptie et le Sport

Esteve Laetitia

PRISE EN CHARGE ORTHOPTIQUE ET AMELIORATION DES PERFORMANCES VISUELLES DES SPORTIFS

La vision est l'un des aspects sensoriels les plus développés chez l'Homme. Le système visuel procure des informations sur l'environnement. Un déficit visuel, même minime peut entraîner un désavantage chez des sportifs pouvant mener également à des gênes visuelles voire à des blessures. En effet, la vision fonctionnelle renseigne le sportif dans la saisie d'une information, sur la vision de la profondeur et organise sa gestuelle. La vision du sportif doit être précise dans le but d'une coordination œil-main ou d'une coordination œil-pied. Du fait d'une excellente vision périphérique, le sportif perçoit les mouvements et des informations sur son orientation dans l'espace. Ceci est extrêmement important dans le sport de haut niveau : connaître sa localisation dans l'espace ainsi que celle de ses adversaires et coéquipiers. La vision joue également un rôle essentiel chez le sportif dans l'équilibre permettant ainsi le contrôle et l'adaptation de la posture.

Afin de prendre en charge les sportifs et les athlètes, il est donc avant tout important de permettre un contrôle orthoptique. De plus, le sport de haut niveau reflète l'excellence reconnue grâce à des éléments spécifiques. Ces sportifs ont tous un niveau extrêmement développé ; il faut donc trouver pour ces athlètes un moyen de faire la différence.

Actuellement en France, l'amélioration des performances sportives passe par une amélioration locomotive, nutritive, psychique et physique mais peu ou pas visuelle. Une nouvelle prise en charge des sportifs éveille la curiosité des professionnels de santé et des entraîneurs : l'entraînement perceptif visuel. Cet entraînement pourrait donc être un complément à l'entraînement physique classique habituel afin d'optimiser les performances visuelles.

L'entraînement orthoptique a pour vocation le travail de la fixation et de l'accommodation, ainsi que de l'augmentation des capacités fusionnelles. La stimulation statique et dynamique de la vision périphérique est essentielle afin de permettre aux sportifs d'anticiper une action rapidement. En outre, des technologies à l'entraînement visuel se développent dans cette perspective et aussi afin de prévenir le risque de blessure.

Mots clés : Entraînement visuel, Coordination oculo-manuelle, Prise de décision, Vision fonctionnelle, Performances visuelles, Œil dominant

ABSTRACT

Orthoptie and the Sport

Esteve Laetitia

ORTHOPTIC SUPPORT AND IMPROVED VISUAL PERFORMANCE OF ATHLETES

Vision is one of the most developed sensory aspects in humans. The visual system provides information about the environment. Even a minimal visual deficit can lead to a disadvantage in athletes who can also lead to visual discomfort and injury. In fact, the functional vision informs the athlete in the input of information, in the vision of depth, and organizes his gestures. The vision of the athlete must be precise for the purpose of eye-hand coordination or eye-foot coordination. Because of an excellent peripheral vision, the sportsman perceives movements and especially gives him informations about his orientation in space. This is extremely important in high-level sport : knowing its location in space, those of its opponents and teammates. Vision also plays an essential role in the sportsman in the balance thus allowing the control and adaptation of the posture.

In order to take care of sportsmen and athletes, it is therefore above all important to allow orthoptic control. In addition, the high-level sport reflects the excellence recognized through specific elements. These athletes all have an extremely developed level, so we have to find a way for these athletes to make a difference.

Currently in France, the improvement of sports performance requires a locomotive, nutritional, mental and physical improvement but little or no visual improvement. A new management of athletes awakens the curiosity of health professionals and coaches : visual perceptual training. This training could therefore be a complement to the usual classic physical training in order to optimize visual performance.

The orthoptic training has for vocation the training to the fixation, the accommodation, the increase of the mergel abilities. Static and dynamic stimulation of peripheral vision is essential to enable athletes to anticipate action quickly. In addition, technologies in visual training are developed in this perspective and also to prevent the risk of injury.

Keyword : Visual Training, Eye-Hand Coordination, Decision Making, Functional Vision, Visual Performance, Dominant Eye

1 INTRODUCTION

En France, nous comptons 26 millions de sportifs de tous niveaux. La pratique du sport peut être effectuée à différentes échelles. Nous distinguons les sportifs pratiquant occasionnellement un sport, les licenciés non-compétiteurs et compétiteurs et les sportifs de haut niveau adhérent à une fédération [1]. Nous comptons 12 millions de sportifs licenciés ; ce qui n'est pas négligeable : le Football est le sport présentant le plus grand nombre de licenciés. Un grand nombre de disciplines sont pratiquées à haut niveau ce qui montre une extrême performance physique et mentale des sportifs. Ces athlètes de haut niveau qui représentent l'élite dans le sport ont des niveaux d'exigence élevés menant au dépassement de soi. Les exigences visuelles et motrices sont spécifiques et propres à chaque sport.

Dans le sport, la perception visuelle est importante sachant que 80% des informations sont visuelles. Celle-ci procure une des entrées sensorielles les plus sollicitées chez l'Homme. Il est donc important de comprendre comment le système visuel fonctionne pour une optimisation des performances visuelles et motrices de ces sportifs afin de proposer une prise en charge complète. Une bonne vision doit être avant tout indispensable.

Nous discernons clairement l'importance de la vision dans cette citation de l'ancien entraîneur de Football américain Blanton Collier : *« les yeux guident le corps »*.

Tout d'abord, la vision a tout d'abord un rôle dans la communication entre les individus permettant un rôle social. En captant une image, la vision permet la prise d'une information de l'environnement. L'œil est capable d'intégrer cérébralement une scène afin de la comprendre. Chaque jour, des milliers de gestes sont exécutés chez le sportif de haut niveau qui doit effectuer cela avec précision et rapidité. Il est essentiel d'avoir une coordination oculo-manuelle fine et précise, une excellente perception de la profondeur, une souplesse au niveau de l'accommodation ou encore une bonne vision périphérique selon le type de sports. En effet, les sports d'opposition sont des disciplines avec de fortes incertitudes spatio-temporelles [2]. L'athlète doit avoir une bonne capacité de localisation dans l'espace grâce à une fixation stable sur un objet afin de capter un mouvement par la rétine périphérique fonctionnelle nécessaire à la prise d'une décision. Ainsi, nous appréhendons parfaitement l'importance de la vision des sportifs.

En effet, durant l'activité sportive, un grand nombre d'informations visuelles parvient à l'athlète en un temps extrêmement court. Il lui donc demandé à l'athlète une forte concentration pour permettre de décoder les informations visuelles le plus rapidement possible surtout lors des compétitions [3]. La vision de ces sportifs et athlètes doit être stable et orientée. Dans les sports collectifs, la balle ou le ballon est perçu par sa localisation dans l'espace et par son mouvement. Celui-ci est pourvoyeur d'un déclenchement d'un geste moteur avec la main ou avec le pied selon les sports. C'est pourquoi la vision joue un rôle dans la coordination oculo-manuelle avec le capteur podal. Dans le sport, la vision permet également aux athlètes le maintien de l'équilibre et leur positionnement dans l'espace afin d'adapter l'action en permanence. L'intégration parfaite de ces systèmes chez ces sportifs est donc primordiale. La sommation des entrées sensorielles doit être perçue et analysée en même temps au risque de voir certains troubles pénaliser les joueurs.

Globalement en France, l'amélioration des performances sportives est permise avant tout par une amélioration locomotive, nutritive, psychique et physique mais peu ou pas visuelle. L'exercice de l'orthoptie en tant qu'expert de la vision binoculaire fonctionnelle peut intervenir dans la prise en charge de sportif dans le contrôle visuel et également dans l'entraînement des habilités visuelles. Cette nouvelle prise en charge des sportifs et athlètes dans un entraînement perceptif visuel se développe en France.
En effet, l'entraînement orthoptique vise l'amélioration des capacités visuelles, sensorielles et motrices. L'entraînement de la fixation, l'accommodation, l'augmentation des capacités fusionnelles et le travail de la coordination œil-main par stimulation de la rétine périphérique fonctionnelle. Ces entraînements ont pour objectif l'augmentation des performances visuo-motrices afin d'accroître l'anticipation des sportifs.

De plus, de nouvelles technologies se sont développées pour l'amélioration des performances visuelles et sportives sur le même principe pour augmenter la prise de décision visuelle. Certaines de ces nouvelles technologies sont déjà utilisées dans les pays anglo-saxons. Outre l'amélioration des performances visuelles, ces entraînements peuvent réduire le risque de blessure.

Ainsi l'objectif de ce mémoire est de montrer l'importance de la vision des sportifs afin de répondre à la problématique suivante : « Par quel moyen, l'orthoptiste peut s'intégrer dans la prise en charge de patients sportifs et d'athlètes afin d'optimiser leurs performances visuelles ? ».

Dans un premier temps, nous étudierons le système visuel des athlètes dénommé dans le sport : perception-action. Pour cela, nous traiterons les modalités de perception pour ensuite étudier l'amélioration des performances visuelles par un dépistage orthoptique et une prise en charge au niveau des équipements optiques des sportifs. Nous verrons aussi que cela permet une prise d'information visuel efficace grâce à des capacités de discrimination, d'orientation du regard et par sollicitation du champ visuel périphérique. Dans un deuxième temps, nous analyserons les informations visuo-motrices dont la dominance oculaire qui joue un rôle dans la performance des sportifs. Dans un troisième temps, nous examinerons la pratique orthoptique afin de permettre l'amélioration des performances et l'influence d'un entraînement visuel sur les capacités sensorielles et motrices. Et enfin, nous terminerons en explorant les technologies à l'entraînement visuel.

Lors de l'élaboration de ce mémoire, nous avons réalisé un sondage (Annexe 1) sur 765 sportifs de niveaux confondus comprenant 430 femmes et 335 hommes d'une moyenne d'âge de 32,50 ans. Ce sondage a eu pour objectif de percevoir la connaissance des sportifs de niveaux confondus sur l'effet de la vision dans le sport. Nous exploiterons ce sondage tout au long de ce mémoire.

2 Le système visuel des sportifs de la perception à l'action

Dans le sport, le système visuel est dénommé « couple perception – action ». L'action résulte de la perception ; pour cela, une bonne vision est indispensable.

2.1 Les modalités de perception

La vision est un processus relativement séquentiel : le système visuel assure une construction active de l'environnement. La structuration de l'image visuelle est acheminée de la rétine au cortex occipital par une succession d'étapes.

2.1.1 Les étapes de l'image rétinienne

En premier lieu, l'information lumineuse est perçue par la rétine constituant l'étape de réception. Cette surface est une interface entre le monde physique et le système nerveux.
Ce sont les photorécepteurs (les cônes et les bâtonnets) de la rétine qui transforment les excitations lumineuses en potentiels bioélectriques.

En second lieu, l'étape de transmission ou d'intégration permise par les relais sous corticaux s'ordonne en couches en constituant trois voies : la *voie magnocellulaire* qui permet une grande sensibilité aux contrastes achromatiques, une bonne résolution temporelle mais une moins bonne résolution spatiale ; la *voie parvocellulaire* qui à l'inverse, possèdent une résolution temporelle moins bonne mais efficace pour la sensibilité spatiale et chromatique ; et enfin la *voie koniocellulaire* qui participe essentiellement à la vision des couleurs.

Dans l'étape de segmentation, les signaux parvenus de la rétine via le corps géniculé latéral convergent vers le cortex primaire. Pour finir, l'étape d'interprétation est possible par la réception des informations par le lobe occipital. Le système ventral permet la reconnaissance consciente des objets et le système dorsal permet la localisation, la coordination entre vision et motricité ce qui sera essentiel pour les sportifs.

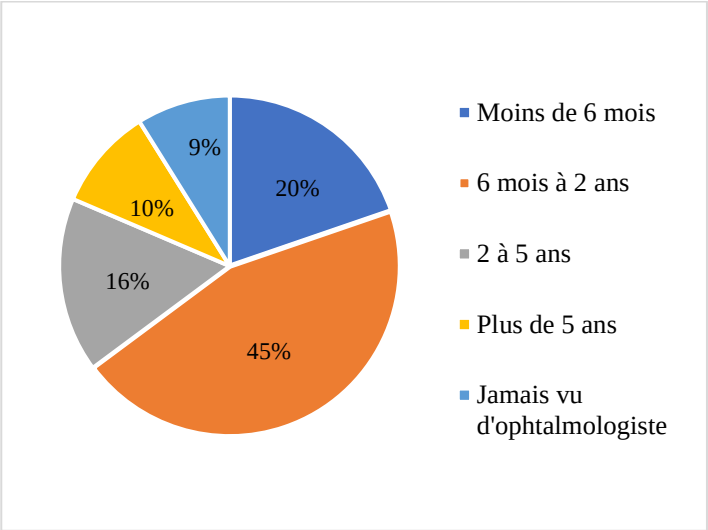
Les temps nécessaires à l'interprétation cérébrale sont de 40 millisecondes (ms) pour le transfert rétinocortical, de 180 ms pour la fixation et 200 ms pour la convergence. L'identification s'effectue entre 650 et 1000 ms, 1000 ms pour l'accommodation. Ensuite, la commande motrice est entre 200 et 1000 ms. Ainsi, la durée d'un déclenchement d'un acte moteur à une réponse visuelle est de 1 à 2 secondes, d'où l'objectif d'anticiper visuellement l'action du sportif [4].

Pour une optimisation visuelle du sportif, il est donc important de veiller à la bonne construction de l'image visuelle par la correction des défauts optiques.

2.2 Le dépistage visuel des sportifs améliore les performances

Le sondage réalisé montre que les sportifs ont un contrôle ophtalmologique à intervalle régulier (globalement entre 6 mois et 2 ans).

En revanche, parmi les sportifs consultés, 10% des sportifs du sondage n'ont pas fait de contrôle dans les cinq dernières années et 9% n'ont jamais eu un contrôle ophtalmologique.

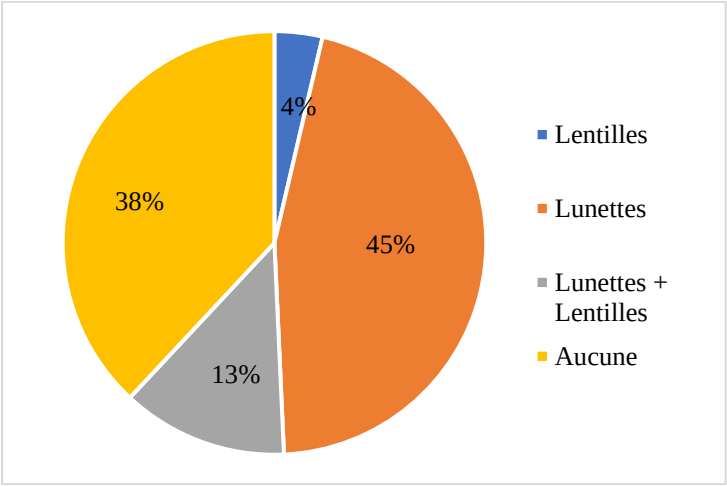


Graphique 1 *Répartition d'un contrôle ophtalmologique des différents sportifs*

Il est donc essentiel d'avoir un suivi ophtalmologique et orthoptique afin d'avoir une correction optique adaptée au besoin spécifique du sportif pour l'optimisation visuelle [4].

2.2.1 L'importance de la correction optique du sportif

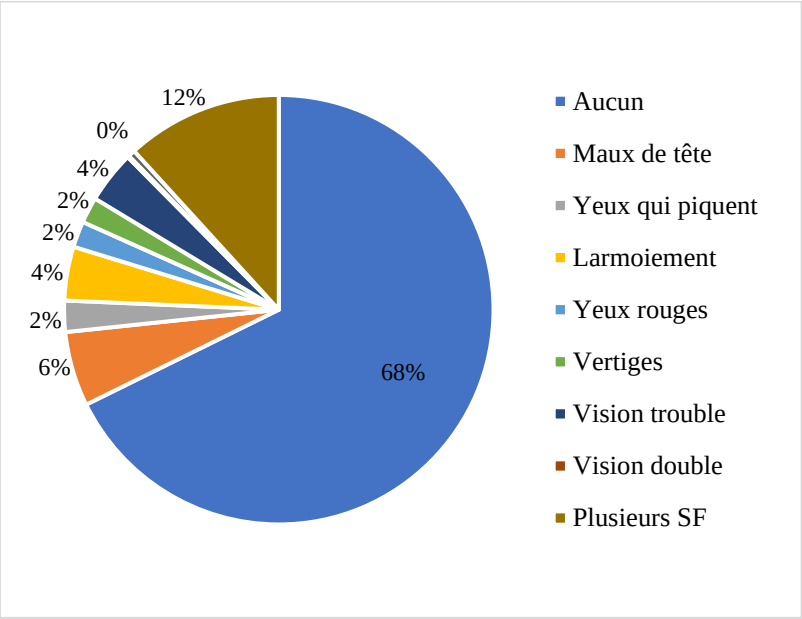
D'après notre sondage, 45% portent des lunettes, 4% portent des lentilles, 13% sont équipés des deux éléments et 38% ne portent pas de correction. Toutes amétropies non corrigées réduit l'acuité visuelle et la perception d'objet ou d'image pénalisant les joueurs. Par conséquent, ceci procure des déficits sur la vision stéréoscopique et dans la localisation spatiale [5].



Graphique 2 *Répartition des sportifs portant une correction*

D'après l'étude effectuée dans l'Institut National du Sport et de l'Education Physique, 207 sportifs ont été évalués dont 25% d'athlètes de haut niveau. Parmi 63 athlètes qui portent des lunettes en permanence, 35% soit 22 sportifs utilisent une correction optique pour la compétition. Cela a une répercussion sur l'acuité visuelle, 34 ont une différence d'acuité d'au moins 4/10ème entre les deux yeux et 20 ont une acuité inférieure à 8/10ème d'au moins un œil corrigé ou non. Ces défauts de réfraction engendrent, pour 33 des athlètes de l'étude, des asthénopies visuelles comme les yeux rouges, des maux de tête ou des picotements diminuant les performances [6].

De plus, nous pouvons voir grâce à notre sondage, que globalement les sportifs interrogés ne présentent pas de signe fonctionnel dans 68% des cas. En revanche, nous pouvons remarquer que 32% des sportifs présentent des signes fonctionnels dont 12% plusieurs signes fonctionnels. Il est donc nécessaire afin de corriger les défauts visuels et d'éviter des signes fonctionnels de réaliser une réfraction spécifique.



Graphique 3 *Répartition des signes fonctionnels des sportifs pendant ou après le sport*

2.2.2 La détermination de la réfraction spécifique

Selon la pratique sportive, une adaptation de la réfraction sera effectuée en fonction des besoins visuelles afin de déterminer une correction spécifique à usage sportif. Notons par exemple que nous pouvons optimiser la vision du joueur de baseball myope en lui rajoutant -0,25 dioptrie en plus pour lui permettre un meilleur contraste par le port d'un équipement optique sportif [7].

Statut réfractif	Envisager de prescrire
Myopie	-0,25D ou plus
Hypermétropie	+1,00D ou plus
Astigmatisme	0,50D ou plus
Anisométropie	0,50D ou plus

Tableau 1 *Lignes directrices pour la compensation réfractive chez les athlètes. De Érickson GB, Vision sportive : soins de la vue pour l'amélioration des performances sportives*

2.3 Les équipements optiques sportifs

L'équipement optique vise l'optimisation des capacités visuelles des sportifs s'effectuant soit par lunettes ou lentilles selon les disciplines.

2.3.1 Une correction optique en lunettes adaptées

Les lunettes offrent une excellente vision centrale, leurs montures doivent répondre à des critères de qualité et de sécurité. Elles exigent d'être non métalliques avec des branches-crochets, de posséder un renfoncement en caoutchouc et un serre-tête. Il est conseillé d'utiliser une matière organique, incassable, résistante au choc et légère [4]. La gamme Zeiss Sport propose des verres galbés de haute qualité pour s'adapter au mieux à une monture spécifique. Cela procure un champ de vision élargi pour de meilleures performances. De plus, en cas de forte correction négative, nous pouvons observer un amincissement grâce à un gain d'épaisseur au bord pouvant atteindre 30% sans impacter la qualité de la vision. Cependant, même si de nouvelles gammes de sports se développent, les montures peuvent présenter des inconvénients. Elles peuvent réduire le champ visuel périphérique de l'athlète. Nous pouvons retrouver également des dépôts d'eau formées par condensation sur les lunettes favorisant des aberrations optiques diminuant ainsi la performance des sportifs [8].

Le port de lunettes est souvent une contre-indication dans certains sports ; même si elles répondent à des critères de qualité et sécurité. La correction du sportif en lentilles de contact reste une alternative.

2.3.2 La correction en lentille de contact du sportif

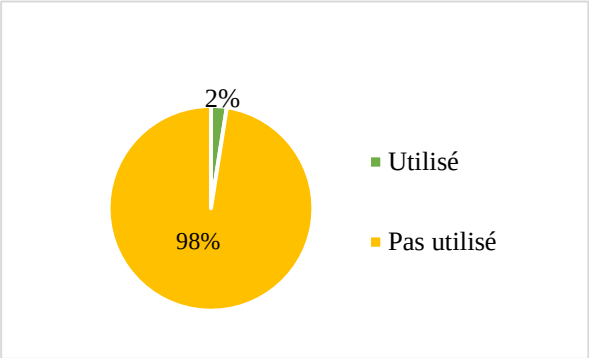
Les lentilles sont utilisables dans de nombreux sports ; elles permettent une excellente vision pour les sports dynamiques comme le Football, le Baseball, le Hand-ball, notamment en augmentant d'environ 15% le champ visuel périphérique. En compétition, la bonne tolérance des lentilles des sportifs passe avant tout par un port quotidien [4]. Les lentilles permettant d'avoir moins de pertes de lumière, elles apportent une augmentation du flux lumineux arrivant dans l'œil à la différence des lunettes. Les lentilles souples sont à préconiser pour leur stabilité ainsi que pour leur confort plutôt que les lentilles rigides perméables au gaz chez les sportifs.
Des lentilles souples toriques sont utilisées pour la correction de l'astigmatisme. Ces lentilles de contact toriques sont plus confortables et faciles à manipuler ; en revanche, elles doivent être extrêmement bien ajustées pour qu'elles restent en place. Il est important de tester la rotation de l'axe de ces lentilles car elles peuvent devenir instables et se décentrer durant les sports dynamiques. Cela est la cause de nombreux problèmes rencontrés avec ces lentilles. En revanche, elles sont contre-indiquées dans les sports nautiques car il y a un risque de contamination, interdites dans la boxe anglaise et limitées dans l'aviation.

Dans le but d'éviter les inconvénients liés au port diurne de lentille lors de la pratique sportive, il existe le port nocturne de lentilles rigides perméables au gaz afin de libérer la vision en journée.

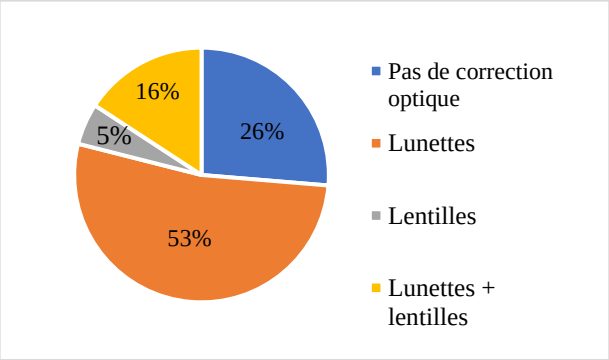
2.3.3 L'Orthokératologie

L'orthokératologie est une méthode non invasive par correction des amétropies.
Les lentilles d'orthokératologie vont modifier le profil cornéen pendant le sommeil par remodelage dans le but d'améliorer les performances visuelles. Ceci est un moyen pour les sportifs de libérer la vision en journée sans recours au port de lunettes ou de lentilles de contact.

D'après notre sondage, l'utilisation des lentilles d'orthokératologie des sportifs est peu significative. Nous observons seulement 2% des sportifs, soit 19 personnes ayant déjà utilisé ces lentilles (Graphique 4). En revanche, nous pouvons noter que, sur ces 19 sportifs, 74% utilisent encore un équipement optique contre 26% n'ayant aucune correction optique (Graphique 5).



Graphique 4 *L'utilisation des lentilles d'orthokératologie sur les sportifs consultés*



Graphique 5 *Les sportifs utilisant les lentilles d'orthokératologie avec un équipement optique*

Actuellement, la tendance montre une élimination ou une diminution de la myopie par restructuration cornéenne. Des études ont montré que la cornée s'amincit au centre pour s'épaissir en périphérie. L'orthokératologie permet une bonne excentricité cornéenne et corrige la réfraction sphérique de +4,00 à -4,50 et l'astigmatisme jusqu'à -2,50.

Cependant, les limites d'utilisation de l'orthokératologie sont les grands diamètres pupillaires lors de fortes corrections, les irrégularités de la cornée ou encore en cas de forte sècheresse oculaire.

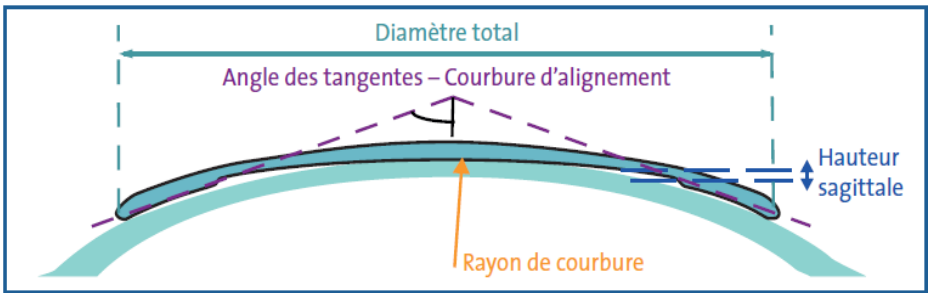


Figure 1 *Géométrie d'une lentille Ortho-K (exemple : Menicon Z Night)*

L'orthokératologie offre un moyen supplémentaire de corriger la myopie et doit être considérée comme un moyen thérapeutique afin de ralentir l'évolution de l'amétropie [9]. D'autres équipements permettent également l'optimisation du système visuel par filtres optiques.

2.3.4 L'amélioration des performances visuelles par filtres optiques

L'amélioration des performances visuelles passe par la recherche du filtre ou protection solaire pour diminuer le contraste et l'éblouissement des sportifs. La perception visuelle dans la pratique d'un sport en plein air peut être limitée par des radiations lumineuses directes et indirectes. C'est pourquoi, l'usage de filtre optique permet de réduire les reflets gênant la perception afin de mieux discriminer les détails. En effet, un filtre de plage rouge améliore la netteté de la couture rouge sur une balle de baseball ; ainsi, les détails seront mieux perçus [7].

Nous pouvons également noter une meilleure aptitude de détection grâce au maillot rouge de l'équipe de football du Manchester United, les Red Devils. Cela leur permet de se localiser plus facilement sur le terrain [10].

Certaines gammes de couleurs de filtre optique sont à préconiser en fonction des sports de manière à permettre l'optimisation visuelle. Les couleurs ne sont pas changées et restent naturelles pour les filtres gris neutre ce qui donne un avantage pour les sports de neige ou le golf [7]. La gamme verte améliore l'information de cette couleur, préférée dans le golf et le tennis par amélioration du contraste entre la balle jaune et un ciel bleu. Il existe également des teintes ProGolf spécifiques pour le golf développé par la gamme sport Zeiss permettant d'améliorer les contrastes par une absorption sélective de la lumière [8]. La gamme jaune-brun améliore la perception de la profondeur, les temps de réactions et les contrastes en réduisant les aberrations chromatiques. Cette gamme est appréciée des athlètes de tir et également des sportifs pratiquants des sports de balle. La gamme de couleur bleue ne possède pas d'avantage majeur dans le sport. Elle ne réduit ni l'éblouissement ni tend vers un meilleur contraste. Pour finir, les filtres polarisés réduisent l'effet d'éblouissement d'une surface horizontale ; c'est pourquoi, elles sont conseillées pour les sports nautiques, de neige et les cyclistes roulant sur route mouillée. Les filtres sont toujours à tester chez le sportif car un athlète peut préférer un filtre à un autre sans pour autant que le filtre soit recommandé pour le sport qu'il pratique [7].

Pour conclure, on doit s'interroger sur le bien-fondé de corriger la vision d'un sportif amateur et de haut niveau pour leur permettre le meilleur confort visuel et une excellente prise d'information visuelle.

2.4 Les éléments de la prise d'information visuelle chez l'athlète de haut niveau

Le modèle de traitement de Welford (1960) montre que l'action des sportifs résulte d'une intégration de processus.

Nous distinguons les mécanismes perceptifs comprenant : l'acuité visuelle, la sensibilité au contraste, l'acuité visuelle dynamique, l'alignement oculaire, la stéréoscopie, les fonctions accommodatives, vergentielles et oculomotrices. Les mécanismes de décision comportent l'attention visuelle, la durée de reconnaissance d'une cible et le suivi de multiples objets.

Pour finir, les mécanismes effecteurs tiennent compte de la réaction visuo-motrice, de la vitesse de réponse de la vision périphérique et de l'anticipation [7].

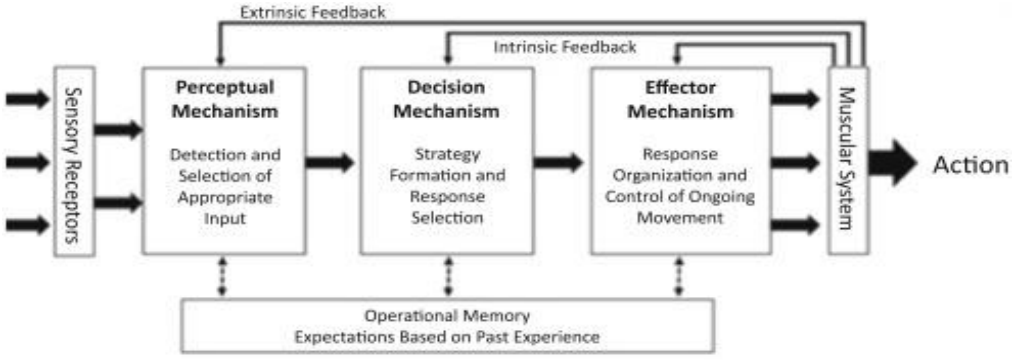


Figure 2 *Le modèle du traitement de Welford*

2.4.1 Les capacités de discrimination et d'orientation spécifique du regard chez l'athlète

Comme le montre J. Stein, il existe deux classes en interaction dans le système visuel : le premier est le niveau visuel regroupant « les niveaux bas », puis le second est le niveau perceptif concernant « les niveaux élevés » [11].

2.4.1.1 Les « niveaux bas » du système visuel : les éléments sensoriels des sportifs

L'acuité visuelle est extrêmement importante pour les athlètes : c'est le pouvoir séparateur de l'œil, donc la capacité à discriminer deux points. L'acuité visuelle statique (AVS) apprécie les détails fins, morphoscopiques, les dimensions apparentes et l'acuité visuelle linéaire. L'acuité visuelle du sportif permet d'analyser l'information captée par le champ visuel qui ne doit bien évidemment présenter aucune lésion pour permettre une intégration efficace.

Chez le sportif, l'acuité visuelle est importante d'autant plus l'acuité visuelle dynamique (AVD). Pendant les activités sportives, la tête est constamment en mouvement à la recherche d'une action ; l'AVD est donc l'acuité visuelle réalisée avec la tête ou l'environnement en mouvement. Cette discrimination fine de l'acuité permet d'étudier la stabilisation de la fixation. L'AVD est fonctionnelle ; elle reflète la vision de ces athlètes lorsque le sujet et la cible sont en mouvement comme par exemple dans le tennis, le football, le rugby, en entraînement ou en compétition.

Cependant, il est important de ne pas se contenter uniquement de l'acuité visuelle mais aussi de tester l'ensemble des capacités visuelles des sportifs [4].

En effet, la sensibilité au contraste est également très utile dans le sport : c'est la capacité à reconnaître un objet en mouvement dans des ambiances lumineuses changeantes [1]. Dans la pratique du golf par exemple, la sensibilité au contraste permet de visualiser le green qui est la partie ovale où l'herbe est très fine afin de faire rouler la balle vers le trou. Cette partie du terrain est mieux perçue par son contraste que par la forme qu'elle prend [4]. Ensuite, l'acuité stéréoscopique est le troisième degré de la vision binoculaire, donne la notion de profondeur d'un terrain pour un athlète. Cet élément évalue le positionnement des objets dans l'espace en mouvement ou non. Chez les athlètes, les capacités fusionnelles doivent être de bonnes qualités afin de permettre des performances visuelles appropriées. En revanche, si elles sont insuffisantes avec des signes fonctionnels comme des maux de tête, les yeux qui tirent, brûlent ou des larmoiements, elles feront l'objet d'une rééducation d'insuffisance de convergence.

La vision des couleurs est à examiner chez ces sportifs de haut niveau et doit être normale pour les pilotes de courses ainsi que chez les motocyclistes pour éviter de compromettre leur sécurité. En revanche, il est à noter que dans les sports de vols libres comme pour le parachutisme, le deltaplane ou encore le parapente, une dyschromatopsie est tolérée. Nous rappelons que 8% des hommes et 0,5% des femmes ont une dyschromatopsie [4].
Une vision des couleurs normale permet donc un sens chromatique de bonne qualité pouvant comparer des tonalités différentes comme par exemple reconnaître le maillot des adversaires et de l'arbitre. Il est important de contrôler ce paramètre car cela constitue une prise d'information visuelle importante pour le sportif et un déficit peut engendrer des erreurs de frappe donc une diminution des performances. Ces épreuves se font principalement grâce au test d'Ishihara ou encore au test D15 Hue de Farnsworth. Si nous notons des erreurs, un test plus approfondi doit être effectué tel l'examen à la lanterne de Beyne pour les sports automobiles [4].

Nous pouvons également effectuer des tests de la vision de prés chez le sportif, notamment des tests accommodatifs. Le rock accommodatif évalue la flexibilité accommodative pour une convergence déterminée et constante. Ce test met en évidence l'utilisation des variations de sphères. En effet, le rock accommodatif se commence avec des verres de +/- 2 dioptries. Le patient doit retourner la face dès qu'il voit une ligne du test d'acuité de près nette sur une minute. L'introduction en premier des verres convexes relâchent l'accommodation et la convergence. La convergence fusionnelle est donc mise en jeu pour garder une vision nette et simple. En revanche, les verres concaves stimulent l'accommodation et la convergence. Pour voir simple, le patient utilisera donc sa divergence fusionnelle. Selon l'Association Française d'Orthoptie (AFO), en binoculaires 13 cycles sont attendus par minute. Si le nombre de cycles est insuffisant, on attend 17 cycles en monoculaire. S'il y a une différence entre la phase positive et négative avec une difficulté au passage de la phase positive, cela traduira un problème de désaccommodation ou de convergence fusionnelle. Une difficulté de la phase négative traduira un problème d'accommodation ou de divergence fusionnelle. Cet examen, en vision de près, met en jeu l'accommodation et la désaccommodation permettant au sportif d'alterner entre une vision de près à une vision de loin sans difficulté lors d'un match.

D'après une étude sur 207 sportifs, dont 25% des athlètes de haut niveau de l'INSEP. Cet étude met en évidence la différence de capacité visuelle selon les disciplines. En effet, les tireurs ont une meilleure acuité visuelle et une latéralisation marquée. Les escrimeurs semblent avoir une meilleure vision stéréoscopique et ont une rapidité de mise au point. Enfin les sportifs pratiquant l'haltérophilie présentent une vision des reliefs moins efficace et présentent de plus grandes phories. La limite de cette étude est de savoir si ses caractéristiques visuelles sont acquises par apprentissage dans le sport pratiqué ou si elles ont permis au sportif d'exceller.
Cependant, chaque discipline présente des caractéristiques sensorielles visuelles qui lui sont propres [6]. Qu'en est-il des éléments pour l'orientation du regard des sportifs ?

2.4.1.2 Les éléments optomoteurs permettant l'orientation du regard des sportifs

Les capacités d'orientation du regard sont mises en jeu lorsque l'orthoptiste effectue le bilan optomoteur. Cela a pour objectif d'évaluer le parallélisme oculaire, la fixation, les motilités, le punctum proximum de convergence et de juger si la motricité conjuguée soutient ou perturbe la direction du regard du patient sportif.

Dans un premier temps, l'alignement oculaire est testé en vision de loin pour éviter de mettre en jeu les facteurs accommodatifs. Dans un second temps, la vision de près est analysée. Puis, nous mesurons la déviation oculaire grâce aux barres de primes ou au maddox lorsqu'il y a une correspondance rétinienne normale. La fixation oculaire du sportif doit être stable et précise, ainsi les capacités de fixation sont permises par une inhibition des saccades. Le temps nécessaire à l'interprétation cérébrale de la fixation est de 180 ms [4]. Ensuite, les motilités oculaires sont la capacité de l'athlète à suivre un objet en mouvement dans les 9 positions du regard dans le champ d'action des 6 muscles oculaires. Cela permet de mettre en évidence tout ce qui pourrait entraver les performances visuelles du sportif : une limitation, un nystagmus, une verticalité. La motricité conjuguée ainsi que les réflexes sont essentiels pour le sportif pour l'orientation du regard. En effet, les saccades oculaires sont des mouvements de faible amplitude de très courte durée et de fréquence variante de 0,1 à 1 hertz (Hz).

Des saccades endurantes seront des atouts pour les sportifs ; elles orientent vers un but précis et permettent une analyse de la scène visuelle. Nous pouvons le vérifier sur l'autoportrait réalisé par Michel Paysant, utilisant les mouvements oculaires dans la détection d'une information. (Annexe 2) De plus, la poursuite oculaire permet le maintien d'un objet sur la fovéa lorsque celui-ci bouge lentement.

L'intégration des capacités de discrimination et d'orientation du regard du sportif est importantes. Ces capacités permettent à l'athlète d'évoluer dans un champ visuel d'alerte : le champ visuel périphérique.

2.4.2 Le champ visuel périphérique nécessaire et sollicité par les athlètes

L'efficacité visuelle de la perception est permise par la rétine centrale et périphérique observée par le champ visuel. Toutes deux ayant des caractéristiques bien différentes par leur anatomie et physiologie. En revanche, elles permettent une intégration visuelle parfaite par complémentarité [12]. La vision périphérique du sportif a un rôle de vision d'alerte en percevant le mouvement. Celle-ci permet de déclencher une saccade pour percevoir des éléments de l'environnement. En effet, la saccade est le mouvement conjugué des yeux permettant d'apporter l'image de l'objet sur la fovéa comme par exemple un ballon, un joueur et les lignes d'un terrain. Cela est nécessaire afin d'adapter un geste en réponse aux stimuli, tout en contrôlant l'équilibre postural. Liée à la voie magnocellulaire, elle joue le rôle de détection dans la perception des formes et leurs orientations [13]. Cela permet de déterminer le temps de réaction nécessaire pour analyser une tâche visuel perçue [1].

Ainsi, l'organisation du geste est permise par la rétine périphérique pour être ensuite affinée par la rétine centrale [12]. En effet, la rétine centrale permet la discrimination fine du détail, la vision des couleurs et celle du contraste [13]. Cela nous laisse comprendre par exemple qu'au Football, nous détectons le ballon grâce à notre rétine périphérique ; cela engendre une réaction pour la récupération de celui-ci. Le contrôle visuel est donc permis par la rétine centrale, une fixation est mise en place pour viser le plus précisément possible. La rétine centrale est importante dans l'acuité visuelle centrale et joue un rôle essentiel dans la localisation d'un objet dans le sport.

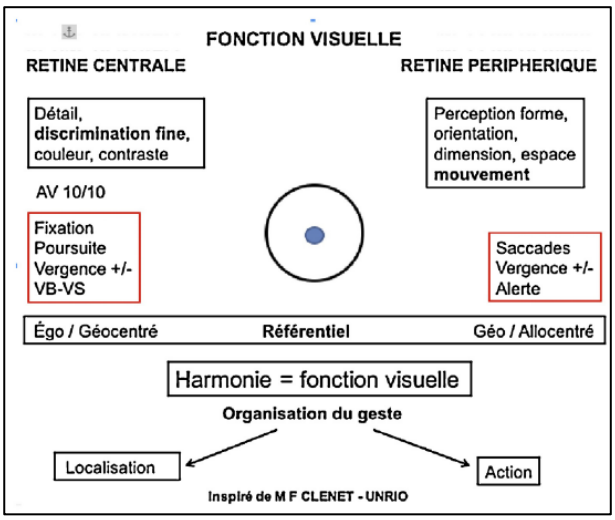


Figure 3 *Rétine central et rétine périphérique [12]*

L'action s'effectue donc grâce à l'interaction de la rétine centrale et périphérique et également par une intégration multisensorielle agissant sur le contrôle de la posture et l'équilibre essentiel dans le sport [13].

2.4.3 Le système visuel comme niveau perceptif et cognitif

Le niveau perceptif du système visuel concerne les « niveaux les plus élevés », c'est à dire le partage de l'attention visuelle, les intégrations multisensorielles, les stratégies visuelles et la mémoire sur le court et long terme [11].

2.4.3.1 La convergence d'un système multisensoriel permettant l'équilibre du sportif

Dans la plupart des disciplines sportives, l'équilibre s'avère indispensable et est permis par les trois entrées sensorielles telles que le système vestibulaire, proprioceptif et visuelle. Ces systèmes participent au contrôle de la posture et à l'équilibre.
Le système vestibulaire est composé de l'oreille interne et de canaux semi-circulaires spécialisés dans les accélérations de la tête. Ce système n'apprécie pas le mouvement lorsque la vitesse est constante. Ensuite, le système proprioceptif ou somesthésique, composé d'un système myo-articulaire et de récepteurs cutanés, permet de donner l'information sur la position et l'action des muscles. Quant au système visuel, celui-ci permet de se repérer dans l'environnement et d'apprécier les mouvements. Les réflexes visuo-vestibulaires permettent lors des imperfections sensorielles de provoquer la mise en place de réflexe. Le réflexe vestibulo-oculaire (RVO) d'origine vestibulaire, permet la stabilisation de l'image rétinienne lors des mouvements brefs de la tête. Ce réflexe doit être stable car il permet au sportif de bouger et de voir en même temps. De plus, le réflexe optocinétique (ROC) permet la stabilisation de l'image rétinienne lorsque l'environnement bouge.

C'est par une intégration sensorielle et par complémentarité que le sportif maintient un équilibre performant dans un environnement cinétique en situation de double tâche [14].

2.4.3.2 La situation de double tâche dans les sports d'équipe dynamiques

Dans les sports dynamiques collectifs comme le Football, le Baseball ou le Basket, la rapidité et l'anticipation sont absolument primordiales. En effet, dans le Football, les dimensions d'un terrain sont de 100 mètres sur 65 mètres ; ainsi les joueurs et le gardien doivent distinguer des détails même à l'opposé du terrain et il en est de même pour le gardien si ce n'est davantage encore [6]. Il faut une bonne acuité visuelle dynamique, une souplesse d'accommodation, une bonne vision périphérique et une perception de la profondeur [1].

Dans les sports d'équipe, les joueurs sont dans une situation de double tâche. Ils doivent connaître leur position, celles de leurs coéquipiers et adversaires [7]. Ils doivent prendre les informations grâce à leur vision périphérique car leur regard est porté sur le ballon ou un joueur. Ces sports exigent une excellente coordination oculo-manuelle et une coordination œil-pied [1].

La capacité à suivre plusieurs objets dans un environnement dynamique du sportif est donc une aptitude à développer (Figure 4).

Figure 4 *Éléments clés pour un gardien de but en relation avec la charge cognitive [15].*

Cependant certaines fonctions visuelles peuvent être modifiées chez le sportif par des éléments entraînant une diminution des performances.

2.5 Les éléments susceptibles de modifier la vision

Il est important de savoir que certaines modifications visuelles peuvent altérer les performances sportives afin de les éviter.

2.5.1 Les modifications intrinsèques liées au sportif

Ces modifications pouvant altérer la vision sont tout d'abord la fatigue visuelle générale de l'athlète pouvant entraîner une décompensation d'une hétérophorie et provoquer des épisodes de diplopie car la vision binoculaire se fragilise [4]. L'acuité morphoscopique, angulaire et l'accommodation diminuent également en fonction de la fatigue.

2.5.2 Les modifications extrinsèques liées à la pratique sportive

Les modifications extrinsèques liées au sport pratiqué peuvent être susceptibles de modifier la vision. En effet, les sports d'intérieur et les installations d'extérieur doivent répondre à des exigences d'éclairage afin d'optimiser les performances sportives (Annexe 3). Les conditions lumineuses et l'éblouissement des athlètes peuvent également être un frein aux performances. Cela entraîne un scotome dans la vision centrale, une diminution de la perception des couleurs et une réduction de la vision stéréoscopique pénalisant les joueurs. Les projecteurs doivent avoir un éclairage suffisant et être en dehors du champ visuel des joueurs à grande hauteur [4]. Il existe des normes assurant un bon éclairage pour ces sportifs afin de limiter l'éblouissement sur les terrains, c'est la norme NF EN 12193. Elle précise l'éclairage de 60 disciplines sportives. Il existe trois niveaux de classe d'éclairage en fonction du niveau de compétition. (Annexe 4). C'est pourquoi, il ne suffit pas simplement de se contenter d'éclairer un terrain, mais il faut penser à éclairer le plus adéquatement possible pour optimiser les performances visuelles [16].

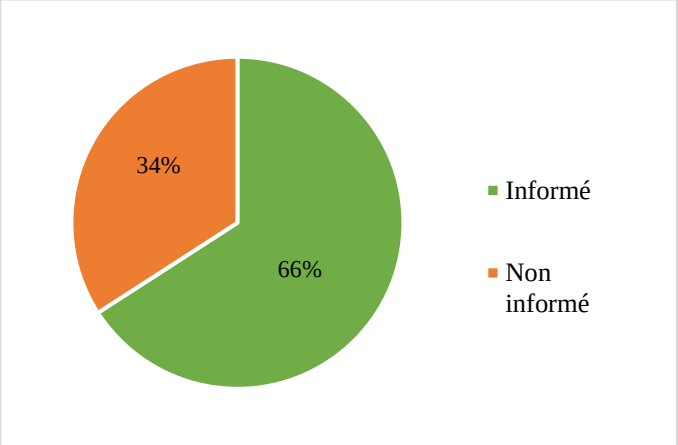
3 Les informations visuo-motrices dans le sport guidé par la dominance oculaire des athlètes

« La domination oculaire n'a pas de longues recherches dans l'histoire, mais cette brièveté n'est pas révélatrice de son importance perceptuelle. » Porac et Coren *L'œil dominant*, 1976 [17]

3.1 L'œil dominant comme perception de repère spatial

L'œil dominant est l'œil qui guide les mouvements coordonnés des deux yeux et possède un rôle dans l'orientation des saccades. Indispensable dans les sports, notamment ceux de tir comme le tir à l'arc ou à la carabine, car ils imposent le choix d'un œil pour viser. C'est pourquoi, lorsque nous déterminons l'œil dominant, nous demandons au sportif d'effectuer une tâche de visée. Le patient doit aligner un petit orifice fait sur une feuille sur un des deux yeux afin de viser au loin une lettre avec son œil préférentiel [2]. L'œil dominant va donc permettre à l'athlète la perception de l'espace constitué de repère spatiaux et des performances selon la latéralisation œil-main. L'œil dominant et le champ visuel de l'athlète permettent la perception de l'espace qui constitue les repères spatiaux nécessaires à leur pratique [3]. L'œil dominant permet la conception de référentiel égocentré et géocentré par synchronisation de la fixation à l'axe corporel [5]. Ainsi, le référentiel géocentré situe l'environnement par rapport à l'individu, alors que le référentiel allocentré situe des éléments de l'espace entre eux [13]

Nous pouvons constater, d'après la réalisation de notre sondage, que globalement les sportifs, de tous niveaux confondus, sont informés sur la connaissance d'identifier l'œil dominant.



Graphique 6 *Avez-vous déjà entendu parler de l'œil dominant ?*

De plus, d'après une autre étude, l'œil dominant active une aire plus large que celle de l'œil non dominant dans le cortex visuel primaire [18]. Il est montré lors de vidéo-oculographie que la vitesse des saccades de l'œil dominant est plus élevée que celle de l'œil non dominant. L'œil directeur participe à la rapidité du geste manuel et à l'équilibre du sportif [2]. Ainsi, la performance des informations visuo-motrices des sportifs dépend de la latéralité oculo manuelle [19].

3.2 La latéralisation des athlètes et l'œil dominant

Les performances sportives dépendent de la latéralisation œil-main donnant quelques différences de potentiel individuel. La dominance de l'œil apparaît comme un trait psychomoteur individuel comparable à celui de la main ou du pied [19]. Globalement, l'œil dominant des individus est plus souvent à gauche alors que la dominance podale ou encore manuelle est à droite. On compte trois individus sur dix ayant une dominance oculaire gauche et une personne sur dix qui se sert préférentiellement de sa main gauche [2].

3.2.1 La dominance oculaire dans la coordination oculo-manuelle

D'après l'étude de G. Azemar et al, en 2018, évaluant les temps de réaction (TR) oculo-manuelle sur dix gauchers et dix droitiers manuels, 50% ont une latéralité œil-main croisée. L'expérience comprend donc cinq gauchers manuels ayant l'œil gauche dominant et cinq autres ayant l'œil droit dominant, cinq droitiers manuels avec l'œil droit dominant et cinq autres avec l'œil gauche dominant. Les patients étaient placés face à un panneau dont quatre diodes luminescentes étaient placées horizontalement. Les diodes étaient placées à 8° et 24° à gauche et droite du point central de fixation. Le patient devait sonner dès qu'une des quatre diodes s'allumait en répondant alternativement par les deux mains.

Cette étude montre des temps de réaction plus courts avec la main controlatérale à l'œil dominant soit avec œil droit-main gauche et œil gauche-main droite. (Figure 5) [2].

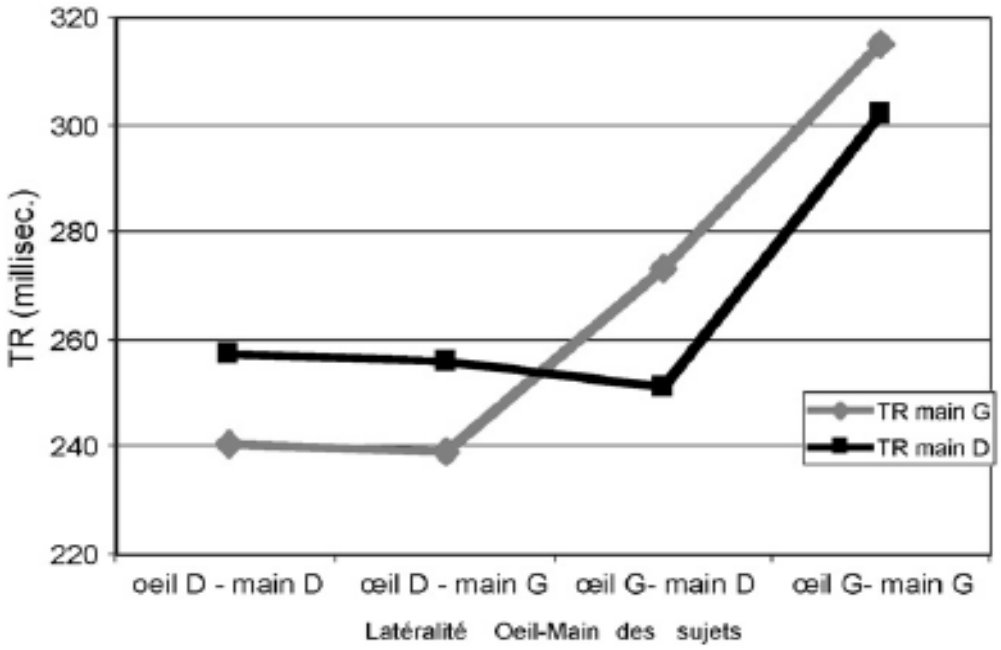


Figure 5 *Comparaison des temps de réaction entre main droite et main gauche en fonction de la dominance oculaire individuelle. G. Azémar et al.*

Une seconde étude a été effectuée avec le même protocole en monoculaire. Cette épreuve a comparé le côté où le stimulus arrive en fonction de la latéralité manuelle soit du côté de l'hémirétine nasale ou temporale de chaque œil. Cette expèrience a été épuisante sur le plan attentionnel donnant un nombre élevé d'erreurs pour réagir aux lampes distales à 24 °.

En revanche, les lampes à 8° donnent de bons TR moyens et des réponses plus rapides quand l'œil et la main controlatérale sont associés. Cette expérience a permis de montrer de meilleures performances de rapidité avec des TM moyens de 260 ms pour les droitiers manuels avec l'œil gauche dominant contre 310 ms pour les autres associations œil-main (Figure 6).

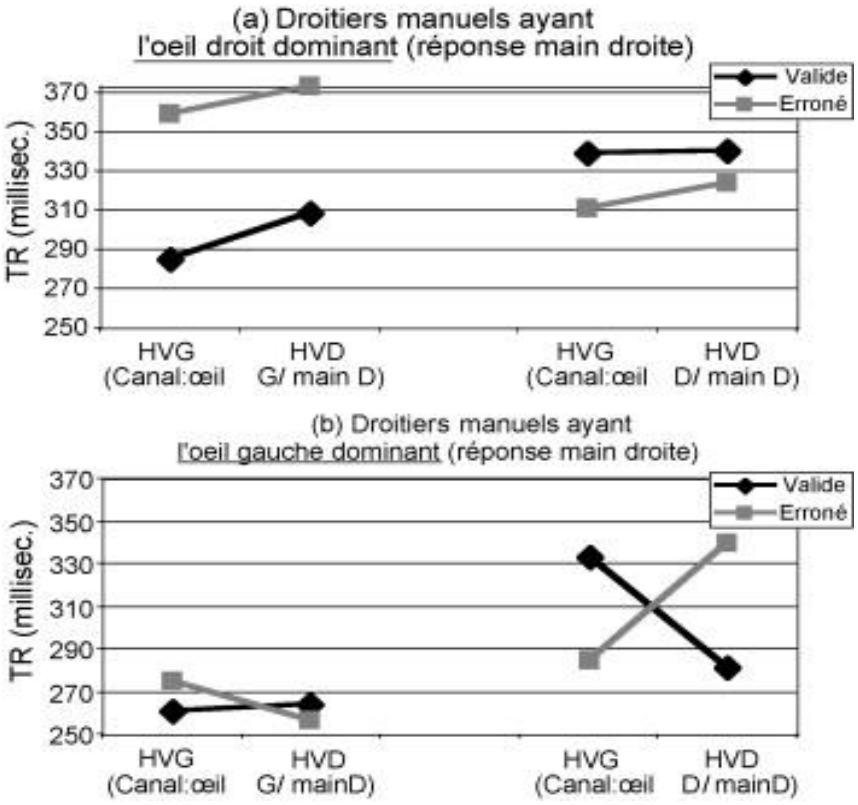


Figure 6 *Comparaison des temps de réaction de la main droite de droitiers manuels en fonction de leur dominance oculaire. G. Azémar et al.*

De plus, afin d'analyser plus particulièrement les temps de mouvements (TM), une autre étude effectuée sur 35 personnes, propose l'analyse des TM de la main préférentielle en plus des TR. Le protocole ajoute à l'incertitude spatiale une incertitude temporelle soit une variation entre 0 et 600 millisecondes du délai séparant le présignal du signal. La cible à atteindre était soit à gauche soit à droite à 12° du point central où celui-ci est accompagné d'une information spatiale aléatoire. L'étude témoigne donc un temps de mouvement plus court avec une latéralité préférentielle pour des individus ayant une latéralité œil-main croisée (Figure 7).
Ces résultats montrent donc l'influence de la dominance oculaire dans les performances dès que la main est préférentielle.

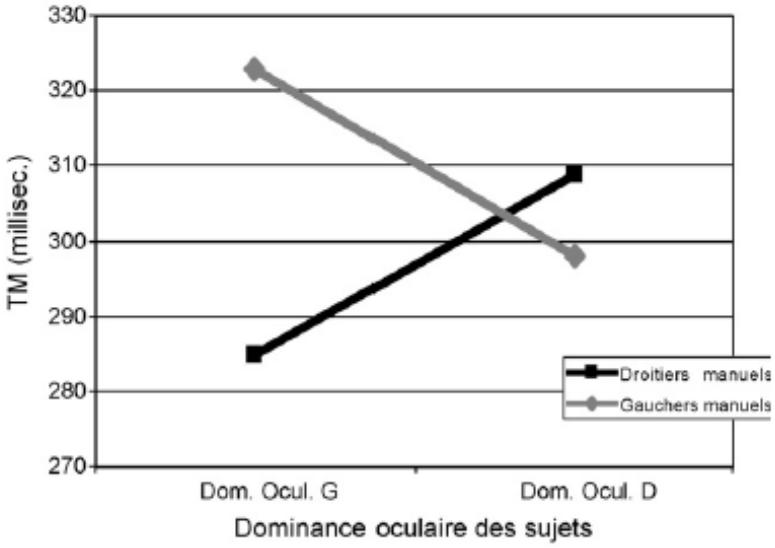


Figure 7 Comparaison des temps de mouvement moyens entre droitiers et gauchers manuels, en fonction de leur dominance oculaire. *G. Azémar et al.*

Ces expériences montrent ainsi que l'œil dominant est sous la dépendance de l'hémisphère ipsilatéral et la réponse manuelle est contrôlée par l'hémisphère controlatéral. Si la main de réponse et l'œil dominant ne sont pas du même côté, l'influx décisionnel sera plus rapide et efficace. Cet élément est mis en évidence par la figure ci-dessous. En revanche, si l'œil dominant et la main appartiennent au même côté, il y aura donc un transfert interhémisphérique ce qui sera couteux en temps.

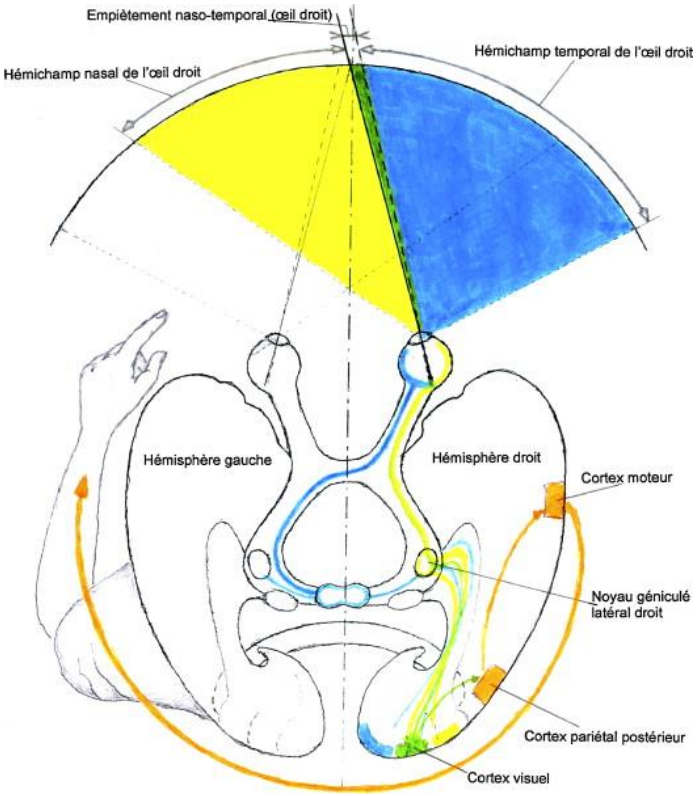


Figure 8 *Représentation schématique du circuit visuomoteur mis en jeu entre l'œil et la main en situation d'incertitude spatiale, dans le cas d'un gaucher manuel ayant une dominance oculaire droite. G. Azémar et al.*

3.2.2 Le transfert interhémisphérique

La nature croisée des systèmes visuels et moteurs engendre plusieurs combinaisons possibles entre les hémichamps visuels stimulés et les mains utilisées pour répondre.

Chaque hémisphère traite l'information visuelle de l'hémichamp visuel controlatéral et contrôle les mouvements de la main controlatérale. Afin d'étudier les transformations visuomotrices, le paradigme de Poffenberger montre le temps de transfert d'une information d'un hémisphère à un autre [20] (Figure 9). Lors de cette étude, des patients doivent fixer, droit devant, un point central et lorsqu'un stimulus apparait dans le CVG ou CVD, ils doivent appuyer sur un bouton alternativement avec la main droite ou la main gauche. Ce paradigme consiste à stimuler un hémisphère et analyse la réponse du même hémisphère ou de l'autre.

Dans la relation signal-main ipsilatérale (en condition non croisée), le traitement de l'information visuelle et la réponse motrice s'opèrent dans le même hémisphère. Le temps de réaction sera plus court par l'économie d'un transfert. Si la relation signal-main est controlatérale (en condition croisée), le temps sera plus long car il y aura un temps de transfert interhémisphérique via le corps calleux.

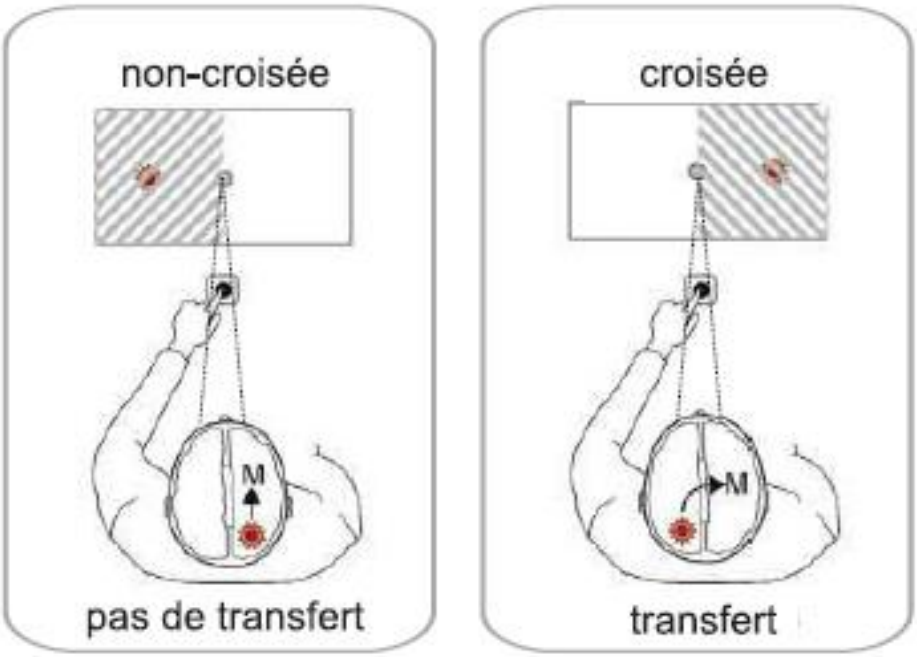


Figure 9 *Le paradigme de Poffenberger*

Marzi et al.,en 1991, ont montré que le temps de réaction simple était plus rapide lorsque la cible est présente dans le champ visuel gauche (CVG) que le champ visuel droit (CVD). La main droite donne des temps de réaction plus rapide lorsque la cible est dans le CVG qu'à l'inverse la main gauche lorsque la cible est dans le CVD. Le transfert interhémisphérique est donc plus rapide de la droite vers la gauche [21]. Il est donc important de connaître la latéralisation d'un joueur dans la pratique d'un sport. Lors de la réalisation d'un sport un questionnaire (Annexe 5) permet de calculer un indice de latéralité du joueur afin de connaître l'œil préférentiel, la main utilisée et le pied favorisé [22]. Il a été montré lors d'un entraînement spécifique visuel de la main controlatérale à l'œil dominant dans le sport, une augmentation des performances visuelles par l'amélioration de la rapidité.

3.3 La dominance oculaire et les processus attentionnels nécessaires chez le sportif

Dans les sports d'équipe, les athlètes doivent prendre les informations par leur vision périphérique, les regards sont portés sur la balle ou d'autres joueurs. Les athlètes doivent donc prêter attention à plusieurs actions durant le match. Les sports d'opposition sont des disciplines qui possèdent de fortes incertitudes spatio-temporelles [2].

3.3.1 L'efficacité d'un contrôle visuel attentionnel

Il est donc possible d'effectuer un champ visuel attentionnel qui met en évidence certains caractères cognitifs. La prise de conscience de la perception du mouvement qui s'effectue par la rétine périphérique est importantes. Cela pourra être entraînable afin de pouvoir anticiper l'action. À la différence d'un champ visuel « classique », le champ visuel attentionnel permet une prise de conscience de la rétine périphérique et du champ visuel dans son intégralité.

Le sujet doit dans un premier temps indiquer la direction d'une flèche, ce qui mesure l'attention simple. La performance est quantifiée par le nombre de réponses bonnes comparé au nombre de points ainsi que la moyenne des temps de réponse pour la rétine centrale et périphérique. Le patient dans le test de l'attention divisé doit toujours indiquer la direction de la flèche et en plus signaler lorsqu'il visualise un objet en périphérie. Lors de la mesure de l'attention sélective, le patient doit indiquer la direction de la flèche et repérer l'objet avec plusieurs distracteurs en périphérie (https://metrovision.fr).

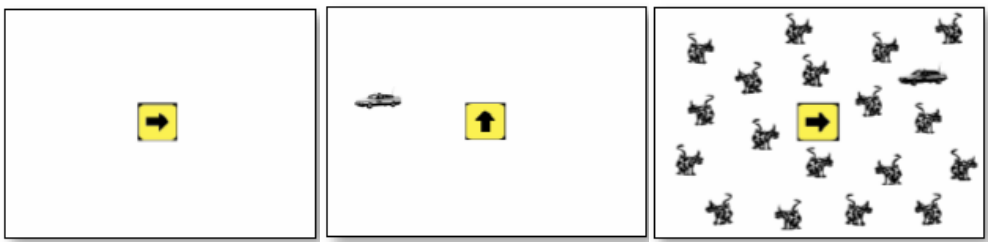


Figure 10 *Les trois parties de l'examen du champ visuel attentionnel sur le Métrovision.*

Le champ attentionnel met en jeu l'attention visuelle ainsi que le partage attentionnel. Ces interactions sont possibles grâce à des mécanismes perceptifs de niveau élevé et une intégration multisensorielle [11]. L'attention visuelle permet une performance optimale et se compose de l'attention sélective ; l'athlète doit diriger son attention sur des éléments importants d'une situation tout en faisant abstraction des éléments jugés non nécessaires.

L'étude de Posner met en évidence une capacité à porter l'attention à un autre endroit que le point de fixation. Ceci est appelé Covert Visuo-Spatial Attention (CVSA) [23]. On peut donc penser que cette qualité est essentielle pour atteindre des performances élevées. L'attention distribuée est la capacité du sportif à distribuer son attention sur plusieurs éléments d'une situation dans son champ de vision périphérique. Ensuite, l'athlète doit pouvoir maintenir une attention sur des objets en mouvement de vitesse variable, par l'attention dynamique.

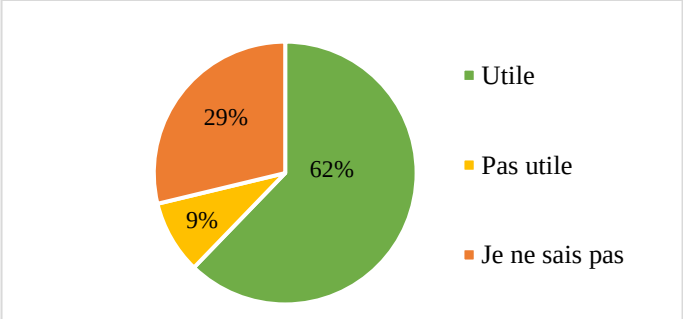
Pour finir, l'attention soutenue exige que les athlètes soient capables d'avoir une concentration constante durant une séquence d'actions prolongée afin de permettre l'efficacité d'un contrôle visuel attentionnel.

3.3.2 L'entraînement du contrôle visuo-attentionnel

Dans le sport, nous parlons d'attention « latente » ; cette fonction demande un précalibrage et exige de l'athlète d'avoir déjà pré-identifié un objet pour qu'il soit reconnaissable. L'attention latente sollicite un référentiel allocentrique correspondant à l'espace. Si le sportif n'a pas déjà pré-identifié l'objet, cela donnera lieu à une saccade oculaire. Elle utilise des saccades express qui ont des temps de latence courts de l'ordre de 80 à 100 ms. Celles-ci peuvent permettre la projection directe d'un geste moteur de la main. Il faut donc une capacité à inhiber une saccade en périphérie lorsque l'information n'est pas essentielle, mais en revanche une capacité à identifier un objet déjà pré distingué afin de le percevoir en vision périphérique le plus rapidement possible. La perception et les processus cognitifs coordonnent donc l'action dans le sport. Il est important d'avoir une étroite relation entre la rétine centrale-périphérique et l'œil dominant [13]. Les sportifs de haut niveau doivent avoir une vision binoculaire parfaite pour l'optimisation des performances visuelles avant tout. Le contrôle de l'attention peut être perturbé chez l'athlète, il a été montré que l'anxiété perturbe l'attention visuelle et le contrôle visuo-moteur [24].

D'après une étude, l'efficacité d'un entraînement de 7 semaines sur des tireurs dans le football a été démontrée, améliorant le contrôle visuel, les performances et les résistances face à la pression. Les joueurs ayant suivi l'entraînement visuel par la méthode appelée « Quiet eye » sont plus précis et ont eu 50% de moins de tirs enregistrés par le gardien de but qu'un groupe contrôle. Ces joueurs ont également maintenu un contrôle attentionnel sous pression de tirs au but. Cet entraînement optimise les performances visuelles par un contrôle attentionnel sur les footballeurs expérimentés [24].

Il est donc nécessaire de développer et entraîner l'ensemble de la coordination oculo-manuelle ainsi que les éléments perceptifs et cognitifs des sportifs. Pour finir, nous pouvons voir la répartition des sportifs interrogés dans notre sondage sur leur point de vue concernant l'utilité de la coordination œil-main et œil-pied dans leur sports.
Nous pouvons remarquer que 29% des sportifs ne savent pas se prononcer concernant l'utilité de la coordination œil-main et œil-pied (Graphique 7).
La prise en charge orthoptique a également un rôle informatif pour nos patients sportifs afin de leur permettre de comprendre l'importance d'une coordination œil-main et œil-pied efficace dans leur pratique sportive pour ensuite développer leurs habilités visuo-motrices.



Graphique 7 *Répartition des sportifs montrant leurs points de vue concernant l'utilité de la coordination oeil-main et oeil pied en fonction de leur sport*

4 La pratique orthoptique chez le sportif de haut niveau visant l'augmentation des performances visuelles

Dès 1982, Stine et al montrent que les capacités de discrimination visuelles telles que l'acuité visuelle dynamique, l'amplitude de convergence et la relation accommodation convergence sont entraînables. Ainsi, les capacités d'orientation du regard peuvent être également améliorées par une diminution des hétérophories et par la stimulation du champ visuel périphérique [25].

4.1 L'influence d'un entraînement visuel orthoptique sur les performances sensorielles et motrices

D'après le protocole de l'étude de l'INSEP, permettant d'étudier l'efficacité d'un programme d'entraînement visuel général vise à l'amélioration des habilités visuelles et le transfert moteur sur des sabreurs de haut niveau [11]. Les athlètes se sont répartis en deux groupes de 6 escrimeurs ayant des performances visuelles « normales ». Afin de montrer l'effet de l'entraînement visuel, les sportifs ont passé un examen ophtalmologique et orthoptique avant et après entraînement. L'entraînement visuel a été intégré à l'entraînement classique sur le groupe expérimental d'une durée de 8 semaines, réparti sur 4 séances de 20 minutes hebdomadaires.

L'entraînement stimule l'accommodation à l'aide du rock accommodatif pendant 3 minutes. Le sportif fixe une ligne de lettre (P2) à 40 cm, on demande au sujet de tourner la face dioptrique dès qu'il voit net. Les faces à retournement utilisé sont de +/- 2,5 dioptries, +/-2 dioptries et +/-1,0 dioptrie. Ensuite, cela est également effectué à 2,5m où une acuité visuelle de 8/10ème est présentée avec des verres de +/- 1,0. Le nombre de cycles est comptabilisé sur chaque minute. Cela permet de mettre en évidence l'aptitude des muscles ciliaires à se contracter et se décontracter pour avoir une vision nette afin de permettre la réponse accommodative et l'efficacité dans le passage d'une vision loin/près et près/loin. Après cela, les vergences par le rock prismatique sont travaillées pendant 4 minutes. Sur le même principe, le sportif fixe une ligne de lettres (P2) à 40 cm, une face prismatique à retournement de 8 dioptries prismatiques base interne et 10 dioptries prismatiques base externe puis de 8 dioptries prismatiques base interne et 16 dioptries prismatiques base externe. Ceci est également réalisé à 2,5m avec des verres de 4 dioptries prismatiques base interne et 10 dioptries prismatiques base externe et à 6m avec 4 dioptries prismatiques base interne et 6 dioptries prismatiques base externe. De plus, la fixation sautée (3x17=51) est entraînée avec la corde de Brock. Cet entraînement fait prendre conscience de la diplopie physiologique et travaille les variations rapides de convergence. Pour finir, la coordination oculo-manuelle est stimulée avec la balle de Marsden. Cet exercice est constitué d'une balle placée sur une corde à hauteur des yeux dans le plan vertical. Le sportif doit donc frapper cette balle 50 fois en monoculaire puis binoculaire (3x50=150). Le nombre d'échec est compté en monoculaire et le nombre de réussite en binoculaire.

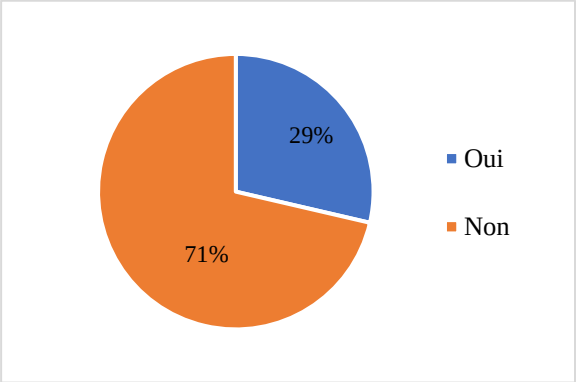
Les résultats de l'entraînement montrent globalement une amélioration de la flexibilité accommodative ; celle-ci a été augmentée jusqu'à la 21ème séance.
Les performances s'améliorent à partir de la 4ème séance avec le rock +/- 2,5 à 40 cm, à la 8ème séance pour le rock +/- 1 à 2,5 m, à la 9ème séance pour le rock +/- 2 à 40 cm et à la 12ème séance pour le rock +/- 1à 40cm. Cet entraînement permet à l'escrimeur d'ajuster plus rapidement les variations de focalisation. Ensuite, les capacités fusionnelles s'améliorent globalement durant les séances d'entraînements. Le rock prismatique de 4 dioptries base interne et 6 dioptries base externe produit une amélioration significative à 6m à partir de la 10ème séance. De plus, la coordination oculo-manuelle est optimisée au cours des séances par une diminution du nombre d'échec en monoculaire. Après entraînement, le bilan orthoptique relève de meilleur résultat notamment concernant la convergence permettant une plus grande zone de fusion des athlètes et de garder une image simple et nette.

D'après une autre étude, Mennie et al, montrent également qu'un entraînement spécifique visuel permet une fixation oculaire stable et permet aux saccades d'être plus précises et que l'entraînement augmente la latence dans la coordination oculo-manuelle d'au moins 122 millisecondes [26].

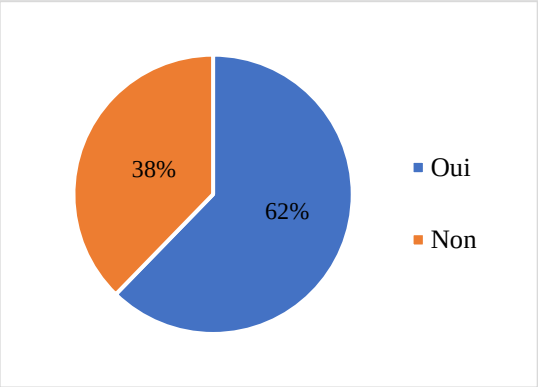
D'autre part, l'étude de l'INSEP expérimente le transfert moteur de l'entraînement visuel calculé par un simulateur : l'ARVIMEX (analyse des réactions viuo-motrices de l'escrimeur). Constitué d'un panneau métallique hexagonal de 6 cibles et 25 lampes, la séquence des signaux peut varier et être modifiable selon leur localisation, le rythme des séquences, la possibilité de feinte et leur stabilité. L'escrimeur doit toucher le plus vite possible la cible en la touchant avec l'arme reliée au panneau. Ce test mesure les TR (entre l'allumage de la cible et la coupure de la 2ème barrière photoélectrique par la coquille de l'arme) et les TM (entre le passage de la 2ème barrière photoélectrique et l'atteinte de la cible). Les tireurs du groupe expérimental ont donc augmenté leur rapidité pour déclencher un mouvement quelle que soit l'excentricité du signal. Cela constitue un atout important pour la pratique de compétition. Malgré les limites de cette étude, cet entraînement a prouvé que l'amélioration des performances visuelles a un impact sur les performances sportives. Cette expérience pourrait donc s'élargir et être proposée aux athlètes en complément des séances techniques et aux athlètes blessés.

En complément, une autre étude a montré que l'entraînement des habilités perceptives visuelles permet des gains de vitesse comparables à un entraînement classique physique [27]. En effet, cette étude cible un public de dix jeunes joueurs licenciés de niveau départemental de handball répartis en deux groupes (préparation perceptive visuelle et préparation physique) et montre que l'ajout d'un entraînement perceptif visuel hebdomadaire de 20 à 30 minutes donne des gains comparables à ceux induits par l'ajout de sessions de préparation physique de même durée et fréquence. Le programme d'entraînement est d'une session hebdomadaire sur 11 semaines. L'entraînement perceptif visuel augmente la vitesse, le temps de réaction après 4 semaines et la vitesse d'exécution au bout de 11 semaines. La largeur du champ visuel périphérique est augmentée plus rapidement qu'avec l'entraînement physique traditionnel classique. Pour la perception de la profondeur périphérique, aucune différence significative n'est constatée. L'entraînement perceptif visuel peut être donc une alternative à l'entraînement musculaire pour le développement de la vitesse face à un public jeune et cela permet de ne pas faire supporter des charges lourdes aux sujets ce qui constitue un réel avantage.

De plus, d'après notre sondage, nous pouvons voir que 29% des sportifs interrogés ont déjà consulté un orthoptiste, soit 219 sportifs. Sur ce nombre, 114 ont eu de la rééducation et 62% (71 personnes) ont vu une amélioration quotidienne et sportive contre 38% (43 personnes) n'ayant pas constaté d'amélioration.

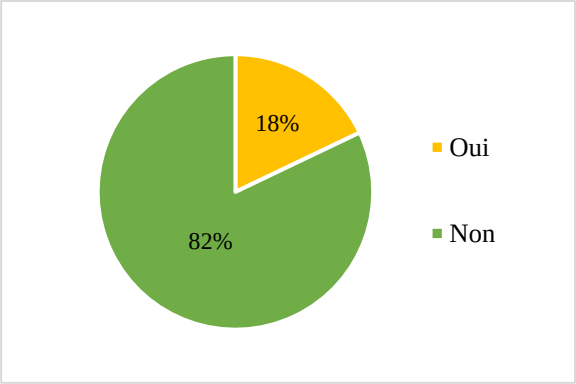


Graphique 8 *Répartition des sportifs ayant consulté un orthoptiste*

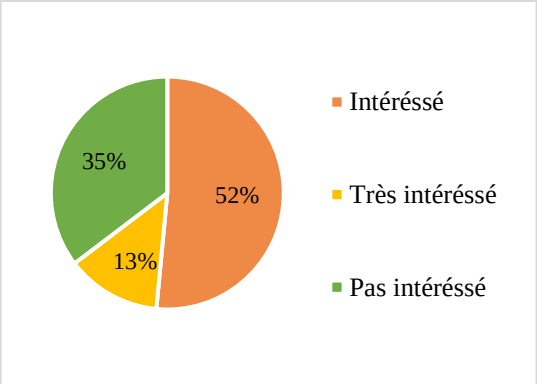


Graphique 9 *Amélioration quotidienne et sportive après rééducation orthoptique*

Nous pouvons aussi remarquer que globalement la plupart des sportifs consultés n'ont jamais entendu parler d'un entraînement visuel et cela pour 82% des cas de notre sondage. En revanche, plus de la moitié des sportifs serait intéressée par un entraînement visuel afin d'augmenter les performances visuelles et sportives.



Graphique 10 *Répartition du nombre de sportif ayant entendu parler d'un entrainement visuel augmentant les performances*



Graphique 11 *Nombres de sportifs intéressés par l'entrainement visuel*

De nouvelles technologies se sont donc développées pour l'amélioration des performances visuelles et sportives sur le même principe pour augmenter la prise de décision visuelle et la rapidité.

4.2 Les technologies à l'entraînement visuel

Les pays anglo-saxons ont été les premiers à développer les technologies à l'entraînement visuel. Pour commencer, nous étudierons l'entraînement perceptivo-cognitif.
Nous pouvons retrouver en annexe 6 une gamme des tarifs des différentes technologies que nous détaillerons ci-dessous.

4.2.1 Les instruments visuo-numériques comme entraînement perceptivo-cognitif

Des études ont montré que les athlètes professionnels ont de meilleures performances que les élites amateurs et les sportifs non-athlètes [15] [25] (Figure 11). Il démontre ainsi que les athlètes professionnels progressent plus rapidement que les autres groupes testés. Ceci montre un lien étroit entre performance et cognition d'où l'intérêt d'un entraînement par stimulation perceptivo-cognitif. En revanche, tous les groupes progressent lors d'un entraînement cognitif. Ces entraînements ne semblent donc ne pas être réservés exclusivement aux athlètes de haut niveau.

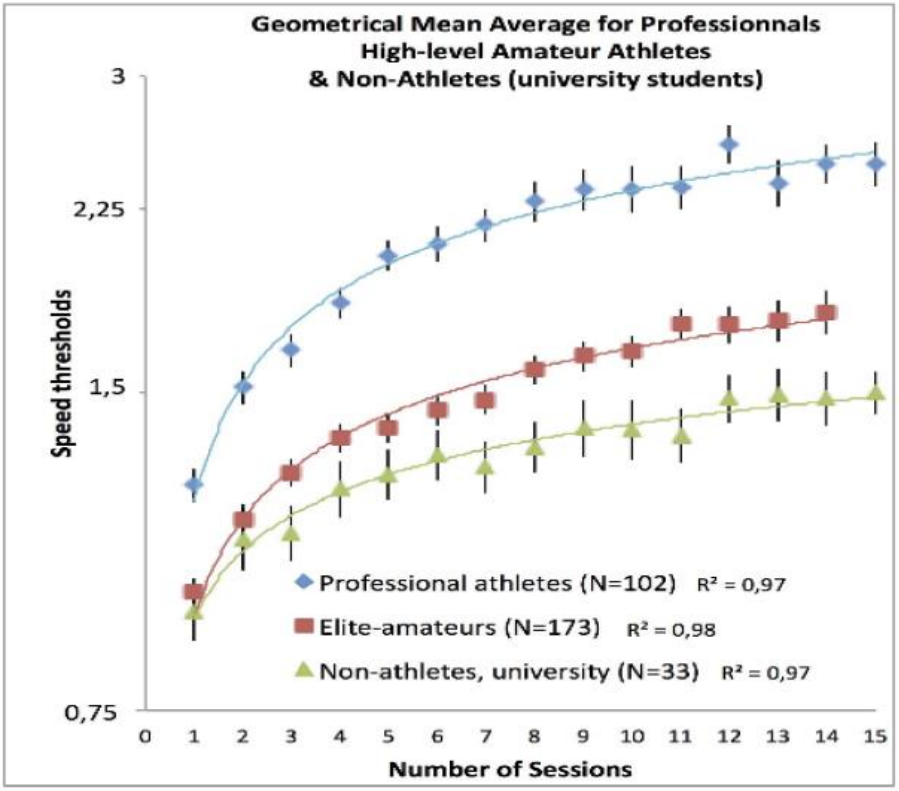


Figure 11 *Courbes de comparaison entre athlètes professionnels, élites-amateurs et non athlètes lors d'un entrainement cognitif (Faubert 2013)*

4.2.1.1 L'entraînement visuel par lunettes stroboscopiques

Un entraînement perceptivo-cognitif est possible par lunette stroboscopique promue par de nombreux types comme Nike SPARQ Sensory Performance. Ce sont les lunettes *Nike Vapor Strore* les plus utilisées ; elles permettent d'introduire une vision intermittente chez le sportif. Il existe plusieurs produits similaires au Nike Vapor Strobe, telles les lunettes Visionup Strobe ou les lunettes MJ Impulse. Ces lunettes utilisent des lentilles à filtre à cristaux liquides qui alternent entre un état transparent et un état d'opacité de la lunette. Elles sont définies par un état de transparence permettant la visibilité de 100 millisecondes et d'un état d'opacité d'une durée de 25 à 900 millisecondes. L'avantage de ces lunettes est qu'elles permettent de faire varier l'opacité ; on peut donc modifier l'intensité au fil des séances [7].

Adoptées par les joueurs de football américain, ces lunettes doivent permette au sportif d'anticiper sa posture ainsi que ses déplacements effectués vers le ballon. Ceci a pour objectif de réduire l'information visuelle et ainsi diminuer les informations qui guident le corps en occultant quelques secondes la vue. Avec la lunette stroboscopique, les sportifs doivent utiliser au mieux leur vision pour percevoir la trajectoire d'un ballon ou d'une balle. Ainsi en utilisant finement leur vision, celle-ci devient plus sensible à d'autres sources d'information sensorielle [28]. D'après l'étude Smith et Mitroff, il a été démontré que les lunettes stroboscopiques permettent l'amélioration de l'anticipation des athlètes. Ainsi les sportifs arrivent mieux à prédire un stimulus visuel en mouvement [29].

En 2015, l'étude de Grooms and al. montre les effets d'un entraînement neuromusculaire dynamique de haut niveau qui intègre l'acquisition visuelle d'une cible, l'interaction environnementale et la capacité d'anticipation sur des surfaces instables à l'aide de lunettes stroboscopiques [30]. Ces exercices se basent sur l'oculomotricité, le suivi d'objets multiples, l'attention spatiale, la mémoire visuelle, le temps de réaction et la vitesse de traitement. Elles s'adaptent donc à plusieurs niveaux de difficulté et sont faciles à mettre en place lors d'un entraînement. L'entraînement peut être décomposé en trois exercices qui permettent le travail de l'anticipation visuo-motrice (Figure 12). Le premier exercice consiste à sauter sur une jambe afin d'attraper une cible en vol de la main opposée à la jambe de saut. Pour le deuxième exercice, le sportif doit avoir les deux pieds au sol et doit visualiser quelle direction (droite ou gauche) prend le ballon qu'il devra attraper. Pour finir le troisième exercice, le sportif doit avoir les deux pieds au sol et les genoux légèrement pliés. Celui-ci doit sauter et pivoter de 180° en l'air et attraper avec la main opposée au pied une balle.

En outre, cette analyse montre également l'utilité d'un entraînement stroboscopique chez des sportifs lors de blessures. Cet entraînement serait bénéfique pendant la rééducation car ces exercices permettent de réduire le risque de blessure lors de la reprise.

Figure 12 *Entraînement neuromusculaire dynamique de haut niveau intégrant l'acquisition visuelle de la cible, l'interaction environnementale, la capacité d'anticipation sur surfaces instables et avec interférence visuelle stroboscopique*

Ces études ont permis de prouver l'amélioration sensori-motrice qui permet l'augmentation des performances sur le terrain par augmentation de leur vitesse de réaction.

4.2.1.2 Le Neuro-Tracker comme entraînement perceptivo-cognitif

L'entraînement cognitif et visuel est permis grâce à un système d'entraînement visuel en trois dimensions à l'aide du Neuro Tracker, nommé 3-Dimensional Multiple Object Tracking. Cet entraînement a été créé par Jocelyn Faubert, Neuroscientifique à l'école d'optométrie de Montréal. Ce système permet d'entraîner et améliorer la capacité d'analyse d'un environnement complexe et dynamique et d'augmenter la capacité attentionnelle de nos sportifs [31]. Durant la possession de ballon, les performances motrices et cognitives se rencontrent d'une durée de 50 secondes ce qui est relativement court. Il est donc important de stimuler la fonction cognitive par cet entraînement. Cet entraînement est donc le résultat de suivi d'objet en trois dimensions par le 3D-MOT grâce à des lunettes 3D [32]. Une évaluation de départ permet de créer une cartographie perceptivo-cognitive du sportif par un enregistrement de 3 sessions de 6 min. Un score est obtenu et représente un niveau de performance cognitive de référence dénommé « Current Speed ». Si ce score de départ est de 1,0 et qu'après 20 séances d'entraînement, le score est de 1,5 : les performances cognitives ont progressé de 50% [31].
De plus, l'entraînement est rapide et dure environ une quinzaine de minutes. Cela peut être proposé en dehors des entraînements physiques de l'athlète. Ces séances possèdent plusieurs paliers de difficulté et reflètent une situation de double tâche avec le suivi de plusieurs éléments.

L'entraînement par le 3D-MOT se décompose en cinq étapes (Figure 13) :

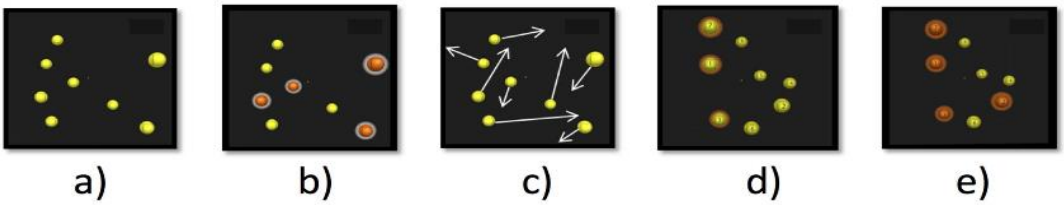


Figure 13 *Déroulement d'un essai de suivi de cible. Tirée de Faubert, 2013.*

A) Présentation de huit sphères jaunes sur fond noir dans un espace virtuel en mouvement.

B) Pendant deux secondes, les sphères se figent dont quatre deviennent de couleur orange. Le sportif doit les identifier car elles seront à suivre pendant l'entraînement.

C) Après ces deux secondes, toutes les sphères redeviennent de couleur jaune. Elles se déplacent dans l'espace créant des interactions dynamiques pendant huit secondes. Le sportif doit suivre les cibles qui ont été précédemment de couleur orange.

D) Les sphères s'arrêtent après huit secondes et sont identifiées par des chiffres d'un à huit. Le patient doit donc énoncer les chiffres de celles qui étaient auparavant de couleur orange.

E) Les sphères qui étaient de couleur orange s'affichent pour comparer les chiffres énoncés. Si le patient identifie correctement les quatre sphères, la tâche est répétée à une vitesse plus rapide. En revanche s'il y a une erreur, la tâche est répétée à une vitesse plus lente.

D'après l'étude de Romeas en 2015, il est montré le résultat d'un entraînement cognitif par le 3D-MOT sur vingt-trois hommes de l'équipe de soccer de l'université de Montréal. Ils avaient une acuité visuelle normale et une bonne vision stéréoscopique de 50 secondes d'arc. Cette étude a démontré que l'entraînement cognitif a permis une amélioration significative des passes de frappes. L'analyse de prise de décision sur le terrain a été améliorée de 15% pour le groupe de joueurs de soccer entraînés par rapport au groupe contrôle. Cet entraînement a permis également d'augmenter les capacités à traiter une scène visuelle complexe et dynamique [28].

4.2.1.3 L'entraînement perceptivo-cognitif basé sur la vidéo

Depuis quelques années, des techniques ont été développées afin de récréer des scénarios sportifs par simulation de réalité virtuelle. Ces entraînements ont pour but de développer les capacités visuelles et cognitives des sportifs [7]. L'entraînement perceptivo-cognitif peut être facilement accessible aux clubs et sportifs. Au demeurant, cela a pour avantage d'être assez rapide ; il faut compter une quinzaine de minutes pour procéder à une séance d'entraînement perceptivo-cognitif [32].

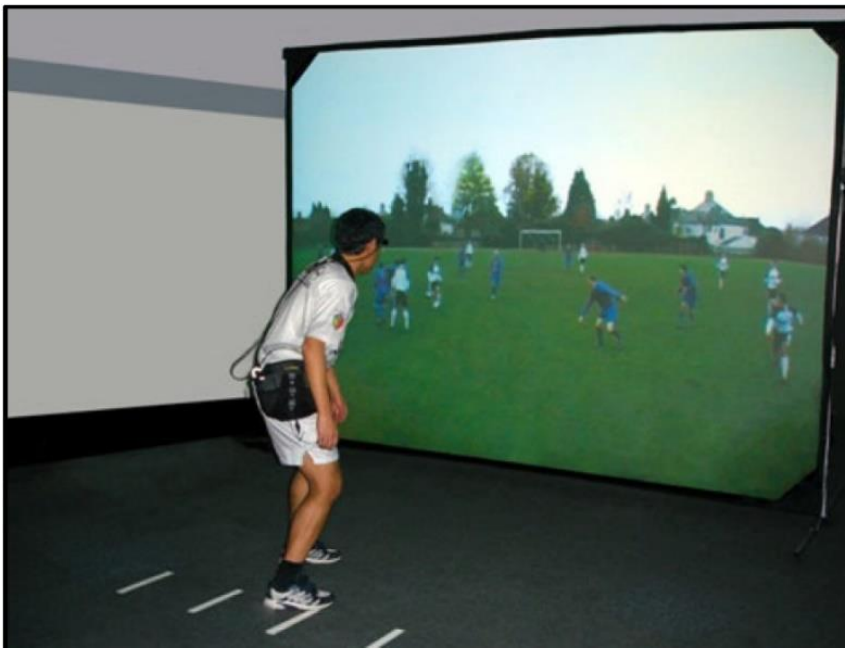


Figure 14 *Montage pour étudier les stratégies de recherche visuelle de joueurs de soccer*
Source Argus Science Applications – Soccer.

4.2.2 Le développement de la coordination visio-gestuelle par augmentation des performances visuelles

Le développement dynamique de la neuro-motricité dans la coordination œil-main ou encore œil-pied vise l'augmentation des performances visuelles. L'augmentation et la précision de la coordination Visio-gestuelle peut s'effectuer par le fitlight et la balle de marsden pour la coordination œil-main et le quick Board pour la coordination de l'œil et du pied.

4.2.2.1 Le Dynavision

Le DynavisionTM D2 (Dynavision International LLC) est un entraînement qui permet d'évaluer et d'entraîner la réactivité neuromusculaire [28].

Ce système est composé d'un tableau vertical avec 64 cibles réparties en 5 cercles concentriques qui peuvent s'illuminer. L'athlète regarde droit devant durant l'entraînement et doit appuyer sur les cibles lorsqu'elles s'allument. Il existe plusieurs modes dont le mode A est un « mode réactif » ; il faut toucher la lumière qui se sera éclairée pour l'éteindre. Une fois cela fait, une autre lumière s'éclairera de manière aléatoire. Le mode B est un « mode proactif » car l'objectif est d'éteindre la lumière en la touchant avant que celle-ci s'éteigne seule. Le mode C est un mode où il faut suivre la lumière en mouvement. Le dynavision stimule le champ visuel périphérique et permet d'entraîner le temps de réactivité à la lumière.
Il permet de mesurer le temps de réaction visuo-moteur central et périphérique (http://dynavisioninternational.com/d2.html).
La réaction visuo-motrice est le temps entre l'apparition du stimulus, la reconnaissance de celui-ci par le patient et la durée du temps pour répondre.

Une étude (Wells, Hoffman, Beyer, Jajtner, Gonzalez, Townsend, Mangine, Robinson, McCormack, Fragala,& Stout , 2014) nous montre l'amélioration des performances sur les temps de réaction sur ce système [33]. Cependant, aucune étude n'a montré le transfert gagné de l'entraînement sur le terrain.

Figure 15 *Le système Dynavision*

4.2.2.2 Le Fitlight

Le Fitlight est un instrument permettant l'amélioration visuo-motrice : il est composé de plusieurs boutons lumineux sans fil alimenté par une diode électroluminescence. L'athlète doit appuyer sur une touche allumée de manière aléatoire le plus rapidement possible avec une main. Ces instruments ont été conçus pour évaluer et améliorer la réaction visio-motrice entraînant la réaction œil-main.

Cet entraînement facile à mettre en place et destiné à l'amélioration œil-main offre des possibilités d'option d'entraînement pour la vitesse du pied. Certaines nouvelles technologies se sont penchées sur cela afin de développer la réaction œil-pied et d'augmenter la vitesse de réaction.

4.2.2.3 Le Quick Board

Le Quick Bord est une technologie crée en 2008 par une entreprise spécialisée dans la création d'équipements innovants pour la physiothérapie et l'entraînement de performance. Cet outil est utilisé dans les cliniques de physiothérapie, de médecine sportive et dans les centres de performance (https://www.fitness-gaming.com/). Ce test est composé d'une plateforme permettant l'amélioration de l'efficacité visuo-moteur des patients sportifs. Cet entraînement reproduit une situation de jeux pour les athlètes car cela exige qu'ils regardent droit devant la visualisation des consignes afin de reproduire l'exécution motrice du pied à l'identique sur un tapis.

Le Quick Board se compose de quatre exercices d'évaluation basée sur la coordination, le temps de réaction, le jeu de jambes et l'efficacité d'un mouvement (https://www.thequickboard.com/) : Les deux premiers exercices soit le « Stagger Step Left » et le « Stagger Step Right » évaluent l'efficacité du mouvement de la jambe gauche et droite. Cette appréciation des mouvements est importante afin d'évaluer et d'entraîner à diminuer les tendances d'identifications visuelles prolongées durant les matchs. Ensuite, le Double Leg React, évalue le temps de réaction visuo-moteur ainsi que la proprioception et pour finir le Foot Fire détermine la rapidité.

Figure 16 *Le Quick Board fitness-gaming.com*

De plus, une étude de Galpin AJ et al. en 2008, nous montre l'efficacité et la fiabilité d'un entraînement de 4 semaines permettant aux athlètes l'augmentation de la vitesse de réaction du pied en optimisant le changement de direction [35].

Par ailleurs, le Quick Board améliore l'équilibre et l'agilité essentielle chez les sportifs. Un rapport d'évaluation d'agilité et de symétrie est calculé sur la base de données des athlètes professionnels (Figure 17).

METRIC	LEFT	RIGHT	DEFICIT
Contact time	0.078	0.063	
Reaction time	0.533	0.489	
Movement efficiency	28	32	
Symmetry	87.6%	100%	

Individual Results

EXERCISE	RESULT	ERRORS	BEST	BEST%
Stagger Step Left	57	4	57	100.0%
Stagger Step Right	65	2	65	100.0%
Double Leg React	17	1	20	85.0%
Foot Fire	110	-	118	93.2%

Figure 17 *Un rapport d'évaluation d'agilité et de symétrie par le Quick Board*

L'ensemble de ces nouvelles technologies permettent un entraînement visuel spécifique pour les sportifs. Elles permettent le travail de l'oculomotricité par suivi de d'objets multiples, ou encore travaillent la coordination œil/main et œil/pied en condition statique et dynamique. Ces exercices permettent l'augmentation des performances visuelles et sportives.

5 DISCUSSION

Les principaux résultats de ce sondage mettent en évidence que sur 765 sportifs de niveaux confondus, très peu connaissent l'orthoptie, l'orthokératologie ou encore l'œil dominant et les entraînements perceptivo-visuels.

En effet comme nous avons pu le constater, seulement 29 % des sportifs du sondage ont déjà consulté un orthoptiste, 10 % ont eu une consultation ophtalmologique datant de plus de 5 ans et 9 % n'ont jamais vu d'ophtalmologiste. Nous pouvons convenir que les sportifs interrogés utilisent peu l'orthokératologie, seulement 2 % l'ont déjà utilisé. Cependant, nous pouvons noter que les sportifs ayant utilisé l'orthokératologie sont satisfaits. En ce qui concerne la dominance oculaire, 66 % ont déjà entendu parler de l'œil dominant. Comme nous avons pu le voir, l'œil dominant peut être assimilé à un trait psychomoteur et notre sondage ne permet pas de savoir si les sportifs interrogés connaissent réellement leur œil dominant comme leur main graphique. De surcroît, nous retrouvons 29 % des sportifs du sondage qui ne savent pas si la coordination œil/main et œil/pied sont vecteurs de performance dans la pratique de leur sport. Nous retrouvons 9 % des sportifs qui pensent que les effets de la coordination ne sont pas utiles. En ce qui concerne l'entraînement visuel, 82 % n'ont jamais entendu parler de cela mais globalement la plupart des sportifs seraient intéressés afin de s'exercer.

Nous devons donc permettre aux sportifs d'être plus informés sur ce que nous pouvons leur proposer afin de les aider.

6 CONCLUSION, LIMITES ET PERSPECTIVES

En conclusion, notre questionnement sur la prise en charge orthoptique des patients sportifs afin d'améliorer les capacités visuelles et sportives est confirmé.

Nous avons pu étudier que l'orthoptiste peut prendre en charge l'optimisation de la perception visuelle des sportifs. L'orthoptiste doit percevoir les besoins visuels spécifiques de chaque sportif. L'acuité visuelle n'étant pas suffisante pour exceller, c'est l'ensemble des capacités sensorielles, motrices et fonctionnelles qui permettent aux athlètes de se surpasser, sans oublier l'influence de la dominance oculaire chez les sportifs.

Par ailleurs, comme nous avons pu l'étudier, la préparation perceptive visuelle peut être utilisée dans le but d'augmenter les performances. Assurément, la prise en charge d'un entraînement cognitif et visuo attentionnel se développe en France avec les orthoptistes.

Comme nous pouvons le constater un logiciel « Eye Motion » a été développé par l'orthoptiste Nicolas Marchais destiné à la performance des sportifs (Annexes 7). Les performances visuelles et sportives sont donc indissociablement liées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Asnav. (s.d.). (2018). « Muscler sa vision, maintenant c'est possible ». Consulté le 25 mars 2020, à l'adresse https://cmavue.org/dossier/dossier-7//.

[2] Azémar G, Stein J-F, Ripoll H. (2008). « Effect of ocular dominance eye-hand coordination in sporting duels ». Science & Sports. 23 : 263-277. https://doi:10.1016/j.scispo.2008.06.004.

[3] Corbé.C. (2011). Œil et sport. Physiologie et moyens d'exploration. Mise au point CAT devant les lésions oculaires dues aux sports ». Science & Sports, (26), 355-362.
Doi : 10.1016/j.scispo.2008.06.004

[4] Bidaux Francois et al. (1992). Œil et sport. In Encyclopédie Médico Chirurgicale-EMC-ophtalmologie :1-0 [article 21-710-A-10].

[5] Corbé C. (1994). « L'exploration de la fonction visuelle chez le sportif ». Science &Sports. 9 : 1-6 Elsevier Paris. doi : 10.1016/S0765-1597(05)80018-8.

[6] Le Rohellec.J, Stein J-F, Guillard A. (2004). Vision et sport : Performance, Expertise et Sport de haut niveau. [Rapport de recherche] Projet n°2015, Institut National du sport et de l'Education Physique (INSEP). Hal-01878531

[7] Graham.B, Erickson.OD. (2018). « Optimizing visuel performance for sport ». Advances in Ophtalmology and Optometry. 3 (1) : 1-19. https://doi.org/10.1016/j.yaoo.2018.05.001.

[8] Zeiss. (2017). « Le Précis d'Optique ZEISS De la réfraction pratique aux verres ophtalmiques ». Pôle santé visuelle. Vision France p 1-118.

[9] Sarfati,A (2016). « L'Orthokératologie ou le remodelage cornéen ». Mises au point intéractives Contactologie Paris. Sur le site https://jifro.info/jifro/wp-content/uploads/sites/2/2017/01/RO_230_Sarfati.pdf

[10] Watelet.W. (2011). « Sport et Vision ». Science & Sport. 26 p 354.

[11] Jean-Francrois Stein, Jean Le rohellec, Société Lynx Optique, S.L.S (2004). « Effets d'un entraînement visuel général sur les performances de sabreurs de haut niveau ». Consulté à l'adresse https://www.campus-insep.com

[12] Amortila,M. (2016). « Fonction visuelle et rétine périphérique ». Revue francophone d'orthoptie : 9 p 6-7.

[13] Amortila,M. (2017). « Vision et Action ». Revue francophone d'orthoptie : 10 p 164-168.

[14] Kovarski, C. (2014). « Les anomalies de la vision chez l'enfant et l'adolescent » (2e éd.) Vision et sport (p.421-432). Lavoisier, Paris : France.

[15] Faubert, J and Sidebottom,L. (2013). « Perceptual.cognitive trainning of athletes of clinical sport psychology » Journal of clinical sport spychology, 6 : 85-102.

[16] Lux. La revue de l'éclairage. (2004). « Eclairage de installations sportives et normalisation ». Cahier technique n°228 p 46-50. [Citée pages 49-50].

[17] Porac,C and Corren,S. (1976) « The dominant eye-psychol Bull ». 83 (5) : 880-897.

[18] Rombouts SA, and al. (1996). « The functional basis of ocular dominance : functional MRI (fMRI) findings ». Neurosci Lett, 221 (1) : 1-4.

[19] Azémar, G. (2003). « L'homme asymétrique gauchers et droitiers face à face ». Paris, France : CNRS Éditions via OpenEdition.

[20] Poffenberger,A. (1912). « Reaction time to retinal stimulation with special reference to time lost in conduction through nerve centers ». Archives of psychology, 23 : 1-73.

[21] Marzi et al. (1991). « Is interhemispheric transfer of visuomotor information asymetric ? » Evidence from a meta-analysis. Neuropsychologic, 29 (12) : 1163-1177.

[22] Ripoll, H. Azémar, G. (1987). « Neuroscience du sport. Traitement des informations visuelles, prises de décisions et réalisation de l'action en sport ».

[23] Posner, M.I. (1980). « Orienting of attention ». QJ Exp psychol, 32 (1) : 3-25.

[24] Wood, G. Mark R Wilson (2011) Quiet-eye training for soccer penalty kicks. Cogn process, 12 : 257-266

[25] Stine, C. D., Arterburn, M. R.and Stern, N. S. (1982). « Vision and sports : A review of the literature ». Journal of the American Optometric Association, 53 (8), 627-633.

[26] Mennie N, Hayhoe M, Sullivan B. (2007). « Look-ahead fixations : anticipatory eye movements in natural tasks ». Exp brain res, 179 (3) : 427-442.

[27] Dessalces M. (2015). « Préparation perceptive visuelle et amélioration de la vitesse en handball ». [Mémoire de master professionnel staps]. Consulté sur https://www.sci-sport.com/memoires/preparation-perceptive-visuelle-et-amelioration-de-la-vitesse-en-handball-008.php.

[28] Roméas, T. (2015). « Expertise sportive et entrainement perceptivo-cognitif de l'athlète ». (Thèse de doctorat non publiée). Université de Montréal, Canada. http://hdl.handle.net/1866/15924

[29] Smith Trévor Q and Mitroff stephen. (2012). « Stoboscopic training enhances anticipatory timing ». International journal of exercice science, 5 (4) 344-353.

[30] Grooms D, Appelbaum G, Onate J. (2015) « Neuroplasticity following anterior cruciate ligament injury : a frameworwork for visual-motor training approaches in rehabilitation ». Journal of orthopaedic sports physical therapy. (45) 5 : 381-393.

[31] Southon J. (2018). « Neurotracker : un outil d'entrainement cognitif 3.0 ». Télécharger sur le site : https://sportyourbrain.fr/neurotracker/

[32] Duchène,S. (2016). « Conception et validation d'un protocole d'entraînement pour réduire l'impact d'une tâche perceptivo-cognitive sur la performance motrice » Mémoire. Téléchargé sur le site : http://espace.etsmtl.ca/id/eprint/1833/2/DUCHÈNE_Simon-web.pdf

[33] Wells, A. J., Hoffman, J. R., Beyer, K. S., Jajtner, A. R., Gonzalez, A. M., Townsend, J. R., Mangine, G. T., Robinson, E. H. t., McCormack, W. P., Fragala, M. S., & Stout, J. R. (2014). « Reliability of the dynavision d2 for assessing reaction time performance ». Journal of Sports Science and Medicine, 13 : 145-150.

[34] « How FITLIGHT is used to increase game day performance by optimizing the brain ». https://www.fitlighttraining.com/how-fitlight-is-used-to-increase-game-day-performance-by-optimizing-the-brain/

[35] Andrew J. Galpin, Yuhua Li, Corey A. Lohnes, and Brian K. Schilling. (2018). « A 4 week choice foot speed and choice reaction training program improves agility in previously non agility trained, but active men and women » Journal of strengh and conditioning research, 22 (6) : 1901-1907.

ANNEXES

Annexe 1 : Questionnaire sur la Vision et Sport

Sexe : …… Âge : ……..

Sport pratiqué : …… ○ En club (amateur) ○ En club (professionnel)

○ En compétition ○ Pas de compétition

Nombre d'heures d'entraînement physique par semaine ? ……

Depuis quand date votre dernier rendez-vous chez un ophtalmologiste ? .....

Portez-vous une correction ? ○ Non ○ Lunettes ○ Lentilles

Avez-vous déjà utilisé des lentilles d'orthokératologie (des lentilles qui se portent seulement la nuit) ?

○ Non ○ Oui ○ Si oui votre avis ……

Avez-vous des signes fonctionnels pendant ou après la pratique de votre sport ? :

○ Aucun ○ Maux de tête ○ Yeux qui piquent ○ Larmoiements ○ Yeux rouges

○ Vision double ○ Vision trouble ○ Vertiges ○ Autres : ..……

Avez-vous déjà consulté un orthoptiste ? ○ Oui ○ Non

Si oui et si vous avez eu une rééducation, avez-vous constaté une amélioration dans votre vie quotidienne et sportive ?

○ Oui ○ Non

Avez-vous déjà entendu parler d'un entraînement visuel chez un orthoptiste permettant d'augmenter les performances visuelles des sportifs ?

○ Oui ○ Non

L'entrainement visuel est un domaine en plein essor en France afin d'augmenter les performances sportives, seriez-vous intéressé ?

○ Très intéressé ○ Intéressé ○ Pas intéressé

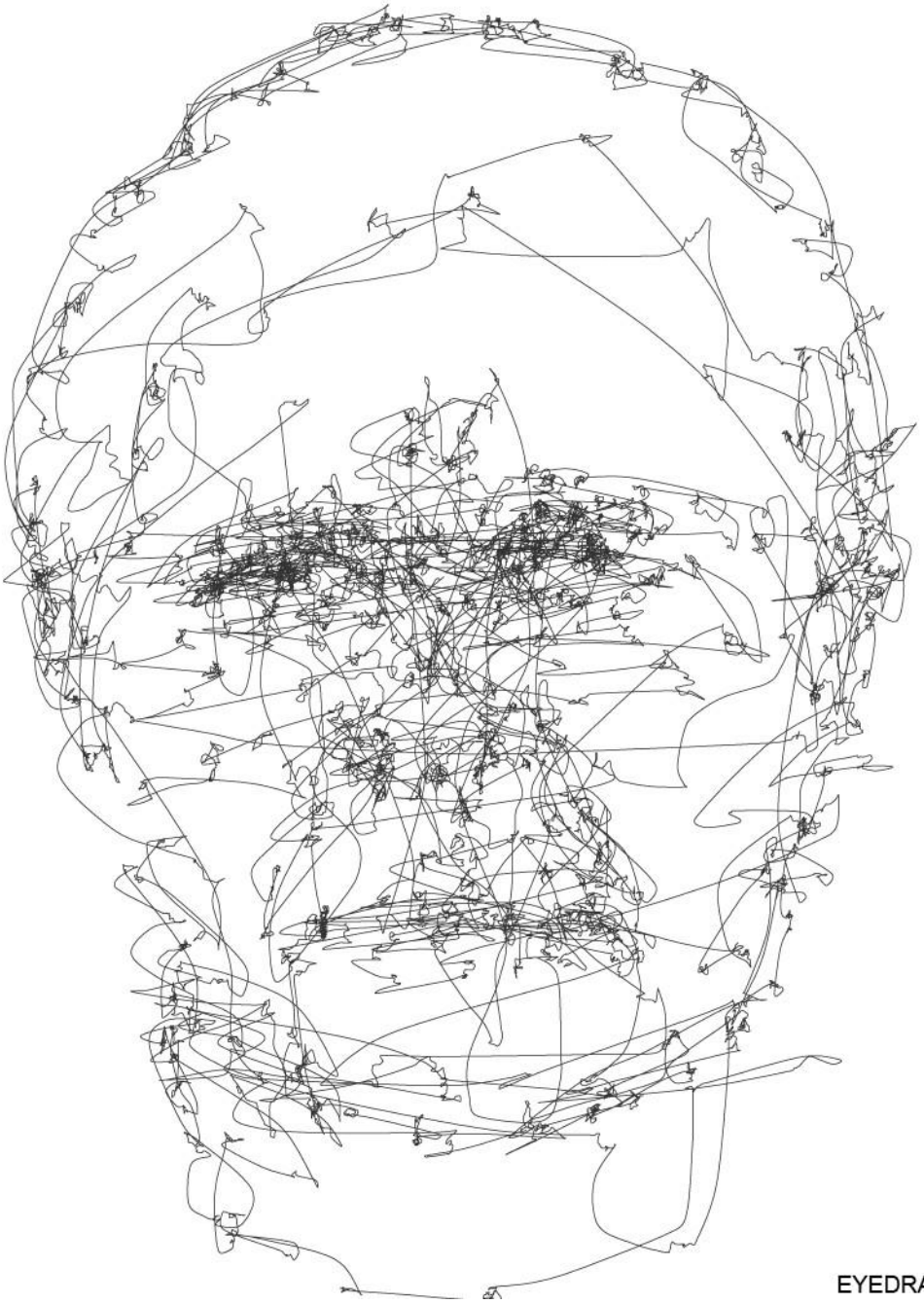
Avez-vous déjà entendu parler de l'œil dominant ? ○ Oui ○ Non

Pour vous, la coordination oculo-manuelle et la coordination œil-pied dans votre sport sont-ils utiles ?

○ Oui ○ Non ○ Je ne sais pas

Annexe 2 : Autoportrait réalisé par Michel Paysant en utilisant les mouvements oculaires comme « moyen de dessiner par la pensée et l'esprit ».

Source : http ://lunettesrouges.blog.lemonde.fr/2010/01/20/le-dessin-mental/



EYEDRAWING *

Annexe 3 : Exigences d'éclairages requises pour optimiser les performances visuelles

pour les installations sportives extérieures :

Sport [1]	Groupe CTV	Classe d'éclairage	Eclairement horizontal		GR	Indice de rendu des couleurs
			E_{moy} (lux)	E_{min}/E_{moy}		IRC
Athlétisme	A	I	500	0,7	50	60
	A	II	200	0,5	55	60
	A	III	100	0,5	55	20
Football	B	I	500	0,7	50	60
Rugby	B	II	200	0,6	50	60
	B	III	75	0,5	55	20
Tennis	B	I	500	0,7	50	60
	B	II	300	0,7	50	60
	B	III	200	0,6	55	20

pour les installations sportives intérieures :

Sport [1]	Groupe CTV	Classe d'éclairage	Eclairement horizontal		Indice de rendu des couleurs
			E_{moy} (lux)	E_{min}/E_{moy}	IRC
Basket-ball	B	I	750	0,7	60
Handball	B	II	500	0,7	60
Judo	B	III	200	0,5	20
Tennis	B	I	750	0,7	60
	B	II	500	0,7	60
	B	III	300	0,5	20

Source Lux. La revue de l'éclairage. Eclairage de installations sportives et normalisation. Lux n°228-mai/juin 2004

Annexe 4 : Choix des classes d'éclairages.

Niveau de compétition	Classe d'éclairage		
	I	II	III
International et national	●		
Régional	●	●	
Local	●	●	●
Entraînement		●	●
Loisirs/Sports scolaires			●

Source Lux. La revue de l'éclairage. Eclairage des installations sportives et normalisation. Lux n°228-mai/juin 2004

Annexe 5 : Questionnaire de latéralité dans le sport

Source : Ripoll et Azemar, 1987

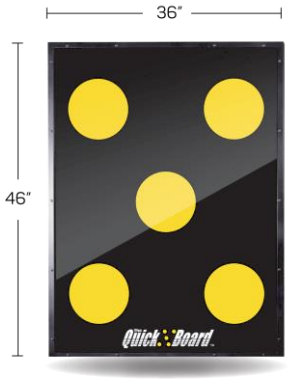
QUESTIONS	Encerclez la réponse retenue	Ne pas répondre ici
- a) Quel **oeil** utilisez-vous pour viser en tir ? ----------(1)→	G D	
- b) Quel oeil joue un rôle directeur (effectuer ces tests avec les les deux yeux ouverts et les répéter trois fois) :		
- Pour pointer l'index de votre main préférentielle vers un objet éloigné (après avoir visé, fermer alternativement un oeil pour savoir lequel est aligné sur l'objectif) ? ----------(2)→	G D	Oe: (.) .
- Pour lire à travers un orifice de 1 cm de diamètre (tenir une feuille blanche, perforée en son centre, à bout de bras très près d'un texte pour lire à travers le trou, s'arrêter sur un mot et approcher la feuille du visage: vers quel oeil est placé l'orifice? ----------(3)→	G D	
- c) Quelle **main** utilisez-vous de préférence		
- Pour lancer (poids, disque, javelot, basket-ball, handball, etc.) ? ----------(4)→	G D	
- Pour frapper (volley-ball, boxe, etc.) ? ----------(5)→	G D	Ma: (.) .
- Pour pratiquer le tennis, l'escrime ? ---------- (6)→	G D	
- d) Quel **pied** utilisez-vous de préférence		
- Pour frapper un ballon (foot, rugby) ? ----------(7)→	G D	
- Pour prendre un appel de saut (hauteur ou longueur), (préciser si le pied diffère selon le type de saut) ? ----(8)→	D G	
- e) Quel est votre sens de rotation préféré pour effectuer une pirouette (saut vertical pour un tour complet) avec appel simultané des deux pieds et les yeux fermés ?-(9)→	D G	Pi: (.) .
- f) Quelle est votre main préférentielle pour écrire et dessiner (indiquer si la main diffère pour ces deux tâches) ? -(10)→	G D	Ec: (.) .
- g) Si vous utilisez des lentilles ou des verres correcteurs, indiquez l'acuité visuelle (en dixièmes)	G: D:	Formule:
sans correction:		
avec correction:		Indice:

Ajoutez ci-après, si vous le jugez utile, des observations personnelles ou d'éventuelles indications complémentaires:

Merci d'avoir bien voulu répondre attentivement à ces questions.

Annexe 6 : Matériel et coût d'un entrainement visuel spécifique

Listes	Prix	Photos
Les lunettes stroboscopiques	Environ 475 euros	*Lunettes stroboscopiques Senaptec (https://fouroux-sport-vision.com/)*
Le Dynavision D2	Environ 15000 dollars	*Le Dynavision D2 https://axtiontech.com/*
Le FitLight Junior	1890 euros	*Le Fitlight https://www.sportfabric.fr/*
Corde de Brock Caractéristiques : 2,5m possède 3 perles de couleur jeune, rouge et verte placé à 40 cm, 100 cm et 200 cm	9,90 euros	*Corde de brock http://orthoptix.fr/*

Face binoculaire	18 euros	 *Face binoculaire http://orthoptix.fr/*
Le Quick Board pro	2095 euros + 145 + 125/ mois	  *Le Quick Board https://www.thequickboard.com/*
Balle de Marsden Caractéristiques : 7cm avec lettres	42,99 euros	 *Balle de Marsden https://www.mc2medical.com/*

Annexe 7 : Logiciel Eye Motion