



HAL
open science

Stratégies d'exploration visuelle utilisées en golf: étude de deux golfeuses en condition naturelle

Pierre Bagot

► **To cite this version:**

Pierre Bagot. Stratégies d'exploration visuelle utilisées en golf: étude de deux golfeuses en condition naturelle. Sciences de l'Homme et Société. 2020. dumas-02935698

HAL Id: dumas-02935698

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02935698>

Submitted on 10 Nov 2020

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.

Mémoire à finalité de recherche
UNIVERSITÉ DE BRETAGNE OCCIDENTALE

MASTER 1 STAPS

*Mention "Entraînement et Optimisation de la
Performance Sportive"*

UFR Sport et EP

20, Av. le Gorgeu

29 200 Brest

présenté par

Pierre BAGOT

Sous la direction de BOSSARD Cyril

**Stratégie d'exploration
visuelle utilisées en Golf**

*Étude de deux golfeuses en
condition naturelle*

UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE

- Mémoire de Master -

Mention : EOPS

Parcours : Accompagnement de la Performance et Sciences Humaines

Stratégies d'exploration visuelle en Golf

Étude de deux golfeuses en condition naturelle

Mémoire de Master 1 EOPS

PIERRE BAGOT

Mémoire réalisé dans le cadre du Master EOPS



Mémoire réalisé à la FSSE de Brest :

Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation

20, avenue Le Gorgeu

29 200 Brest (France)

Resp. Master EOPS: Parcours APSH :



FACULTÉ
DES SCIENCES DU SPORT
& DE L'ÉDUCATION

Mémoire réalisé à l'UBO :

Université de Bretagne Occidentale

3 rue des Archives - CS 93837 - 29 238 Brest cedex 3



Université de Bretagne Occidentale

Table des matières

Table des matières.....	5
Table des figures.....	7
Liste des tableaux.....	8
Remerciements.....	9
1er chapitre : Revue de Littérature.....	11
1) Introduction.....	11
2) Les stratégies d'exploration visuelle dans le sport : théories et modèles.....	12
3) Comment identifier les stratégies d'exploration visuelle en sport ?.....	13
3.1) Les méthodes indirectes.....	14
3.2) Les méthodes directes.....	15
3.3) Vers des méthode mixtes ?.....	17
4) État des lieux des résultats sur les stratégies visuelles dans le sport.....	18
5) Problématique/Rationnel.....	20
5.1) État actuel des connaissances.....	20
5.2) Ce qu'il reste à investiguer.....	20
5.3) Notre positionnement.....	21
2e chapitre : Méthodologie.....	22
1) Participants.....	22
2) Recueil des données.....	22
3) Procédure.....	24
4) Analyse ou traitement des données.....	24
3e chapitre : Résultats.....	26

1) Participante 1.....	27
1.1) Les coups « longue distance »	27
1.2) Coup de putting.....	29
2) Participante 2.....	31
2.1) Les coups « longue distance »	31
2.2) Coup de putting.....	33
4e chapitre : Discussion.....	35
1) Introduction	35
2) Les coups « longue distance ».....	35
3) Le Putting	37
4) Quiet-Eye	38
5e chapitre : Conclusion	40
1) Intérêt(s) et limites.....	40
2) Perspectives	41
Bibliographie.....	43
Annexes	51
1) Formulaire de consentement	51
2) Guide d’entretien pour auto-confrontation.....	53
3) Autre phase analysées et traitées non prise en compte dans ce travail	55
Glossaire	64

Table des figures

Figure 1 : Séquence d'exploration visuelle de Participante 1 durant la phase de Swing.....28

Figure 2 : Séquence d'exploration visuelle de Participante 2 durant la phase de Swing.....32

Figure 3 : Séquence d'exploration visuelle de Participante 2 durant la phase de Putt.....34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup de Participante 1 durant la phase de Swing sur l'ensemble des coups « longue distance ».....	26
Tableau 2 : Durée moyenne (en ms) du Quiet-Eye de Participante 1 durant la phase de Swing sur l'ensemble des coups « longue distance ».....	29
Tableau 3 : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup de Participante 1 durant la phase de Putt.....	29
Tableau 4 : Durée moyenne (en ms) du Quiet-Eye de Participante 1 durant la phase de Putt.....	30
Tableau 5 : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup de Participante 2 durant la phase de Swing sur l'ensemble des coups « longue distance ».....	31
Tableau 6 : Durée moyenne (en ms) du Quiet-Eye de Participante 2 durant la phase de Swing sur l'ensemble des coups « longue distance ».....	33
Tableau 7 : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup de Participante 2 durant la phase de Putt.....	33
Tableau 8 : Durée moyenne (en ms) du Quiet-Eye de Participante 2 durant la phase de Putt.....	33

Remerciements

Je tenais à remercier Cyril Bossard, pour son investissement, sa disponibilité ainsi que sa patience durant ce suivi de mémoire.

Je souhaite également remercier Jean Fournier et Guillaume Chauvel, pour l'opportunité qu'ils m'ont offerte en travaillant avec eux.

Également merci au Pôle Espoir du Golf National ainsi que la Fédération Française de Golf pour m'avoir permis d'effectuer cette recherche.

Merci à José Barreiros de Gaze Intelligence pour sa disponibilité ainsi que ses conseils techniques

Enfin je voudrais remercier La Famille (ils se reconnaîtront) pour leur indéfectible soutien.

1er chapitre : Revue de Littérature

1) Introduction

Les stratégies d'exploration visuelle est un sujet largement traité dans la littérature scientifique (Mann et al., 2007) Comment les yeux sont utilisés pour rechercher dans l'environnement des informations importantes pour guider l'action ? (Henderson, 2003). Cette question de recherche est traitée dans les sciences du sport et les recherches actuelles font état de stratégies de recherche visuelle différenciées en fonction des sports étudiés. Plusieurs définitions sont nécessaires avant de présenter ces différentes stratégies visuelles utilisées par les experts en sport. Plusieurs entités théoriques ont été défini comme centrales dans l'étude de la recherche visuelle. Tout d'abord la différenciation entre vision centrale et vision périphérique. La vision centrale concerne la macula et correspond à 20 degrés d'angle de notre champ visuel. Cette vision centrale permet la fixation du regard sur un élément particulier de la scène observée afin d'en extraire un maximum de détails et d'informations, particulièrement par la fovéa, partie centrale de la macula, où se concentre le maximum de cônes, correspondant à un angle visuel de 2°. La vision périphérique, quant à elle, utilise le reste de la rétine, soit de 20° à 80° du champ visuel. Cette vision périphérique est très utile dans la détection des mouvements et plus généralement de tous changements dans notre environnement visuel. Précisons que la vision centrale est une action volontaire du sujet, alors que la vision périphérique est présumée automatique sans acte volontaire du sujet.

Deux activités principales de l'œil durant l'exploration visuelle sont particulièrement décrites : la fixation et les saccades. La fixation est un arrêt de l'œil sur un point particulier, afin d'en extraire, par la fovéa, un maximum d'indices (forme, couleur, intensité). Les saccades sont des déplacements très rapides de la fovéa, d'un point à un autre. Durant celles-ci, il est admis par la communauté scientifique, qu'il y a une absence de captation et de traitement d'information (Kowler, 2011).

2) Les stratégies d'exploration visuelle dans le sport : théories et modèles

Plusieurs modèles de stratégies visuelles utilisées en sport ont été mis à jour. Il ressort de ces différentes études, la spécificité de l'activité visuelle en fonction du sport qui concerne aussi bien la vision centrale que la vision périphérique selon les situations rencontrées.

Le point fovéal (traduction libre, *foveal spot* en anglais) est caractérisé par un traitement exclusif des informations provenant de la fovéa. Si la tâche et la situation requièrent de se focaliser sur une zone d'intérêt spécifique, comme par exemple viser un cible au Tir à l'arc ou un lancer-franc au Basketball, le regard se stabilise sur un repère notoire, comme l'arceau au Lancer-Franc, afin d'obtenir un recueil précis d'informations visuelles (Vickers, 1996), ou le cas échéant de pouvoir suivre un mouvement (Vaeyens et al., 2007). Par exemple, Williams et David (1998) ont pu mettre en évidence que les défenseurs de Football lors d'un 1 vs. 1 dirigeaient leur vision centrale alternativement entre les hanches et la balle de leur adversaire afin d'anticiper la direction du dribble.

L'ancrage visuel (traduction libre, *gaze anchor* en anglais) est une fixation de la vision centrale sur un point qui n'est pas nécessairement relatif à des informations pertinentes (Vater, Williams, et al., 2019). Ce point servirait à l'optimisation du traitement des informations provenant de la vision périphérique mais sans fixations sur les différents indices (Hausegger et al., 2019). Vater et son équipe (2019) le décrit comme étant l'équivalent d'un « centre de gravité » des zones d'intérêts situées en périphérie.

Le pivot visuel (traduction libre, *visual pivot* en anglais) est une stratégie utilisée lorsque le point de fixation se fait sur un point central entre plusieurs indices pertinents avec des fixations fréquentes sur ces différents points minimisant le coût des saccades (Klostermann et al., 2020).

Ces deux dernières stratégies semblent être particulièrement utilisées dans les sports de combats comme la Boxe (Ripoll et al., 1995), le Judo (Piras, Pierantozzi, et al., 2014), le Karaté (Milazzo, Farrow et al., 2016; Williams & Elliott, 1999) ou encore en Taekwondo (Milazzo, Rosnet et al., 2016). Cependant, d'autres travaux ont pu mettre à jour le même type de stratégies d'exploration oculaire dans des sports collectifs tels que le Football (Vater, Luginbühl, et al., 2019).

Enfin, une autre stratégie diffère des trois précédentes. Là où le point fovéal, l'ancrage visuel et le pivot visuel semblent être des stratégies d'extraction d'informations nécessaires au

processus décisionnel, celle-ci semble correspondre à une stratégie visuelle nécessaire à l'accomplissement d'une habileté motrice. Dans les tâches de visées telles que le Tir à l'arc, le Billard, le Tir ou bien encore le Golf, la nécessité de savoir comment viser est primordiale pour être performant. Vickers (1996) dans une étude réalisée auprès de basketteuses propose le terme de Quiet-Eye pour définir cette stratégie. Selon cette auteure, le Quiet-Eye peut être défini comme « la fixation finale ou suivi de regard qui est dirigé vers une localisation spécifique ou un objet se trouvant dans l'endroit de la tâche avec un écart d'angle de vision inférieur à 3° et dont la fixation dure plus de 100 msec » (Vickers, 2016). D'un point de vue cognitif, cette durée de la dernière fixation permettrait un traitement cognitif des informations visuelles dans le but de produire le meilleur mouvement (Vickers, 2009). En Golf, durant un putt, cette période de traitement cognitif permet au golfeur de calculer l'angle et la vitesse pour un putt réussi (Ziv & Lidor, 2019). Une autre hypothèse serait qu'un Quiet-Eye de longue durée permettrait l'inhibition des mouvements non-optimaux, pour que seul le mouvement optimal soit utilisé (Klostermann et al., 2014).

La communauté scientifique a identifié trois stratégies d'exploration visuelle permettant d'extraire de l'information d'une scène. Elles utilisent la vision centrale (*point fovéal* et *pivot visuel*) ou la vision périphérique (*ancrage visuel*), et sont présentes dans l'ensemble des sports dits à habiletés ouvertes. Le Quiet-Eye quant à lui semble être la conséquence de la stratégie du *point fovéal* et semble être destiné à accomplir une tâche de visée. Le Quiet-Eye serait nécessaire afin d'extraire des informations nécessaires à l'accomplissement d'une tâche motrice. Ces différentes stratégies ont pu être déduites de nombreuses observations sur différents sports à l'aide de méthodes qu'il convient de détailler.

3) Comment identifier les stratégies d'exploration visuelle en sport ?

Nous exposerons successivement les méthodes indirectes reposant sur le paradigme de l'occlusion, les méthodes directes s'appuyant sur les dispositifs de suivi du regard, et enfin les méthodes mixtes qui combinent des données objectives avec des données subjectives propres au sportif.

3.1) Les méthodes indirectes

La méthode indirecte permet de déterminer les indices pris en compte par l'expert pour prendre sa décision. Pour ce faire, elle s'appuie sur le paradigme de l'occlusion, qui consiste à faire disparaître certains indices visuels. Cette occlusion d'indice peut être spatiale ou temporelle. L'occlusion spatiale masque certaines zones d'intérêt préalablement définie avec un expert (Müller & Abernethy, 2006) et permet d'interroger la nature des indices anticipatoires utilisés par le sujet comme par exemple une tâche d'interception au cricket (Müller et al., 2006, 2009) ou au tennis (Jackson & Mogan, 2007; Mecheri et al., 2011; Shim et al., 2005 : Expérience 1). Pour ce faire, le protocole consiste à présenter au sujet une séquence vidéo sur laquelle ont été occulté certaines sources d'indices. Ce paradigme de l'occlusion spatiale a été utilisé pour mettre en évidence l'importance des indices dans la lecture des trajectoires de balle au Badminton (Abernethy & Russell, 1987a, 1987b) au Football (Williams & Davids, 1998; Williams et al., 2006 : Expérience 3). L'occlusion temporelle masque un certain temps des informations de la scène présentée au sportif. Elle s'opère en demandant au sujet d'observer une vidéo sur laquelle sont barrées plusieurs images avant ou après le commencement d'une action par l'adversaire. Le sujet est invité à prédire l'action réalisée par l'adversaire ou bien la direction d'un objet (Mann et al., 2010). Ce paradigme de l'occlusion temporelle a été utilisé dans de nombreux sports comme au Tennis (Farrow et al., 2005; Farrow & Abernethy, 2002; Tenenbaum et al., 2000) au Cricket (Mann et al., 2010) au Volley-ball (Cañal-Bruland et al., 2011) et au Golf (Vine et al., 2017).

Ce paradigme de l'occlusion permet de comparer les performances entre une scène où tous les indices à la prise de décision sont disponibles et celle où le temps ou la qualité des informations disponibles est tronquée. Si le pourcentage d'erreur de prédiction augmente quand une partie spécifique est cachée cela signifie d'une part que la zone cachée était porteuse d'informations précieuses et d'autre part qu'aucune autre zone de la scène n'a pu permettre d'obtenir ces informations. Cela permet d'obtenir de bonnes indications sur l'importance relative des indices cachés, et donc par généralisation d'indiquer un certain comportement oculaire optimal. Comme souligné par Janelle et Hillman (2003 *in* Mecheri et al., 2011), les résultats obtenus grâce au dispositif d'occlusion sont consistants avec ceux obtenus grâce au dispositif de suivi du regard utilisé dans les méthodes directes.

3.2) Les méthodes directes

L'utilisation de dispositif de suivi du regard, communément appelé "eye-tracking" dans la littérature scientifique, permet de mesurer directement l'activité visuelle dans différentes tâches sensori-motrices. Ces systèmes permettent d'acquérir simultanément le mouvement des yeux et la vidéo de la scène. Un traitement informatique permet de créer une vidéo où le point de fixation du regard est matérialisé par un curseur. Avec cette technique, il est possible d'identifier à tout moment où se porte le regard du sujet, et d'identifier la séquence des mouvements oculaires nécessaires pour observer plusieurs indices pertinents.

Les premières utilisations de tels systèmes se sont déroulées dans des conditions expérimentales (donc peu naturelles) afin d'étudier le comportement oculaire d'un point de vue fondamental. Ces recherches étaient effectuées avec des tâches à réaliser très simples où le sujet devait rester dans une position fixe souvent assis, et devait répondre aux stimuli présentés soit verbalement (Goulet et al., 1989), à l'aide d'un joystick (Ripoll et al., 1995) ou bien encore avec un papier et un crayon (Abernethy & Russell, 1987b).

L'impact de l'article de Goodale et Milner (1992) sur l'existence de deux voies visuelles, l'une pour la perception et l'autre pour l'action, a totalement rebattu les cartes de l'étude du comportement oculaire en laboratoire sans action réelle exécutée par le sujet. Cette différence joue un rôle prépondérant dans la qualité des réponses. En effet, d'après la découverte de ces deux voies de perception et les travaux de Van der Kamp et son équipe (2008), la voie dorsale appelée également « vision pour l'action » ne serait pas activée lors de tâches demandant une simple réponse verbale ou bien une action allant à l'encontre de l'action réalisée en milieu naturel. En effet, lorsque l'action est limitée par les circonstances de l'expérience, on note une activation uniquement de la voie ventrale, ce qui équivaut selon le modèle de Goodale et Milner à la vision pour la perception. En d'autres termes, lors d'expériences où le sujet est limité dans ses actions par rapport à ce qu'il connaît habituellement lors de conditions réelles, le sujet n'utilise qu'une partie de ses ressources, plus particulièrement celles faisant appel au jugement perceptif n'impliquant aucune action. Bien évidemment en milieu naturel, il y a un couplage de ces deux voies contribuant au bon fonctionnement ainsi qu'à une réponse adaptée à la situation se trouvant face à lui. Dicks et collaborateur (2010) ainsi que Van Maarseveen et son équipe (2018) ont pu mettre en évidence que les tâches réalisées en laboratoire comme répondre à l'aide d'un joystick ou répondre verbalement ne pouvaient être prédictives des performances dans le sport pratiqué par le sujet. Ce questionnement a amené les

chercheurs à explorer l'activité oculaire comme faisant partie intégrante de l'action à accomplir. Ainsi, Gegenfurtner et son équipe (2011) lors d'une méta-analyse sur l'utilisation de l'eye-tracking dans le monde professionnel ont pu montrer que la différence entre les experts et les novices s'accroît en fonction de la complexité et du contrôle que demande une action. Hütterman et son équipe (2018) dans une méta-analyse sur l'utilisation de l'eye-tracking dans le sport de haute-performance, ont établi que 69 % des études réalisées sur ces trente dernières années ont été faites en demandant une réponse « naturelle », sans restriction de mouvement, au participant et que de telles études écologiques ont commencé à voir le jour à la fin du XX^{ème} siècle.

La miniaturisation des éléments technologiques a également eu un apport considérable sur la recherche de l'activité oculaire. Moins volumineux, moins contraignant pour le sportif, l'eye-tracking a pu sortir du laboratoire pour se rapprocher des terrains. Le mode de présentation des stimuli a fait l'objet d'un débat dans la communauté scientifique. Mann et son équipe (2007) ont mis en évidence dans une méta-analyse que le mode de présentation des stimuli avait un impact sur les performances relevées. Ils ont établi que plus le mode de présentation des stimuli était proche de celui auquel est confronté un sportif dans son activité spécifique plus l'effet de l'expertise était prononcé dans le comportement oculaire mais également dans la prise de décision.

Dans le sport, les études réalisées à l'aide de l'eye-tracking sont nombreuses. Kredel et son équipe (2017) dans leur méta-analyse regroupant soixante recherches ont établi que vingt et un sports avaient été étudiés durant les quarante dernières années. Principalement des sports collectifs avec une surreprésentation du Football (30%), puis les sports de raquettes, principalement le Tennis, les sport de combat avec une première étude réalisée dès 1995 (Ripoll et al.) et enfin les sports d'endurance comme le cyclisme. Toutes ces recherches effectuées sur le comportement oculaire du sportif se sont appliquées à obtenir trois types de données :

- Les durées des fixations et des saccades
- Le nombre de fixations
- La dynamique du mouvement oculaire

Ces nombreuses recherches permettent d'en savoir plus sur le comportement oculaire des sportifs durant leur activité. Cependant toutes ces données extrinsèques au sujet indiquent ce que le sportif fixe du regard, sans que l'on soit certain qu'il y porte toute son attention pour en tirer une information. Ces dispositifs d'eye-tracking ne donnent qu'une indication sur

l'orientation de la fovéa, alors que dans de nombreux sports, l'intégration d'informations se fait également par la vision para-fovéale et périphérique (Williams & Davids, 1998).

C'est pourquoi certains chercheurs se sont appliqués à coupler les informations extraites grâce au dispositif de eye-tracking avec des données verbales permettant de confronter les données extrinsèques avec les informations pertinentes retenues par l'expert dans le déroulement de son action ; on les désigne méthodes mixtes.

3.3) Vers des méthode mixtes ?

Bien que de nombreuses perspectives concernant l'exploitation de protocole verbaux aient été proposées dans la littérature, à ce jour, seulement trois recherches ont été réalisées en croisant des données recueillies grâce à l'eye-tracking et avec des données verbales. Deux méthodes ont été utilisées pour obtenir ces données. La première, utilisée par Williams et Davids (1997), est la verbalisation en cours d'action, consistant à décrire son focus visuel durant la réalisation d'une tâche spécifique. Durant leur recherche, ils ont mis en place un protocole où le sujet devait nommer l'endroit qu'il regardait ainsi que les informations qu'il prenait en compte pour prendre sa décision. Dans une première expérience où les informations étaient extraites par la vision centrale, les chercheurs ont mis en évidence la congruence des rapports verbaux avec les données enregistrées par Eye-tracking. Ce résultat n'a pas pu être mis en évidence dans une seconde expérience impliquant la vision périphérique.

La deuxième méthode utilisée est celle du rapport verbal après exécution de la tâche (Milazzo, Farrow et al., 2016; Vater, Luginbühl, et al., 2019). Dans ces deux recherches, après l'exécution d'une action il est demandé au sujet de répondre à une série de questions concernant son activité visuelle et attentionnelle. Dans celle menée par Milazzo et son équipe (2016) avec des experts et des novices en Karaté, différentes attaques filmées étaient projetées les unes à la suite des autres sur un écran. Le sujet devait répondre aux différentes attaques projetées de manière naturelle en exécutant un mouvement. Après cette série, le sujet devait répondre à une question concernant ses pensées durant le test, et une concernant les différentes séquences d'attaques. L'analyse verbale a été réalisée à l'aide du modèle RPD, ce qui leur a permis de comprendre comment l'expert reconnaissait une situation dans un environnement spatio-temporel restreint.

Dans la recherche menée par Vater et ses collaborateurs (2019), l'objectif était de mettre à jour l'activité de la vision périphérique au football dans une phase défensive. Pour ce faire, ils ont réalisé une expérience en deux temps. Le premier où le sujet était invité à participer à une opposition 3 contre 3 avec un dispositif d'eye-tracking. Tout de suite après cette opposition, le sujet était invité à répondre à des questions sur les phases de jeu qu'il venait de jouer. Pour ce faire durant l'interview un tableau aimanté avec des pions dessus ont permis de recréer en 2D les phases de jeu précédemment jouées. Les données verbales ont ensuite été traitées de manière inductive avec une attention particulière portée sur la vision périphérique.

Les nombreuses recherches utilisant ces différentes méthodes permettent d'établir une constante entre les experts et les novices quant à leur exploration visuelle.

4) État des lieux des résultats sur les stratégies visuelles dans le sport

L'ensemble des recherches sur l'exploration visuelle de scène réalisées avec des experts montrent qu'ils sont beaucoup plus économes dans leur mouvements oculaires que les novices. Ils utilisent moins de fixations que les novices (...) mais ces fixations sont souvent plus longues. Cette conclusion peut s'expliquer par deux éléments :

- L'expert utilise des stratégies d'exploration visuelle qui limitent les mouvements saccadiques et donc la non-prise d'information (Kowler, 2011)
- Les zones visées par l'expert semblent être plus riches en informations que celles fixées par le novice

Les performances plus économiques de l'expert sur le novice ont été démontrés dans de nombreux sports, comme en Baseball (Kato & Fukuda, 2002), en Tennis (Murray & Hunfalvay, 2017), en Hockey sur Glace (Martell & Vickers, 2004), en Volley-Ball (Piras, Lobetti et al., 2010, 2014), en Football (Nagano et al., 2004, 2006; Roca et al., 2011; Savelsbergh et al., 2002, 2005), en Karaté (Milazzo, Farrow et al., 2016) et en Judo (Piras, Pierantozzi, et al., 2014).

L'apport des méthodes mixtes n'est pas négligé dans la compréhension des processus sous-jacent aux stratégies d'exploration visuelle, par exemple, les conclusions de la recherche de Milazzo et son équipe (2016) ont été que les experts utilisaient plus de processus cognitifs relatifs à la reconnaissance typique de scène que les novices, ce qui peut s'expliquer par une base de connaissance construite grâce à l'expérience. Ces résultats sont en adéquations avec d'autres travaux portant sur la prise de décision intuitive des experts dans les sports collectifs

(Bossard et al., 2010 ; Kermarrec & Bossard, 2014 ; Le Menn et al., 2019). Bien que certaines méthodes ne semblent pas adaptées pour l'étude de la vision périphérique comme par exemple celle de Williams et Davids (1997) qui a échoué à obtenir des résultats grâce à une verbalisation en cours d'action durant une tâche d'extraction d'information par la vision périphérique. Les auteurs ont noté une baisse des performances, comme si leur verbalisation avait un impact négatif sur la prise de décision. Les auteurs ont conclu que durant l'extraction d'information par la vision périphérique, le fait de les verbaliser entraînait un effet de double-tâche limitant les performances, car ils devaient conscientiser une action inconsciente. Celle au contraire de Vater et son équipe (2019) réalisée dans le cadre d'une au Football avec un rappel différé stimulé par l'explication de l'action sur un tableau aimanté a pu mettre en évidence que la vision périphérique était majoritairement utilisée pour monitorer les actions des autres joueurs.

Concernant le Golf, l'étude du Quiet-Eye a également permis de mettre à jour des différences entre experts et novices. Par exemple, des recherches ont porté sur les différences d'activité visuelle entre experts et novices au putting (Campbell et al., 2019; Klostermann et al., 2014; Mann et al., 2010). Il en ressort que les experts ont une durée de Quiet-Eye supérieure aux novices et également de meilleures performances. D'autres recherches ont préféré observer les différences de performances au putting en fonction de la durée de ce Quiet-Eye (Causer et al., 2017 ; Mann et al., 2011 ; Moore et al., 2013), la performance étant évaluée en fonction d'un putt rentré ou non. Il en ressort que le Quiet-Eye dure plus longtemps quand le putt est rentré que lorsqu'il est manqué. D'autres recherches ont proposé d'étudier les différences de durée de Quiet-Eye en fonction de la pente du green. Celles-ci concluent que la durée du Quiet-Eye n'est pas influencé par le degré de la pente (Wilson & Pearcy, 2009). Cependant cette pente influence l'activité oculaire, avec des augmentations de durée de fixations en fonction du degré de la pente, et ces fixations portant sur l'endroit le plus haut de la pente (Van Lier et al., 2010).

Ces recherches ne se cantonnent pas à l'exercice du Putting et du Golf en général ; par exemple, Williams et son équipe (2002), ont mis à jour les mêmes différences entre experts et novices au Billard. Enfin ces différences sont également apparues au Hockey sur Glace lors des phases de tirs (Panchuk & Vickers, 2006) et en Football durant la phase de tir, où les experts avaient des fixations plus longues que les novices lors de leur dernière fixation avant de frapper la balle (Nagano et al., 2006).

5) Problématique/Rationnel

5.1) État actuel des connaissances

Cette revue de littérature a dégagé trois stratégies d'exploration visuelle pour l'acquisition d'informations nécessaires au processus décisionnel. Le *point fovéal* permettant une extraction détaillée d'information sur un point précis fixé à l'aide de la vision centrale sans prêter attention aux informations provenant de la vision périphérique. L'*ancrage visuel* qui permet d'obtenir des informations grâce à la vision périphérique à l'aide d'une fixation de la vision fovéale sur un point situé au centre des différentes zones d'informations potentielles. Enfin, le *pivot visuel* qui utilise la vision périphérique pour connaître le prochain point de fixation. À celles-ci s'ajoute le Quiet-Eye permettant une extraction des informations dans le but de la préparation à une action motrice. Il est défini comme la dernière fixation avant la mise en action.

Les méthodes pour étudier ces différentes stratégies sont les méthodes indirectes et les méthodes directes. Les méthodes indirectes reposent sur le paradigme de l'occlusion, permettant de cacher au sujet différentes parties de la scène observée afin de faire ressortir les éléments saillants ayant un impact sur la prise de décision. Les méthodes directes se focalisent sur l'utilisation de l'Eye-tracking qui permet de mesurer directement l'activité oculaire d'un individu. Enfin une troisième voie commence à voir le jour par l'intermédiaire d'un croisement de données objectives obtenues grâce à l'eye-tracking avec des données subjectives récoltées à l'aide de questionnaire ou de rapports verbaux.

Il ressort de la littérature sur les différentes stratégies d'exploration visuelle chez le sportif que les experts utilisent des stratégies plus économiques que les novices ; il a été démontré à maintes reprises que les experts fixaient moins de points que les novices mais que leur durée de fixation était plus longue. La différence entre expert et novice a été également mise à jour pour le Quiet-Eye avec des durées de dernière fixation plus longue chez les experts. De plus, le Quiet-Eye serait plus long lors d'une performance réussie.

5.2) Ce qu'il reste à investiguer

La plupart des recherches faites en Golf portent sur le Quiet-Eye. Ces recherches ont été menées dans des environnements fermés, où l'environnement ne jouait aucun rôle. On peut s'interroger sur la transférabilité des résultats dans des conditions écologiques proches de celles

rencontrées par le golfeur durant sa pratique. De plus, l'activité visuelle du golfeur commence bien avant l'instant où il frappe la balle ce qui implique d'investiguer selon nous, la prise d'information précédant l'initialisation du coup.

Les méthodes mixtes semblent être un bon compromis pour comprendre les zones d'intérêt du sportif durant l'exécution d'une tâche en milieu naturel. Les trois recherches faites en proposant un croisement entre données objectives et subjectives n'ont pu faire apparaître de véritable conscientisation d'une stratégie oculaire particulière. On peut s'interroger sur l'utilisation du retour verbal direct durant l'exécution ainsi que le questionnaire après exécution de la tâche pour amener le sujet à exprimer une stratégie d'exploration visuelle. D'autres types de méthodologie exploitant les possibilités de verbalisation (rappel stimulé, auto-confrontation, explicitation) des sportifs sont possibles aujourd'hui et n'ont pas été testées.

5.3) Notre positionnement

L'examen de la littérature nous amène à nous interroger sur l'utilisation au golf du Quiet-Eye en milieu naturel, en complément, il nous semble pertinent d'investiguer le type d'informations utilisées par le golfeur avant la mise en place du Quiet-Eye. Premièrement, nous essaierons de répondre à l'hypothèse de l'existence du Quiet-Eye en milieu naturel. Nous pouvons également nous interroger sur l'utilité des stratégies visuelles précédant le Quiet-Eye ainsi que de leur apport à celui-ci. Enfin d'un point de vue méthodologique, il nous semble pertinent de nous interroger sur la contribution des entretiens d'auto-confrontation à la compréhension des stratégies d'exploration visuelle déployées par les golfeurs.

Dans ce travail exploratoire, nous proposons d'utiliser une méthode mixte pour étudier l'exploration oculaire d'un golfeur durant sa pratique. La méthode s'appuiera sur un dispositif d'Eye-tracking afin de relever l'activité visuelle du golfeur avant et pendant le Quiet-Eye. Cette première étape se déroulera sur un parcours de golf afin de coller au plus près des conditions de pratique réelle de ce sport. Dans un second temps, un entretien d'auto-confrontation sera mené avec comme support la vidéo de la scène enregistrée sans le curseur indiquant l'activité de la vision fovéale afin de ne pas influencer les propos du golfeur. Nous mobiliserons 2 études de cas, pour explorer les stratégies visuelles des golfeuses en milieu naturel.

2e chapitre : Méthodologie

1) Participants

Deux golfeuses, sollicitées par les entraîneurs du Pôle France, ont participé à cette étude. La première, âgée de 16 ans ayant 9 années de pratique et inscrite au Pôle Espoir (Participante 1, P1). La seconde dépendant du Pôle France, âgée de 19 ans et ayant 11 années de pratique (Participante 2, P2). Nous n'avons pu établir avec elles leur index d'handicap mais chacune a participé à des tournois internationaux jeunes dans les deux dernières années. Avant le début de la recherche, elles ont rempli un formulaire de consentement, signé de l'intéressée ou de son représentant légal dans le cas de la joueuse mineure (Annexe 1).

2) Recueil des données

Pour cette recherche, deux types d'enregistrements ont été effectués, l'un audio-visuel portant sur le comportement oculaire de la joueuse durant trois trous sur le parcours de l'Albatros (Golf National, France) ; l'autre est un enregistrement vidéo des entretiens d'auto-confrontation effectués juste après la pratique.

Les données d'observation ont été recueillies grâce à l'enregistrement audio-visuel provenant de lunettes de suivi de regard, *Pupil Invisible* (*Pupil Labs*©) qui permettent un enregistrement du comportement oculaire dans des environnements variés. La technologie utilisée par ces lunettes les rendent plus robustes aux variations de l'environnement. Les systèmes classiques de suivi de regard utilisent des caméras infrarouges qui visent la fovéa et enregistrent ses déplacements directement afin d'obtenir avec précision l'endroit fixé en vision centrale. Ici, le système utilisé est une intelligence artificielle (IA) qui enregistre les positions de la pupille. Ces données sont ensuite traitées par l'IA pour faire apparaître sur la vidéo de scène le comportement du point de fixation du sujet. Ce système indirect, est moins précis que les autres systèmes disponibles sur le marché mais cette technologie permet une utilisation dans des conditions variées de l'environnement où les différences d'intensité lumineuse n'ont que très peu d'impact sur la validité des données obtenues.

L'enregistrement des vidéos n'est possible qu'avec une association par câble des lunettes de suivi de regard (*Pupil Invisible*) à une application portable (*Invisible Companion App*) développée également par la société Pupil Labs©. Ce téléphone est placé dans une banane portée par l'utilisateur.

Les données enregistrées sont compilées dans un logiciel, *Pupil Player* également fourni par la société *Pupil Labs*© qui associe les enregistrements vidéo des deux pupilles du sujet à la vidéo de scène pour créer une seule vidéo où apparaît sur la scène une croix représentant le point de fixation du sujet.

Enfin, les données de verbalisation, obtenues à l'aide d'entretiens d'auto-confrontation individuel réalisé à l'issue de la phase d'enregistrement des données observationnelles ont été enregistrées grâce au logiciel d'enregistrement vidéo « OBS ». Ce logiciel permet de fusionner les données parvenant d'une webcam, du micro ainsi que toutes les données apparaissant sur l'écran. L'image obtenue présente donc la vidéo de la performance, au centre, un encadré situé en haut à gauche montrant la vidéo de la webcam et l'audio de l'entretien.

Durant ces entretiens d'auto-confrontation, le chercheur et la golfeuse ont visionné ensemble l'intégralité de la vidéo de la performance, au cours de laquelle le chercheur invitait la golfeuse à décrire et commenter son activité durant la pratique. À tout moment, la golfeuse ou le chercheur, pouvait arrêter le défilement de la vidéo et/ou revenir en arrière. Pour cet entretien un guide d'entretien a été réalisé en amont (Annexe 2).

L'intérêt de tels entretiens est de confronter l'acteur aux traces vidéo de son activité, afin qu'il la décrive et la commente (Theureau, 1992). Ces traces sont présentées pour favoriser le rappel des éléments effectivement mobilisés lors des phases de jeu (Bossard et al., 2010). Durant l'entretien le chercheur tente de placer l'acteur dans une position et un état mental favorable à la reviviscence et à l'explicitation de son activité. Dans le cas de nos entretiens, le chercheur a amené l'acteur à expliciter les moments précédents la réalisation du coup afin de faire apparaître les indices saillants pris en compte pour engager un processus décisionnel. Plus particulièrement, l'objectif de ces entretiens était d'obtenir des golfeuses l'explicitation de leur activité visuelle. Le non-partage d'une culture sportive commune entre le chercheur et l'acteur a pu guider ce dernier vers un registre explicatif, l'éloignant de la situation réelle dans laquelle il est supposé se replonger. Cependant, par la naïveté de certaines questions posées, cette situation a permis à l'acteur de conscientiser des pratiques qu'il avait totalement automatisées.

3) Procédure

La golfeuse équipée des lunettes de suivi de regard a effectué deux trous « de chauffe » afin qu'elle puisse s'habituer au dispositif. À l'issue de ceux-ci, l'enregistrement commençait et s'étendait sur l'entièreté des trois trous, soit un enregistrement d'une durée de 45 minutes. A la fin de chaque trous, une recalibration des lunettes était effectuée afin de palier d'éventuels mouvements parasites ayant pu décaler la calibration.

À l'issue de l'enregistrement, la golfeuse était conviée à participer à un entretien d'auto-confrontation. La vidéo proposée à la joueuse durant ces entretiens était la vidéo de sa performance en vue subjective. Cette vidéo n'était pas accompagnée du suivi du regard symbolisé par une croix afin de ne pas influencer la golfeuse dans l'explicitation de ses comportements durant la pratique.

4) Analyse ou traitement des données

Le traitement des données acquises grâce au dispositif d'eye-tracking s'est organisé autour de trois paramètres. Le premier évalue la stratégie d'exploration visuelle de la golfeuse durant les coups, définie par des points de fixations et des transitions entre ceux-ci et leurs récurrences éventuelles. Le deuxième, est la durée des fixations oculaires sur les différents indices pertinents de la scène observée par la golfeuse. Cette mesure est réalisée en visualisant la vidéo image par image et en comptant le nombre d'image où le curseur reste fixé sur une zone. Ensuite ce nombre d'image fut multiplié par 34, car la vidéo a été enregistrée à 29,4 image par secondes soit une fréquence d'enregistrement de 30 Hz.

$$\text{Temps écoulé durant une image} = \frac{1000 \text{ ms}}{29,4} = 34 \text{ ms}$$

Le dernier est la durée du Quiet-Eye. Il est défini comme la fixation finale sur la balle de golf avant l'initiation du backswing (Vickers, 2007). Le Quiet-Eye au Golf est défini par trois phase, le QE-Pré qui est défini comme la dernière fixation sur la balle avant l'initiation du backswing. Le QE-Online déterminé par l'intervalle de temps entre le début du backswing et le contact entre la balle et la face du club. Enfin le QE-Dwel est défini comme l'intervalle de temps entre le contact de la balle et le moment où le regard décroche pour suivre la balle

(Vickers, 2007). La durée totale du Quiet-Eye a été calculé comme l'intervalle de temps entre le QE-Pré et le QE Dwell.

Le traitement des entretiens d'auto-confrontation a été réalisé après la première phase d'analyse des résultats. Ce traitement des verbatims s'est opéré autour des stratégies d'exploration visuelles mises à jour durant la première phase. Il s'est voulu empirique au vu de la littérature scientifique et de la nature de la recherche menée. Cependant l'idée de ce traitement était de mettre à jour d'éventuels processus conscients d'exploration visuelle.

3e chapitre : Résultats

L'analyse des données nous a conduit à distinguer deux types de coups :

1. Les coups dits « longues distances », qui commencent lorsque la golfeuse est tournée à 90° par rapport à la cible et placée devant sa balle. Cette phase se termine dès que la balle est en mouvement.
2. Les coups dits de putting qui débutent lorsque la golfeuse est tournée à 90° par rapport à l'axe défini par la balle et le trou et placée devant sa balle et se termine dès que la balle est en mouvement.

Pour analyser chacune de ces phases, nous nous sommes intéressés aux points suivants :

- Durée des fixations oculaires
- Séquences d'exploration oculaire
- Confrontation avec le verbatim des entretiens d'auto-confrontation
- Quiet-Eye

La présentation des résultats se fera par participante et nous analyserons les coups « longue distance » puis les coups de putting.

Remarque : Durant l'enregistrement en conditions réelle, les deux participantes exécutent d'autres actions que le coup, comme une construction d'un axe, ou la recherche d'intensité sur la phase de putting. Ces différences ne seront pas traitées dans cette étude, cependant elles sont détaillées en Annexe 3.

1) Participant 1

1.1) Les coups « longue distance »

1.1.1) Durée moyenne des fixations sur les différents indices

Tableau 1 : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup de Participant 1 durant la phase de swing sur l'ensemble des coups « longues distances »

Swing Participant 1	Moyenne ; Écart-type	Occurrence par coup
Cible (C) ($n = 10$)	1187 ; 610	2
Point de repère Bas (P) ($n = 11$)	592 ; 310	2,2
Balle (B) ($n = 22$)	1073 ; 544	4,4

La cible (C) indique le point de fixation située dans la partie haute de la scène. Le point de repère Bas (P) indique le point de fixation situé près de la balle au sol. La Balle (B) désigne le point de fixation sur la balle

L'occurrence par coup indique le nombre moyen de fixation de chaque type ; par exemple, P1 a fixé la cible en moyenne deux fois.

Le point de repère Bas (P) est fixé deux fois moins longtemps que la cible (B) ou que la Balle (B). De plus la fixation sur la Balle (B) est l'élément qui présente deux fois plus d'occurrences par coup.

Remarque : La précision de l'eye-tracking étant trop faible pour déceler sur les vidéos l'intervalle séparant la face du club et la balle, toutes ces fixations sont assimilées Balle (B).

1.1.2) Séquence d'exploration oculaire

Cette exploration oculaire comporte trois points de fixations, la Balle (B), le point de repère Bas (P) et la cible (C) avec un total de huit transitions. Deux types de séquences ont été identifiées. Le premier permettant le positionnement de la face du club perpendiculairement à l'axe imaginé. Il est constitué de deux allers-retours (quatre transitions, noté 1,2,3,4) de la Balle (B) au point de repère Bas (P). Le second permettant la visée à la cible, est constitué de deux allers-retours (quatre transitions, noté 5,6,7,8) de la Balle (B) à la cible (C).

La séquence d'exploration visuelle de P1 est constante sur l'ensemble des données observées. Il semble donc que cette séquence d'exploration oculaire pour P1 soit assez bien stabilisée pour les coups « longue distance ».

1.1.3) Confrontation avec les verbatim des EAC

L'explication lors de l'entretien d'auto-confrontation vient en contradiction avec les données relevées par l'analyse de la vidéo de l'eye-tracking. Sur les sept coups joués à « longue distance », un seul était en concordance avec les dires de P1.

Chercheur - *Et là quand tu fais ces aller-retours, tu contrôles avec ton axe ?*

Participante 1 - *Oui, la face du club si elle est sur l'axe et je regarde le drapeau aussi*

Ch - *Tu regardes trois choses : ton axe imaginé, le drapeau...*

P1 - *... La face de club je reviens [Pts de repère bas] et ensuite le drapeau*

Et quelque instant plus tard, ajoute :

P1 - *Là je regarde la cible [...]*

P1 - *Ben il y a un aller-retour là, un deuxième à la cible et un troisième là je pense*

Ch - *C'est quoi là ?*

P1 - *Le point de repère qui est au sol, ensuite je vais à la cible, point de repère, cible après je tape.*

L'explication de P1 est reportée en bleu sur la figure 1 (p.29). On constate l'écart avec les indications orange représentant les relevés de l'eye-tracking.

1.1.1) Quiet-Eye

Tableau 2 : Durée moyenne (en ms) du Quiet-Eye de Participante 1 durant la phase de swing sur l'ensemble des coups « longues distances »

Quiet-Eye Swing P1	QE – Pré	QE – Online	QE - Dwell	Total
Moyenne	861	986	/	1683
Écart-type	90	158	/	419

Sur ce tableau on peut noter que le QE-Online à la durée moyenne la plus longue. On remarque également que l'écart-type du QE-pré est faible ce qui indique une certaine constance de cette phase sur l'ensemble des coups « longue distance ». Enfin l'analyse des données de l'eye-tracking n'a pu mettre en évidence une fixation du regard après que P1 est frappé la balle.

Figure 1 : Séquence d'exploration visuelle de Participante 1 durant la phase de Swing

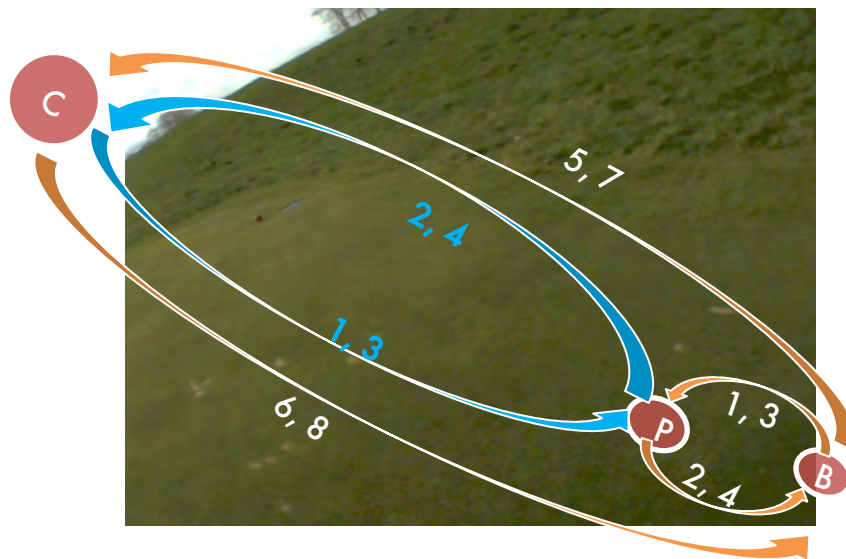


Figure schématique de la séquence d'exploration visuelle utilisée par Participante 1 durant la phase de shot sur l'ensemble des coups « longue distance »

C : Cible ; P : Point de repère Bas ; B : Balle

Les flèches représentent la transition du regard entre deux points de fixations

Les nombres indiquent la séquence chronologique des transitions.

Cette légende s'applique à l'ensemble des figure des séquences d'exploration visuelle

1.2) Coup de putting

1.2.1) Durée moyenne des fixations sur les différents indices

Tableau 3 : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup de Participante 1 durant la phase de putt

Phase de putt Participante 1	Moyenne ; Écart-type	Occurrence par coup
Balle ($n = 12$)	1125 ; 688	3
Trou ($n = 17$)	695 ; 600	4,3
Zone 1 ($n = 2$)	731 ; 120	0,5
Zone 2 ($n = 7$)	261 ; 144	1,8
Zone 3 ($n = 5$)	245 ; 78	1,3

Remarque : La précision de l'eye-tracking étant trop faible pour déceler sur les vidéos l'intervalle séparant la face du club et la balle, toutes ces fixations sont assimilées Balle (B).

On note deux points de fixations, le Trou et la Balle. Ensuite P1 vient fixer 3 autres zones, *zone 1*, *zone 2* et *zone 3*. Le nom des zones a été choisi pour simplifier la lecture des résultats, lors de l'analyse de l'eye-tracking, les points de fixation de P1 étaient placés sur 3 zones différentes entre la balle et le trou : une zone proche de la balle, *zone 1*, une zone intermédiaire équidistante du trou et de la balle, *zone 2* et enfin la *zone 3* la plus proche du trou.

1.2.2) Confrontation avec les verbatim des EAC

P1 durant l'entretien d'auto-confrontation a mis en évidence une routine sur l'ensemble des puttings. Dans un premier temps, P1 aligne la tête de son club avec la balle :

Participant 1 - Je me place devant la balle, je vérifie qu'elle est au centre de la tête [du club]. Après j'aligne la tête [du club] en fonction de là où je veux qu'elle [la balle] parte. Et après je regarde la balle pour putter.

Dans un second temps, P1 porte son regard sur la courbe imaginée, qui décrit le parcours de la balle entre son point de départ et le trou.

P1 - J'arrive, je pose la tête de club, ensuite je me prépare, je mets mes pieds et je vise l'axe que je veux, enfin la courbe, après je regarde le trou, enfin l'entrée du trou, là où elle tombe et après je putt

Ch - L'ordre c'est quoi alors : face, axe et trou ?

P1 - Face, trou, les pieds, la courbe et ensuite où elle tombe dans le trou.

Cette visualisation interne de la courbe qu'emprunte la balle est accompagnée de fixations de transitions sur les différentes zones (*zone 1*, *zone 2* et *zone 3*) mises en évidence par les données de l'eye-tracking.

1.2.3) Quiet-Eye

Tableau 4 : Durée moyenne (en ms) du Quiet-Eye de Participante 1 durant la phase de putt

Quiet-Eye Putt P1	QE – Pré	QE – Online	QE - Dwell	Total
Moyenne	714	723	/	1437
Écart-type	182	58	/	153

On note sur ce tableau une similarité dans la durée moyenne des deux premières phases. Il est également à noter l'écart-type du QE-Online qui indique une constance sur l'ensemble

des putts joués. Enfin le QE-Dwell n'a pu être mis en évidence avec les données de l'eye-tracking.

2) Participant 2

2.1) Les coups « longue distance »

2.1.1) Durée moyenne des fixations sur les différents indices

Tableau 5 : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup de Participant 2 durant la phase de swing sur l'ensemble des coups « longues distances »

Swing Participant 2	Moyenne ; Écart-type	Occurrence par coup
Cible (C) ($n = 17$)	508 ; 216	2,4
Point de repère Bas (P) ($n = 22$)	499 ; 268	3,1
Balle (B) ($n = 39$)	550 ; 392	5,6

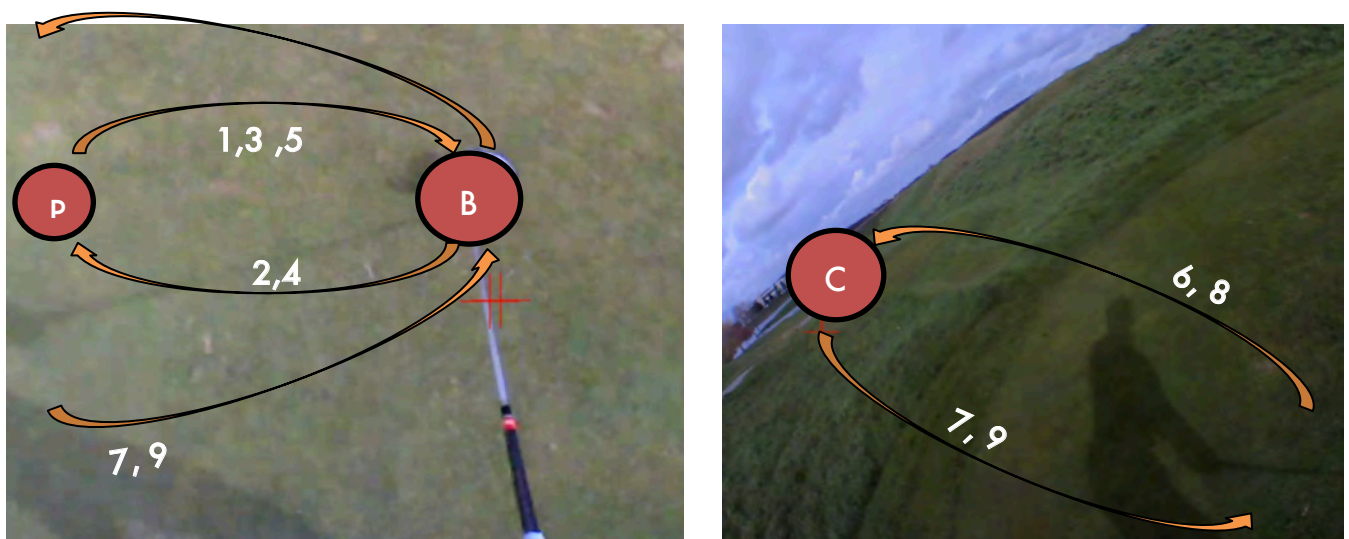
Toutes les durées moyenne de fixations sont du même ordre de grandeur, et avoisine une demi seconde. Pour P2 également la fixation sur la Balle (B) est l'élément qui présente environ deux fois plus d'occurrences par coup.

De plus, nous avons observé dix décrochages sur l'ensemble des points fixés consistant en une perte temporaire ($M_{\text{décrochage}} = 320$ ms) de cette fixation, sans se porter sur un autre point particulier et en revenant sur le point précédemment fixé.

2.1.2) Séquence d'exploration oculaire

Deux séquences d'exploration visuelle distinctes semblent se dégager durant cette routine de Swing. La première concerne les allers-retours entre la face du club (B) et le point de repère Bas (P). Celle-ci semble permettre à P2 d'aligner la tête de son club avec l'axe imaginaire préalablement créé durant la phase d'alignement. La seconde correspond aux allers-retours entre la cible (C) et le point de repère Bas (P) ou la Balle (B). Cette stratégie semble permettre à la golfeuse de préparer sa frappe de balle.

Figure 2 : Séquence d'exploration visuelle de Participante 2 durant la phase de swing



*Figure représentative de la séquence d'exploration visuelle utilisée par la joueuse 2 durant la routine Swing
La légende de la figure 1 s'applique ici*

2.1.1) Confrontation avec les verbatim des EAC

L'étude des données de l'eye-tracking a pu mettre en évidence une grande variabilité dans les occurrences des points de fixations. Une différence de seize points fixés a pu être observée entre la séquence d'exploration visuelle la plus courte et la plus longue. Cette différence s'explique par un nombre important de saccades et de décrochages dans la séquence la plus longue. Cette longueur de séquence est confirmée par les dires de P2.

Participante 2 - Là j'avais du vent et des larmes, je n'arrivais pas à prendre mon repère. Je me suis entêtée, je me suis dit « non c'est bon » et en fin de compte... ça fait un coup de m.... Absolument pas prête sur ce coup-là. J'ai failli louper la balle.

Ch - Tu la prise pointe ?

P2 - Ah oui grosse pointe

P2 a également pu expliciter les derniers instants précédant la frappe de balle :

P2 - Pour une première fois, je m'aligne je me cale, en fait je mets mes pieds, après je vais regarder si je suis bien. Et en fait dans ma tête [elle se lève] je me dis balle/cible et en gros je me mets là [fais semblant de regarder la balle qui se trouve à ses pieds] et je dis balle et le dernier coup d'œil je fais cible et après je tape.

2.1.2) Quiet-Eye

Tableau 6 : Durée moyenne (en ms) du Quiet-Eye de Participant 2 durant la phase de swing sur l'ensemble des coups « longues distances »

Quiet-Eye Swing P2	QE – Pré	QE – Online	QE - Dwell	Total
Moyenne	748	1083	/	1831
Écart-type	215	134	/	300

Sur ce tableau, on peut noter une durée moyenne supérieure à 1 seconde pour le QE-Online.

2.2) Coup de putting

2.2.1) Durée moyenne des fixations sur les différents indices

Tableau 7 : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup de Participant 2 durant la phase de putt

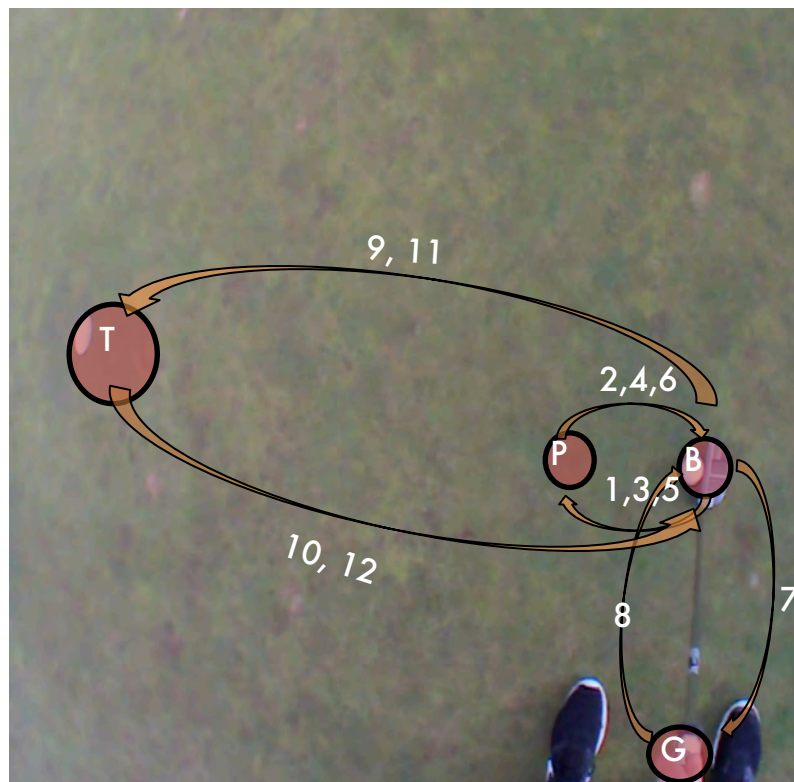
Visualisation Participant 2	Moyenne ; Écart-type	Occurrence par coup
Balle (B) ($n = 37$)	401 ; 300	9,3
Point de repère Bas (P) ($n = 25$)	441 ; 170	6,3
Trou (T) ($n = 8$)	242 ; 69	2
Grip (G) ($n = 4$)	136 ; 48	1

P2 fixe quatre points durant la phase du putt, la balle (B), le trou (T), le point de repère Bas (P) et son grip (G).

Pour P2, l'entretien d'auto-confrontation n'a pas permis de mettre en évidence une routine particulière durant la phase de putt. L'analyse s'est uniquement basée sur les données recueillies grâce à l'eye-tracking.

La séquence d'exploration visuelle utilisée par P2 durant la phase d'alignement semble correspondre avec celle vu précédemment concernant le swing sur les coups « longue distance ». Tout d'abord de nombreux allers-retours entre la balle ou la face du club et un point de repère situé à l'avant de la balle. Ensuite l'exploration visuelle consiste à fixer le trou puis à revenir sur la balle et cela deux fois de suite avant de fixer la balle et d'engager son coup. L'élément supplémentaire durant cette phase est que ces deux explorations sont séparées par un aller-retour bref sur le grip du club, afin que P2 puisse placer ses mains.

Figure 3 : Séquence d'exploration de Participante 2 durant la phase de putt



*T : Trou ; P : Points de repère Bas ; B : Balle ou Face de club ; G : Grip
La légende de la figure 1 s'applique ici*

2.2.2) Quiet-Eye

Tableau 8 : Durée moyenne (en ms) du Quiet-Eye du Participante 2 durant la phase de putt

Quiet-Eye Putt P2	QE – Pré	QE – Online	QE - Dwell	Total
Moyenne	618	810	/	1428
Écart-type	177	66	/	212

Le QE-Online à une durée moyenne supérieur au QE-Pré. De plus, l'écart-type du QE-Online est faible (66 ms) ce qui indique une constance de cette phase sur l'ensemble des putts réalisés.

4e chapitre : Discussion

1) Introduction

L'objectif de notre travail exploratoire était de décrire et comprendre les stratégies d'exploration visuelle ainsi que les indices pertinents relevés sur la scène par des golfeuses du pôle France en situation naturelle, de manière complémentaire, nous cherchions à identifier si le Quiet-Eye pouvait être observé dans des conditions naturelles.

La discussion est organisée en trois parties : 1) les coups « longues distances », 2) le putting et 3) le Quiet-Eye. Dans les deux premières parties, nous traiterons des informations pertinentes retenues par les participantes pour jouer leur coup et des stratégies d'exploration visuelles. Dans la dernière partie nous traiterons du Quiet-Eye, et comparerons les durées entre coups « longue distance » et putting par rapport aux résultats de la littérature récente.

2) Les coups « longue distance »

Notons tout d'abord, que les trois points : Balle (B), Cible (C) et Point de repère Bas (P) sont les seuls et uniques points fixés par les participantes de cette étude. C'est une constance autant inter-individuelle (entre P1 et P2) qu'intra-individuelle (entre les différents coups « longue distance »). Ceci nous permet de considérer ces trois points comme les indices pertinents pris en compte par les participantes pour exécuter leur coup.

L'analyse des données de l'Eye-tracking indique deux phases dans la préparation d'un coup. La première phase est une période d'alignement de la tête du club avec l'axe créé entre le point de repère Bas (P) et la cible (C). Elle comporte quatre fixations, deux sur le point de repère Bas (P) et deux sur la Balle (B) et quatre transitions entre ces deux points, soit deux allers-retours. Cette première phase est commune aux deux participantes, bien que P1 entame ce cycle par une première fixation sur la balle (B) alors que P2 commence en fixant le point de repère Bas (B). Cette phase est consacrée à placer correctement la face du club perpendiculairement à l'axe imaginé [P-C]. Les deux participantes utilisent leur vision centrale afin d'extraire le plus d'informations possible pour créer un alignement idéal. Nous proposons

d'associer cette stratégie à celle du *point fovéal* décrit par Vickers (1996) avec des joueurs de Basket-Ball qui focalisent leur regard sur le panier. C'est une phase essentielle de la performance car elle permet un premier ajustement évitant une déviation de la balle en raison d'un mauvais alignement.

La seconde phase peut être catégorisée comme une phase de visée qui permet de se représenter mentalement la trajectoire de la balle durant son vol. Cette phase comporte deux points de fixations, la Balle (B) et la Cible (C) et quatre transitions entre ces deux points soit deux allers-retours. Cette séquence d'exploration oculaire est observée chez les deux participantes. Cependant lors de l'entretien d'auto-confrontation, P1 dit fixer le point de repère Bas (P) et non comme l'indique les données de l'Eye-tracking la balle (B). Deux hypothèses peuvent être émises pour expliquer cette contradiction. D'abord, une hypothèse liée à aux mesures effectuées, la précision de l'Eye-tracking n'a pu permettre un repérage exact du point de fixation sur le point de repère Bas (P) et il a été confondu avec la balle (B). Ensuite, une hypothèse liée au verbatim recueillies, P1 a déclaré durant l'entretien d'auto-confrontation que cette routine oculaire pouvait évoluer en fonction du type de coup joué :

Chercheur - *C'est ce que tu viens de faire là, ou c'est ce que tu fais à chaque fois ?*

Participante 1 - *C'est ce que je viens de faire là et c'est ce que je fais à chaque fois... sur les wedges. Parce que des fois ça change sur les gros coups.*

Bien qu'une différence ait pu être noté entre les propos rapportés et les données de l'Eye-tracking, on peut quand même relever la cohérence de la séquence d'aller-retour décrite par P1 (cf. Résultats p. 2-3). Ici aussi les participantes utilisent exclusivement leur vision centrale pour fixer différents points leur rapportant les informations nécessaires.

Les durées moyennes de fixation de ces différents points sont deux fois plus longues pour P1 que pour P2 et cela pour la cible (C) comme pour la balle (B). De plus, le nombre d'occurrences par coup est plus élevée chez P2 que chez P1. Nous attribuons ces différences au niveau d'expertise de ces deux participantes comme le relève Martell et Vickers (2004) auprès de défenseurs en Hockey sur Glace et Murray et Hunfalvay (2017) chez des tennismans. Ces auteurs ont mis en évidence que les fixations sont plus nombreuses chez les experts que chez les novices ou les « proches-experts » (« *near expert* » in Martell & Vickers, 2004) mais que celles-ci sont de plus courtes durées.

3) Le Putting

Bien qu'ayant des explorations oculaires différentes, les deux points de fixations communs aux deux participantes sont la balle (B) et le trou (T). Ce qui laisse à penser que ces deux points fixés majoritairement sont les zones les plus riches d'informations pour exécuter un putting.

On note durant la phase de putting deux séquences complètement différentes entre les deux participantes, ce qui laisse présager deux routines comportementales différentes. P1 déclare suivre le parcours de la balle par une visualisation mentale, cette déclaration est effectivement accompagnée dans les données de l'Eye-tracking par une activité visuelle intense entre trois zones se situant le long de l'axe séparant la balle du trou. Cette activité oculaire soutenant l'imagerie mentale a été mise en évidence par les travaux de Laeng et collaborateurs (2014) qui ont montré dans une tâche expérimentale que les sujets, après avoir vu un objet sur écran, avaient la même activité oculaire lorsque qu'on leur demandait d'imaginer l'objet précédemment vu. Ils concluent que notre comportement oculaire agit de la même façon si nous percevons réellement un objet ou si nous l'imaginons. Il semble donc qu'une visualisation mentale s'accompagne d'une activité oculaire.

Pour P2, la séquence d'exploration visuelle avant le début du coup est la même que celle réalisée lors des coups « longue distance » avec une première phase d'alignement de la tête du club caractérisée par des allers-retours (3 allers-retours) entre la Balle (B) et le point de repère Bas (P). La seconde est une phase de visée réalisée par des aller-retours entre la balle (B) et le trou (T).

La durée moyenne de fixations sur ces points : balle (B) et trou (T), ainsi que le nombre moyen d'occurrences de ces fixations, montre que une fois encore P2 fixe plus souvent ces points que P1 avec des durées moyennes deux fois plus courtes. Là encore, nous attribuons cette différence d'exploration oculaire par le niveau d'expertise entre les deux joueuses.

Tant dans la situation des coups « longue distance » que lors du putting, la dernière fixation de ces séquences est portée, chez les deux participantes, sur la Balle (B) et induit la phase de Quiet-Eye, décrite par Vickers (1992) comme étant la dernière fixation avant l'initiation d'un coup.

4) Quiet-Eye

L'hypothèse selon laquelle le Quiet-Eye apparaîtrait dans les conditions réelles de pratique est confirmée. Cependant d'autres précisions sont à apporter pour comprendre son fonctionnement en condition réelle.

L'analyse des données de l'Eye-tracking indique une absence du QE-Dwell, période après la frappe qui s'étend jusqu'à ce que le regard dérive vers la poursuite de la balle (Vickers, 2007). Écartons d'abord un insuffisance de la fréquence d'échantillonnage de l'Eye-tracking. Dans les études de Vine et son équipe (2013) et Causer et collaborateur (2017), la durée du QE-Dwell est comprise entre 150 ms et 400 ms, ce qui équivaut au moins à quatre images de notre vidéo. Or aucunes fixations après le contact de la face du club avec la balle n'a été observé sur l'ensemble des coups « longue distance » et putting réalisés. Deux hypothèses peuvent être émises pour expliquer cette absence. La première, donnée par la littérature, est que le focus attentionnel change avant le mouvement oculaire allant vers le nouveau focus (Gucciardi et al., 2012 *in* Vine et al., 2013). Ici donc le focus attentionnel de contrôle du mouvement aurait changé avant la fin de l'exécution du geste, avec comme conséquence l'impossibilité d'enregistrer une période de fixation oculaire après l'exécution de la frappe. La deuxième hypothèse avancée est l'influence du mouvement de balancier sur la posture générale du corps et plus particulièrement de la tête. En effet, durant un swing ou un putting, le mouvement de balancier imprimé au club entraîne un mouvement de l'ensemble du corps et de la tête pouvant entraîner un décrochage involontaire du regard.

Sur l'ensemble des Quiet-Eye étudiés et sur les deux participantes, la durée moyenne totale est plus longue sur les coups « longue distance » que sur le putting. Cette différence s'explique notamment par la durée de la phase QE-Online qui est définie dans la littérature comme le moment d'initiation du backswing jusqu'au moment où la balle est contactée. Cette période est destinée à contrôler le mouvement afin que son exécution soit optimale (Vickers, 2007). De plus cette période augmente durant les coups « longue distance », ce qui peut s'expliquer par un mouvement beaucoup plus ample durant ces coups que lors de putt. Une telle durée moyenne totale correspond dans la littérature aux durées enregistrées chez des experts (Klostermann et al., 2014 ; Vine et al., 2013 ; Walters-Symons et al., 2017, 2018).

La période QE-Pré qui est définie par Vickers (2007) comme la dernière fixation avant l'initiation du backswing est nécessaire pour le traitement cognitif des informations visuelles pour répondre aux exigences de la tâche et pour produire le meilleur mouvement (Vickers,

2009) et serait essentielle au golfeur pour calculer l'angle ainsi que la vitesse de la balle (Ziv et Lidor, 2019). L'étude de Vine et son équipe (2013) indique pour cette phase une durée de 1000 ms, alors que nos résultats montrent une durée plus courte de l'ordre de 300 ms. Pour expliquer cet écart, nous pouvons émettre l'hypothèse que cette période de programmation débute bien avant le début du Quiet-Eye et, comme explicité durant les entretiens d'auto-confrontation, qu'elle commencerait dès le positionnement du golfeur devant sa balle et qu'il place sa face de club perpendiculaire à l'axe imaginé entre le point de repère Bas (P) et la cible (C).

5e chapitre : Conclusion

1) Intérêt(s) et limites

Cette étude s'est portée sur l'identification des informations prises en compte ainsi que sur les stratégies visuelles mise en place par une golfeuse afin de réaliser un coup. Avant l'initiation de son coup, le golfeur utilise principalement trois indices pertinents, la balle, un point de repère situé à l'avant de la balle et la cible. Afin d'extraire un maximum d'information de ces trois points la golfeuse utilise principale la vision centrale décrit dans la littérature comme la stratégie du *point fovéal*. Cette étude a également pu mettre en évidence l'existence du Quiet-Eye dans des conditions réelles de jeu à la fois sur des coups longues distances et lors du putting. Cependant elle n'a pu confirmer le concept développé par Vickers (2007) sur la décomposition du Quiet-Eye en trois phases. En effet, durant ce travail, nous n'avons pas pu mettre en évidence la dernière phase du Quiet-Eye, qui doit intervenir entre le moment où la balle est contactée et le décrochage du regard pour aller observer le vol de la balle.

Durant cette recherche, nous avons pu être confronter à des problèmes d'ordre méthodologique qui nous ont contraint à limiter notre recherche. Il a été identifié durant l'analyse des données de l'eye-tracking, que la précision de celui-ci ne permettait pas, dans certaines situations, de faire la différence entre deux points proches ce qui a rendu la lecture de certains coups compliqué. Il a notamment été noté que lors des phases de putting, le points de repère Bas et la Balle ne pouvait être correctement identifiés. De plus, la lecture des points fixés n'a pu être analysé de manière fine dû à un décalage entre la position du curseur et le véritable point fixé par les participantes. Cet écart de précision a été encore plus préjudiciable lors des phases de visée lointaine dû à la distance qui avait pour effet d'augmenter l'écart entre le curseur et le point réellement visé.

Nous pouvons également nous interroger si la fréquence d'enregistrement de l'Eye-tracking (30Hz) est suffisante pour étudier l'activité visuelle. En effet, lors de l'analyse vidéo et comme expliquer plus haut, une image de la vidéo correspond à 34 msec soit 1/3 d'une fixation (=100ms). Il est probable que lors de l'analyse, des fixations se soient retrouvées coupées ou rallongées à cause de la fréquence d'enregistrement. Andersson et collaborateurs

(2010) préconisent au minima un enregistrement à 50Hz et un enregistrement optimal permettant une étude approfondie des saccades de 200Hz. Cependant ces dispositifs ne sont pour l'instant que des appareils fixes et n'ont pu être transposés dans des lunettes de suivi du regard portatives.

Enfin, pour l'Eye-tracking, le dernier point que nous voulions dresser comme limite est l'analyse des données. Pour ce travail, elle s'est faite à « la main », ce qui impose un travail fastidieux où les erreurs peuvent être fréquentes. L'utilisation d'un logiciel d'analyse des données d'Eye-tracking est sans aucun doute recommandée pour traiter ce type de données.

Nous pouvons également nous interroger sur la méthodologie utilisée lors de l'entretien d'auto-confrontation. Durant cette recherche, les entretiens d'auto-confrontation ont été menés immédiatement après l'enregistrement des données de l'Eye-tracking, par le fait de la disponibilité des golfeuses. Cependant il nous semble clair que pour l'étude de l'activité oculaire, il est nécessaire dans un premier temps d'analyser l'entièreté des vidéos acquises afin de pouvoir revenir avec le sportif sur des moments typiques et atypiques ayant eu lieu durant sa pratique. De plus, nous pouvons nous interroger sur l'intérêt de tel entretien dans les activités à habiletés fermées où la plupart des informations utilisées provient de la vision centrale. L'apport de l'entretien d'auto-confrontation dans ce genre d'activité revient plus à de la confirmation des données de l'Eye-tracking plutôt qu'à un véritable apport. Il serait peut-être intéressant dans une future recherche sur les sports à habiletés fermées de s'intéresser à l'activité visuelle et au focus attentionnel dans l'entretien d'auto-confrontation.

2) Perspectives

Ce travail a également pu soulever de nouvelles questions qui pourraient faire l'objet de nouveaux travaux de recherche. Nous pensons tout d'abord, qu'il serait intéressant d'investiguer la question de la pré-programmation du coup qui serait effectuée bien avant la dernière fixation avant le coup comme la décrit Vickers (2007). Nous pouvons également se poser la question de la qualité et la constance d'une routine d'exploration oculaire comme prédicteur d'un certain niveau d'expertise. Nous pouvons également nous demander si l'exploration visuelle est différente selon les types de coups réalisés. Enfin durant l'enregistrement sur le terrain, nous avons pu constater que les participantes réalisaient un bon nombre d'actions avant de se placer devant la balle (cf. Annexe 3), comme par exemple une phase d'alignement qui correspond à la construction d'un axe imaginaire, la recherche d'intensité pour savoir à quelle vitesse la balle doit être frappée, ou encore quand les

participantes étaient sur le green nous avons pu noter une activité de lecture de pente qui nous semble tout à fait propices à une recherche sur l'exploration oculaire.

D'un point de vue méthodologique, nous pouvons nous interroger sur l'apport des entretiens d'auto-confrontation dans l'étude de l'activité oculaire. Ils nous sembleraient intéressant de connaître la pertinence d'un tel dispositif de recueil de données verbales dans des sports à habilités ouvertes tels que les sports collectifs, où la vision jouerai un plus grand rôle. Ils nous sembleraient donc intéressant d'utiliser cette méthodologie mixte dans l'étude de la vision périphérique.

Bibliographie

- Abernethy, B., & Russell, D. G. (1987a). Expert-Novice Differences in an Applied Selective Attention Task. *Journal of Sport Psychology*, 9(4), 326-345. <https://doi.org/10.1123/jsp.9.4.326>
- Abernethy, B., & Russell, D. G. (1987b). The relationship between expertise and visual search strategy in a racquet sport. *Human Movement Science*, 6(4), 283-319. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(87\)90001-7](https://doi.org/10.1016/0167-9457(87)90001-7)
- Andersson, R., Nyström, M., & Holmqvist, K. (2010). Sampling frequency and eye-tracking measures : How speed affects durations, latencies, and more [Application/pdf]. *Journal of Eye Movement Research*, 3(3). <https://doi.org/10.16910/JEMR.3.3.6>
- Bossard, C., Keukelaere, C. D., Cormier, J., Pasco, D., & Kermarrec, G. (2010). L'activité décisionnelle en phase de contre-attaque en Hockey sur glace. *Activités*, 7(7-1). <https://doi.org/10.4000/activites.2341>
- Campbell, M. J., Moran, A. P., Bargary, N., Surmon, S., Bressan, L., & Kenny, I. C. (2019). Pupillometry during golf putting : A new window on the cognitive mechanisms underlying quiet eye. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 8(1), 53-62. <https://doi.org/10.1037/spy0000148>
- Cañal-Bruland, R., Mooren, M., & Savelsbergh, G. J. P. (2011). Differentiating Experts' Anticipatory Skills in Beach Volleyball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(4), 667-674. <https://doi.org/10.1080/02701367.2011.10599803>
- Causser, J., Hayes, S. J., Hooper, J. M., & Bennett, S. J. (2017). Quiet eye facilitates sensorimotor preprogramming and online control of precision aiming in golf putting. *Cognitive Processing*, 18(1), 47-54. <https://doi.org/10.1007/s10339-016-0783-4>
- Dicks, M., Button, C., & Davids, K. (2010). Examination of gaze behaviors under in situ and video simulation task constraints reveals differences in information pickup for perception and action. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(3), 706-720.

<https://doi.org/10.3758/APP.72.3.706>

- Farrow, D., & Abernethy, B. (2002). Can anticipatory skills be learned through implicit video based perceptual training? *Journal of Sports Sciences*, 20(6), 471-485. <https://doi.org/10.1080/02640410252925143>
- Farrow, D., Abernethy, B., & Jackson, R. C. (2005). Probing Expert Anticipation with the Temporal Occlusion Paradigm : Experimental Investigations of Some Methodological Issues. *Motor Control*, 9(3), 330-349. <https://doi.org/10.1123/mcj.9.3.330>
- Gegenfurtner, A., Lehtinen, E., & Säljö, R. (2011). Expertise Differences in the Comprehension of Visualizations : A Meta-Analysis of Eye-Tracking Research in Professional Domains. *Educational Psychology Review*, 23(4), 523-552. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9174-7>
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, 15(1), 20-25. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(92\)90344-8](https://doi.org/10.1016/0166-2236(92)90344-8)
- Goulet, C., Bard, C., & Fleury, M. (1989). Expertise Differences in Preparing to Return a Tennis Serve : A Visual Information Processing Approach. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11(4), 382-398. <https://doi.org/10.1123/jsep.11.4.382>
- Hausegger, T., Vater, C., & Hossner, E.-J. (2019). Peripheral Vision in Martial Arts Experts : The Cost-Dependent Anchoring of Gaze. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 41(3), 137-145. <https://doi.org/10.1123/jsep.2018-0091>
- Henderson, J. (2003). Human gaze control during real-world scene perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 498-504. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2003.09.006>
- Hüttermann, S., Noël, B., & Memmert, D. (2018). Eye tracking in high-performance sports : Evaluation of its application in expert athletes. *International Journal of Computer Science in Sport*, 17(2), 182-203. <https://doi.org/10.2478/ijcss-2018-0011>
- Jackson, R. C., & Mogan, P. (2007). Advance Visual Information, Awareness, and Anticipation Skill. *Journal of Motor Behavior*, 39(5), 341-351. <https://doi.org/10.3200/JMBR.39.5.341-352>
- Kato, T., & Fukuda, T. (2002). Visual Search Strategies of Baseball Batters : Eye Movements during the Preparatory Phase of Batting. *Perceptual and Motor Skills*, 94(2), 380-386.

- <https://doi.org/10.2466/pms.2002.94.2.380>
- Kermarrec, G., & Bossard, C. (2014). Defensive Soccer Players' Decision Making : A Naturalistic Study. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 13. <https://doi.org/10.1177/1555343414527968>
- Klostermann, A., Kredel, R., & Hossner, E.-J. (2014). On the Interaction of Attentional Focus and Gaze : The Quiet Eye Inhibits Focus-Related Performance Decrements. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 36(4), 392-400. <https://doi.org/10.1123/jsep.2013-0273>
- Klostermann, A., Vater, C., Kredel, R., & Hossner, E.-J. (2020). Perception and Action in Sports. On the Functionality of Foveal and Peripheral Vision. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1, 66. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00066>
- Kowler, E. (2011). Eye movements : The past 25years. *Vision Research*, 51(13), 1457-1483. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.12.014>
- Kredel, R., Vater, C., Klostermann, A., & Hossner, E.-J. (2017). Eye-Tracking Technology and the Dynamics of Natural Gaze Behavior in Sports : A Systematic Review of 40 Years of Research. *Frontiers in Psychology*, 8, 1845. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01845>
- Laeng, B., Bloem, I. M., D'Ascenzo, S., & Tommasi, L. (2014). Scrutinizing visual images : The role of gaze in mental imagery and memory. *Cognition*, 131(2), 263-283. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2014.01.003>
- Le Menn, M., Bossard, C., Travassos, B., Duarte, R., & Kermarrec, G. (2019). Handball Goalkeeper Intuitive Decision-Making : A Naturalistic Case Study. *Journal of Human Kinetics*, 70(1), 297-308. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0042>
- Mann, D. L., Abernethy, B., & Farrow, D. (2010). Action specificity increases anticipatory performance and the expert advantage in natural interceptive tasks. *Acta Psychologica*, 135(1), 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.04.006>
- Mann, D. T. Y., Coombes, S. A., Mousseau, M. B., & Janelle, C. M. (2011). Quiet eye and the Bereitschaftspotential : Visuomotor mechanisms of expert motor performance. *Cognitive Processing*, 12(3), 223-234. <https://doi.org/10.1007/s10339-011-0398-8>

- Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P., & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-Cognitive Expertise in Sport : A Meta-Analysis. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, *29*(4), 457-478. <https://doi.org/10.1123/jsep.29.4.457>
- Martell, S. G., & Vickers, J. N. (2004). Gaze characteristics of elite and near-elite athletes in ice hockey defensive tactics. *Human Movement Science*, *22*(6), 689-712. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2004.02.004>
- Mecheri, S., Gillet, E., Thouwarecq, R., & Leroy, D. (2011). Are Visual Cue Masking and Removal Techniques Equivalent for Studying Perceptual Skills in Sport? *Perception*, *40*(4), 474-489. <https://doi.org/10.1068/p6828>
- Milazzo, N., Farrow, D., Ruffault, A., & Fournier, J. F. (2016). Do karate fighters use situational probability information to improve decision-making performance during on-mat tasks? *Journal of Sports Sciences*, *34*(16), 1547-1556. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1122824>
- Milazzo, N., Rosnet, É., & Fournier, J. (2016). Stratégies de recherche visuelle et expertise décisionnelle en taekwondo. *Movement & Sport Sciences - Science & Motricité*, *91*, 65-75. <https://doi.org/10.1051/sm/2015001>
- Moore, L. J., Vine, S. J., Freeman, P., & Wilson, M. R. (2013). Quiet eye training promotes challenge appraisals and aids performance under elevated anxiety. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *11*(2), 169-183. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2013.773688>
- Müller, S., & Abernethy, B. (2006). Batting with occluded vision : An in situ examination of the information pick-up and interceptive skills of high- and low-skilled cricket batsmen. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *9*(6), 446-458. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.03.029>
- Müller, S., Abernethy, B., & Farrow, D. (2006). How do World-Class Cricket Batsmen Anticipate a Bowler's Intention? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *59*(12), 2162-2186. <https://doi.org/10.1080/02643290600576595>
- Müller, S., Abernethy, B., Reece, J., Rose, M., Eid, M., McBean, R., Hart, T., & Abreu, C. (2009). An in-situ examination of the timing of information pick-up for interception by cricket batsmen of different skill levels. *Psychology of Sport and Exercise*, *10*(6),

- 644-652. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2009.04.002>
- Murray, N. P., & Hunfalvay, M. (2017). A comparison of visual search strategies of elite and non-elite tennis players through cluster analysis. *Journal of Sports Sciences, 35*(3), 241-246. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1161215>
- Nagano, T., Kato, T., & Fukuda, T. (2004). Visual Search Strategies of Soccer Players in One-on-One Defensive Situations on the Field. *Perceptual and Motor Skills, 99*(3), 968-974. <https://doi.org/10.2466/pms.99.3.968-974>
- Nagano, T., Kato, T., & Fukuda, T. (2006). Visual Behaviors of Soccer Players While Kicking with the inside of the Foot. *Perceptual and Motor Skills, 102*(1), 147-156. <https://doi.org/10.2466/pms.102.1.147-156>
- Panchuk, D., & Vickers, J. N. (2006). Gaze behaviors of goaltenders under spatial-temporal constraints. *Human Movement Science, 25*(6), 733-752. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2006.07.001>
- Piras, A., Lobietti, R., & Squatrito, S. (2010). A study of saccadic eye movement dynamics in volleyball : Comparison between athletes and non-athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 50*(1), 99-108. Repéré à : https://www.researchgate.net/publication/42389954_A_study_of_saccadic_eye_movement_dynamics_in_volleyball_Comparison_between_athletes_and_non-athletes
- Piras, Alessandro, Lobietti, R., & Squatrito, S. (2014). Response Time, Visual Search Strategy, and Anticipatory Skills in Volleyball Players. *Journal of Ophthalmology, 2014*, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2014/189268>
- Piras, Alessandro, Pierantozzi, E., & Squatrito, S. (2014). Visual Search Strategy in Judo Fighters during the Execution of the First Grip. *International Journal of Sports Science & Coaching, 9*(1), 185-198. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.1.185>
- Ripoll, H., Kerlirzin, Y., Stein, J.-F., & Reine, B. (1995). Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving sport situations. *Human Movement Science, 14*(3), 325-349. [https://doi.org/10.1016/0167-9457\(95\)00019-O](https://doi.org/10.1016/0167-9457(95)00019-O)

- Roca, A., Ford, P. R., McRobert, A. P., & Mark Williams, A. (2011). Identifying the processes underpinning anticipation and decision-making in a dynamic time-constrained task. *Cognitive Processing, 12*(3), 301-310. <https://doi.org/10.1007/s10339-011-0392-1>
- Savelsbergh, G. J. P., Van der Kamp, J., Williams, A. M., & Ward, P. (2005). Anticipation and visual search behaviour in expert soccer goalkeepers. *Ergonomics, 48*(11-14), 1686-1697. <https://doi.org/10.1080/00140130500101346>
- Savelsbergh, G. J. P., Williams, A. M., Kamp, J. V. D., & Ward, P. (2002). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences, 20*(3), 279-287. <https://doi.org/10.1080/026404102317284826>
- Shim, J., Carlton, L. G., Chow, J. W., & Chae, W.-S. (2005). The Use of Anticipatory Visual Cues by Highly Skilled Tennis Players. *Journal of Motor Behavior, 37*(2), 164-175. <https://doi.org/10.3200/JMBR.37.2.164-175>
- Tenenbaum, G., Sar-El, T., & Bar-Eli, M. (2000). Anticipation of ball location in low and high-skill performers : A developmental perspective. *Psychology of Sport and Exercise, 1*(2), 117-128. [https://doi.org/10.1016/S1469-0292\(00\)00008-X](https://doi.org/10.1016/S1469-0292(00)00008-X)
- Theureau, J. (1992). *Le cours d'action, analyse sémio-logique : Essai d'une anthropologie cognitive située*. P. Lang.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., Mazyn, L., & Philippaerts, R. M. (2007). The Effects of Task Constraints on Visual Search Behavior and Decision-Making Skill in Youth Soccer Players. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 29*(2), 147-169. <https://doi.org/10.1123/jsep.29.2.147>
- van der Kamp, J., Rivas, Fernando, van Doorn, H., & Savelsbergh, G. J. P. (2008). Ventral and dorsal contributions in the visual regulation of ball catching. *International Journal of Sport Psychology, 39*, 100-130.
- van Lier, W. H., van der Kamp, J., & Savelsbergh, G. J. P. (2011). Perception and Action in Golf Putting : Skill Differences Reflect Calibration. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 33*(3), 349-369. <https://doi.org/10.1123/jsep.33.3.349>

- van Maarseveen, M. J. J., Oudejans, R. R. D., Mann, D. L., & Savelsbergh, G. J. P. (2018). Perceptual-cognitive skill and the in situ performance of soccer players. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(2), 455-470. <https://doi.org/10.1080/17470218.2016.1255236>
- Vater, C., Luginbühl, S., & Magnaguagno, L. (2019). Testing the functionality of peripheral vision in a mixed-methods football field study. *Journal of Sports Sciences*, 37(24), 2789-2797. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1664100>
- Vater, C., Williams, A. M., & Hossner, E.-J. (2019). What do we see out of the corner of our eye? The role of visual pivots and gaze anchors in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2019.1582082>
- Vickers, J. N. (1996). Visual control when aiming at a far target. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(2), 342-354. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.22.2.342>
- Vickers, J. N. (2007). *Perception, cognition, and decision training : The quiet eye in action*. Human Kinetics.
- Vickers, J. N. (2009). Advances in coupling perception and action: The quiet eye as a bidirectional link between gaze, attention, and action. In *Progress in Brain Research* (Vol. 174, p. 279-288). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(09\)01322-3](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(09)01322-3)
- Vickers, J. N. (2016). Origins and current issues in Quiet Eye research. *Current Issues in Sport Science*, 1(101), 11. https://doi.org/10.15203/CISS_2016.101
- Vine, S. J., Lee, D. H., Walters-Symons, R., & Wilson, M. R. (2017). An occlusion paradigm to assess the importance of the timing of the quiet eye fixation. *European Journal of Sport Science*, 17(1), 85-92. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1073363>
- Vine, S. J., Lee, D., Moore, L. J., & Wilson, M. R. (2013). Quiet Eye and Choking : Online Control Breaks Down at the Point of Performance Failure. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(10), 1988-1994. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31829406c7>
- Walters-Symons, R. M., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2017). The quiet eye supports error recovery in golf putting. *Psychology of Sport and Exercise*, 31, 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.03.012>

- Walters-Symons, R., Wilson, M., Klostermann, A., & Vine, S. (2018). Examining the response programming function of the Quiet Eye : Do tougher shots need a quieter eye? *Cognitive Processing*, 19(1), 47-52. <https://doi.org/10.1007/s10339-017-0841-6>
- Williams, A. M., & Davids, K. (1997). Assessing cue usage in performance contexts : A comparison between eye-movement and concurrent verbal report methods. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 29(3), 364-375. <https://doi.org/10.3758/BF03200589>
- Williams, A. M., & Davids, K. (1998). Visual Search Strategy, Selective Attention, and Expertise in Soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(2), 111-128. <https://doi.org/10.1080/02701367.1998.10607677>
- Williams, A. Mark, & Elliott, D. (1999). Anxiety, Expertise, and Visual Search Strategy in Karate. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21(4), 362-375. <https://doi.org/10.1123/jsep.21.4.362>
- Williams, A Mark, Hodges, N. J., North, J. S., & Barton, G. (2006). Perceiving Patterns of Play in Dynamic Sport Tasks : Investigating the Essential Information Underlying Skilled Performance. *Perception*, 35(3), 317-332. <https://doi.org/10.1068/p5310>
- Williams, A. Mark, Singer, R. N., & Frehlich, S. G. (2002). Quiet Eye Duration, Expertise, and Task Complexity in Near and Far Aiming Tasks. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 197-207. <https://doi.org/10.1080/00222890209601941>
- Wilson, M. R., & Percy, R. C. (2009). Visuomotor Control of Straight and Breaking Golf Putts. *Perceptual and Motor Skills*, 109(2), 555-562. <https://doi.org/10.2466/pms.109.2.555-562>
- Ziv, G., & Lidor, R. (2019). Gaze Behavior in Golf Putting – A Review. *International Journal of Golf Science*, 7(2).

Annexes

1) Formulaire de consentement

Étude du regard en golf

- Formulaire de consentement –



Titre du projet : Étude du regard du golfeur durant un trou

Contact pour l'étude : Pierre Bagot : pierre.bagot@gmail.com – téléphone : 06.42.96.94.36, Jean Fournier, jean.fournier@parisnanterre.fr et Guillaume Chauvel, guillaume.chauvel@u-pec.fr

Laboratoire LINP2-2APSA, Laboratoire Interdisciplinaire en Neurosciences,
Physiologie et Psychologie : Apprentissages, Activité Physique et Santé - Université Paris
Nanterre, 200 Avenue de la République, 92000 NANTERRE

But du projet de recherche : Le but de cette recherche est de mettre en évidence l'activité visuelle du golfeur durant la pratique. Pour ce faire, le golfeur se verra équiper d'une paire de lunettes permettant de suivre son regard. Cet équipement sera à porter durant l'entièreté d'un parcours de golf. Il en suivra un entretien, d'environ une heure, avec un chercheur, qui aura pour thème l'exploration visuelle du golfeur. Durant celui-ci, il sera proposé au golfeur de commenter la vidéo enregistrée grâce aux lunettes de suivi de regard et de répondre aux questions du chercheur.

Je soussigné(e), Mme, Mr (rayer la mention inutile)

atteste ce qui suit :

- Un investigateur m'a proposé de participer à une recherche.
- L'investigateur m'a précisé que j'étais libre d'accepter ou de refuser de participer à cette recherche.
- Le but, les contraintes, ainsi que la durée et les moyens d'étude m'ont été clairement présentés.
- J'ai eu la possibilité de poser les questions qui me paraissaient utiles et d'en recevoir les réponses claires.
- Les données qui me concernent resteront strictement confidentielles, et seront traités sous couvert d'anonymat.
- J'accepte librement et volontairement de participer à la recherche décrite ci-dessus. Je suis parfaitement conscient(e) que je peux retirer à tout moment ma participation à cette recherche et cela quelles que soient mes raisons et sans supporter aucune responsabilité.
- Mon consentement ne décharge en rien l'investigateur de ses responsabilités morales et légales et je conserve mes droits garantis par la loi.
- Je suis mineur, mes parents ou mon représentant légal signent pour moi.

Fait à, le

Signature de l'investigateur
représentant légal

Signature du participant ou du
représentant légal

Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé par l'expérimentateur

2) Guide d'entretien pour auto-confrontation

Guide d'entretien d'auto-confrontation

1. Accueil et contrat de communication durant l'entretien

- *Bonjour, je cherche à comprendre comment une joueur.euse expérimenté.e regarde son environnement pour prendre les décisions ? Qu'est-ce qu'il utilise comme indices pour faire des choix ? Où regarde-t-il et Quels sont les indices utilisés ?*
-
- *Identité de la joueuse : Prénom, âge, catégorie, palmarès, retour sur la journée ssi ça c'est bien passé --> but : **mettre la joueuse en confiance***
- *Nous allons regarder ensemble l'enregistrement des situations que tu viens de réaliser cette après-midi. Tu vas bien regarder ce que tu fais et tu vas m'aider, si tu le veux bien, à comprendre la manière dont tu observes l'environnement pour prendre ta décision. J'ai découpé la vidéo en n fois (fonction du nombre de coup joué). Elle dure chacune 5 minutes, qui sont celles précédant le Swing. « Chaque fois que tu le désires, tu peux arrêter la vidéo, revenir en arrière, mettre au ralenti... » ou je me permettrais de le faire également si tu es ok*
- *L'idée est que c'est toi qui sait. Je ne suis pas là pour juger de la qualité de ta décision mais pour comprendre comment tu t'y prends ok ? essaie de te remettre dans la situation, et raconte-moi tout simplement ce que tu fais au moment où la vidéo défile,*
-

2. Visionnage

a. Début de la vidéo : arrive sur les lieux, lecture de l'environnement

Perception de la scène :

- Qu'est-ce que tu vois dans la situation ? qu'est-ce que tu observes ?
- Amener à l'interroger sur quels indices perçoit-elle dans la situation ? -> que perçois tu lorsque tu observes "reprenre les dernier mots" ?

Focalisation :

- À quoi tu fais attention dans la scène

Préoccupations :

- Qu'est que tu cherches à faire là ?
- Qu'est-ce qu'elle en fait de ses perceptions pas nécessaire je pense celle-ci
- Quelles réflexions cela t'amène ? plutôt à quoi tu penses ?

b. Durant la phase d'alignement :

Perception :

- Qu'est ce qui se passe à ce moment-là ?
- Tu cherches à faire quoi à ce moment ?
- Que regardes tu ? Qu'observes-tu ?
- Qu'est-ce que tu perçois dans l'environnement ? TB

Attention :

- Que ressens-tu ? Y'a-t-il d'autres sensations à ce moment qui te parcourent ? là tu vas avoir des éléments de l'ordre de l'émotion et de perception (et c'est TB tu feras le tri après !)
- Quels sont les points dans l'environnement auxquels tu prêtes une attention à ce moment-là ? TB

Si on parle de routine :

Expliquer cette routine en essayant de la recontextualiser dans la situation --> à quel moment de la routine es-tu à ce moment ?

Ça va surement un peu généraliser à ce moment, essayer de reprendre la course de l'action ok

c. Phase de positionnement + dernière phase d'observation de l'environnement

- Que cherches-tu à faire ?
- Que ressens-tu ?
- Quand tu observes l'environnement, tu regardes quoi ? TB

d. Quiet-Eye : Arrêt sur image de ma part

"Alors là c'est la dernière phase avant que du commence ton back swing. Si tu le veux bien on va essayer d'examiner ce moment"

Compréhension de la scène, qu'est qui se passe pour l'athlète ?

- A ce moment-là qu'est ce qui se passe ?
- Tu regardes quoi ? Quelles sont les perceptions qui accompagnent ce moment ?
- Peut-être des sensations sinon ?
- Qu'est-ce que tu cherches à faire dans ce moment-là ?
- À quoi fais-tu attention ?

e. Après la Swing :

- Qu'est-ce que tu regardes ?
- Comment tu te sens ?

3. Fin de l'entretien après un trou entier.

Avant de finir, veux-tu qu'on revienne ensemble sur un moment particulier de la vidéo que tu voudrais approfondir.

Merci pour ta participation

Matériel nécessaire :

- Ordinateur pour la vidéo support
- Logiciel OBS (enregistrement Webcam, Vidéo support et audio)

3) Autre phase analysées et traitées non prise en compte dans ce travail

Participant 1

Les coups « longue distance »

La phase d'alignement – création d'un axe

La phase d'alignement permet à la golfeuse de visualiser une ligne allant de la balle (B) à la cible (C). Sur cet axe créé, la golfeuse choisie ensuite un point de repère bas (P) près de la balle. Ce point repère permet dans un second temps, de s'aligner juste avant le coup afin que la balle suive cet axe préalablement imaginé.

Durée moyenne des fixations

Alignement Sujet 1	Moyenne ; Écart-type	Occurrence par coup
Cible (C) ($n = 6$)	1830 ; 501	1,2
Point de repère Bas (P) ($n = 7$)	831 ; 510	1,4
Décalage à droite (DD) ($n = 3$)	521 ; 347	0,6

La cible (C) indique le point de fixation située dans la partie haute de la scène. Le point de repère Bas (P) indique le point de fixation situé près de la balle au sol. Le décalage à droite (DD), indique un ensemble de fixations et de transitions indistinctes effectuées à droite du club quand celui-ci est utilisé comme un axe. Cet écart est attribué à une transition en visée monoculaire provoquant un décalage systématique du curseur de l'eye-tracking.

L'occurrence par coup indique le nombre moyen de fixation de chaque type ; par exemple, S1 a fixé la cible une seule fois sur quatre de ses coups et deux fois sur un seul.

Pour S1, ce sont les fixations sur la cible qui sont de beaucoup les plus longues.

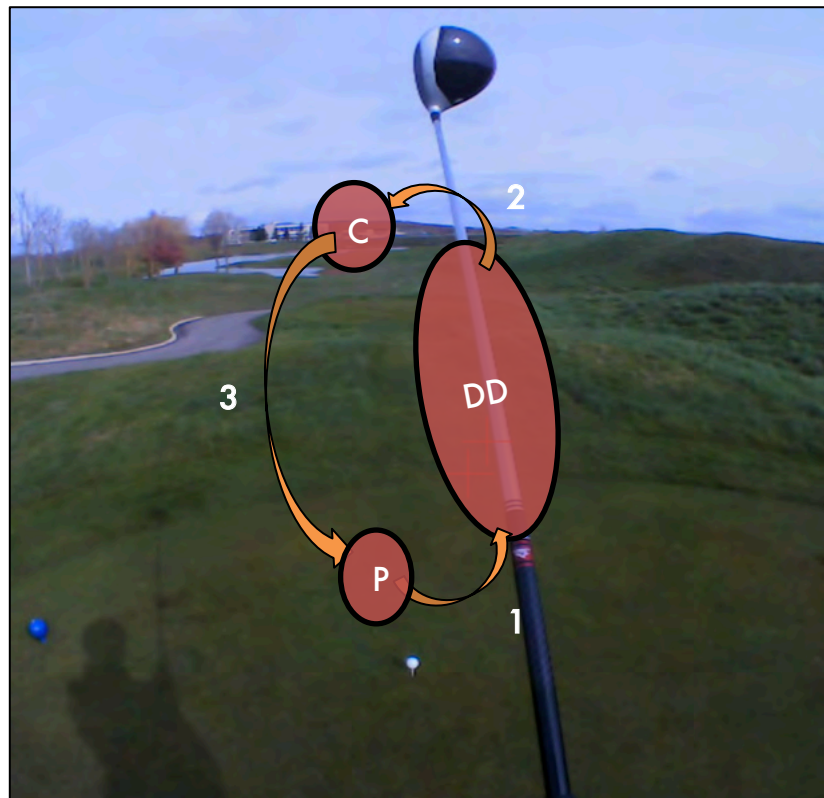
Séquence d'exploration oculaire

Les mouvements oculaires lors du « Décalage à droite » s'effectuent dans le sens Bas/Haut. Plus précisément, après une transition du Point de repère Bas (P) vers le club, l'activité oculaire se déplace vers Cible (C) en suivant l'axe du club.

Au vu des données de l'eye-tracking, la séquence d'exploration visuelle mise en place par S1 est variable en fonction de la distance ainsi que du coup joué. En effet, lors de cette phase

d'alignement réalisée sept fois sur l'ensemble des coups joués par S1, toutes ses séquences se sont montrées différentes les unes des autres. Cependant un pattern moyen semble se dégager comme le montre la figure x.

Figure x : Schéma de la séquence d'exploration oculaire de S1 durant la phase d'alignement



*Figure représentative de la stratégie d'exploration visuelle utilisée par Sujet 1 durant la phase d'alignement pour l'ensemble des coups « longue distance »
C : Cible ; P : Point de repère Bas ; DC : Mouvement à droite du club
Les flèches représentent la transition du regard entre deux points de fixations
Les nombres indiquent la séquence chronologique des transitions.
Cette légende s'applique à l'ensemble des diagrammes de séquence d'exploration visuelle*

Confrontation avec les verbatims des EAC

Lors de l'entretien d'auto-confrontation, S1 a décrit cette phase, comme nécessaire pour pouvoir positionner la face de son club de sorte que la balle suive l'axe imaginé entre le point de repère Bas (P) et la cible (C).

Sujet 1 - *Non, 10m à gauche, je suis sûre parce qu'il y avait un arbre derrière (C). Je sais que la balle va tourner. Et là j'ai pris un point de repère devant (P)*

Chercheur - *Le point de repère devant te sert à quoi ?*

De plus, cet alignement prendre en compte d'autres paramètres que la simple création d'un axe comme, certaines connaissances sur le type de coups potentiel ...

Ch – *Comment fais-tu pour t'aligner ?*

S1 - *C'est là où je veux être pour le coup suivant. Je me dis c'est dans cette zone-là, donc je veux être là. Ensuite pour être là je vais faire soit un draw, soit un fade, soit un coup droit et après je prends un point de visée, si c'est une balle toute droite que je veux faire je prends un axe derrière, et si c'est à droite ou gauche, je me décale en fonction du coup que j'imagine.*

... ou bien encore les conditions environnementales :

Ch – *Ce n'est pas clair pour moi. Est-ce que tu peux recommencer, nous expliquer ce que tu regardes, ce que tu vises ?*

S1 - *J'ai pris [compte] un peu le vent et le wedge que je vais faire. En fait mes wedges ils font un peu d'effet, parce qu'ils ne sont pas parfaits. Et du coup j'ai pris l'axe deux mètres à gauche du drapeau (C), j'ai aligné avec mon club et ensuite je vais taper.*

Concernant la séquence d'exploration visuelle, S1 la décrit comme commençant par la cible (C) pour ensuite se fixer sur le point de repère Bas (P) :

Ch - *Et là quand tu ajustes avec ton club, tu fais quoi ?*

S1 - *Je prends un point de repère dans les arbres derrière et ensuite je prends un point de repère là devant*

Et pourtant, la séquence dégagée de l'analyse de l'eye-tracking met clairement en évidence une première fixation sur le point de repère comme indiqué sur la figure x.

Le Putting

Recherche d'intensité de frappe

Durant cette phase de recherche d'intensité de frappe, les sujets parcourent visuellement la distance qui sépare le trou de la balle mais également plusieurs zones le long de la trajectoire construite mentalement à l'aide des lectures de pente. Cette activité visuelle s'accompagne d'un mouvement de balancement du club (Swing d'essais) pour intégrer un contrôle moteur cohérent.

Durée moyenne des fixations sur les différents indices

Tableau x : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup du Sujet 2 durant la phase de swing sur l'ensemble des coups « longues distances »		
Recherche Intensité de frappe Sujet 1	Moyenne ; Écart-type	Occurrence par coup
Face de club ($n = 6$)	1094 ; 752	1,5
Balle ($n = 6$)	277 ; 134	1,5
Trou ($n = 16$)	550 ; 365	4
Zone 1 ($n = 4$)	302 ; 166	1
Zone 2 ($n = 10$)	639 ; 400	2,5
Zone 3 ($n = 7$)	685 ; 394	1,8

Lors de la recherche d'intensité de frappe, S1 parcourt visuellement la distance qui sépare le trou de la balle ; elle fixe la balle, la face de club et le trou en se plaçant derrière la balle et perpendiculairement à l'axe Balle-Trou. L'eye-tracking a indiqué plusieurs fixations sur trois zones différentes le long de l'axe séparant la balle du trou.

S1 fixe deux fois plus longtemps la face de son club que les autres points de fixations. Cette durée peut s'expliquer par la nécessité de la mise en place du contrôle moteur (Swings d'essais).

Confrontation avec les verbatim des EAC

La séquence d'exploration visuelle utilisée durant cette phase est différente d'un putt à l'autre. Il semble se dégager cependant de l'entretien d'auto-confrontation que cette phase venant après la lecture de pente permette à S1 de connaître l'intensité qui doit être mise pour que la balle arrive dans le trou :

Ch - *Et en présence des swings d'essais tu regardes où ?*

S1 - *Le trou et la balle, en fait c'est tout ce que la balle va parcourir. J'essaie de mettre l'intensité dans le putt dans les coups d'essais qu'il me faudra dans les vrais coups pour avoir la distance.*

S1 utilise durant cette recherche d'intensité, une visualisation du tracé de la balle jusqu'au trou. Cette visualisation interne du trajet de la balle est accompagnée par plusieurs fixations sur différentes zones entre la balle et le trou.

Ch - *Quand tu fais ce travail-là, la visualisation que tu fais, c'est une ligne droite ou c'est avec le tracé que tu avais imaginé ?*

S1 - *C'est avec la balle qui roule à vitesse réelle*

Ch - *C'est un film en fait ?*

S1 - *Ouais, c'est un film*

La visualisation interne du trajet de la balle est donc accompagnée visuellement par des fixations et des transitions entre plusieurs points se trouvant sur le tracé de la balle. Cependant il est impossible de faire ressortir un pattern visuel constant entre les différentes phase de recherche d'intensité de frappe.

Participante 2

Les coups « longue distance »

Phase d'alignement – création de l'axe

Durée moyenne de fixations

Tableau x : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup du Sujet 2 durant la phase d'alignement sur l'ensemble des coups « longues distances »		
Alignement Sujet 2	Moyenne ; Écart-type	Occurrence par coup
Cible (C) ($n = 14$)	505 ; 338	2
Point de repère Bas (P) ($n = 14$)	400 ; 173	2
Décalage à droite (DD) ($n = 3$)	657 ; 275	0,4

Pour S2, la durée moyenne des fixations sont du même ordre de grandeur quel que soit le point fixé.

De plus, nous avons observé quatre décrochages lors de la fixation du point de repère Bas (P), consistant en une perte temporaire ($M_{\text{décrochage}} = 192$ ms) de cette fixation, sans se porter

sur un autre point particulier et en revenant sur le point de repère Bas (P). Nous émettons l'hypothèse que pour ces décrochages, S2 n'arrive pas à retrouver le point de repère Bas préalablement choisi.

Séquence d'exploration oculaire

Cette séquence se compose de deux points de fixation, cible (C) et point de repère Bas (P) ainsi qu'un décalage à droite (DD) du club avec quatre transitions entre ces points. S2 commence par fixer son regard sur la cible (C), puis sur le point de repère Bas (P), avant de revenir sur la cible (C). Ensuite une transition s'effectue vers la droite du club (DD), réalisée cette fois-ci dans la direction Haut/bas, de la cible (C) vers le point de repère (P). Enfin une dernière transition s'effectue pour venir fixer le point de repère Bas (P).

Figure x : Schéma de la séquence d'exploration oculaire de S2 durant la phase d'alignement

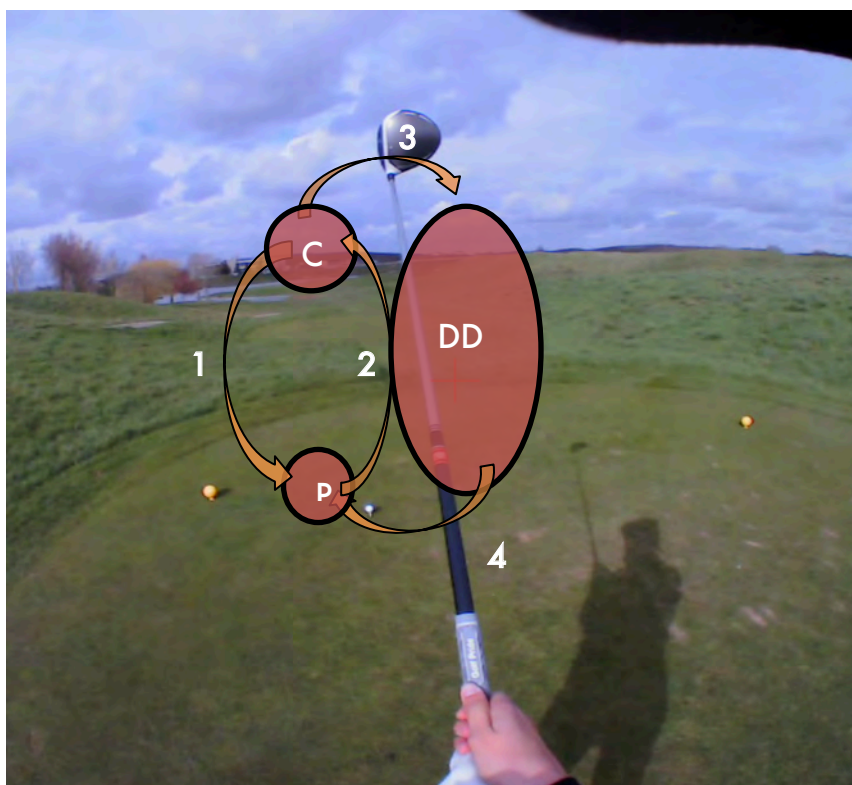


Figure représentative de la stratégie d'exploration visuelle utilisée par Sujet 2 durant la phase d'alignement pour l'ensemble des coups « longue distance ».

La légende de figure x s'applique ici

La séquence d'exploration visuelle de S2 est constante sur l'ensemble des données observées. Une seule fois la stratégie a compté des décrochages et des fixations sur le point de repère Bas. Il semble donc que cette stratégie d'exploration oculaire pour S2 soit assez bien stabilisée pour les coups « longue distance ».

Confrontation avec les verbatims des EAC

Comme l'avait souligné S1, lors de son entretien d'auto-confrontation, S2 a mis en avant l'alignement comme fondamental pour la direction du coup à réaliser. Lors de cette phase d'alignement, un axe imaginaire est créé par S2 entre la balle et la cible.

Sujet 2 - Je ferme un œil et je vais m'aligner. Du coup ça va faire une ligne et je vais prendre un point de repère. Donc je ne sais pas, ça peut être une brindille, un trou, je ne sais pas n'importe quoi. [...] Et là, à partir de là, je vais imaginer ma diagonale et je vais me mettre en place à partir de ça.

Également, les connaissances sur les différents coups potentiels ainsi que sur leur effets amène S2 à modifier la position de l'axe :

S2 - Et là, je fais gaffe, j'ai pris un arbre, je sais que j'ai pris un arbre, et j'ai fait gaffe à bien prendre un point de repère, puisque en fait j'ai tendance ... quand il y a des pentes, surtout des pentes comme ça, qui amènent à gauche ou inversement, j'aurais tendance par exemple à trop la couper [la balle] du coup elle partira à gauche, un peu comme le coup que j'ai fait à l'entraînement avant.

Phase de Putting

S2 utilise des routines de préparation très différentes selon que le putting est long ou court. Seul le putt et son exploration oculaire reste le même.

Putting long

S2 décompose en deux parties la phase préparatoire au putting long. D'une part le dosage d'intensité réalisé dans une zone entre la balle et le trou. De l'autre, une visualisation réalisée lorsque S2 se trouve face à la balle et placée perpendiculairement à l'axe balle-trou.

Tableau x : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup du Sujet 2 durant la phase de dosage sur les putts longs

Dosage Sujet 2	Moyenne ; Écart-type	Occurrence par coup
Face de club ($n = 7$)	690 ; 434	2,3
Trou ($n = 5$)	469, 466	1,7

Placée à cet endroit particulier, S2 définit l'intensité, « *faire le dosage* » comme elle le dit, qu'il faut mettre dans son coup pour que la balle puisse arriver dans le trou. Ce dosage permet à S2 d'avoir « *un ressenti* » du putt à venir. S2 fait le dosage dans une zone où il y a une rupture de pente :

S2 - *Je me mets à une distance où la balle peut accélérer ou diminuer, en fonction de la pente. Des breaks où il y a un peu plus de pente. Là, c'est là où il avait le plus de pente, où elle [la balle] allait commencer à tourner.*

Tableau x : Durée moyenne (en ms) des n fixations et de leurs occurrences par coup du Sujet 2 durant la phase de visualisation sur les putts long

Visualisation Sujet 2	Moyenne ; Écart-type	Occurrence par coup
Balle ($n = 3$)	238 ; 90	1,5
Zone 1 ($n = 5$)	272 ; 138	2,5
Zone 2 ($n = 3$)	181 ; 79	1,5
Trou ($n = 5$)	347 ; 220	2,5

Le deuxième temps, est défini par le placement de S2 perpendiculaire à l'axe formé par la balle et le trou. S2 se trouve placée derrière la balle et a dans son champ de vision la balle et le trou. Cette phase permet à S2 de visualiser la pente et le tracé qui sépare le trou et la balle

S2 - *Là, je vais partir du drapeau et un peu comme à la télé, ce qu'il montre quand les pros ils puttent, toutes les pentes possibles. Là je m'imaginai ma pente, elle [la visualisation interne] part du trou et jusqu'à ma balle. [...] Je m'imagine la vitesse et en général je suis plutôt efficace, d'ailleurs j'ai fait un bon putt.*

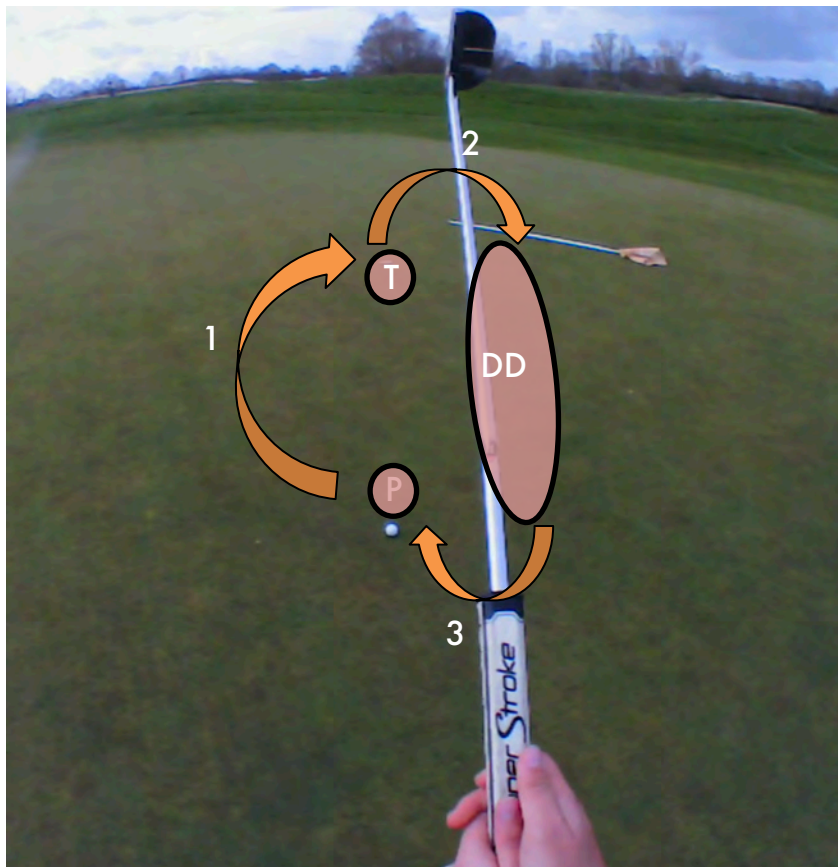
Cette phase de visualisation de la pente du trou à la balle est retrouvée lors de l'analyse des données de l'eye-tracking. On voit nettement une première fixation au niveau du trou, puis des transitions et des fixations sur plusieurs zones intermédiaires (zone 1 et 2). Cependant plusieurs allers-retours ont été identifiés durant cette visualisation, par exemple après une fixation sur la zone 2 revenir à une fixation sur le trou puis repartir sur la zone 2. Enfin la dernière fixation est toujours sur la balle.

Putting court

Séquence d'exploration oculaire

Durant la phase de putting court, S2 change de routine et utilise un alignement afin de créer un axe imaginaire, à l'image de ceux déjà étudiés durant la phase d'alignement sur les coups « longue distance ».

Figure x : Schéma de la séquence d'exploration visuelle de S2 durant la phase d'alignement sur les puttings courts



*Figure représentative de la séquence d'exploration visuelle utilisée par la S2 durant l'alignement des puttings courts
La légende de la figure x s'applique ici*

ALIGNEMENT

Se dit de la position du corps et du club par rapport à la cible.

APPROCHE

On appelle approche un coup effectué à proximité du green.

APPROCHE PUTT

Se dit lorsque le coup d'approche est suivi d'un seul putt.

BACKSWING

Phase concernant la prise d'élan du club.

DEPART

Zone rectangulaire délimitée par deux boules de couleur et faisant face au trou. Les départs sont plus ou moins éloignés du trou selon le niveau et le sexe des joueurs

Départ rouge : standard femme (niveau débutant et moyen)

Départ bleu : joueuse de bon niveau et professionnelle

Départ jaune : standard homme (niveau débutant et moyen)

Départ blanc : joueur de bon niveau

Départ noir : joueur professionnel

DIVOT

Plaque d'herbe arrachée après avoir joué un coup depuis le sol

DRAPEAU

Signale la position du trou sur le green.

DRAW

C'est une trajectoire de balle décrivant une courbe légère vers la gauche

DRIVE

Au départ d'un trou le joueur place ou non sa balle sur un tee et joue son coup.

FACE DU CLUB

C'est la partie de la tête du club qui entre en contact avec la balle.

FADE

Trajectoire de balle décrivant une courbe légère de la gauche vers la droite.

FAIRWAY

Zone herbeuse et bien tondue, séparant le départ du green où se trouve le trou.

FER

Club à tête métallique, dont l'ouverture varie du **lob-wedge** au fer 1.

GREEN

C'est la surface tondue rase sur laquelle se trouve le trou de golf.

GRIP

C'est la partie du club recouverte de plastique dont s'empare le golfeur pour jouer.

IMPACT

Décrit le contact de la face du club et de la balle.

JEU LONG OU GRAND JEU

Décrit les coups de clubs joués avec les bois et les longs fers

LIE

C'est la position de la balle sur le sol, le lie détermine bien souvent le choix du club

PUTT

Action de jouer la balle généralement sur le green en la faisant rouler vers et dans le trou en la frappant avec le putter.

TEE

Petit support de bois ou de plastique sur lequel se pose la balle et que les joueurs peuvent utiliser au départ de chaque trou. L'utilisation d'un tee n'est pas obligatoire.

TRAJECTOIRE

DRAW : trajectoire de balle décrivant une courbe légère de la droite vers la gauche

FADE : trajectoire de balle décrivant une courbe légère de la gauche vers la droite

PULL : balle qui part droite à gauche de la cible

PULL-HOOK : balle qui part à gauche de la cible, avec une trajectoire droite, gauche

PULL-SLICE : balle qui part à gauche de la cible, avec une trajectoire gauche, droite

PUSH : balle qui part droite à droite de la cible

PUSH-HOOK : balle qui part à droite de la cible, avec une trajectoire droite, gauche

PUSH-SLICE : balle qui part à droite de la cible, avec une trajectoire gauche, droite

VOL

C'est la trajectoire de la balle en l'air

WEDGE

Fer très ouvert utilisé pour les coups d'approche vers le green

ZONE DE FRAPPE

C'est la zone du swing où le club frappe la balle (qqs centimètres avant et après la frappe)

Résumé

Ce travail s'intéresse aux stratégies d'exploration visuelle mises en place par les golfeurs dans des conditions naturelles de pratiques. Il a été mis en évidence dans la littérature trois stratégies visuelles communes à l'ensemble des sports : *le point fovéal*, *l'ancrage visuel* et *le pivot visuel*. De plus une stratégie spécifique aux activités de visée, tel que le Golf, le Tir à l'arc ou bien le Ball Trap a été mis à jour sous le nom de *Quiet-Eye* et défini par Vicker (2007) comme la dernière fixation avant l'initiation de l'action. La littérature nous a amené à nous poser la question des stratégies visuelles utilisées par les golfeurs durant leur activités ainsi que les indices pertinents utilisés pour initier leur coup. De plus nous nous sommes intéressés à savoir si le Quiet-Eye était une stratégie mise en œuvre par l'athlète dans des conditions naturelles de pratique. Les résultats de ce travail amène à penser que les golfeurs utilisent principalement le *point fovéal* comme stratégies visuelles. En fonction du coup joué, plusieurs indices se rapportant à la cible visée, la balle et un point de repère se trouvant devant la balle sont les éléments les plus fixés par les golfeurs. Le Quiet-Eye se retrouve dans des conditions de pratique naturelle, cependant il a été impossible d'établir le QE-Dwell sur l'ensemble des coups joués que ce soit sur des coups dit « longue distance » ou du putting. La discussion des résultats nous amène à dégager l'idée principale que durant la pratique réelle, le QE-Dwell ne peut être mis en place car le mouvement de balancier imprimé pour frapper la balle à une incidence sur le comportement oculaire en faisant dévier la tête du golfeur. De plus, la durée du QE-Pré est plus courte que celle enregistrée dans plusieurs études. Nous expliquons ce phénomène par un pré-programmation commençant bien avant le Quiet-Eye.

Mots-clefs : Comportement oculaire, Quiet-Eye, Stratégie d'exploration visuelle, Condition Naturelle

Abstract

This work focuses on visual exploration strategies put in place by golfers under natural conditions of practice. Three visual strategies common to all sports have been highlighted in the literature: *the foveal point*, *the visual anchor* and *the visual pivot*. In addition, a strategy specific to aiming activities, such as Golf, Archery or Ball Trap has been updated as *Quiet-Eye* and defined by Vicker (2007) as the last fixation before the initiation of the action. The literature has led us to ask the question of the visual strategies used by golfers during their activities as well as the relevant clues used to initiate their shot. In addition, we were interested in whether the Quiet-Eye was a strategy implemented by the athlete under natural conditions of practice. The results of this work suggest that golfers mainly use the *focal point* as visual strategies. Depending on the shot played, several clues relating to the target, the ball and a marker in front of the ball are the elements most fixed by golfers. The Quiet-Eye is in natural practice settings, however it has been impossible to establish QE-Dwell on all shots played whether on so-called "long distance" shots or putting. The discussion of the results leads us to identify the main idea that during actual practice, QE-Dwell cannot be set up because the pendulum movement printed to hit the ball has an impact on eye behavior by deflecting the golfer's head. In addition, the duration of QE-Pre is shorter than that recorded in several studies. We explain this phenomenon with a pre-programming beginning well before the Quiet-Eye.

Keywords : Gaze behavior, Quiet-Eye, Visual exploration strategies, natural settings