

**Test d'anticipation de trajectoire : une épreuve pour
mesurer la compétence à intercepter un objet qui peut
changer ou pas de trajectoire en raison d'une déviation
d'un autre objet**

Travail de fin d'études en vue de l'obtention du titre de
Master of Science en science de sport
Option enseignement

Déposé par

Yohan Keller

L'Université de Fribourg, Suisse
Faculté de science et de médecine
Section Médecine
Département de neuroscience et science su mouvement

En collaboration avec la
Haute école fédérale de sport Macolin

Référent
Prof. Jean-Pierre Bresciani

Conseiller
Dr. Jean-Luc Bloechle

Fribourg, Juin 2024

Résumé

Cette étude s'intéresse à l'anticipation d'une trajectoire. Une habilité qui est fondamentale dans de nombreux sports pour bien y performer. Un objet qui vole, glisse ou roule peut facilement se faire dévier et changer sa trajectoire. Cette recherche a pour but de mesurer les compétences d'une interception d'une telle trajectoire. Avec l'aide d'un programme de réalité virtuelle, cette-à-dire d'un casque VR, d'une salle avec un système optitrack, pour détecter les mouvements et d'un programme qui simule des lancers de balles qui sont soit déviés soit qui ont une trajectoire normale, nous essayons de comparer ces deux conditions, déviées et non-déviées, et de définir s'il existe une différence dans la capacité humaine à intercepter ces différentes trajectoires. Dans un futur ces données pourront être utilisées pour créer des programmes virtuels pour aider les athlètes à améliorer leurs performances.

L'expérience inclut 26 sujets qui ont effectué quatre blocs de 50 essais. Ces blocs consistent à intercepter des balles avec les mains dans un espace virtuel. La balle se situe à une distance de 5 mètres du sujet et se trouve derrière une poutre qui de manière aléatoire, dévie ces balles vers l'extrémité de portée. Plus le sujet est efficace dans ses interceptions plus la vitesse de la balle va augmenter, si le sujet commet des erreurs la vitesse va diminuer et inversement. Cette adaptation de vitesse sert à trouver un seuil pour les deux conditions et qu'une comparaison entre elles soit possible.

Avec les données collectées une comparaison des deux conditions a pu être faite et observée s'il existe une réelle différence sur le temps de réaction entre une balle déviée ou non-déviée. Les résultats montrent qu'effectivement, une interception d'un objet qui a été dévié nécessite plus de temps pour l'intercepter que si l'objet n'est pas dévié. Autrement dit à une distance identique : la réaction humaine à un objet dévié est moins rapide que si l'objet a une trajectoire sans déviation.

Les retours des sujets, les observations de cette étude et la recherche scientifique pourrait proposer une suite à cette expérience afin d'avoir la possibilité de créer des programmes virtuels d'entraînement pour diverses pratiques de sport.

Table de matière

1 Introduction	1
1.1 Thématique de l'étude	1
1.2 Interception.....	2
1.3 Perception et attention visuelles	3
1.4 Contrôle moteur, Eye-Hand-coordination.....	7
1.5 Temps de réaction	8
1.6 Entraînement des capacités visuelle dans le sport.....	9
1.7 Objectif de l'étude	10
2 Méthode.....	12
2.1 Description de l'échantillon	12
2.2 Matériel	12
2.3 Protocol et passation.....	14
2.4 Analyse statistique des données	15
3 Résultats	16
3.1 Comparaison des performances au sein de la même condition.....	16
3.2 Comparaison des performances d'interception déviées/non-déviées.....	17
4 Discussion	20
4.1 Mise en perspective des résultats avec les objectifs de l'étude.....	20
4.2 L'étude en relation avec la réalité	22
4.3 Limite de l'étude	23
4.4 Améliorations	24
5 Conclusion.....	26
Bibliographie.....	27

1 Introduction

1.1 Thématique de l'étude

Ce travail cherche à trouver la vitesse seuil d'un objet, dans notre cas spécifique d'une balle pour laquelle une interception avec la main est encore possible. Avec les moyens technologiques en constante évolution, le monde du sport fait fréquemment appel à son appui pour améliorer les performances des athlètes. Cette étude consiste à utiliser la réalité virtuelle. Durant ces dernières années la progression dans ce domaine est phénoménale, nous l'utilisons dans différents secteurs comme la construction, l'automobilisme, la construction aéronautique ou encore dans le milieu médical. La réalité virtuelle se développe très rapidement (Burkhardt, 2003) des études comme celles de Caramenti et al. (2019); Le Naour et al. (2019); Le Naour et al. (2020) ou encore Neumann et al. (2018) démontrent que dans le domaine du sport elle est utilisée pour induire une présence virtuelle et permettre une interaction avec l'environnement. L'étude exploite les capacités de la VR pour récolter des données qui permettront, dans un deuxième temps, de traiter et analyser ces données.

Dans le domaine du sport la VR c'est aussi montrer utile pour des entraînements de gardien de Handball ou Football. Des études ont aussi montré que la VR peut être utilisée pour influencer positivement les performances, de joueur de sport collectifs, en utilisant la VR pendant leurs entraînements, à moins que les conditions soient le plus précises que possible, pour réussir un transfert de la réalité virtuelle à la réalité. (Faure et al., 2020)

Pour pouvoir trouver la vitesse seuil à laquelle une interception est possible l'analyse est faite à partir d'une série d'essais, où les sujets auront comme but d'intercepter des balles. La vitesse à laquelle la balle arrive sur le sujet dépend du taux de réussite d'arrêt de la balle du sujet. Pour simuler ce scénario un système VR est utilisé, qui permet ensuite de récolter facilement des données précises.

Les sports dans lesquels se font des interceptions sont nombreux et de différentes manières, peu importe si elles sont faites avec le pied, les mains, une autre partie du corps ou encore avec un objet comme une raquette ou une batte. L'article de Merchant et al. (2009) explique que la manière et le moyen d'intercepter une balle sont multiples et que les capacités motrices et cognitives pour leur réussite sont innombrables.

Pour introduire le travail, certains thèmes abordés permettront de mieux comprendre ce processus. Pour expliquer où la recherche scientifique se situe, des travaux scientifiques sont expliqués. Les thèmes abordés sont les suivants : Les interceptions, la perception et l'attention

visuelle, la coordination main-œil pour couvrir la motricité, le temps de réaction et comment entraîner les capacités visuelles pour le sport.

1.2 Interception

L'action d'interception peut varier et dépend de certains facteurs : les propriétés de l'objet qui va être intercepté comme sa forme, sa taille ou encore sa vitesse, si le but de l'interception est d'attraper l'objet ou juste de toucher, comment l'interception a-t-elle lieu (avec un objet, main nue etc.), si l'objet est dévié ou encore à quel point l'interception doit être précise. Deux aspects importants pour une interception, est la zone d'interception (IZ), c'est-à-dire l'endroit où le contact entre l'objet et l'effecteur se fait et combien de temps est-il nécessaire pour atteindre cette zone de contact (TTC). Une interception est réussie quand l'effecteur et l'objet à intercepter se heurte dans la zone d'interception (Merchant et al., 2009).

Dans cette article Merchant et al. (2009) expliquent le modèle de prédiction qui stipule que le mouvement est lancé avant même de recevoir un feedback du système sensoriel, ceci afin d'égaliser le délai et l'imprécision qui va être créée par les nombreuses connections. Le déclenchement du mouvement nécessite deux aspects : le traitement des informations visuelles, obtenu par la cible et la contraction musculaire qui produit le mouvement volontaire. A partir d'un certain seuil, le mouvement va être déclenché automatiquement.

En parallèle, le modèle réactif informe du mouvement quand la cible a atteint une certaine distance ou temps. Une fois le mouvement lancé celui-ci est modulé afin de pouvoir atteindre le but. Le « tau-coupling » est un principe qui permet de garder deux ou plusieurs mouvements à un rapport constant afin de synchroniser les mouvements et maintenir leur vitesse, ce qui permet d'exécuter des mouvements précis (Merchant et al., 2009).

La gestion temporelle des modèles préprogrammés de mouvement est pilotée par deux composants : la détermination du temps de mouvement (la période du lancement du mouvement jusqu'au contact avec la cible) et l'initiation du MPG (générateur de programmation moteur) au moment adéquat. Pour que les mouvements préprogrammés assurent le contact avec la cible, le temps de mouvement doit être défini et l'ordre de déclenchement doit être lancé un peu en avance, afin d'anticiper le temps de la réaction musculaire. Ce concept prend également en considération le temps nécessaire pour le transfert du système visuel (Tresilian, 2005).

Tresilian (2005) explique que le temps de mouvement varie par rapport à la cible, plus la cible est rapide plus le mouvement devra être, logiquement, exécuté rapidement. Ce paramètre et souvent confondu avec le temps d'observation, le temps durant lequel la cible est vue avant le

contact. Avec un temps d'observation plus court, le temps durant lequel la cible est en visuel influe sur la réaction qui est également plus courte, il en résulte que les mouvements exécutés sont plus courts et plus rapides.

Pour résumer ces trois modèles ci-dessus dont l'objectif commun est d'intercepter ou contacter une cible en s'adaptant à la trajectoire de la cible, en dépit des similitudes, se distinguent sur différents points : le modèle de prédiction se base sur des données et tendances du passé avec une analyse prédictive pour anticiper la trajectoire. Le modèle réactif répond directement à la trajectoire en temps réel, en se basant sur des informations reçues à un moment précis qui provoque une réponse immédiate à la trajectoire. Pour le modèle des mouvements préprogrammés sont utilisées des réponses préprogrammées qui varient selon la situation spécifique. Ces programmes préprogrammés déclenchés à l'avance dépendent des conditions. Le dernier modèle est moins flexible que les autres car les réponses sont déjà programmées en avance.

Merchant et al. (2009) plongent également profondément dans la neurophysiologie de l'interception. Sans entrer intensément dans le sujet, un mouvement visuel implique plusieurs parties du cerveau. Les parties importantes sont l'aire temporale moyenne MT, l'aire temporale supérieure médiane MST, l'aire polysensorielle temporale supérieure, l'aire 7a et l'aire intrapariétale ventrale. La direction des mouvements linéaires est représentée par l'activité neuronale dans le MT, qui à son tour les projette dans l'MST. À leur tour, les neurones présents dans l'MST peuvent coder les directions des mouvements. La vitesse d'un mouvement est codée par plusieurs parties, les régions impliquées sont le MT, MST et la zone 7a. Les informations visuelles sont transmises aux zones prémotrices, puis au cortex moteur primaire à partir de différentes zones du pariétal postérieur (PPC).

1.3 Perception et attention visuelles

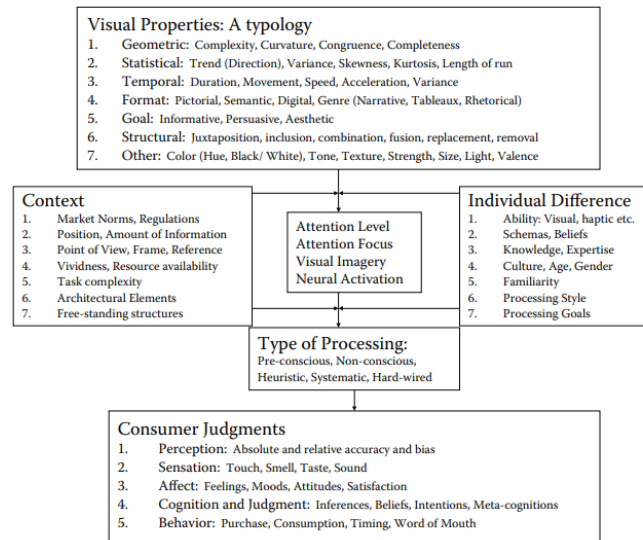
L'humain fait la différence entre perceptions et attentions visuelles. Dans ce chapitre les aspects liés au visuel vont être abordés. La manière dont l'être humain perçoit et qu'a-t-il besoin pour réagir ou prendre conscience de ce qui l'entoure.

La perception visuelle se réfère à la manière dont sont traitées, interprétées et comprises les informations visuelles, c'est-à-dire la compréhension visuelle, tandis que l'attention visuelle concerne la façon dont nous dirigeons notre attention sur des stimulus visuels spécifiques et les traitons, dans ce cas la focalisation de la conscience sur des stimulus spécifiques.

1.3.2 Perception visuelle

Figure 1

Modèle perception Visuel :



Note. Pour une compréhension plus aisée, la perception est schématisée en 7 propriétés qui catégorisent les stimulus visuels. Le traitement de ces propriétés est déterminé par le niveau d'attention, la focalisation de l'attention, l'imagerie visuelle et l'activation neuronale, qui sont influencés par le contexte et les différences individuelles. Finalement la personne exposée à un stimulus va juger en fonction de ces points relevés (Raghubir, 2011).

Raghubir (2011) cherche à résumer le traitement visuel afin de mieux comprendre la manière, dont les indices visuels interagissent les uns avec les autres. Le modèle utilisé décrit différents types de signaux visuels et comment ils influencent la pensée du consommateur de stimulus, en passant par des mécanismes comme l'attention, l'activation neuronale et l'imagerie mentale. Avec deux ensembles de modérateurs pour ces effets : le contexte et les différences individuelles.

Perception visuelle au sport. La perception est une action utilisée à tout moment dans le sport et se base sur le concept de Gibson qui souligne la relation directe entre le performeur, son environnement et la récolte spécifique d'informations changeantes en fonction de ses mouvements. Les mouvements continus du performeur créent constamment des nouvelles informations qui mènent à une adaptation de l'action et qui modifie la relation avec l'environnement (Dicks et al., 2019).

Une performance supérieure ne signifie pas nécessairement des différences dans les capacités visuelles et sensorielles mais des études ont démontré que des athlètes plus expérimentés retiennent mieux et plus d'informations de situation de jeu structuré, cela spécialement chez des sportifs pratiquant un sport d'équipe (Helsen & Starkes, 1999).

1.3.3 Attention visuelle

L'explication débute par les différentes attentions visuelles : l'attention spatiale, - locale ou encore globale. L'attention spatiale est la capacité de traiter des informations de localisations spécifiques dans le champ de vision. Cela aide à prioriser certaines informations et à ignorer d'autres. L'attention locale aide à focaliser l'attention sur des caractéristiques spécifiques d'un objet, comme la couleur, la forme ou encore l'orientation. L'attention globale en revanche aide à se faire une image générale d'un environnement et à permettre de se faire une image de l'entier (Boynton, 2005). Boynton (2005) propose un simple rapport entre ces trois types d'attentions. L'attention spatiale agit comme un mécanisme de gain de contraste, cela veut dire que l'attention spatiale améliore la perception d'objets ou des stimuli dans un endroit particulier en amplifiant le contraste entre les régions fréquentées et celles qui ne le sont pas. En revanche l'attention locale et globale sont médiée par les mêmes mécanismes et opèrent séparément à l'attention spatiale.

(Rensink, 2013) explique que la relation entre la perception et l'attention utilise une classification de différents types d'attention basée sur leur fonction. Cette classification distingue cinq types principaux d'attention, chacun jouant un rôle spécifique dans la façon dont nous traitons et percevons les informations visuelles. Le premier est l'échantillonnage, qui cueille des informations avec la vue. Le deuxième est la filtration qui retient les informations importantes, le troisième est le reliment, qui forme des structures plus complexes dans l'espace. Ensuite, le quatrième est le maintien, qui créé la structure cohérente nécessaire pour percevoir la continuité dans le temps. Et finalement, le cinquième est l'indexation qui permet d'individualiser certains objets. La perception visuelle se base sur deux systèmes principaux : les cônes qui sont concentrés dans la fovéa, détecteur de couleur et de la vision détaillée et les

bâtonnés qui se trouvent en grande quantité dans la périphérie et qui augmentent la perception du mouvement grâce à leur large champ de vision. Des cellules ganglions intègrent les signaux des photorécepteurs et transmettent les informations au cerveau. La capacité de voir avec netteté diminue à mesure qu'on s'éloigne de la fovéa, allant vers la périphérie de la rétine. Cela explique que la perception de mouvement est plus forte dans la partie extérieure de l'œil c'est-à-dire dans la périphérie. La plupart des mouvements d'œil sont rapides et plusieurs fois par seconde, qui est fortement dépendant de la tâche à faire (Rensink, 2013).

(Rensink, 2013) explique le concept du premier, deuxième et troisième ordre de mouvement. Le premier est basé sur des différences de luminance (Suivre la trajectoire d'une balle dans les airs), le deuxième se produit dans des motifs sans différences de luminance apparente (Identifier les motifs de mouvement des joueurs sur un terrain de football) et le troisième ordre est la capacité de percevoir et à suivre des schémas de mouvements complexes en utilisant des processus mentaux plus évolués que les deux premiers ordres (suivre les interactions entre joueurs dans un système (stratégie de jeu) pendant un match, par exemple, de football ou de basketball).

Une étude qui explore les caractéristiques temporelles des mécanismes codant la direction du mouvement dans la vision humaine, en mesurant les temps de réaction a été réalisée par Ledgeway & Hutchinson (2008). Les performances pour les mouvements de premier ordre et plusieurs variétés de mouvement de deuxième ordre ont été comparées sur une large plage de profondeurs de modulation. Les résultats montrent des différences significatives dans le temps de réaction entre le mouvement de premier et de deuxième ordre. Ce qui suggère qu'une extraction d'informations spatiotemporelles de deuxième ordre nécessite des étapes de traitement supplémentaires par rapport au mouvement de premier ordre. Ils prouvent qu'il existe des différences dans le temps de réaction entre le sujet, ce qu'ils expliquent avec la possibilité que certains d'entre eux sont habitués à ces stimuli. Les résultats suggèrent une différence fondamentale dans le traitement du mouvement défini par la luminance (premier ordre) et celui défini par le contraste (deuxième ordre) (Ledgeway & Hutchinson, 2008). De façon similaire, la nature de la tâche à accomplir semble également avoir un effet sur les temps de réaction oculaires (Bieg et al., 2012; Bieg et al., 2015).

Un rôle non négociable est si le mouvement est attentif ou non-attentif (Allen & Ledgeway, 2003), c'est-à-dire que sur un mouvement attentif, des informations sur le mouvement sont données. Dans leur étude, ils démontrent que le mouvement de deuxième ordre est plus influent que le mouvement de premier ordre par la modulation de l'attention. Ils expliquent que cela peut être lié au fait que les mécanismes qui traitent les stimuli sont plus sensibles aux

modulations de l'attention dans les mouvements de deuxième ordre. Ce qui soutient l'idée que les mouvements de deuxième ordre n'ont pas les mêmes mécanismes visuels que ceux du premier ordre (Allen & Ledgeway, 2003).

Attention visuelle au sport. La plupart des études montre que l'attention visuelle des sportifs qui pratiquent un sport à compétences ouvertes comme la boxe, le hockey ou encore le football présentent une plus grande attention visuelle que les novices pour orienter leur attention dans l'espace visuel. Les experts sportifs privilégient souvent les événements moins prévisibles, contrairement aux novices, en particulier dans les sports ouverts (Memmert, 2009). Memmert (2009) ajoute que les athlètes experts, ceux dont l'entraînement consiste en un volume important d'attention élevée, surperforment les novices dans le domaine de l'attention ciblée. Il souligne également que les experts peuvent ajuster leurs ressources attentionnelles en fonction des demandes spécifiques de la tâche, cela veut dire que les experts adaptent mieux leur attention en fonction de la tâche en comparaison aux novices. De plus, les experts sont capables de réagir plus rapidement, même lorsque leur attention est perturbée par des indices qui ne sont pas pertinents pour la tâche. L'attention peut orienter le choix des mouvements ou des zones sur lesquels se concentrer pendant l'exécution d'une tâche motrice ou décisionnelle.

L'attention sélective peut être divisée dans trois domaines distincts : les trois domaines que Memmert (2009) évalue dans le contexte avec l'attention sélective sont les stratégies de recherche visuelle, les indices d'attention, et les instructions. Il explique que pour la stratégie de recherche visuelle l'aspect primordiale est la position du focus d'attention et qu'un expert comparé à un novice a plus de facilité à se concentrer sur les points importants. Les indices d'attention peuvent aider à raccourcir le temps de réaction, si l'attention est guidée sur des informations importantes, à l'aide d'indices d'attention il est possible de réagir plus rapidement à un certain stimulus. Les instructions externes, si elles ne sont pas excessives, peuvent aider un athlète à améliorer son attention visuelle.

1.4 Contrôle moteur, Eye-Hand-coordination

Après la perception et l'attention visuelles une réaction motrice du corps face à l'environnement présent est souvent déclenchée. D'où la concentration de la réponse du bras ou/et de la main. Ce phénomène est connu sous la coordination œil-main (eye-hand-coordination).

Mrotek and Soechting (2007) ont fait une expérience où les sujets doivent intercepter des cibles avec les doigts et ce qui est démontré c'est que pour poursuivre une cible, l'humain utilise des mouvements oculaires de poursuite lente. Ce qui veut dire que l'œil poursuit sa cible de

manière régulière, contrairement au mouvement oculaire saccadé, auquel le sujet saute d'un point à un autre dans son champ de vision. Pour résumer, les mécanismes de coordination œil-main étudiés dans cet article comprennent l'utilisation de la poursuite lente pour suivre la cible en mouvement jusqu'à l'interception, ainsi que la suppression des saccades pendant le mouvement du doigt vers la cible. Les sujets utilisent des mouvements oculaires de poursuite lente pour fixer les mouvements de la cible, ainsi que les ajustements anticipés de la direction du mouvement du doigt pour intercepter la cible avec succès. Les sujets semblent également baser leur décision d'interception sur plusieurs paramètres de mouvement de la cible, tels que la vitesse, la trajectoire et la direction du mouvement de la cible.

Une ancienne étude de Van Donkelaar et al. (1992) durant laquelle des chercheurs ont étudié comment le cerveau humain et nos yeux réagissent lorsqu'un individu attrape un objet en mouvement, comparent deux types de mouvement : lorsque la main se déplace pour attraper un objet et lorsque les yeux suivent un objet en mouvement. Ils en viennent à la conclusion que plus l'objet est rapide, plus notre réaction pour intercepter cet objet, jusqu'à un certain point, est rapide. Notre réaction dépend du temps nécessaire pour traiter les informations dans notre cerveau et de la distance que l'objet doit parcourir avant qu'on puisse réagir. De plus ils ont découvert que plus la trajectoire est prévisible, plus nous réagissons rapidement et précisément. En résumé, le cerveau et les yeux ont des façons spécifiques de réagir lorsque nous essayons d'attraper quelque chose en mouvement, et cela dépend de la vitesse et de la prévisibilité du mouvement de l'objet (Van Donkelaar et al., 1992).

La coordination œil-main est très complexe, en bref nous pouvons dire que l'œil guide la main visuellement. Le mouvement des yeux en soit n'influence pas directement le mouvement de la main mais elle suit les ordres du système visuel. Cela souligne l'importance des mécanismes du cerveau qui compense constamment les mouvements de l'œil et qui permettent d'attraper ou d'intercepter des objets avec succès. (Crawford et al., 2004).

1.5 Temps de réaction

La revue littéraire du temps de réaction (Kosinski, 2013) explique clairement le phénomène du temps de réaction. Pour commencer il existe plusieurs types de temps de réaction : le temps de réaction simple, avec uniquement un stimulus et une réponse à ce stimulus. Le temps de réaction de reconnaissance, où la réponse dépend du stimulus, avec une réponse correcte. Et encore le temps de réaction à choix où il existe une réponse spécifique à un stimulus spécifique. On distingue également entre des stimuli auditifs et des stimuli lumineux, que le temps de réaction au stimuli auditif est en général plus rapide que celui de la lumière. Il existe aussi le temps de réaction au

touché qui se trouve entre les deux au niveau temps de réaction. Le temps de réaction dépend de l'intensité du stimulus, plus le stimulus est fort, plus le temps de réaction sera rapide jusqu'à un certain seuil. Il existe d'autres facteurs qui peuvent influencer le temps de réaction : l'excitation en fait partie, autrement dit l'état d'attention qui inclut la tensions musculaire. Le temps de réaction est plus bas avec une excitation moyenne, si le sujet est trop détendu ou encore trop tendu le temps de réaction va augmenter. Kosinski (2013) met en évidence également que la pratique et les erreurs aident à améliorer le temps de réaction à un stimulus. Un sujet qui débute à un certain stimulus aura tendance à être d'avantage inconsistant avec ses réactions qu'un sujet entraîné. Après une erreur, habituellement le prochain stimulus génère un temps de réaction plus lent. Le temps de réaction peut s'améliorer dans une période de trois semaines, la période de l'effet de l'entraînement est également de minimum trois semaines. Un entraînement sur une tâche plus complexe aide à diminuer le temps et à augmenter la précision. Des autres exemples cités par Kosinski (2013) sont la fatigue et la distraction, un manque de sommeil (fatigue mentale) a un grand impact sur le temps de réaction d'un humain. Contrairement à la fatigue musculaire qui ne joue pas un grand rôle dans le temps de réaction. Le temps de réaction est plus rapide si le sujet est prévenu qu'un stimulus arrive. Il explique plus le temps de latence entre l'avertissement et le stimulus est court, plus la réaction sera courte. L'enchaînement de plusieurs stimuli identiques aide également à baisser le temps de réaction, comparé à un enchaînement de différents stimuli. Il explique également que ses études ont inclus que des sujets en bonne condition physique (Kosinski, 2013).

Dans ce paragraphe sont cités quelques exemples de paramètre (Kosinski, 2013) qui peuvent influencer le temps de réaction. Il existe d'autres exemples qui influencent le temps de réaction qui ne sont pas développés dans ce travail.

Des études comme Michel and Scott (2000) ou encore Reichenbach et al. (2009) démontrent que le temps de réponse est plus court, quand un mouvement déjà lancé doit être adapter, en comparaison a un mouvement qui doit être lancer. Ceci s'explique par le principe que notre cerveau réagi plus rapidement pendant un mouvement déjà lancé. Des prévisions de mouvement sont faites et comparées aux mouvements réels. En bref, il est plus rapide d'adapter un mouvement en cours que d'en lancer un nouveau.

1.6 Entraînement des capacités visuelle dans le sport

La perception visuelle peut être entraînée (Schapschröer et al., 2011), si la perception peut être améliorée avec des entraînements spécifiques visuels, nous pourrions déduire que la perception s'entraîne également avec les activités sportives et les situations de compétition. Mais

Schapschröer et al. (2011) expliquent que ce n'est pas le cas pour tous les aspects visuels, contrairement à l'acuité visuelle dynamique, la vision des mouvements et des saccades ainsi que pour la perception périphérique qui ont été prouvés plus efficaces que chez des personnes pratiquant moins ou pas de sport. Schapschröer et al. (2011) énumèrent dans leur article de nombreuses sources qui montrent une amélioration significative de la vision dans le sport en utilisant différentes méthodes, les méthodes spécifiques au sport, les méthodes non-spécifiques au sport et les méthodes hybrides ont montré une amélioration des capacités visuelles au sport (Schapschröer et al., 2011).

Une méthode qui se montre efficace sont les entraînements de la perception des schémas de mouvements spécifiques au sport en question. Ces entraînements qui améliorent l'anticipation des environs peut aider à améliorer la performance d'un sportif (Hagemann et al., 2006).

La vision est cruciale dans le sport, vu qu'une majorité des informations sensorielles sont visuelles. Il existe des programmes d'entraînement qui consistent à fortifier les capacités visuelles d'un sportif et qui permettent d'améliorer ses performances. Ces entraînements ne démontrent pas qu'une augmentation à ces entraînements spécifiques mais aussi un changement au niveau physique, psychique ou encore mental. A travers ces entraînements plusieurs aspects visuelles vont être améliorés, comme l'attention visuelle, l'habileté visuomotrice et les fonctionnements cognitifs ce qui est essentiel pour une bonne performance dans n'importe quel sport. Des athlètes expérimentés ont les capacités de mieux filtrer et de détecter plus rapidement les informations importantes ce qui mène à un temps de réaction plus court, et une meilleure capacité d'anticipation (Khanal, 2015).

L'analyse des données du temps de réaction et d'anticipation visuelle devraient être utilisés pour créer des programmes d'entraînement avec le but d'améliorer les performances d'un sportif (Kuan et al., 2018). L'étude de Kuan et al. (2018) montre que les sportifs ont en général un temps de réaction plus court et une meilleure anticipation visuelle et que cela démontre que cette capacité visuelle pourrait jouer un grand rôle dans l'amélioration de capacité sportive.

1.7 Objectif de l'étude

Avec l'objectif d'offrir des programmes d'entraînements innovants, les chercheurs de l'université de fribourg récolte des données pour modifier et augmenter la similitude avec la réalité. Un point crucial est la vitesse de seuil à laquelle une balle peut encore être interceptée par un humain. Pour cela les sujets auront le devoir d'intercepter une série de balles en réalité virtuelle dans différentes conditions, déviées ou non-déviées Avec les données récoltées, une analyse sera effectuée afin de déterminer les seuils des deux conditions. L'environnement dans

lequel les interceptions sont effectuées est neutre, c'est-à-dire qu'aucun stimulus n'est utilisé en dehors de la balle de tennis et de la poutre qui sert de diversion. Cela permet, une concentration maximale des sujets autour d'une valeur seuil sans perturbation supplémentaire. Les balles sont lancées à gauche ou à droite de la poutre et restent du même côté (qu'elles soient déviées ou non). Le sujet peut utiliser ses deux mains pour intercepter les balles. Un geste avec la main suffit pour intercepter la balle. Le sujet ne doit pas se déplacer.

Ci-dessous une liste des questions qui permettront une résolution une fois les données récoltées :

- a) Y'a-t-il une différence entre ces conditions ?
- b) Quel est la vitesse de seuil à laquelle il est encore humainement possible de réagir et d'intercepter une balle ?
- c) Quel est la vitesse de seuil à laquelle il est encore humainement possible de réagir et d'intercepter une balle si la balle a été légèrement déviée par un objet ?

2 Méthode

2.1 Description de l'échantillon

Les 26 participants de cette étude sont âgés de 20 à 38 ans (M=25). Pour cette expérience, il n'est pas nécessaire de faire des groupes. Aucune distinction entre les participants a été faite, un critère prit en compte est que le sujet, participant à l'expérience doit être en bonne condition physique, c'est-à-dire pratiquer du sport et être capable d'avoir de l'aisance à mouvoir son corps dans l'espace. Les informations suivantes sont prises en compte dans l'études : les sujets sont-ils droitiers ou gauchers, leur âge, s'ils pratiquent activement des jeux vidéo ou non. Avant que les sujets puissent participer à l'expérience, ils reçoivent un document avec les informations concernant le déroulement de l'expérience. Le document est signé après la lecture du formulaire de consentement afin que puisse débiter l'expérience. Avec leur accord chacun à la possibilité de quitter l'expérience à tout moment peu importe la raison.

2.2 Matériel

L'expérience nécessite certaines ressources en matériel. Les Participants doivent porter des gants équipés de capteurs. De plus les sujets portent un casque VR, le piMax, le casque VR lui aussi est équipé de capteurs. Ces capteurs servent à capturer les mouvements de la tête et des mains du sujet pour récolter les données nécessaires. Ces mouvements sont analysés par le système de capture de mouvement Optitrack. Le système est monté dans une pièce équipée avec 24 caméras.

Le modèle PiMax utilisé est le modèle PiMax Crystal, il est équipé d'une Lentilles asphériques en verre, qui produit une résolution de 5760x2880 pixels (PimaxTechnology, 2015) . Il est relié à un ordinateur sur lequel les programmes Motive, PiTool et Copelab sont installés afin de pouvoir lancer l'expérience et de sauvegarder les données.

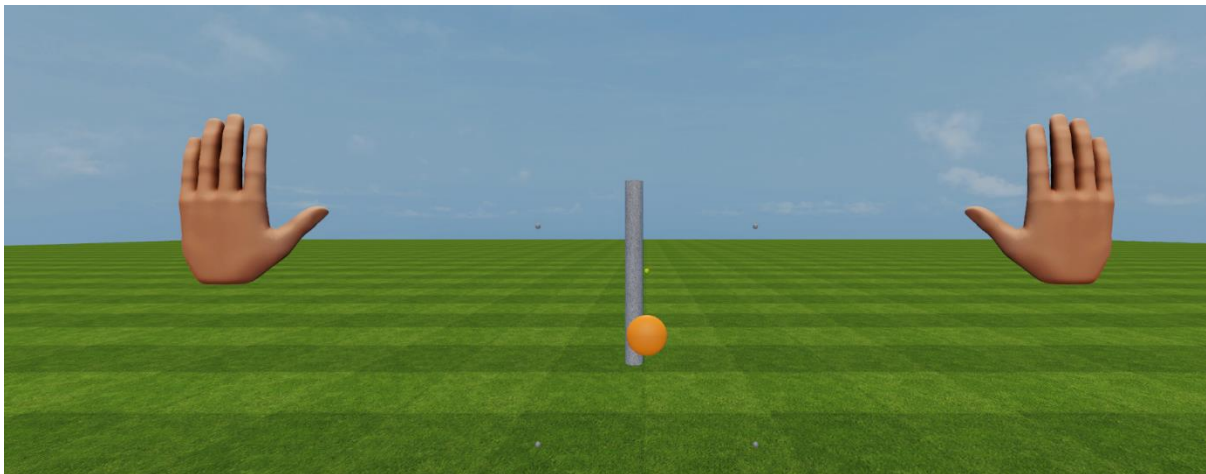
Les caméras optitrack fonctionnent avec l'application « motive », ce qui permet de capturer les mouvements produits par les sujets. Les caméras captent les petits rétros réflecteurs qui sont posés sur les objets ou sur les parties du corps. Les mouvements sont capturés des caméras optitrack par la réflexion de ces rétros réflecteurs puis délivre par l'aide du programme « motive » les mouvements produit en temps-réel. Ces mouvements peuvent être sauvegardés comme données informatiques (Optitrack, 1996).

Une fois que tous les programmes sont lancés (Motive, PiTool et Copelab), l'utilisateur enfle le masque VR, pour plonger dans un monde virtuel qui comprend une surface verte qui simule de l'herbe et à cinq mètres de lui est situé une poutre avec, soit à gauche, soit à droite, une balle

de tennis visible. Pour lancer l'expérience le sujet doit se trouver à la bonne distance, qui est signalée par une ligne visible à travers le casque VR. La distance correcte est obtenue en tendant les bras en direction du point virtuel, si la distance est correcte, celui-ci passe de l'orange au bleu. Après le changement de couleur, le point virtuel disparaît et la balle de tennis prend de la vitesse pour permettre une interception du sujet. Après chaque interception, le processus recommence, le point virtuel orange réapparaît et les mains doivent à nouveau être positionnées correctement.

Image 1

Espace virtuel



Note. Espace virtuel du programme Copelab. L'image que le sujet voit pendant l'expérience. Les mains sont visible grâce au rétro réflecteurs positionné sur les gants porter par le sujet. A 5 mètres se situe la poutre avec la balle de tennis à droite de la poutre (point de vue du sujet).en avançant vers la ligne et en approchant les mains sur le point orange, afin qu'il change en bleu, le lancer va être active et l'interception peut être faite.

Les logiciels mentionnés plus haut dans ce chapitre ont les fonctions suivantes : Motive permet de suivre les mouvements des rigid body, c'est-à-dire les objets ou les parties du corps avec rétro réflecteurs, à l'aide des 24 caméras Optitrack : dans ce cas sur les gants (pour les mains) et sur le casque VR (pour la tête). Le programme Pitool a l'utilité, si besoin, de réinitialiser casque VR s'il y a des problèmes au niveau du transfert des informations. Puis Copelab, le logiciel qui permet d'effectuer l'expérience en envoyant les balles en direction de l'utilisateur.

2.3 Protocol et passation

2.3.1 Design de l'étude

L'étude est composée d'une seule séance qui est divisée en quatre parties. Ni pré-, ni post-test sont nécessaires. Seront essentiellement évaluées les données du moment précis auquel les sujets ont passé l'expérience. Les quatre parties nommées consistent la même tâche. Le sujet doit intercepter une balle, à l'intérieur de son espace virtuel. Les balles se situent derrière une poutre qui, de manière aléatoire dévie légèrement les balles pour perturber aisément la phase de vol. Les balles se trouvent à cinq mètres du sujet, soit à gauche, soit à droite de la poutre. Au moment où le sujet touche des deux mains le point orange virtuel qui se trouve devant lui, sa couleur passe de l'orange au bleu et la balle de tennis prend de la vitesse. Les quatre parties permettent 50 essais d'interception de côté droite ou gauche, en hauteur et le changement de direction de la balle ou non par la poutre qui se fait de manière aléatoire. La vitesse à laquelle la balle vole, en revanche n'est pas aléatoire. Tous les sujets commencent à un temps de vol de la balle de 0.5 seconde pour parcourir la distance du point de départ de la balle, qui se situe derrière la poutre jusqu'à l'emplacement du sujet qui est à 5 mètres de distance. Pour une compréhension simplifiée, en une seconde la balle de tennis parcourt 10 mètres, ce qui fait une vitesse de 36 km/h. Cette vitesse de balle varie en fonction de la réussite du participant. Plus le participant intercepte avec succès, plus le temps de vol de la balle diminue (la vitesse augmente) ou inversement plus il fera d'erreur, plus le temps de vol augmentera (la vitesse de la balle diminue). Comme il s'agit d'un environnement non-habituel cela pourrait entraîner des conséquences sur la performance des participants.

2.3.2 Consignes

Avant de commencer l'expérience les participants doivent remplir un formulaire de consentement. Une fois le document lu et signé les participants reçoivent un document qui explique le déroulement de l'expérience. Si des directives au niveau du déroulement ne sont pas claires, ces ambiguïtés seront résolues. Une fois que le côté administratif est terminé, les sujets sont invités à enfiler les gants avec les rétros réflecteurs pour capturer leurs mouvements. Une fois enfilés, le positionnement des gants doit être réinitialisé, en posant les mains au sol et avec l'aide du programme « Motive », le positionnement des mains par rapport aux trois axes peut être fait. Une fois que ces étapes sont accomplies, ils prennent possession du masque VR et plonger dans un environnement virtuel. Avec les bras tendus vers l'avant ils avancent ensuite jusqu'au point bleu virtuel qui se trouve devant eux. Au sol se situe un marquage qui indique

la bonne distance. Une fois à la bonne distance le point change de couleur et l'expérience commence. Au niveau du positionnement aucune consigne n'est donnée à partir du moment où le point virtuel disparaît.

Avant que le premier bloc de 50 essais ne commence, chaque participant à 10 essais test pour s'habituer à la VR et bien assimiler le déroulement de la tâche. Après chaque interception les mains doivent à nouveau toucher le point bleu virtuel afin d'enclencher l'essai suivant. Une fois les 50 essais accomplis, les sujets sont priés de reculer, enlever le casque VR et faire une pause de 4 minute. Après ces quatre minutes le deuxième bloc est lancé. Et ainsi de suite pour les blocs suivant jusqu'à en faire quatre.

2.4 Analyse statistique des données

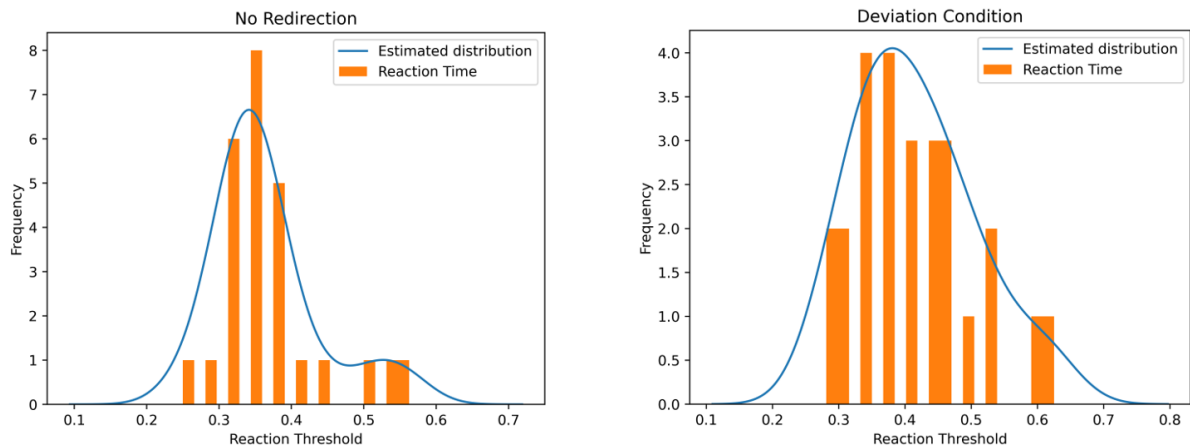
Pour l'analyse des statistiques, les données vont être traitées afin de pouvoir comparer les deux conditions : déviée/non-déviée. Avec ces données, le seuil auquel une interception est encore possible va pouvoir être déterminé. Pour analyser les données et pour créer des graphiques le programme statistique jamovi va être utilisé.

3 Résultats

3.1 Comparaison des performances au sein de la même condition

Figure 2

Distribution des données des deux conditions en diagramme de barre.



Note. A Gauche les données des interceptions sans déviation, à droite les données des interceptions avec déviation. Sur l'axe X le temps seuil des sujets à laquelle les interceptions ont été faites et sur l'axe Y, la fréquence de ces interceptions.

La Figure 2 démontre bien que dans une condition identique, c'est-à-dire déviée ou non-déviée, il existe des grandes différences dans la performance. La moyenne de la condition normale est de 0.364 seconde (13.74 m/s). Si les valeurs extrêmes sont comparées avec le seuil d'interception le plus rapide de 0.25 seconde (20m/s) et le plus lent seuil d'interception de 0.563 seconde (8.89 m/s) la constatation est que la différence dans la capacité d'interception n'est pas chez tous les sujets identiques. Ceci est similaire pour les interceptions qui ont été déviées. La différence entre le meilleur et le moins bon seuil ressemble fortement à celui des interceptions non-déviées.

La moyenne de ces seuils d'interception permet de s'imaginer une limite à laquelle une interception est possible sur une population en bonne condition physique, qui pratique régulièrement du sport. Une telle différence dans le groupe démontre que même dans une population sportive il existe des grandes différences dans la capacité d'intercepter une balle. Dans le chapitre discussion quelques possibles explications vont être faites.

3.2 Comparaison des performances d'interception déviées/non-déviées

Avec les données récoltées des 26 sujets, il est possible de comparer les seuils des deux conditions. Les données récoltées permettent de constater s'il existe une différence entre les deux conditions et si cette différence est statistiquement significative.

Tableau 1

Descriptif des données pour les deux conditions : Seuil Normale/Seuil déviation

Descriptives		
	Threshold Normal	Threshold Deviation
N	26	26
Missing	0	0
Mean	0.364	0.415
Median	0.344	0.406
Standard deviation	0.0729	0.0904
Minimum	0.250	0.281
Maximum	0.563	0.625
Shapiro-Wilk W	0.846	0.954
Shapiro-Wilk p	0.001	0.282

Note. Tableau descriptif avec le nombre de sujets, moyenne, médian, écart type, le maximum et le minimum, ces données sont basées sur le seuil des sujets. De plus nous pouvons trouver le Shapiro-Wilk test qui indique s'il s'agit d'une distribution normale ou non pour les deux conditions.

Dans ce tableau (tableau 1) l'observation révèle que le seuil-moyen et le seuil-médian des interceptions avec déviation sont dans les deux cas plus élevés que ceux sans déviation. Plus le chiffre est bas, plus la réaction est rapide. Le seuil-moyen de l'interception dans la condition normale est de 0.364 secondes, c'est le temps que la balle prend depuis son point-départ jusqu'au moment de l'interception. En moyenne, le seuil de la réaction pour une interception avec une déviation est 0.051 secondes plus lentes (0.415). Dans les deux cas le médian est relativement similaire à la moyenne ce qui indique que la distribution est relativement symétrique avec peu de valeur extrême.

Les deux conditions ont un écart-type qui est relativement petit qui suggère que les données ne se trouvent pas loin de la moyenne. L'écart-type de la condition normale est légèrement plus

petit que celui de la condition déviée, il faut en déduire que les valeurs se trouvent plus proches de la moyenne que celles de la condition déviée.

Pour la condition normale la statistique pour le Shapiro-Wilk est de 0.846 et a une valeur « p » de 0.001. Cela signifie que l'hypothèse nulle, qui indique que la distribution est normale, est rejetée. La valeur « p » de 0.001 montre qu'il existe de forte preuve en faveur du rejet de l'hypothèse zéro. Pour les données de la condition déviée la statistique du Shapiro-Wilk est de 0.954 avec une valeur « p » de 0.282, qui est plus haut que le niveau de signification de 0.05, qui mène à accepter l'hypothèse nulle, d'une distribution gaussienne.

Un « paired sample t-test » peut aider à trouver la différence entre les deux conditions, cela est le cas si les données sont paramétriques, c'est-à-dire distribué normalement. Puisque pour la condition normale l'hypothèse nulle a été rejetée et les données sont non-paramétriques le test à utiliser est le « Wilcoxon-signed-rank test » qui est une alternative non-paramétrique au paired-sample t-test.

Tableau 2

Tableau des résultats du Wilcoxon-test

Paired Samples T-Test			Statistic	p
Threshold Deviation	Threshold Normal	Wilcoxon W	284 ^a	0.001

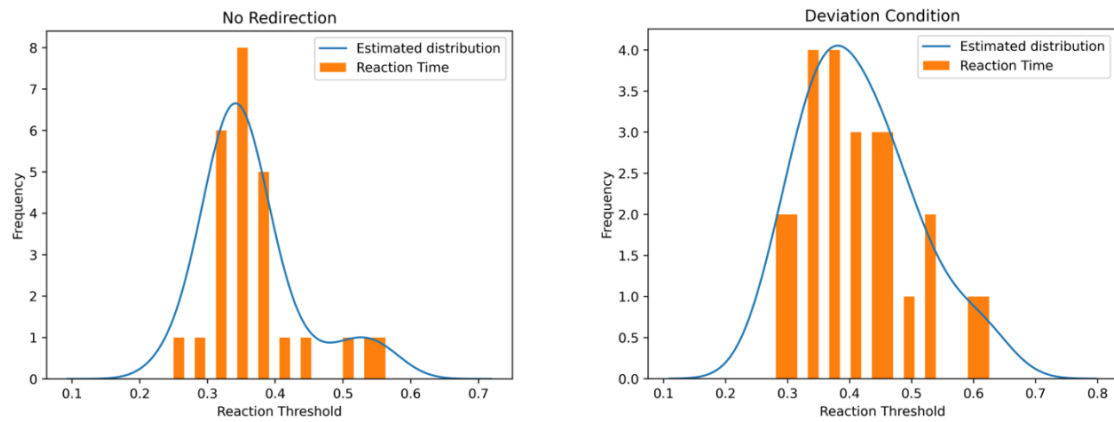
Note. $H_a: \mu_{\text{Measure 1}} - \mu_{\text{Measure 2}} \neq 0$

^a 1 pair(s) of values were tied

Le Tableau 2 montre les résultats du Wilcoxon-signed-rank test. La statistique de 284 donne la somme des différences de rang des conditions appariées et la valeur-p de 0.001 montre que la probabilité que ces différences soient liées au hasard est très faible. Il existe des preuves solides du rejet de l'hypothèse nulle, cette-à-dire qu'il n'existe aucune différence entre les conditions appariées. Pour résumer les Wilcoxon-test, existe avec forte probabilité d'avoir une différence entre les conditions déviée et non-déviée.

Figure 3

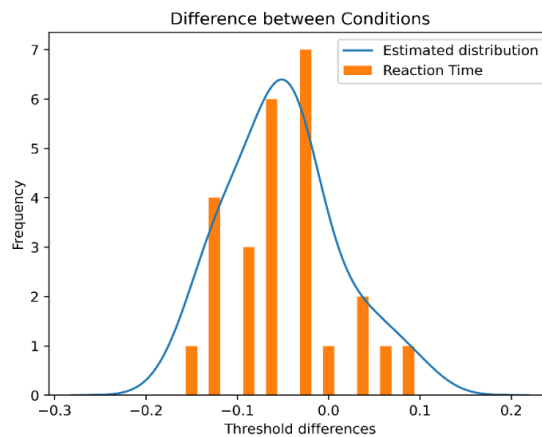
Distribution des données des deux conditions en diagramme de barre



Note. A Gauche les données des interceptions sans déviation, à droite les données des interceptions avec déviation. Sur l'axe X le temps seuil des sujets dont les interceptions ont été faites et sur l'axe Y, la fréquence de ces interceptions.

Figure 4

Différence entre les deux conditions.



Note. Cette figure démontre la différence entre les temps seuils des deux conditions déviée/non-déviée. Sur l'axe X se trouve la différence entre les deux conditions en secondes et l'axe Y démontre la fréquence à laquelle ces différences surgissent. Si le temps, la barre orange, se situe sur le 0.0 cela signifie que le sujet n'a pas de différence dans le temps de réaction (seuil entre les deux conditions).

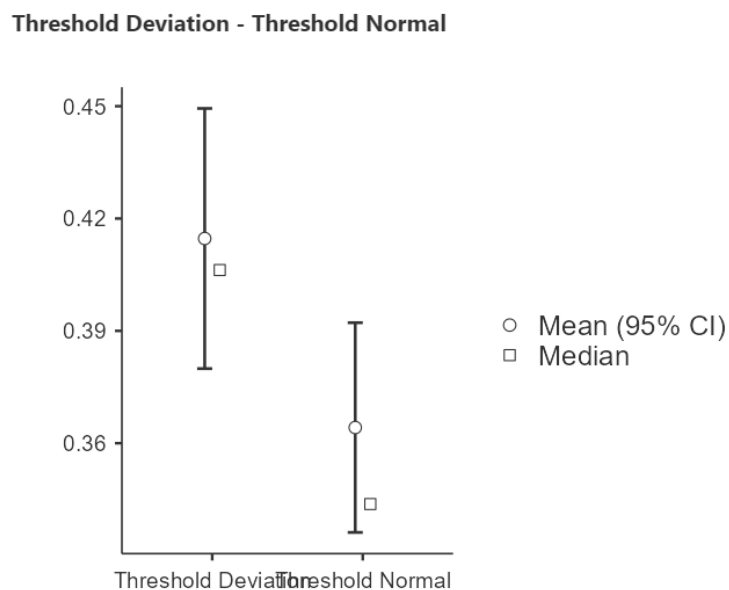
4 Discussion

4.1 Mise en perspective des résultats avec les objectifs de l'étude

26 Sujets ont participé à cette étude dont le but est d'intercepter des balles dans un espace virtuel. Ces balles peuvent avoir une trajectoire directe, C'est-à-dire sans être déviée ou justement, avec l'aide d'une poutre virtuelle, et être déviée. Les résultats de cette expérience suggèrent qu'il existe une différence significative dans la capacité d'intercepter une balle déviée à une balle non déviée. Cette différence est prouvée par un test statistique Wilcoxon-signed-rank qui compare les temps seuils des deux conditions de l'expérience.

Figure 5

Plot comparatif des deux conditions, déviée/non-déviée



Note. Comparaison des vitesses seuils des deux conditions avec la moyenne (cercle) et le médian (carré) facilite la visualisation de la différence entre les deux conditions. Moyenne normale : 0.364, Médian normale 0.34 et Moyenne déviation : 0.415, Médian déviation : 0.406. Le constat qu'il existe une différence entre les deux conditions est flagrant. En revanche il est difficile de définir une vitesse seuille à laquelle l'humain peut encore réagir, comme constaté même si l'écart type n'est pas conséquent, la différence entre le seuil du plus rapide et du moins rapide n'est pas à négliger. Pour mettre cette différence entre les sujets en perspective, sur une distance de 5 mètres, la meilleure vitesse seuille a été de 0.25 seconde ce qui correspond à une

vitesse de 75km/h comparé au seuil le plus lent qui correspond à une vitesse d'environ 32 km/h. Le temps de réaction dépend de plusieurs facteurs qui sont difficiles à prendre en compte. Constat de cette expérience sur les interceptions pour la vitesse seuil est que la vitesse seuil pour une balle non-déviée sera plus élevée que pour une balle déviée. Ou autrement dit, le temps de réaction pour une interception est plus court pour une balle non-déviée.

4.1.1 Cause possible de cette différence

Pour expliquer ces possibles causes de différence dans la vitesse seuil de ces deux conditions, l'analyse s'appuie sur la littérature scientifique qui est traité dans la partie « Introduction » de ce travail.

Les deux conditions se ressemblent fortement, l'influence de la perception et attention visuelle ne va pas énormément influencer l'interception. Pour les deux conditions le départ est le même, c'est-à-dire que l'attention et la perception sont sur les mêmes objets dans les deux cas. Puisque la déviation de la balle se fait au hasard, il est difficile de dévier sa concentration plus ou moins sur la poutre pour mieux anticiper le contact poutre-balle. Aussi sur le chapitre 1.5 temps de réaction, beaucoup d'aspects sont dans les deux cas les mêmes. Il s'agit d'un temps de réaction simple, c'est-à-dire d'un stimulus suivit par une réponse, cette sorte de temps de réaction est la plus rapide donc dans les deux cas le temps de réaction va être rapide. Également, la tension musculaire joue un rôle mais comme les interceptions se suivent, la tension ne va pas changer énormément d'un essai à l'autre (Kosinski, 2013).

Il existe des thématiques qui permettent de mieux expliquer cette possible cause pour ces résultats des deux différentes conditions. Premièrement l'interception en soit. Un paramètre important dans une interception est la zone d'interception (Merchant et al.,2009). Une simple déviation change déjà la zone d'interception. Dans le cas de cette étude une déviation résulte dans une trajectoire plus éloignée du centre du corps des sujets. Cela demande une plus longue distance à parcourir avec la main pour arriver dans la zone d'interception. Marchant et al (2009) parlent également de différents modèles d'interception. Pour le modèle de prédiction où le mouvement est lancé avant même du feedback sensoriel afin d'égaliser le délai qui est créé par nombreuses connections, une déviation pourrait perturber ce processus puisqu'elle est difficilement anticipable. Aussi le modèle réactif, qui lance le mouvement à partir d'une distance seuil de la cible, peut amener une possible explication. Le mouvement une fois lancé va être modulé afin d'assurer le contact avec la cible, une déviation nécessite une plus grande modulation du mouvement que si le mouvement est linéaire, ce qui exige plus de temps pour intercepter avec succès.

Un autre aspect intéressant pour donner une possible explication à cette différence temporelle entre les deux conditions se situe au niveau du contrôle moteur plus spécifiquement la coordination œil-main. Mrotek et Soechting (2007) parlent des mouvements oculaires pendant la poursuite d'un objet, ils ont constaté que pendant une poursuite le mouvement oculaire est lisse et que les mouvements saccadés sont inhibés, pour assurer une interception précise. Dans cette étude le mouvement oculaire n'est pas pris en compte, la possibilité existe que pendant une déviation le mouvement oculaire change de lisse à saccadé et interfère avec le processus de poursuite de mouvement. Pour reprendre la poursuite lisse le système a besoin de plus de temps. De plus ils expliquent que la décision d'interception est influencée par la vitesse, la trajectoire et la direction de mouvement. Une déviation influence ces trois critères. Le changement de la trajectoire se reflète sur la décision d'interception, ce qui va augmenter le temps nécessaire pour une interception réussite.

Van Dolkelaar et al. (1992) expliquent que plus un objet est rapide plus la réaction le sera, cela jusqu'à un certain point. La réaction dépend de la vitesse de traitement des données dans notre cerveau et de la distance que l'objet doit parcourir avant qu'une réaction soit possible. Si une trajectoire est prévisible ce traitement sera plus court ce qui engendre une réaction plus rapide, une déviation perturbe la trajectoire, elle est moins visible et nécessite plus de temps de traitement ce qui se fait remarquer sur le temps de réaction.

4.2 L'étude en relation avec la réalité

En utilisant la réalité augmentée, la question se pose si le transfert sur une situation réelle est-elle faisable. Qu'une balle se fasse dévier est dans beaucoup de sport tout à fait probable et de trouver une vitesse de seuil à laquelle une interception est encore possible fait bon sens, afin d'hypothétiquement développer des programmes qui pourraient améliorer ces réactions. Des études comme celle de Faure et al. (2020) démontre que la VR peut influencer positivement les performances dans le milieu du sport.

Les conditions de cette expérience sont très spécifiques, l'environnement est neutre : une balle se trouve à droite ou à gauche d'une poutre et l'action se déroule sur un sol vert qui imite du gazon. Il n'existe pas d'horizon et nulle distraction dans les environs. Rughubir (2011) démontre que le traitement des propriétés qui caractérisent les stimuli visuels sont déterminés par le niveau d'attention, la focalisation de l'attention, l'imagerie mentale et l'activation neuronale. Cet environnement virtuel qui a été créé pour cette étude essaye de maximaliser ces points. C'est optimal pour trouver une vitesse seuil. Il serait intéressant d'essayer de perturber cet environnement pour se rapprocher d'une réalité plus commune dans le monde du sport.

Memmert (2009) explique qu'une meilleure attention visuelle peu améliorer la performance chez les athlètes. Il ajoute que des athlètes qui ont un volume élevé d'entraînements avec des tâches d'attention visuelle ont plus de facilité à consacrer leur attention aux aspects relevant et privilégient les événements moins prévisibles. De plus les sportifs qui ont de l'expérience à cibler leur attention au bon endroit sont capables de réagir plus rapidement même lorsque leur attention est perturbée par des indices non pertinents pour la tâche. Une possible suite de cette étude pourrait être d'incorporer des aspects perturbateurs pour l'attention visuelle afin de pouvoir augmenter l'attention sur les aspects pertinents à la tâche et ainsi augmenter la ressemblance aux situations réelles au sport.

4.3 Limite de l'étude

Beaucoup de sujet ont fait la remarque que l'environnement virtuel est « étrange ». Les mouvements de tête ne sont pas bien tolérés, la vibration de la lunette par suite d'un mouvement de tête fait bouger l'environnement virtuel ce qui crée une image anormale. Les yeux n'arrivent pas à stabiliser l'image puisque tout le cadre bouge, cette sensation n'est pas habituelle pour l'humain. Le masque VR utilisé est un modèle ressent, donc pour le moment il est difficile de changer cet aspect, la technologie va fort probablement continuer à se développer et éliminer ces problèmes techniques.

Chez quelques sujets durant certaines tentatives d'interception, le programme a réagi en saccades qui ont fortement perturbé la vision pour intercepter correctement la balle. Ces perturbations ont pu être résolues en attendant quelques secondes avant de lancer la prochaine tentative ou parfois en redémarrant le programme.

Pour activer le lancer, le sujet doit mettre les mains sur le point orange afin qu'il passe au bleu et dans les prochaines trois secondes la balle amorce sa trajectoire. Pendant ces trois secondes le sujet est libre de prendre la position qu'il souhaite. Il y a eu beaucoup de différentes techniques de positionnement pour essayer de faire le meilleur score. Cette position jouait un rôle sur la réussite du sujet. Ces différentes attitudes peuvent biaiser les résultats. En revanche il est dur de forcer tous les sujets à opter pour la même position, de plus les préférences ne sont pas les mêmes pour tout le monde ce qui est subjectif et difficile à déterminer. Un autre aspect qui tombe dans la même catégorie est la concentration et la volonté de bien faire. Pour chaque sujet les indications étaient les mêmes, mais leur volonté et concentration est difficile à contrôler. Des sujets paraissent plus compétiteur que d'autre avec le but de faire le meilleur score et d'autre n'avait pas la même source de motivation. Une méthode avec laquelle ces

différences motivations pourrait être traquer à un minimum, serait par exemple un questionnaire sur leur motivation durant cette expérience.

Un aspect à prendre en compte et également l'échantillon choisi pour cette expérience. La différence dans leur réactivité est conséquente. Les sujets sont tous, sans exception en bonne conditions physiques et pratiquent régulièrement du sport. Même en prenant compte de cela il existe des différences de capacité dans leurs pratiques de sport. Pour définir une vitesse seuil générale, pour une population sportive, cela ne pose pas de problème. En revanche un seuil général pour une population sportive ne fait pas beaucoup de sens, puisque la capacité de réagir sur un stimulus comme dans cette étude, n'est pas prioritaire pour chaque sport. Plus sensé serait de développer un programme pour un groupe spécifique, par exemple pour un gardien de football ou de hockey, ou un seuil général est probablement trop bas.

4.4 Améliorations

Un facteur non négligeable est l'adaptation à un tel exercice, comme déjà discuté dans l'introduction, un temps de réaction peut être amélioré sur une durée de trois semaines (Kosinski, 2013). Il serait donc intéressant de faire une étude avec un principe similaire qui incorpore dans son schéma, un pré- et post-test. Avec ce changement il serait possible d'observer à quel point l'entraînement peut influencer ce genre de devoir. De plus pour beaucoup de sujet l'utilisation d'un casque VR et de se retrouver dans un espace virtuel était du non-vécu. Déjà après quelques balles la réactivité et la sensation du sujet s'améliorait. Avec un pré-test ce biais du non-vécu peut être éliminé.

Le positionnement du corps joue un rôle dans la bonne réussite de cette expérience. Avec une instruction plus précise de la position optimale du sujet qui doit se tenir avant que la balle ne parte, peut éliminer des avantages ou des désavantages pour les interceptions. Après l'expérience un questionnaire pourrait être rempli par chaque sujet afin de comparer leur performance en lien avec leur motivation. Avec cette information un traitement plus homogène serait possible afin d'éliminer les cas extrêmes par rapport à une sur- ou sou-motivation.

Une sélection de l'échantillon serait une prochaine étape. Pour cette étude la consigne est d'avoir des sujets en bonne santé physique. Puisque les différences dans le thème de la réactivité peuvent être importantes, et ceci malgré un échantillon composé uniquement de sportif, il serait intéressant pour une prochaine étape de choisir un échantillon plus spécifique afin de trouver le seuil pour le groupe cible. Ce genre de tâche correspond à la capacité d'un gardien de sport de balle ou encore à des sports de renvoi comme le badminton ou encore le tennis de table. Par la

suite, l'échantillon pourrait être ciblé sur des sujets qui ont l'habitude de ce genre de réactivité, pour avoir un groupe plus homogène et avoir une vitesse de seuil adaptée à un groupe cible. Une possible suite pourrait être l'augmentation de l'aspect attention visuelle pour se rapprocher plus de la réalité. Une situation sportive dans le monde réel est rarement neutre, une multitude d'aspects entrent en compte. Pour un athlète l'importance est de pouvoir focaliser son attention sur ce qui est important pour améliorer sa réactivité. Ceci pourrait être entraîné facilement avec de la réalité virtuelle en ajoutant des joueurs ou des obstacles dans le but de détourner l'attention de participant.

5 Conclusion

L'objectif de cette étude est de comparer et expliciter s'il existe des différences dans une réaction d'interception entre un lancer qui n'est pas dévié et un lancer dévié par un objet. Cette expérience est réalisée à l'aide d'un système VR qui a permis de trouver une réaction statistiquement significative plus lente pour les objets déviés. Cette différence est mesurée par le temps de vol des balles depuis le lancement jusqu'à l'impact avec la main.

En revanche il n'est pas aisé de définir une vitesse de seuil pour les deux conditions, puisque dans le groupe de sujet choisi pour cette expérience, il manquait d'homogénéité. La réaction à une telle tâche dépend de plusieurs facteurs. Il est aussi mal aisé de définir où se trouve le seuil, puisque la moyenne est trop lente pour être le seuil et l'interception la plus rapide pourrait être liée au hasard, comme une balle près du corps ou le placement de main depuis le début au bon endroit. Une possible suite pour cette expérience pourrait être de cibler plus précisément l'échantillon des participants, c'est-à-dire de choisir une population cible, par exemple des gardiens de jeu de balle de haut niveau, puis refaire l'expérience afin de trouver une vitesse seuil pour développer un éventuel programme d'entraînement qui cible des gardiens de haut niveau.

Enfin, la VR va continuer à se développer dans les prochaines années. Le saut dans ce domaine durant les dernières années est énorme et va probablement poursuivre cette voie. Incorporer la VR dans le domaine du sport est souhaitable pour l'aspect sensoriel. La VR peut aussi être utilisée en cas de blessures ou certains mouvements sont possibles sans que le contact se fasse, ce qui permet aux athlètes convalescents de continuer sous une autre forme leur entraînement.

Bibliographie

- Allen, H. A., & Ledgeway, T. (2003). Attentional modulation of threshold sensitivity to first-order motion and second-order motion patterns. *Vision Research*, *43*(27), 2927-2936. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.visres.2003.07.005>
- Bieg, H.-J., Bresciani, J.-P., Bühlhoff, H. H., & Chuang, L. L. (2012). Looking for discriminating is different from looking for looking's sake. *PLoS ONE* *7*, e45445. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045445>
- Bieg, H.-J., Chuang, L. L., Bühlhoff, H. H., & Bresciani, J.-P. (2015). Asymmetric saccade reaction times to smooth pursuit. *Experimental Brain Research*, *233*, 2527-2538. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00221-015-4323-8>
- Boynton, G. M. (2005). Attention and visual perception. *Current Opinion in Neurobiology*, *15*(4), 465-469. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.06.009>
- Burkhardt, J.-M. (2003). Réalité virtuelle et ergonomie: quelques apports réciproques. *Le travail humain*, *66*(1), 65-91. <https://doi.org/10.3917/th.661.0065>
- Caramenti, M., Pretto, P., Lafortuna, C. L., Bresciani, J.-P., & Du Bois, A. (2019). Influence of the size of the field of view on visual perception while running in a treadmill-mediated virtual environment. *Frontiers in psychology*, *10*, 476593. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02344>
- Crawford, J. D., Medendorp, W. P., & Marotta, J. J. (2004). Spatial Transformations for Eye-Hand Coordination. *Journal Neurophysiol*, *92*, 10-19. <https://doi.org/10.1152/jn.00117.2004>
- Dicks, M., Araújo, D., & van der Kamp, J. (2019). Perception-action for the study of anticipation and decision making. In *Anticipation and decision making in sport* (pp. 181-199). Routledge. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9781315146270-10>
- Faure, C., Limballe, A., Bideau, B., & Kulpa, R. (2020). Virtual reality to assess and train team ball sports performance: A scoping review. *Journal of sports Sciences*, *38*(2), 192-205. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1689807>
- Hagemann, N., Strauss, B., & Cañal-Bruland, R. (2006). Training perceptual skill by orienting visual attention. *Journal of sport and exercise psychology*, *28*(2), 143-158. <https://doi.org/https://doi.org/10.1123/jsep.28.2.143>
- Helsen, W. F., & Starkes, J. L. (1999). A multidimensional approach to skilled perception and performance in sport. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the*

- Society for Applied Research in Memory and Cognition*, 13(1), 1-27.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0720\(199902\)13:1](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0720(199902)13:1)
- Khanal, S. (2015). Impact of visual skills training on sports performance: Current and future perspectives. <https://doi.org/10.15406/aovs.2015.02.00032>
- Kosinski, R. J. (2013). A Literature Review on Reaction Time. *Clemson University*.
- Kuan, Y. M., Zuhairi, N. A., Manan, F., Knight, V. F., & Omar, R. (2018). Visual reaction time and visual anticipation time between athletes and non-athletes. *Malaysian Journal of Public Health Medicine*, 1, 135-141.
- Le Naour, T., Hamon, L., & Bresciani, J.-P. (2019). Superimposing 3D virtual self+ expert modeling for motor learning: Application to the throw in American football. *Frontiers in ICT*, 6, 16. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fict.2019.00016>
- Le Naour, T., Hayoz, L., & Bresciani, J.-P. (2020). Human-avatar interaction in virtual environment to assess and train sensorimotor: application to the slap shot in hockey. *International journal of virtual reality*, 20, 36-54.
<https://doi.org/https://doi.org/10.20870/IJVR.2020.20.2.4576>
- Ledgeway, T., & Hutchinson, C. V. (2008). Choice reaction times for identifying the direction of first-order motion and different varieties of second-order motion. *Vision Research*, 48(2), 208-211. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.11.008>
- Memmert, D. (2009). Pay attention! A review of visual attentional expertise in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 2(2), 119-138.
<https://doi.org/10.1080/17509840802641372>
- Merchant, H., Zarco, W., Prado, L., & Perez, O. (2009). Behavioral and neurophysiological aspects of target interception. *Progress in Motor Control: A Multidisciplinary Perspective*, 201-220. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77064-2_10
- Michel, D., & Scott, G. (2000). Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. *Trends Cognit. Sci.*, 4, 423-431.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01537-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01537-0).
- Mrotek, L. A., & Soechting, J. F. (2007). Target Interception: Hand-Eye Coordination and Strategies. *the journal of Neuroscience*, 27, 7279-7309.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2046-07.2007>
- Neumann, D. L., Moffitt, R. L., Thomas, P. R., Loveday, K., Watling, D. P., Lombard, C. L., Antonova, S., & Tremeer, M. A. (2018). A systematic review of the application of interactive virtual reality to sport. *Virtual Reality*, 22, 183-198.
<https://doi.org/10.1007/s10055-017-0320-5>

- Optitrack. (1996). <https://optitrack.com/software/motive/>
- PimaxTechnology. (2015). *Pimax.com*. <https://pimax.com/de/crystal/>
- Raghubir, P. (2011). Visual perception: an overview. *Sensory Marketing*, 201-217.
- Rensink, R. A. (2013). Perception and attention. *Oxford handbook of cognitive Psychology*, 97-116.
- Schapschröer, M., Holzey, C., Bund, A., & Sickenberger, W. (2011). Trainierbarkeit der visuellen Wahrnehmung. *Deutsche Optikerzeitung*(1), 32-37.
- Tresilian, J. R. (2005). Hitting a moving target: perception and action in the timing of rapid interceptions. *Perception & Psychophysics*, 67(1), 129-149.
- Van Donkelaar, P., Lee, R. G., & Gellman, R. S. (1992). Control strategies in directing the hand to moving targets. *Experimental Brain Research*, 91, 151-161.