

# **Amélioration de la prise de décision dans le domaine du Street-Hockey à l'aide de la réalité virtuelle**

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

déposé par

**Antoine Grandjean**

à

l'Université de Fribourg, Suisse  
Faculté des sciences et de médecine  
Section Médecine  
Département des neurosciences et sciences du mouvement

en collaboration avec la  
Haute école fédérale de sport de Macolin

Référent  
Prof. Jean-Pierre Bresciani

Conseiller  
Dr. Jean-Luc Bloechle

La Chaux-de-Fonds, Janvier, 2022

## **Remerciements**

Tout d'abord, j'aimerais adresser mes remerciements les plus sincères au Prof. Jean-Pierre Bresciani, qui m'a accompagné dans ce travail du début à la fin. Son aide m'a été particulièrement précieuse pour la mise en place de mes idées ainsi que pour l'analyse des données. Je tiens également à le remercier pour sa grande disponibilité en tout temps.

Mes remerciements vont également au Dr. Jean-Luc Bloechle, qui a fourni un énorme travail afin de réaliser et améliorer le logiciel qui a été utilisé pour cette expérience. Sans ces deux protagonistes il m'aurait été impossible de réaliser cette étude.

Un grand merci à l'Université de Fribourg et plus particulièrement à toutes les personnes qui travaillent dans la branche des Sciences du Sport et de la Motricité. Vos conseils et votre aide ont grandement facilité la réalisation de ce travail dans les délais.

Je tiens ensuite à remercier les trois clubs qui m'ont accueilli pour réaliser les diverses expériences ; le SHC La Chaux-de-Fonds, Les Sierre Lions et Les Oberwil Rebels, ainsi que leurs joueurs pour leur participation assidue. Mention spéciale à Alexandre Mermoud et Raphael Enzler pour l'aide qu'ils m'ont apportée dans le recrutement des joueurs.

Enfin, je tiens à adresser un très grand merci à toutes les personnes qui m'ont soutenu, encouragé, motivé durant ce long périple ou encore aidé dans la rédaction et la correction de ce document.

## Résumé

Les outils technologiques sont en constante évolution dans de nombreux domaines, afin d'améliorer les performances. Le sport ne fait pas exception à cela et cherche de plus en plus à utiliser ces outils dans le but d'améliorer les compétences des athlètes. La réalité virtuelle est l'une d'elle. Ainsi, notre étude a choisi de s'y intéresser pour déterminer l'utilité qu'elle pourrait avoir dans le monde du sport. La littérature déjà existante présentait des résultats plutôt encourageants dans le domaine des compétences cognitives. Nous avons fait le choix de nous intéresser à l'efficacité d'un entraînement en réalité virtuelle pour le Street-Hockey dans le domaine de la prise de décision.

Le test se déroulait en trois phases ; un pré-test, une phase d'entraînement et un post-test. Les participants ont été divisés en deux groupes de manière aléatoire, le groupe contrôle ne recevait aucun feedback durant toute la durée de l'expérience. Le groupe d'entraînement quant à lui, recevait deux feedbacks visuels lors de la phase d'entraînement afin de conscientiser l'écart entre les yeux et la balle. Lors de chaque phase, les participants percevaient une action à la première personne à l'intérieur d'un casque de réalité virtuelle. Le logiciel simulait une action seule face au gardien et s'arrêtait à une distance entre 3.5 et 4.5 mètres du gardien. Le sujet devait ensuite choisir une des cinq cibles disponibles à l'aide d'un boîtier de réponse selon celle qui offrait le plus de chance de marquer.

Nous avons analysé les résultats obtenus par les deux groupes lors du pré- et du post-test afin de comparer leur progression. Les résultats ont démontré que les deux groupes ont progressé entre le pré- et le post-test. Cependant, le groupe d'entraînement a progressé de manière significativement supérieure au groupe de contrôle. Le score moyen obtenu par le groupe d'entraînement entre le pré- et le post-test a presque doublé grâce à la phase d'entraînement. Nous avons pu déterminer que l'entraînement en réalité virtuelle, à l'aide de feedback, permettait d'améliorer la capacité de prise de décision dans le domaine du Street-Hockey.

Notre expérience nous a permis d'ouvrir de nouvelles pistes d'exploration afin de perfectionner la méthode d'apprentissage. Une amélioration de l'environnement virtuel ainsi qu'une augmentation des possibilités d'actions du sujet devrait permettre une amélioration par rapport aux résultats obtenus. La vérification de la transférabilité en compétition ainsi que la rétention à long terme sont deux autres pistes d'études qui devraient être menées.

## Table des matières

Résumé.....	3
1 Introduction .....	5
1.1 Contexte scientifique.....	6
1.2 Capacités cognitives .....	7
1.3 Le Feedback comme moyen d'apprentissage.....	8
1.4 Du feedback vidéo à la réalité virtuelle.....	10
1.5 Le travail en laboratoire .....	11
1.6 Objectifs de l'étude .....	12
2 Méthode.....	15
2.1 Description de l'échantillon .....	15
2.2 Matériel requis.....	15
2.3 Protocole de passation .....	18
2.4 Analyse statistique des données .....	23
3 Résultats .....	24
3.1 Groupe contrôle.....	24
3.2 Groupe d'entraînement.....	24
3.3 Différences groupe contrôle VS groupe entraînement .....	25
3.4 Résultats globaux de l'expérience.....	27
4 Discussion .....	28
4.1 Interprétation des résultats .....	28
4.2 Mise en perspective des résultats avec la littérature .....	29
4.3 Facteurs limitants de l'expérience.....	30
4.4 Amélioration potentielles de l'expérience.....	32
5 Conclusion.....	35
Bibliographie .....	36
Annexe .....	39

## 1 Introduction

Le Street-Hockey est un sport en plein développement en Suisse, mais également dans de nombreux pays du monde. Ce sport nous vient d'Outre Atlantique où il est appelé Ball Hockey. Il consiste à pratiquer une variante du Hockey sur glace sans patins, directement sur du bitume et à l'aide d'une balle orange. A ces différences physiques, s'ajoute également un équipement plus léger (casque, gants et protèges tibias obligatoires). Pour le reste, les règles sont très similaires à la pratique du Hockey sur glace. Le championnat suisse se déroule de septembre à mai avec une pause durant la période hivernale qui rend la pratique de ce sport extérieur impraticable. L'apprentissage du Street-Hockey dans notre pays a commencé avec la création, en 1996, d'une ligue suisse, Swiss Street-Hockey Association. Cependant, il existe aujourd'hui un cours « Jeunesse & Sport » qui permet une formation homogène pour la pratique de ce sport. Son apprentissage comprend plusieurs facteurs, car il faut être capable de diriger la balle avec sa canne tout en portant son attention sur le positionnement de ses coéquipiers, mais également de ses adversaires. L'entraînement se base principalement sur la technique (contrôle de la balle, maniement de la canne, passe, tir), la tactique avec la manière de jouer en équipe, la mise en place d'un schéma et finalement la condition physique. En effet, il faut pouvoir tenir le rythme et les chocs physiques durant la totalité d'un match (3 tiers de 20 minutes). Le monde du Street-Hockey s'inspire grandement du Hockey sur glace pour la méthode d'apprentissage ; l'entraîneur met donc en place des exercices pour travailler les différents aspects de ce sport. Les joueurs ont le coach comme modèle pour l'apprentissage des mouvements et ce dernier corrige les éventuelles erreurs techniques.

L'évolution des nouvelles technologies s'étend également dans la pratique du sport. Comme par exemple à l'aide de la photo-finish lors d'un sprint, on est aujourd'hui capable de définir qui de deux sprinteurs a passé la ligne en premier au centième près. La simulation vidéo, comme le Hawk-eye, permet de vérifier si le service à plus de 220km/h de John Isner touche la ligne ou pas. Les exemples de technologie utilisées dans les compétitions de sport sont nombreux, mais c'est également le cas lors de l'entraînement. L'utilisation de la vidéo comme moyen d'analyser les tactiques et déplacement d'une équipe de Football Américain ou encore pour analyser un mouvement aux agrès. Plus récemment, l'apparition de la réalité virtuelle a amené une nouvelle méthode d'entraînement. L'utilisation de cette nouvelle technique, dans le Street-Hockey, donne lieu à une expérience inédite qui crée une nouvelle manière de travailler et permet de cibler de manière optimale la phase de jeu que l'on souhaite entraîner.

## 1.1 Contexte scientifique

L'entraînement dans le Street-Hockey se passe autant au niveau physique, technique que cognitif. En effet, sur le terrain il faut composer avec la balle, mais également avec ses coéquipiers et ses adversaires. C'est pourquoi la capacité de prendre la bonne décision est aussi importante que la qualité du tir ou de la passe. Lorsqu'on mêle ces différentes capacités, on parle alors d'un besoin de compétences ouvertes pour l'athlète qui pratique ce sport (Di Russo et al., 2010), car l'environnement n'est jamais exactement le même. En opposition, on trouve des sports comme les fléchettes, la natation ou le 100 mètres sprint ; dans ce type d'exercice l'athlète répète le même mouvement avec pour seule variation le public ou la météo par exemple. C'est ce qu'on appelle les compétences fermées (Di Russo et al., 2010).

Dans la première catégorie, l'athlète va devoir faire appel à ses capacités cognitives pour deux raisons principales : la prise de décision qui découle au préalable de la prise d'information. Si l'entraîneur peut mettre en place des exercices afin de travailler la tactique, il est difficile pour lui de gérer l'environnement changeant comme le Street-Hockey est un sport à compétence ouverte, tel que nous l'avons expliqué auparavant. De plus, d'autres paramètres entre en jeu, comme la vitesse de déplacement ou d'exécution, les changements de direction ou encore l'angle donné à un tir. La capacité à pouvoir faire face à ces difficultés et choisir la meilleure option dans un court laps de temps est essentielle dans ce sport (Erickson et al., 2011). C'est à ce niveau que la réalité virtuelle peut apporter un grand avantage car il est possible de définir de manière exact l'environnement dans lequel l'athlète va s'entraîner et ainsi ce dernier peut se concentrer uniquement sur le côté cognitif de sa performance. En effet, l'athlète peut effectuer une séquence de jeu similaire à plusieurs reprises et essayer d'améliorer sa prise d'informations et de décisions. Ces deux paramètres peuvent être analysés de deux manières différentes, d'un point de vue quantitatif, il s'agit de voir le temps de réaction et d'un point de vue qualitatif, il s'agit de vérifier si les informations et la décision prises sont les bonnes. Dans le cadre de cette expérience, nous allons nous pencher sur le deuxième paramètre en ajoutant un feedback afin d'aider l'athlète à optimiser son choix.

Les études réalisées par Sauthier (2020) et Devaud (2021) ont permis de définir un certain nombre de paramètres que nous avons mis en place dans notre étude. Nous avons choisi un double feedback visuel, Coloration de Cible et Puck View, car c'est celui qui a obtenu la meilleure progression. De plus, selon ces deux études, l'angle d'arrivée pour le tir n'avait pas une influence significative sur les résultats, l'analyse de ce paramètre n'est pas prise en compte dans cette expérience.

## 1.2 Capacités cognitives

L'entraînement fait partie intégrante de la performance d'un athlète peu importe si ce dernier est motivé par ladite performance, par le plaisir ou encore le côté sanitaire. Pour ce qui est d'un sportif « d'élite », comme c'est le cas pour cette expérience, la motivation principale est la performance. A partir de ceci, l'athlète possède plusieurs types d'entraînements afin d'améliorer ses capacités ; l'endurance, la force et la technique sont les principales abordées pour un sportif amateur. Cependant, lorsque l'on se penche sur la recherche de la performance, il faut y ajouter d'autres facteurs comme la coordination, le mental ou la cognition. C'est vers ce dernier type d'entraînement que se tourne cette expérience afin de travailler sur la capacité de prise de décision. L'entraînement au niveau cognitif s'avère efficace aussi bien pour les experts que pour les débutants comme l'ont démontré les études élaborées jusqu'ici (Hagemann et al., 2006 ; Schul & Memmert, 2017). Dans le cadre de cette expérience, on s'intéresse au Street-Hockey qui est un sport à aptitudes dites ouvertes. La capacité d'anticipation, qui fait partie du domaine cognitif, est un élément important de ce type de sport. En effet, celui qui peut anticiper les mouvements de l'adversaire, que ce soit lors de la phase défensive ou offensive, possède un gros avantage sur ce dernier. Certaines études se sont penchées sur la différence qui existe entre les amateurs et les experts au niveau de leur prise de décision et ces dernières révèlent une capacité beaucoup plus grande chez les experts (Hagemann et al., 2006 ; Mann et al., 2007 ; Voss et al., 2010 ; Vestberg et al., 2012 ; Mulligan et al., 2012). Si cette capacité est souvent évoquée lorsque l'on parle d'apprentissage cognitif, cette expérience s'intéresse à un autre domaine, la prise de décision. Le Street-Hockey, comme son grand frère le Hockey, est un sport d'opposition où deux équipes se font face sur le même terrain. Ainsi, celui qui possède une bonne capacité d'anticipation des mouvements de son équipe ainsi que de celle de son adversaire, doit également veiller à prendre la bonne décision (Jones & Miles, 1978 ; Williams & Burwitz, 1993 ; Williams et al., 2002). Lors d'une contre-attaque à 2 contre 1 par exemple, le joueur doit pouvoir anticiper les mouvements des deux autres joueurs mais doit en outre choisir la meilleure option entre le tir ou la passe. Le gain obtenu grâce à la capacité d'anticipation n'est utile que si la prise de décision qui s'en suit est la bonne. Cette dernière doit s'effectuer de manière rapide, parfois à bout de souffle et sous haute tension. Imaginons un joueur de foot, qui grâce à son anticipation, part dans le dos de la défense, reçoit le ballon et parcourt un sprint de 30 mètres pour se retrouver seul face au goal à la 90ème minute d'une finale de coupe du monde. Même s'il n'en est pas conscient sur le moment, il se retrouve à bout de souffle, avec une pression énorme et il doit prendre une décision en une fraction de seconde, afin de glisser la balle au fond des filets. Avec cet exemple, on se rend bien compte de l'importance d'avoir

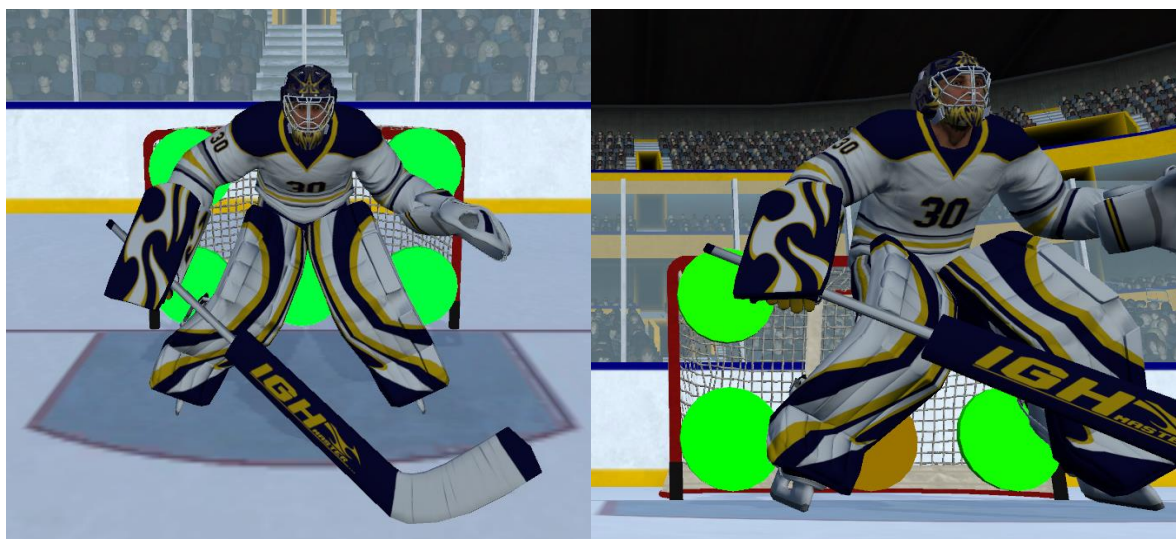
travaillé cette capacité de prise de décision durant l'entraînement. Bien entendu, il est difficile de préparer un joueur à une situation aussi spécifique, cependant les études réalisées sur le sujet jusqu'à présent tendent à se mettre d'accord sur le fait que, plus l'entraîneur soumet son athlète à diverses situations de jeu avec un grand nombre de possibilité d'agir, plus les chances de prendre la bonne décision lors d'un match est grande (Williams et al., 2002 ; Hagemann et al., 2006 ; Schul & Memmert, 2017).

### 1.3 Le Feedback comme moyen d'apprentissage

Afin de faire progresser un athlète, l'entraîneur possède une multitude d'options pour améliorer la performance de son protégé. Le feedback est l'une d'elle et consiste à regarder l'athlète effectuer un mouvement et lui donner un retour sur ce dernier. Dans la littérature, on trouve deux types de feedback ; implicite et explicite. Le premier a pour but de montrer au sujet sa performance en le laissant lui-même analyser la qualité de cette dernière. Pour ce qui concerne le feedback explicite, il s'agit de montrer au sujet sa performance tout en lui expliquant la manière d'améliorer cette dernière. La vidéo est donc un bon moyen de donner un feedback et permet de mieux comprendre ces notions d'implicite et d'explicite. Dans notre expérience, le sujet est soumis à deux feedback, la première est le Puck View (PV), une fois la décision prise l'image descend au niveau du puck afin qu'il puisse expérimenter par lui-même quelles sont réellement les possibilités de marquer (*Figure 1*).

**Figure 1**

*Capture d'écran du logiciel (A gauche vue normal ; A droite vue du puck)*





Comme l'athlète fait appel à son expérience et qu'il doit choisir lui-même quel aurait été le meilleur choix, on peut parler d'un feedback implicite. L'autre feedback consiste à montrer directement à l'athlète la meilleure possibilité à l'aide d'un cercle vert en 3D, on montre donc de manière claire le choix qu'il aurait dû faire, on peut alors parler d'un feedback explicite (Figure 2).

**Figure 2.**

*Capture d'écran du logiciel. Exemple du feedback Coloration de Cible*



Une étude a été réalisée dans le but de déterminer laquelle de ces deux méthodes est la plus efficace. Elle avait pour but d'expérimenter quatre situations dans trois sports différents : le Basketball, le Handball et le Volleyball. Les résultats ont permis de démontrer que l'efficacité du feedback implicite est meilleure pour une tâche peu complexe, alors que le feedback explicite obtient de meilleurs résultats pour une tâche dite complexe (Raab, 2003). Pour notre expérience, nous avons choisi de combiner les deux feedbacks pour une moitié des participants et de comparer les résultats avec l'autre moitié, le groupe contrôle (sans feedback).

Lors de la phase dite d'entraînement, les participants qui recevront un feedback seront soumis en premier lieu au feedback Coloration des Cibles (CC) puis Puck View (PV), ainsi dans un court laps de temps ils pourront en premier lieu prendre connaissance de la meilleure solution, puis comprendre par eux-mêmes à l'aide du PV pourquoi ce choix est le meilleur. Le but étant de réduire le temps d'analyse pour le second feedback. En effet, lorsqu'on utilise uniquement le second feedback (PV), le participant doit en premier lieu analyser les cinq cibles avant de

choisir lui-même laquelle, selon lui, est la meilleure solution. Selon l'étude de Raab (2003), on peut considérer la tâche effectuée par nos participants comme peu complexe et donc s'attendre à ce que le feedback CC soit plus utile que le PV dans le processus d'apprentissage. L'auteur de cette étude va encore plus loin, expliquant que si l'on veut obtenir de bons résultats, autant avec un feedback implicite qu'explicite, il faut pratiquer à de nombreuses reprises et durant une grande durée ladite expérience (Raab, 2005).

#### **1.4 Du feedback vidéo à la réalité virtuelle**

Le feedback vidéo consiste à regarder une action en vidéo, puis de mettre pause afin que les participants puissent analyser la situation. Dans les années 90 déjà, le feedback vidéo est étudié sur des jeunes basketteurs avec des résultats qui démontrent l'efficacité de cette méthode (Strakes & Lindley, 1994). Le but étant d'entraîner les athlètes à prendre une décision en fonction de la prise d'information qu'ils ont effectué jusque-là. Cependant, avec cette manière de travailler nous sommes rapidement confrontés à certaines limites. En effet, le feedback vidéo permet uniquement de percevoir en 2D et sous un seul angle. De plus, l'immersion n'est pas totale ce qui implique que la perception des distances est biaisée. Trois études expliquent de manière plus approfondie l'utilité et les limites du feedback vidéo (Williams et al., 1994 ; Petit & Ripoll, 2008 ; Broadbent et al., 2015). En partant de ces informations, nous avons donc choisi d'utiliser la Réalité Virtuelle (RV) pour procéder à notre expérience.

Grâce à la RV, les limites expliquées ci-dessus peuvent être dépassées. En effet, lorsque l'on cherche à travailler une phase de jeu dans un sport collectif, il est difficile, voire presque impossible, de demander à tout le monde de reproduire exactement le même schéma. Les paramètres de vitesse, de temps, de distance, de choix ou encore de qualité d'exécution varient à chacun des essais. Mais la RV présente également un avantage au niveau physique, elle permet à l'athlète de répéter un schéma un grand nombre de fois sans jamais entamer les capacités physiques. Avec un casque de RV, il est possible de travailler une phase de jeu depuis chez soi tout en étant complètement immergé dans un environnement virtuel le plus proche de la réalité possible. Avec l'évolution de la technologie, les possibilités d'expérimenter ce domaine se sont multipliées. On trouve donc beaucoup d'études qui relatent l'efficacité de la RV dans le processus d'apprentissage dans différentes disciplines sportives. Nous avons vu auparavant que l'expérience que nous réalisons s'attarde sur les capacités cognitives, ainsi que sur l'apprentissage par feedback de manière implicite. Deux expériences réalisées montrent des résultats plus qu'encourageants pour notre étude (Patterson et al., 2009 ; Faubert & Allard, 2013). En 1997, trois chercheurs ont réalisé une expérience sur le tennis de table, qui avait pour but d'améliorer

le mouvement de frappe aux travers de deux composantes, la trajectoire et le timing. La RV a permis au groupe test de pouvoir comparer leur mouvement de frappe sur une balle virtuelle avec celui d'un expert, alors que le groupe contrôle effectuait les mêmes exercices et recevait un feedback de l'entraîneur. L'étude a prouvé qu'à l'aide de la RV les résultats obtenus sont supérieurs à ceux du groupe contrôle (Todorov et al., 1997). Ces résultats sont corroborés par d'autres études dans des sports différents comme le baseball (Gray, 2017), le rugby (Correia et al., 2012), l'aviron (Rauter et al., 2013) ou la gymnastique (Le Naour et al., 2019). De plus, deux études sur le hockey sur glace, plus proche de la nôtre, attestent des mêmes résultats (Buns, 2020 ; Le Naour et al., 2020). Enfin, pour confirmer l'utilité de la RV dans le domaine du sport au niveau cognitif, nous pouvons nous appuyer sur l'expérience réalisée par Faubert et Allard (2013).

### **1.5 Le travail en laboratoire**

Pour réaliser cette expérience, nous avons choisi d'utiliser un casque de réalité virtuelle, ce qui implique un travail en laboratoire. On entend ici, par travail en laboratoire, le fait de ne pas pratiquer le sport en situation réelle mais en intérieur et en position assise. Cela pose la question de la validité d'une telle expérience, en d'autres termes, est-ce que l'apprentissage en réalité virtuelle apporte réellement une amélioration des performances dans le sport en situation d'entraînement ou de match. Les expériences présentées jusque-là montrent une amélioration des performances en laboratoire, c'est-à-dire que le sujet a progressé dans son environnement virtuel. Les recherches menées sur la transférabilité des capacités acquises ne s'accordent pas sur une seule et même réponse. Cependant, lorsque les participants répètent un grand nombre de fois le processus et dans diverses situations, alors les expériences tendent à faire penser que l'entraînement acquis, en réalité virtuelle, est transférable dans des situations réelles (Williams et al., 2002 ; Schul & Memmert, 2017). Les expériences en réalité virtuelle avec un apprentissage en laboratoire, montrent des signes encourageants de la possibilité de transférer les capacités acquises par les participants dans leur domaine de prédilection (Vignais, et al., 2015 ; Romeas, et al., 2016 ; Panchuk et al., 2018). L'étude de Gray (2017), citée auparavant, a permis aux joueurs de baseball d'effectuer de meilleures performances lors de la saison qui a suivi, par rapport aux athlètes qui n'ont pas pris part à cette expérience. Un an plus tôt, des chercheurs ont mis au point un programme d'entraînement dans un environnement virtuel pour des joueurs de hockey sur gazon et les résultats obtenus ont prouvé la transférabilité et l'efficacité d'une telle méthode dans le domaine de la prise de décision (Romeas et al., 2016). Si les résultats de ces différentes expériences ne sont pas toujours significatifs, ils laissent penser que l'étude,

présentée ici, a de bonnes chances d'obtenir des résultats favorables. Notre expérience possède un grand nombre de points communs avec celle réalisée ci-dessus, notamment en ce qui concerne l'entraînement cognitif ainsi que dans son élaboration.

## **1.6 Objectifs de l'étude**

L'objectif de ce travail est de démontrer l'efficacité de la réalité virtuelle en tant que méthode d'apprentissage dans le domaine du Street-Hockey. Pour cela, des joueurs experts jouant depuis plusieurs années dans la meilleure ligue de Suisse (Ligue National A), sont soumis à notre expérience. Le but étant de voir la progression de deux groupes, l'un avec les deux feedbacks (CC et PV) et l'autre sans aucun feedback, grâce à la phase d'entraînement. A l'aide de ces deux feedbacks, les participants peuvent conscientiser la différence entre la vision normale et la vision du puck. On appelle ici vision normale, ce que l'athlète perçoit durant le jeu à l'aide de ses yeux ; la vision de jeu à une hauteur d'environ 1m60 à 1m80. Les données qu'un athlète récolte, à l'aide de ses yeux, influencent grandement sa prise de décision. Grâce à la PV, le participant peut voir la différence de point de vue qu'il y a entre ce qu'il voit avec ses yeux et la réalité depuis le puck. En effet, si l'on imagine une action de contre un joueur part seul face au gardien adverse, il doit choisir la meilleure opportunité pour marquer un goal, l'espace libre laissé par le gardien au-dessus de son épaule droite paraît une bonne solution. Cependant, si nous analysons la même action mais avec la vision du puck, l'espace qui était auparavant libre risque d'être totalement fermé. Il est fort probable que les joueurs expérimentés soient conscients de cette différence et que d'une manière ou d'une autre, ils soient capables de la compenser même si cela se déroule bien souvent inconsciemment. Mais lors d'une action de match, avec la pression du public, de l'adversaire ou de l'enjeu, on ne peut pas espérer que l'athlète fera le bon choix ; il faut l'entraîner à répéter ce genre de situation un maximum de fois. Comme expliqué auparavant, la perception visuelle influence la décision et ce, même si l'athlète est expérimenté et conscient de cette différence. Si l'on cumule ces deux dernières informations, on peut aisément s'attendre à ce qu'en situation de match la perception visuelle possède une influence encore plus grande sur le choix que fait le joueur. En effectuant un entraînement en réalité virtuelle avec un double feedback, les participants sont capables de visualiser la meilleure possibilité et conscientiser l'écart entre la vision normale et le puck. Dans un premier temps, les participants ont l'occasion d'expérimenter le programme de réalité virtuelle avec une vision quasi semblable à ce qu'ils vivent lors d'un entraînement ou d'un match. C'est lors de la seconde phase, dites « d'entraînement », que l'expérience prend tout son sens. L'athlète est d'abord soumis à des choix proches de ceux réalisés lors de la première phase, seul l'angle d'attaque varie afin d'éviter une progression par accommodation. Une fois ce choix réalisé, il

reçoit deux feedbacks qui lui permettent, de manière explicite et implicite, de comprendre son erreur, mais également de comprendre pour quelle raison tels ou tels choix est le meilleur. Cet aspect de pouvoir expérimenter une même action mais avec différents angles est tout à fait unique et réalisable grâce à la réalité virtuelle. En effet, lors de l'apprentissage chez les jeunes joueurs, il est fréquent que le coach demande à ce joueur de se mettre au niveau du puck afin de visualiser cette différence. Mais le jeune joueur doit alors bouger pour passer d'une vision à l'autre, il est donc difficile d'avoir exactement la même position (hauteur des yeux) lors de chaque essai. C'est également cette possibilité de répéter ces actions un grand nombre de fois sans effort et le plus précisément possible qui rendent cette expérience très intéressante.

Comme cité auparavant, des études plus ou moins similaires ont été réalisées sur le hockey sur glace, mais à notre connaissance aucune expérience de ce type n'a déjà été effectuée dans le domaine du Street-Hockey. Cela apporte un côté inédit à notre étude, c'est une page vierge où tout reste à écrire. En s'appuyant sur les études réalisées jusqu'ici, nous pouvons adapter ces dernières à notre sujet afin d'obtenir quelque chose de totalement nouveau. En effet, les études citées jusqu'ici présentent des résultats encourageants, mais les différences entre le hockey sur glace et le Street-Hockey sont une source de questionnement quant à la possibilité de progresser également dans le domaine du Street-Hockey. Jusqu'à maintenant, les études effectuées sur le hockey sur glace montrent des résultats très encourageants, notamment celles de mes deux camarades Sauthier (2020) et Devaud (2021). Cependant, ce type d'expérience n'a jamais été réalisé dans le cadre du Street-Hockey, même s'il est vrai que ce sport est très proche du hockey sur glace, il existe de nombreuses différences avec ce dernier. La plus importante, à notre avis par rapport à cette expérience, provient du fait que les joueurs de street-hockey doivent constamment continuer de courir afin d'avancer et cela également lors de la phase de tir. Ce n'est pas le cas pour des hockeyeurs, qui peuvent se permettre de « simplement » se laisser glisser au moment de tirer tout en continuant d'avancer. Cette différence est difficile à étudier, car elle n'est pas à proprement dit quantifiable, cependant il est intéressant de se pencher sur la question et d'obtenir une réaction des participants à ce propos.

La question principale de cette expérience est la suivante :

L'apprentissage en réalité virtuelle à l'aide de deux feedbacks dans le domaine du Street-Hockey permet-il aux joueurs d'améliorer la qualité de la prise de décision lors tir sur le gardien ?

On peut ainsi poser deux hypothèses pour cette expérience dans le but de répondre à cette question de manière scientifique :

H0 : L'apprentissage en réalité virtuelle n'est pas efficace pour améliorer la prise de décision pour des joueurs de street-hockey.

H1 : L'apprentissage en réalité virtuelle à l'aide de feedbacks améliore la capacité de prise de décision pour des joueurs de street-hockey.

Cette expérience possède deux objectifs secondaires au vu de ce qui vient d'être énoncé :

- Démontrer que la réalité virtuelle est également efficace dans le domaine du Street-Hockey si le fait de courir et non de glisser au moment du tir perturbe le déroulement de l'expérience ou en influence les résultats.

## **2 Méthode**

### **2.1 Description de l'échantillon**

Les participants choisis pour cette étude étaient tous des hommes âgés de 17 à 37 ans. Une des conditions pour prendre part à l'étude était de pratiquer le Street-Hockey depuis au moins 3 années, mais également d'avoir auparavant pratiqué un sport du même type, c'est-à-dire avec une canne, pendant plusieurs années. Tous les participants devaient évoluer dans le plus haut championnat suisse, la Ligue Nationale A afin d'avoir un échantillon le plus homogène possible. En effet, même si le niveau d'expertise d'un joueur à l'autre était difficile à évaluer, nous sommes partis du principe que tous les participants pouvaient être considérés comme experts dans ce type de sport. Le fait d'avoir participé ou non à un championnat du monde junior (jusqu'à 20 ans) ou actif n'était pas une condition de participation en soit, mais seul 4 joueurs sur 18 n'ont jamais pris part à aucun de ces événements. Un participant supplémentaire n'a pas été pris en compte dans les résultats, car un problème technique est survenu lors de l'expérience et les valeurs de ce sujet étaient erronées. Les participants de cette étude sont issus de trois des quatre meilleures équipes de suisse à l'heure actuelle, soit Sierre Lions, Oberwil Rebels et le SHC La Chaux-de-Fonds.

Les joueurs ont été séparés en deux groupes de 9 personnes de manière aléatoire, tout en faisant attention à respecter l'équité en ce qui concerne le sens de la canne. On trouvait ainsi dans chaque groupe 7 joueurs gauchers, c'est-à-dire que leur « forehand » (côté fort) se situe à gauche d'eux et 2 joueurs droitiers, avec la canne se trouvant du côté droite. Le premier groupe que nous appellerons « groupe contrôle » a effectué l'expérience sans aucun feedback durant les trois phases du test. Le second groupe que nous appellerons « groupe d'entraînement » a effectué l'expérience en recevant deux feedbacks durant la phase d'entraînement.

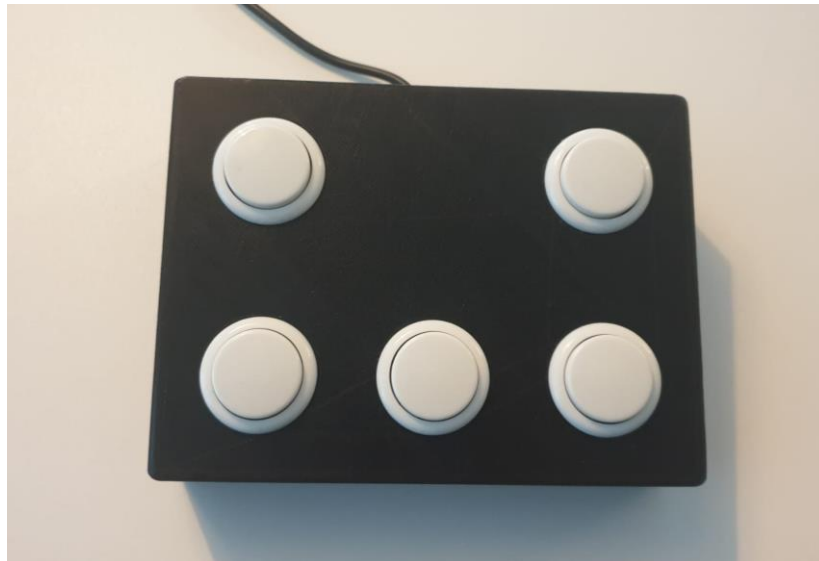
### **2.2 Matériel requis**

L'expérience a été réalisée à l'aide d'un ordinateur portable auxquels ont été branchés différents éléments matériels. Un logiciel de simulation (CopeLab VR Hockey), développé par le Dr. Jean-Luc Bloechle avec le moteur « Unity3D », a également été requis afin de programmer les actions de jeu et réaliser l'environnement virtuel. Afin de réaliser cette expérience, en réalité virtuelle, nous avons utilisé un casque de RV (Pimax 5K XR) composé de deux écrans QuadHD possédant une résolution : 2560x1440. Deux branchements étaient associés à ce casque, un Displayport 1.4 ainsi qu'un USB 3.0. Une fois le casque enfilé par le participant, ce dernier

pouvait l'ajuster afin d'obtenir l'image la plus nette possible pour profiter au maximum de la vue à 200° qui avait pour but une immersion totale dans le jeu. Le sujet se retrouvait dans une action de contre, seul face au gardien, la simulation dans le casque le faisait avancer jusqu'à ce qu'il se trouve à proximité du gardien et doive choisir l'une des cinq cibles disponibles à l'aide du boîtier de réponse (*Figure 3*).

**Figure 3**

*Boîtier de réponse correspondant aux cibles (Devaud 2021)*



Le boîtier de réponse a été réalisé à l'image des cibles que le sujet percevait dans le casque de RV, dans le but de faciliter une réponse instinctive du participant. En effet, une fois le casque enfilé, il devient impossible de voir le boîtier, il fallait donc que ce dernier ressemble au maximum à ce que le sujet percevait à l'intérieur du casque de RV. Un autre branchement UBS 3.0 est requis afin de relier ce boîtier à l'ordinateur.

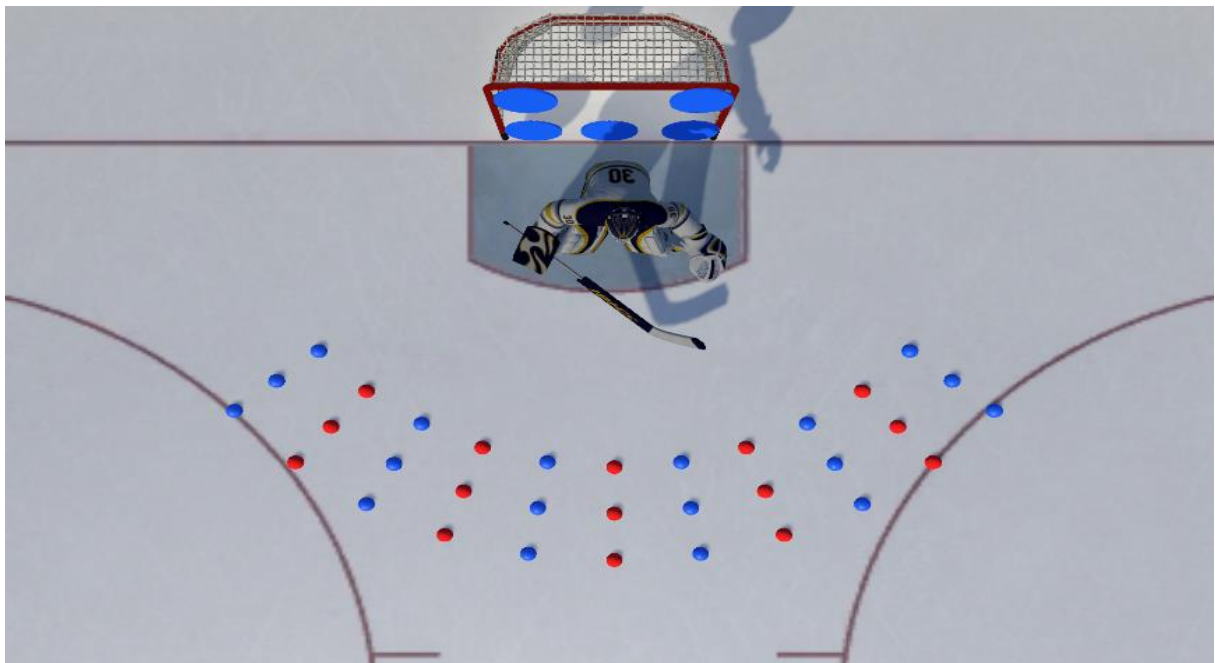
Grâce au logiciel de simulation et au casque de RV, le sujet se retrouvait immergé dans une action, seul face au gardien, avec une vision à la première personne. Le début de l'action se situait au niveau de l'entrée de la zone bleue, soit environ à 15 mètres du but. Pour le pré-test ainsi que le post-test, les angles d'attaques étaient de 40°, 20°, 0°, -20° et -40° (0° situé au centre de la glace) et le logiciel stoppait l'action à 3.5, 4 ou 4.5 mètres du but. Le gardien, quant à lui, était disposé selon le même angle à une distance de 1 mètre devant la ligne de but. Lors de la phase d'entraînement, les angles d'arrivée du joueur ainsi que du positionnement du gardien étaient différents des deux autres phases afin d'éviter qu'elles soient identiques. De ce fait, le sujet ne pouvait pas simplement reproduire à l'identique ce qu'il avait vu lors de la phase



d'apprentissage durant le post-test, mais devait analyser le fonctionnement de l'expérience afin de progresser peu importe l'angle d'attaque. Les angles d'attaque, lors de la phase d'apprentissage, étaient de 50°, 30°, 10°, -10°, -30° et -50° et le logiciel stoppait l'action aux mêmes distances que pour les deux autres phases (*Figure 4*).

**Figure 4**

*Angles d'approches et distances par rapport au but. En rouge pré et post test, en bleu entraînement (Devaud, 2021)*



Les participants effectuaient une action pour chacun des scénarios possibles, c'est-à-dire chaque angle, fois chaque distance. On comptait ainsi 45 scénarios pour les deux phases de test et 54 scénarios pour la phase d'apprentissage, portant le nombre total à 144 scénarios. Comme nous l'avons expliqué auparavant, il y avait une différence entre la vue du joueur et le lieu où se situe le puck (la balle pour un joueur de street-hockey) en temps normal. Cette distance variait d'un joueur à l'autre, c'est pourquoi, il fallait ajouter les valeurs anthropométriques du joueur dans le logiciel avant que ce dernier puisse effectuer l'expérience. Nous avons donc recueilli trois valeurs, la distance entre le centre des deux yeux et le point de contact au sol sur une ligne verticale à l'aide d'un fil à plomb. La distance entre le point de contact au sol et la projection du centre de la balle sur une ligne horizontale et la distance entre cette projection de la balle et le positionnement réel de la balle dans la profondeur. Ces mesures permettaient de maximiser l'immersion du sujet dans un environnement virtuel, car la distance de la balle par

rapport au joueur influence grandement les possibilités de tir d'un sujet à l'autre. En effet, même lorsque deux joueurs avaient plus ou moins la même taille, la position du joueur faisait varier les distances citées auparavant. Lors de la phase d'entraînement, ces données permettaient d'avoir une vision la plus précise possible, notamment lors du feedback Puck View. Nous avons rencontré un problème en ce qui concerne la première valeur, car le logiciel était prévu pour des joueurs de hockey sur glace avec des patins. Les valeurs obtenues par les participants étaient trop petites et la canne apparaissait dans le champ de vision lors de l'expérience, c'est pourquoi nous avons choisi de rentrer dans le logiciel la même valeur pour tous les participants soient 1 mètre 70.

## 2.3 Protocole de passation

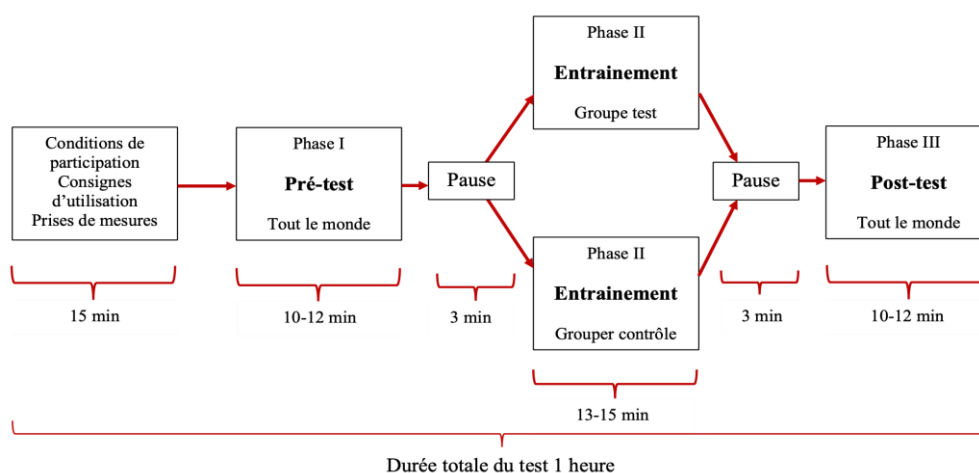
Malgré les différences entre le Street Hockey et le hockey sur glace, le protocole de passation des sujets est fondamentalement le même que celui qu'ont réalisé mes camarades Sauthier et Devaud lors de leur expérience personnelle.

### 2.3.1 Design de l'étude

La première des quatre étapes que compte l'expérience (*Figure 5*) consistait à récolter les données anthropométriques du sujet puis, de le laisser prendre connaissance des conditions de participations ainsi que le protocole de l'expérience (*Annexe I*).

**Figure 5**

*Design de l'étude, timeline de passation*



De plus, il devait remplir un formulaire concernant ses informations personnelles et son expérience dans le monde du Street Hockey (*Annexe 2*). Ensuite, l'expérience se déroulait en trois phases ; Pré-test, Entraînement et Post-test. Entre chaque phase de test, une courte pause était disponible afin que le sujet puisse boire ou manger quelque chose ainsi que pour se détendre et reposer ses yeux.

Les participants avaient la possibilité, à tout moment, de donner un avis sur le déroulement de l'expérience ou faire part de ce qui lui semblait cohérent ou incohérent. Avant chaque phase, il était expliqué au sujet comment allait se dérouler l'expérience et quel était l'objectif de cette partie. La totalité de l'expérience durait entre 45 minutes et 1 heure, la variation étant due en grande partie à la différence de temps d'explication entre le groupe d'apprentissage et le groupe contrôle.

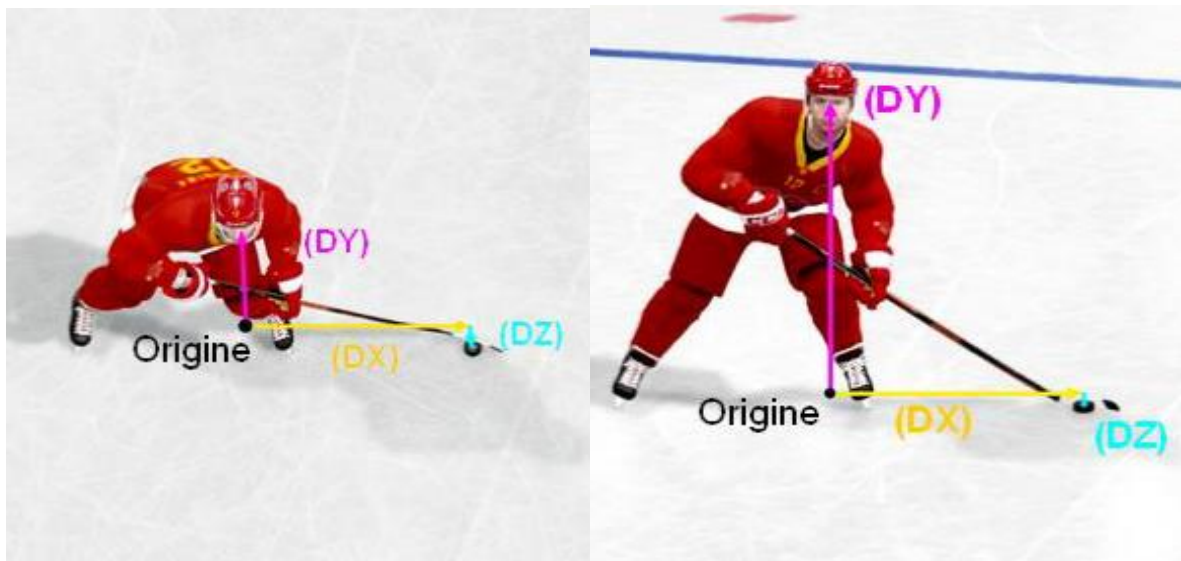
### ***2.3.2 Consignes et mesures anthropométriques***

Une fois arrivé, le sujet recevait deux feuilles ; sur la première se trouvait les consignes et le déroulement de l'expérience (*Annexe 3*) et sur la seconde, les participants recevaient les conditions requises pour prendre part à l'expérience. Ils devaient ensuite remplir leurs informations personnelles au verso de la page. De plus, nous ajoutions sur la même page les valeurs anthropométriques que nous avions récoltées par la suite de la manière suivante :

Le sujet devait prendre une canne et une balle et s'imaginer réaliser un tir du poignet. Une fois la position idéale trouvée, le sujet devait rester fixe et regarder droit devant lui afin que nous procédions à la prise de trois données, qu'il faut se représenter selon un système d'axe (*Figure 6*). La première valeur, la distance DY, était celle de la hauteur entre le centre des deux yeux et le point de contact avec le sol, ce point était ensuite le point d'origine. La seconde valeur, la distance DX, était celle qui partait du point d'origine jusqu'à la projection de la balle sur une ligne horizontale. La dernière mesure consistait à mesurer la différence en profondeur, la distance DZ, entre la projection de la balle et son positionnement exact. Après avoir notées ces mesures sur la feuille de renseignements personnels du sujet et les avoir entrées dans le logiciel afin d'adapter au mieux le sentiment d'immersion dans l'environnement virtuel. L'expérience pouvait ensuite démarrer.

**Figure 6**

*Illustrations des distances anthropométriques (Sauthier 2020)*



### **2.3.3 Phase de Pré-test**

La première partie du test, consistait à récolter les données de son niveau d'expertise sans entraînement en réalité virtuelle. Le logiciel sélectionnait de manière aléatoire une simulation parmi les 45 possibles, soit 3 fois 15 situations, une fois chacune des positions de tir possible selon l'angle et la distance du gardien. Le fait que les situations apparaissaient de manière aléatoire permettait d'éviter tout biais par rapport à l'ordre de passage. Avant chaque début d'action, le système observait une pause d'une seconde afin que le sujet puisse se préparer, ensuite la simulation commençait. Le sujet avançait donc de manière virtuelle durant 1 à 2 secondes avant que le logiciel s'arrête à quelques mètres du but. Une fois arrêté, le participant disposait de 4 secondes pour la prise d'information puis effectuait sa prise de décision en appuyant sur la touche du boîtier de réponse correspondant à la cible choisie. Durant cette phase, le sujet ne recevait pas de feedback, ainsi après un court instant, la simulation revenait à son point de départ, c'est-à-dire aux environs de la ligne bleue, pour une nouvelle simulation. Si le sujet mettait trop de temps pour prendre sa décision, le logiciel affichait un message d'erreur (Time out) et la simulation n'était pas comptabilisée, mais revenait de manière aléatoire par la suite afin que chaque participant soit soumis à chacune des 45 actions. Pour chacune des décisions prises, le sujet recevait un score allant de 0 à 1 en fonction de la justesse de sa réponse, le score de 1 étant la meilleure réponse possible. La valeur attribuée à chacune des possibilités pour chaque action a été réalisée selon un système de projection conique du puck par rapport aux

cibles. Lorsque cette projection était entravée par une partie du gardien, alors la valeur de la réponse diminuait en fonction du pourcentage de faisceaux n'atteignant pas la cible (*figure 7*).

**Figure 7**

*Projection de faisceaux vers la cible (Devaud, 2021)*



Le score obtenu pour chaque simulation ainsi que le score total étaient directement enregistrés de manière automatique dans un fichier textuel au format JSON. Cependant, ce score n'était pas communiqué aux participants.

#### ***2.3.4 Phase d'entraînement***

Après une courte pause, les participants étaient soumis à une deuxième simulation avec les angles de  $50^\circ$  à  $-50^\circ$ . Durant cette partie, les deux groupes (test et contrôle) n'ont pas eu exactement la même expérience. En ce qui concerne les simulations, elles étaient identiques pour les deux groupes, c'est-à-dire que chaque sujet, peu importe le groupe auquel il a été intégré, devait réaliser les 54 passations. Pour le groupe contrôle, le test comportait uniquement cette partie-là, sans feedback, comme lors du pré-test. La seule différence pour eux se trouvait donc dans l'angle d'approche face au gardien. Le but de ce groupe n'était pas tant de voir la progression qu'il pouvait faire, mais de pouvoir ensuite comparer leurs résultats à ceux du second groupe pour voir la différence de progression entre chacun d'eux. Pour le groupe test en re-

vanche, une fois la prise de décision effectuée, il avait accès à deux feedbacks successifs. Chacun des feedbacks apparaissait dans l'environnement virtuel durant une seconde et demie, puis le logiciel passait au scénario suivant. Le premier feedback reçu par les participants était celui que l'on a appelé, Coloration des Cibles (CC). Le but était de montrer de manière explicite la meilleure réponse à l'aide d'un cône cylindrique vert en 3D qui ressortait de la cible. De plus, les sujets du groupe test pouvaient voir si leur réponse était considérée comme bonne ou mauvaise, selon la couleur de la cible qu'il avait choisie (voir *Figure 2*, point 1.3). Les cibles vertes comportaient plus de 50% de chance de réussite et les cibles colorées en rouge moins de 50%. Grâce à ce feedback, le sujet pouvait voir de manière explicite quelle était la meilleure solution sans avoir besoin de réfléchir ou d'analyser quoi que ce soit. Le second feedback apparaissait directement après et offrait une vue du puck, ainsi le joueur ne voyait plus à la première personne mais plutôt comme s'il était le puck. Durant la seconde et demie que durait le feedback Puck View (PV), les cibles étaient à nouveau colorées dans des nuances de vert ou de rouge, mais la meilleure solution n'apparaissait pas en un cylindre en 3D (voir *Figure 1*, point 1.3). Le participant recevait donc un feedback implicite où il devait lui-même analyser ce qu'il voyait et en déduire pourquoi une solution est meilleure qu'une autre. Ce deuxième feedback aidait également à mieux comprendre le premier, puisque le sujet savait déjà quelle était la meilleure solution, il pouvait donc analyser cette réponse en particulier. De plus avec le PV le joueur de street-hockey pouvait expérimenter de manière consciente la différence de point de vue et donc de chance de marquer, entre la vue habituelle à la première personne et la vue depuis le puck. La prise de conscience de cette différence, cumulée au feedback CC et PV, devait conduire les sujets du groupe test à une amélioration des capacités cognitives dans la prise de décision, mais également dans la prise d'information.

### ***2.3.5 Phase de Post-test***

A nouveau, les sujets avaient droit à une courte pause entre deux phases de test. Pour la dernière partie de ce test, les sujets ont à nouveau passé exactement le même test, sans différence entre le groupe contrôle et le groupe test. Le Post-test se déroulait de la même manière que le Pré-test et contenait les 45 mêmes scénarios, afin que nous puissions comparer de manière la plus précise la progression des sujets grâce à la phase d'entraînement. Les deux groupes n'avaient aucun feedback sur la qualité de leur choix et devaient réaliser le score maximum en prenant en compte ce qu'ils avaient appris lors de la phase d'entraînement. Un accent particulier a été mis, durant la courte explication qui précède le dernier test, sur l'importance de vouloir à tout prix réaliser la meilleure performance. Une fois l'expérience terminée, les sujets avaient encore

la possibilité d'échanger à propos de l'étude et d'ajouter des commentaires concernant l'expérience qu'ils venaient de vivre. Grâce à cela, nous pouvions avoir des pistes de réponses sur les résultats et surtout des moyens d'améliorer encore le déroulement de l'expérience.

## **2.4 Analyse statistique des données**

Lorsque tous les sujets ont réalisé l'expérience, les données sous format JSON ont été transformées et mises en forme afin d'obtenir différents paramètres de comparaison. L'objectif de l'étude était de démontrer l'efficacité de l'apprentissage en réalité virtuelle à l'aide de feedback. Le but était donc de comparer le groupe contrôle, sans feedback, et le groupe test, avec feedback, afin de déterminer si nos hypothèses de départ se vérifiaient.

Pour chaque groupe, nous avons calculé la moyenne de score total du pré-test ainsi que du post-test afin de déterminer la progression de chacun des groupes. Comme chaque groupe comportait seulement 9 sujets, nous n'avons pas vérifié la normalité des groupes et avons pris le choix de réaliser les tests de manière paramétrique à l'aide du test de rang signé de Wilcoxon prévu pour des mesures appariées. Une fois les scores moyens obtenus, pour le pré- et le post-test, nous avons pu établir la progression de chacun des groupes de manière séparée. De plus, nous avons fait un second test de rang signé de Wilcoxon afin de comparer la différence entre le groupe d'entraînement et le groupe contrôle.

Ces différents résultats ont été mis en forme afin que leur compréhension soit facilitée et que l'analyse puisse être comprise par le plus grand nombre. Cela a été fait à l'aide de graphiques et de tableaux représentant les différents tests que nous avons effectués.

### 3 Résultats

L'étude avait pour but de déterminer si les feedbacks en réalité virtuelle était efficace ou non, en comparant deux groupes de 9 sujets chacun, nous avons concentré nos résultats uniquement dans le but de répondre à cette question.

#### 3.1 Groupe contrôle

L'analyse des passations du groupe contrôle (Control) a donné les résultats présentés à l'aide de la *Tableau 1*. La moyenne pour le post- ainsi que le pré-test est basé sur un score allant de 0 à 1. Pour chaque essai, un score, établi sur la base du pourcentage de chance de marquer, a été attribué. La figure suivante montre donc la moyenne cumulée de tous les scores obtenus par l'ensemble du groupe contrôle. De plus nous avons calculé les écart-types pour chacune de ces moyennes. Pour chacun des tests le sujet pouvait obtenir un score maximal de 45 points, ainsi la moyenne pour le pré-test pour le groupe contrôle est de 28.88 avec un écart-type de 3.35. Pour le post-test les résultats obtenus sont les suivants : une moyenne de 32.40 et un écart-type de 4.73.

**Tableau 1**

*Valeurs moyennes (entre 0 et 1) et Ecart-Type (ET) au post- et pré-test pour le groupe contrôle*

	Moyenne_Post	Moyenne_Pre	ET_Post	ET_Pre
Control	0.7201728	0.6419259	0.1051254	0.0744721

A l'aide du test de rang de Wilcoxon pour des données paramétriques, nous avons pu comparer si la différence entre le pré et le post-test était significative ou non (p.value 0.0039063).

#### 3.2 Groupe d'entraînement

Pour le second groupe qui avait reçu un feedback durant la phase intermédiaire et la phase d'entraînement, les mêmes tests ont été réalisés afin d'obtenir les moyennes et les écart-types pour chacune des deux phases (pré- et post-test). Le moyenne sur 45 pour le pré-test était de 26.98 avec un écart-type de 5.86 alors que pour le post-test la moyenne était de 40.45 pour un écart-type de 2.80. Le graphique suivant (*Tableau 2*) présente les valeurs moyennes par essai obtenus par le groupe d'entraînement lors des deux phases ainsi que l'écart-type.



**Tableau 2**

*Valeurs moyennes (entre 0 et 1) et Ecart-Type (ET) au post- et pré-test pour le groupe d'entraînement*

	Moyenne_Post	Moyenne_Pre	ET_Post	ET_Pre
Feedback	0.8990864	0.5996049	0.0623328	0.1302763

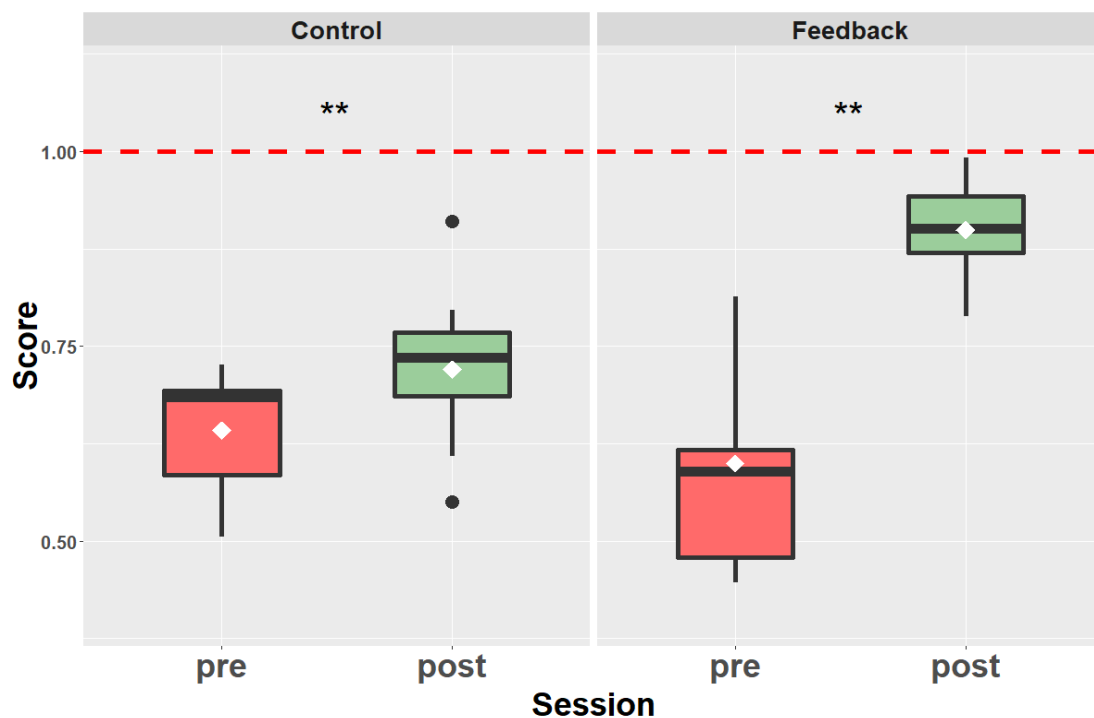
Le test de rang de Wilcoxon a démontré que la différence entre le pré- et le post-test était significativement différente (p.value 0.0039063).

### 3.3 Différences groupe contrôle VS groupe entraînement

Les scores obtenus par les différents groupes sont représentés sur le graphique suivant (*figure 8*). La comparaison des deux groupes a démontré que le groupe contrôle a obtenu de meilleurs résultats lors du pré-test. Cependant c'est le groupe d'entraînement qui a eu le meilleur score moyen lors du post-test.

**Figure 8**

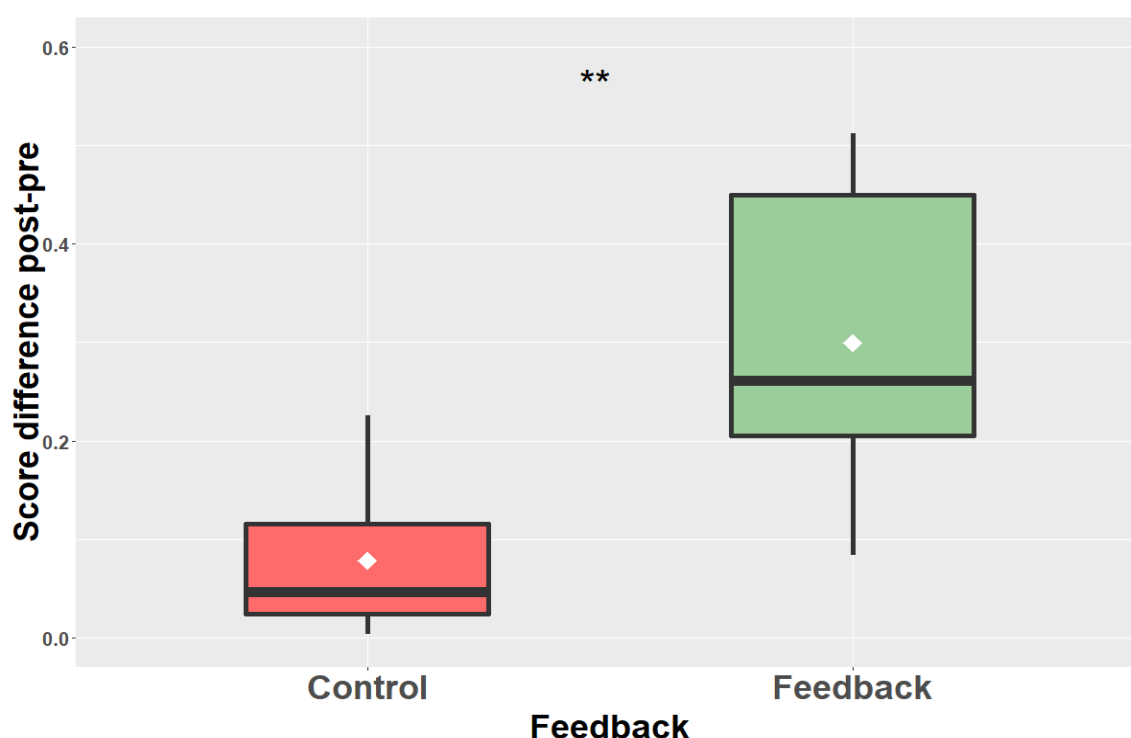
*Score (entre 0 et 1) moyen par essai pour chaque groupe et chaque test*



Nous avons ensuite calculé la progression des deux groupes entre le pré- et le post-test afin de comparer la différence de score. Le groupe contrôle a obtenu un score de progression moyen inférieur à 0.1 alors que le groupe d'entraînement à lui un score moyen d'environ 0.3. La « *Figure 9* » a permis de mettre en lumière ces données. Les valeurs représentées ci-dessous montrent la progression moyenne en valeur absolue lors d'un essai.

**Figure 9**

*Progression moyenne des deux groupes entre le pré- et le post-test*



Nous avons encore réalisé un test de somme de rang de Wilcoxon qui a démontré que la différence de progression entre les deux groupes était significativement différente (*Tableau 3*).

**Tableau 3**

*Résultat du test Wilcoxon avec P.value (<0.05) pour démontrer la différence significative entre les deux groupes*

statistic	p.value	method	alternative
7	0.0018511	Wilcoxon rank sum exact test	two.sided

### **3.4 Résultats globaux de l'expérience**

Les résultats montrent que les deux groupes ont progressé de manière significative entre le pré- et le post-test. De plus, la progression du groupe d'entraînement par rapport au groupe contrôle est fortement et significativement différente avec une amélioration de la performance d'environ 30% par rapport au score maximal, contre seulement 4% (environ) pour le second groupe.

## **4 Discussion**

L'objectif de cette étude était de démontrer l'efficacité de l'entraînement en réalité virtuelle dans le domaine du Street-Hockey. A l'aide des résultats, nous pouvons donc analyser si nos hypothèses de départ ont été vérifiées ou non. Voici un petit rappel de ces dernières :

H0 : L'apprentissage en réalité virtuelle n'est pas efficace pour améliorer la prise de décision pour des joueurs de street-hockey.

H1 : L'apprentissage en réalité virtuelle à l'aide de feedbacks améliore la capacité de prise de décision pour des joueurs de street-hockey.

### **4.1 Interprétation des résultats**

Sur la base des résultats encourageants que nous avons obtenus, nous pouvons effectuer un grand nombre d'observations. Au début de cette étude nous avions deux hypothèses de départ, H0 et H1 que nous retrouvons en prélude de cette discussion. L'hypothèse nulle (H0) prétend que l'utilisation de la réalité virtuelle ne permet pas d'améliorer les performances d'un athlète de street-hockey au niveau de la prise de décision. Au vu des résultats recueillis, nous pouvons infirmer cette hypothèse, puisqu'au tant le groupe d'entraînement que le groupe test a obtenu de meilleurs résultats pour le post-test par rapport au pré-test. Pour ce qui est de la seconde hypothèse (H1), nous pouvons ici admettre qu'elle est vraie, puisque l'amélioration du groupe d'entraînement en comparaison au groupe test est nettement supérieure. La différence entre les deux groupes est significativement différente et laisse donc à penser qu'elle est induite par la méthode d'apprentissage par feedback (CC et PV).

En regardant de plus près ces résultats, nous avons pu remarquer que le groupe contrôle a tout de même progressé entre les deux tests et ce de manière significative. Cette progression est inattendue, puisque les sujets du groupe contrôle n'avaient pas de feedback et donc aucun moyen de savoir si leurs choix étaient les bons. Cette amélioration tend à penser que la réalité virtuelle permet à elle seule de progresser. Cependant, il est fort probable que le groupe contrôle ait reçu un feedback involontaire ou indirect. Ce que nous entendons par là, c'est que les passations étant organisées à la suite, il y avait donc plusieurs sujets en même temps dans la même pièce. Il était donc difficile de tout contrôler et de veiller à ce qu'aucune information soit divulguée. En effet, une partie des participants parlaient le suisse allemand, langue que nous ne maîtrisons pas, les sujets discutaient entre eux lors des courtes pauses, il est donc possible que de manière involontaire l'un des candidats ait transmis des informations à son camarade. La progression du groupe contrôle ne remet cependant pas en cause la validité de notre expérience

puisque le groupe d'entraînement a obtenu de bien meilleurs résultats au post-test. Le groupe contrôle possédait un meilleur résultat moyen lors du pré-test ; 28.88, contre 26.98 pour le groupe contrôle, la différence entre les deux n'était donc pas très grande. La progression observée pour le groupe contrôle est de 3.52 en moyenne, soit à peine plus de 10%. Pour le groupe d'entraînement la progression était de 13.47 en moyenne soit une augmentation moyenne de près de 50%. De plus, le groupe d'entraînement avec une moyenne de 40.45 sur 45 lors du post-test a obtenu presque 90% de bonnes réponses (89.89) alors que le groupe contrôle lui était à 72% de bonnes réponses. La différence de progression entre les deux groupes est l'élément le plus important de ces résultats puisqu'il a permis de démontrer l'efficacité de la réalité virtuelle dans le domaine du Street-Hockey.

#### **4.2 Mise en perspective des résultats avec la littérature**

Les résultats obtenus corroborent ceux des différentes études que nous avons citées dans l'introduction. L'utilisation de la réalité virtuelle comme outils d'apprentissage dans le sport est hautement efficace notamment en ce qui concerne les capacités cognitives. En effet, les résultats significatifs obtenus pour les deux groupes prouvent l'utilité de ce procédé. De plus, nous nous étions posé la question de l'efficacité des feedbacks lors de la seconde phase pour le groupe d'entraînement. Au vu de la très forte progression de ce groupe, le double feedback Coloration de Cible et Puck View, on a pu vérifier les tendances observées dans des études similaires menées jusqu'ici. Les résultats du pré-test pour les deux groupes étant relativement similaires, cela a permis d'approuver d'autant plus l'efficacité du double feedback. Selon la littérature, plus le niveau d'expertise est élevé plus les capacités de développement cognitif sont grandes. La population de cette étude était essentiellement composée d'experts, les résultats obtenus peuvent s'expliquer de cette manière. Pour le groupe contrôle notamment, nous pourrions penser que la répétition des actions a permis aux sujets de mieux comprendre ce qu'ils leur étaient demandés. Imaginons que lors des premières actions le sujet doit analyser passablement d'information et prendre connaissance du fonctionnement du logiciel. Par la suite, grâce à son niveau d'expertise il améliore sa prise d'informations et ainsi progresse même sans recevoir de feedback. Pour le groupe d'entraînement, les sujets ont eu une progression très élevée qui peut également être expliquée en partie par ce paramètre. Il est fort probable qu'un novice aurait mis beaucoup plus de temps à saisir et à comprendre les feedbacks, notamment le second feedback (PV) puisque ce dernier est implicite et fait appel à ses propres connaissances. Le cumul de ces deux feedbacks est un élément important en ce qui concerne le taux de pro-

gression du groupe d'entraînement. L'étude de Devaud (2021) a démontré qu'un double feedback était la méthode la plus efficace pour obtenir une meilleure progression. Lors de son étude deux autres méthodes d'entraînement ont été testées, elle consistait en un seul feedback, soit le Puck View, soit la Coloration de Cible. Les résultats ont démontré que la meilleure méthode était celle qui utilisait un double feedback, comme lors de notre étude. L'expertise des sujets de notre expérience a joué un rôle dans la compréhension de ces feedbacks. Le premier feedback auquel l'expert était soumis (CC) montrait de manière explicite la meilleure solution, ainsi rapidement le participant pouvait voir la qualité de sa réponse et la comparer avec la meilleure solution. Ensuite, le second feedback (PV) permettait au sujet de conscientiser ce qu'il a appris juste avant à l'aide du premier feedback. Ainsi, lors du post-test le niveau d'expertise du participant lui a permis de transposer ce qu'il avait appris à travers les deux feedbacks afin de réaliser le meilleur résultat possible. Ainsi, il semble que l'association de ce double feedback procureur au sujet les meilleures chances de progression dans un environnement virtuelle.

Étant donné que nous avons rencontré un problème avec la récolte des données anthropométriques, il était impossible de voir s'il existe une relation entre la distance Eye Puck, distance réelle en ligne droite entre le puck et les yeux. Nous n'avons donc pas pu déterminer si cette distance influençait ou non les résultats des participants, mais les études déjà existantes ont démontré que le lien entre ces deux paramètres est faible.

Au vu des études déjà menées sur des sujets plus ou moins similaire, nous avons concentré nos observations uniquement sur la différence de progression entre le pré- et le post-test. En résumé les résultats obtenus démontrent l'utilité d'un tel procédé dans le domaine du sport. L'apprentissage grâce à la réalité virtuelle est donc réellement une méthode d'entraînement qui apporte des résultats convaincants. Le développement de cette technologie pour des entraînements de type cognitif mériterait d'être plus amplement développer afin notamment de prouver la transférabilité entre l'entraînement en réalité virtuelle et la performance dans le sport. Notre étude ne pouvait pas déterminer si une telle chose était possible au vu du temps imparti pour réaliser celle-ci, mais au vu de la littérature à ce propos et les résultats concluants de notre étude, tout suggère que ce moyen d'entraînement est hautement efficace.

#### **4.3 Facteurs limitants de l'expérience**

Au cours du déroulement de l'étude, nous avons pu constater quelques limites à notre expérience. Nous avons vu lors de l'introduction que l'immersion dans l'environnement virtuel doit être maximal afin de permettre au sujet d'être complètement absorbé par ce qu'il vit. Cependant, lors de notre étude les sujets se retrouvaient sur une patinoire de hockey sur glace, avec

un stade fermé rempli de spectateur. Les joueurs de street-hockey sont très rarement confrontés à ce genre de situation, mis à part lors d'événements spéciaux (Championnat du monde, Final Four etc.) le sport se déroule en extérieur avec peu de gradins. Lors des discussions que nous avons eu avec les participants après l'expérience, certains ont avoué avoir été impressionnés, ou du moins perturbé visuellement par cela. En effet, cela n'étant pas habituel, il est fort probable qu'une partie de leur attention se soit portée sur l'environnement virtuel et non sur l'expérience. Malgré cela cette limite, bien que parfois perturbante, n'a pas dérangé outre mesure les participants.

Dans un but d'éviter tout biais à cette expérience, il nous a fallu restreindre au maximum les variables. C'est pourquoi les actions étaient systématiquement les mêmes, c'est-à-dire que le joueur avançait de manière rectiligne jusqu'au gardien sans effectuer aucun mouvement, puis s'arrêtait devant un gardien immobile. De nombreuses remarques sont survenues de la part des participants à ce propos car cela ne représente pas exactement la réalité. En effet, lorsqu'un joueur de street-hockey par en contre face au gardien adverse il a la possibilité de varier un grand nombre de paramètres. La vitesse de course par exemple, sera adaptée en fonction du retour des adversaires, mais également en fonction de la distance à laquelle il se trouve du gardien. S'il est sur le point de tirer ou non peut également varier sa vitesse de déplacement. De plus, il est très rare qu'il se dirige de manière rectiligne jusqu'au but, de manière générale il va tenter de se décaler afin de trouver le meilleur angle pour un tir. L'une des remarques les plus récurrente provient d'ailleurs de l'obligation de tirer. En situation de match, le tir est une possibilité, mais certains joueurs préféreront la feinte, car ils possèdent de bonnes aptitudes techniques. Il est vrai qu'il est difficile d'ajouter ces différents paramètres, car cela rajoute énormément de possibilités et donc des résultats biaisés par ces variations. Cependant, une variation aléatoire du mouvement du joueur apporterait sans doute un plus à l'expérience. Un certain nombre de remarques ont été faites à propos du gardien, ou plus communément à propos de son style. On ne parle pas ici de la couleur de son équipement ni de la qualité, mais du style à proprement parlé et de ses caractéristiques. Les participants ont trouvé que le gardien était relativement grand ou du moins que la hauteur de ses jambières (elle arrive au milieu du bassin) n'était pas très représentative de la réalité. La prise en main de la canne se situait au milieu du manche pourtant les gardiens de manière générale tiennent leur canne tout en bas du manche. Cela permet également que cette dernière se situe directement entre les jambes. Plusieurs participants ont avoué avoir tiré énormément entre les jambes à cause de la position de la canne (trop en avant et trop décalé sur la droite). Le fait que le gardien n'effectue aucun mouvement,

même si cela était expliqué auparavant dans le protocole de l'expérience, a perturbé les participants. Ces derniers s'attendaient à le voir bouger en fonction du déplacement et qu'il effectue un mouvement d'arrêt une fois la décision prise. Enfin une autre limitation concernant le gardien provient du fait qu'il restait toujours debout. Lors d'une action qui se termine par un tir (Tir du poignet ou Slap shot) le gardien a fortement tendance à se mettre en position papillon ou au moins à genou, cela change la perspective ainsi que les possibilités de marquer. La plupart de ces remarques sont compréhensibles cependant elles sont très compliquées à mettre en pratique, car chaque fois qu'on ajoute un mouvement nous ajoutons également une variable et donc un risque de biaiser l'expérience.

#### **4.4 Amélioration potentielles de l'expérience**

De toutes les remarques reçues pendant et après l'expérience, nous avons choisi de présenter ici les deux qui sont les plus à même d'être mise en place lors d'une prochaine étude. La première porte sur les zones de tirs, les cibles, qui étaient présentes en haut (lucarne) à droite, en haut à gauche, en bas à droite, en bas à gauche et entre les jambes. Le participant avait le choix entre ces cinq cibles pour définir quel est la meilleure possibilité de marquer. Cependant, de plus en plus de goals sont marqués à mi-hauteur proche du poteau, cela représente la zone la plus difficilement accessible par le gardien. Un grand nombre de participants ont expliqué durant l'expérience que dans tel ou tel situation il tirait mi-hauteur. Ainsi un système de joystick pourrait être utilisé afin que le joueur puisse définir la zone exacte où il souhaite tirer. L'objectif serait de trouver un processus qui permette au joueur de choisir n'importe quelle zone du but lors qu'il effectue son choix. Lors de notre expérience, le joueur était en quelque sorte guidé par des choix prédéfinis. Pour le groupe qui possédait le double feedback, celui-ci s'est vite rendu compte que les cibles basses étaient souvent les meilleurs choix alors que les cibles hautes n'étaient considérées comme bonnes que rarement.

La seconde amélioration qui pourrait être apportée à cette expérience porte sur le gardien de but. Au-delà de son positionnement plus ou moins réaliste selon les commentaires des participants, ce dernier se trouve toujours en position debout. Les sujets nous ont fait remarquer que de manière générale la position d'un gardien est relativement basse, afin d'être le plus rapidement possible à terre en position « papillon » (partie latérale inférieure de la jambe au sol). De plus, les sujets de l'expérience ont constaté que le gardien était toujours placé en plein centre du champ de vision. Cependant lors d'une situation réelle le gardien se positionne plutôt en face de la balle lorsqu'il est correctement positionné. Ainsi les personnes qui ont eu droit au feedback ont rapidement remarqué que lorsqu'ils avaient la canne à gauche les meilleures solutions



étaient les cibles du même cotés et vice-versa pour les joueurs possédants la canne à droite. L'une des améliorations qui pourrait être fait à ce propos consiste à placer de manière aléatoire le gardien. En effet, plutôt que d'être toujours parfaitement positionné dans l'axe du champ de vision, ce dernier pourrait être une fois positionné en face de la balle, une fois face au joueur et une fois trop à droite. Ainsi le joueur devrait analyser le positionnement du gardien et plus uniquement l'angle d'attaque. C'est la capacité de voir la faille dans le positionnement du gardien qui permet aux joueurs de marquer un goal. En effet, lors d'un match le gardien est en constant déplacement, il arrive donc fréquemment qu'il ne soit pas parfaitement positionné dans ses goals. L'une des facultés requises pour « scorer » (comme disent nos amis québécois) consiste en la prise d'information. En effet, nous avons expliqué lors de l'introduction que l'un des facteurs de la prise de décision est la prise d'information. Plus la prise d'information est de qualité plus la décision a de chance d'être bonne. En positionnant le gardien de manière aléatoire cela oblige le sujet à analyser son environnement en fonction de la position de gardien par rapport à la sienne et plus uniquement l'angle d'attaque comme lors de notre expérience.

Le temps à disposition pour cette étude ne nous a pas permis de tester si la progression acquise en réalité virtuelle était transférable sur le terrain en situation réel. En effet, le sujet effectuait les trois phases en 45 minutes puis l'expérience était terminée pour lui. Nous nous sommes basés sur les expériences déjà réalisé à ce sujet pour prétendre que les capacités acquises sont transférables. Etant donné que les tests ont été réalisés dans trois villes de Suisse relativement éloignées, il était difficile de réaliser cette expérience sur le terrain. En effet, si nous avions voulu aller au bout de l'expérience, il aurait fallu réaliser le même type d'action mais cette fois-ci sur le terrain. Ainsi nous aurions pu comparer les résultats des tests en réalité virtuelle avec ceux réalisés dans le monde réel. Cependant, en plus du défi temporel que cela représentait, il s'agissait d'un défi logistique que nous ne pouvions pas réaliser. Afin de compléter cette étude, il aurait fallu faire une nouvelle série de test avec des angles encore un peu différents quelques temps plus tard. Cela permettrait d'évaluer si les capacités acquises lors de l'entraînement en réalité virtuelle perdure avec le temps. En effet, à l'heure actuelle nous n'avons aucune preuve que les capacités acquises grâce à la réalité virtuelle soit applicables à plus ou moins long terme. Malgré cela, nous avons eu des retours de certains joueurs qui ont dit avoir essayer d'appliquer sur le terrain ce qu'il avait appris. Ils prétendent avoir améliorés leurs performances grâce notamment à la conscientisation de la différence de point de vue entre les possibilités que l'on voit avec les yeux et les possibilités réelles à l'emplacement de la balle.

Le dernier aspect qui nous semble important mais que nous n'avons malheureusement pas pu calculer est le temps de réaction. Lors de situation réel le temps à disposition pour prendre une

décision est bien souvent beaucoup plus court que lors de notre étude. L'étude de cet élément dans une expérience ultérieure augmenterait encore le réalisme et pourrait mener à des résultats encore meilleurs, notamment en ce qui concerne la transférabilité. Deux possibilités d'analyses nous viennent en tête, la première consiste à réduire le temps de réponse afin de provoquer un certain stress aux sujets et de diminuer le temps de prise d'information. La seconde variante est d'analyser le temps de réaction pour chaque réponse et ainsi voir si avec l'entraînement, le temps de la prise d'information et de décision peuvent être diminués.

## 5 Conclusion

L'objectif de cette étude était de démontrer l'efficacité d'un entraînement en réalité virtuelle à l'aide de feedbacks. Les résultats obtenus ont permis d'affirmer l'hypothèse H1, qui prétendait qu'un tel entraînement était efficace. En effet, même si les deux groupes, contrôle et entraînement, ont tous deux progressé de manière significative, la différence de progression entre les deux méthodes n'était pas négligeable. L'amélioration des capacités du groupe d'entraînement au niveau du score à pratiquement doubler, cela démontre l'utilité et l'efficacité d'un entraînement de ce type. Au travers de ces résultats, nous pouvons donc affirmer que cette nouvelle technologie possède un grand potentiel dans les sports dit avec accessoire (canne, raquette etc.). Le biais induit par la différence de point de vue entre l'emplacement réel de la balle et ce que voit une personne peut être comblé et conscientisé à l'aide de feedbacks en réalité virtuelle.

Cette expérience nous a permis de mettre en lumière les changements qu'il faudra apporter lors d'une prochaine étude afin de la perfectionner. L'aspect du gardien et le réalisme en général de l'environnement virtuel devra être amélioré afin de permettre aux participants une meilleure immersion. La littérature confirme cet aspect dans plusieurs études déjà réalisées, plus la sensation d'immersion est élevée meilleurs sont les résultats. Il faudra également prévoir une ou deux autres étapes afin de tester la transférabilité ainsi que la rétention à long terme des connaissances acquises. Pour la transférabilité, il faudra mettre en place une expérience similaire à celle vécu en réalité virtuelle, mais cette fois-ci directement sur le terrain. En ce qui concerne la rétention à long terme, un test similaire que celui que nous avons réalisé pourra être effectué quelques mois après le premier. Finalement, une analyse du temps de réaction devra être faite afin de déterminer l'impact de l'entraînement en réalité virtuelle à l'aide de feedbacks. Ces données pourront confirmer ou infirmer l'efficacité d'une telle méthode d'entraînement.

La littérature déjà disponible sur ce sujet présente des résultats plutôt favorables à ce type d'apprentissage. Notre étude a permis de confirmer ceci et d'ouvrir de nouvelles perspectives pour l'avenir. Dans la situation actuelle, les entraînements pour les sports d'équipe sont relativement compliqués au vu des mesures mise en place contre le Covid-19. Nous ne savons pas à l'heure actuelle comment va évoluer la situation, mais l'apprentissage grâce à la réalité virtuelle pourrait être une solution si les sportifs devaient à nouveau être privé d'entraînement. Au-delà de la situation sanitaire, la réalité virtuelle peut être utilisée pour les athlètes lorsque ces derniers sont dans l'incapacité de s'entraîner (blessures, maladies, vacances etc.). Un approfondissement de cette méthode d'entraînement devra être fait dans les années qui viennent afin de perfectionner son utilisation.

## Bibliographie

- Broadbent, D. P., Causer, J., Williams, A. M., & Ford, P. R. (2015). Perceptual-cognitive skill training and its transfer to expert performance in the field: Future research directions. *European Journal of Sport Science*, 15(4), 322-331. doi:10.1080/17461391.2014.957727
- Buns, M. (2020). Impact of Virtual Reality Training on Real-World Hockey Skill: An Intervention Trial. *Journal of Sports Science*, 8, 8-16.
- Correia, V., Araújo, D., Cummins, A., & Craig, C. M. (2012). Perceiving and Acting Upon Spaces in a VR Rugby Task: Expertise Effects in Affordance Detection and Task Achievement. 34(3), 305. doi:10.1123/jsep.34.3.305
- Devaud, T., (2021) *Optimisation de la prise de décision en phase de tir au but chez les hockeys à l'aide de la réalité virtuelle*. Université de Fribourg.
- Di Russo, F., Bultrini, A., Brunelli, S., Delussu, A. S., Polidori, L., Taddei, F., ... Spinelli, D. (2010). Benefits of sports participation for executive function in disabled athletes. *Journal of Neurotrauma*, 27(12), 2309–2319. <https://doi.org/10.1089/neu.2010.1501>
- Erickson, G. B., Citek, K., Cove, M., Wilczek, J., Linster, C., Bjarnason, B., & Langemo, N. (2011). Reliability of a computer-based system for measuring visual performance skills. *Optometry*, 82(9), 528-542. doi:10.1016/j.optm.2011.01.012
- Faubert, J., & Allard, R. (2013). Stereoscopy benefits processing of dynamic visual scenes by disambiguating object occlusions. *Journal-of-Vision*, 13, 1292. <https://doi.org/10.1038/srep01154.Faubert>
- Gray, R. (2017). Transfer of Training from Virtual to Real Baseball Batting. *Frontiers in psychology*, 8(2183). doi:10.3389/fpsyg.2017.02183
- Hagemann, N., Strauss, B., & Cañal-bruland, R. (2006). Training perceptual skill by orienting visual attention. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 28, 143–158.
- Jones, C. M., & Miles, T. R. (1978). Use of advance cues in predicting the flight of a lawn tennis ball. *Journal of Human Movement Studies*, 4, 231–235.
- Le Naour, T., Ré, C., & Bresciani, J.-P. (2019). 3D feedback and observation for motor learning: Application to the roundoff movement in gymnastics. *Human Movement Science*, 66, 564-577
- Le Naour, T., Hayoz, L., & Bresciani, J.-P. (2020). Human-Avatar Interaction in Virtual Environment to Assess and Train Sensorimotor Skills: Application to the Slap Shot in Hockey. *International Journal of Virtual Reality*, 20(2), 36-54.

- Mann, D., Williams, A., Ward, P., & Janelle, C. (2007). Perceptual-Cognitive Expertise in Sport: A Meta-Analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29, 457-478. doi:10.1123/jsep.29.4.457
- Mulligan, D., McCracken, J., & Hodges, N. J. (2012). Situational familiarity and its relation to decision quality in ice-hockey. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 10(3), 198-210. doi:10.1080/1612197X.2012.672009
- Patterson, R., Pierce, B., Bell, H. H., Andrews, D., & Winterbottom, M. (2009). Training robust decision making in immersive environments. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 3(4), 331–361. <https://doi.org/10.1518/155534309X12599553478836>.Downloaded
- Panchuk, D., Klusemann, M. J., & Hadlow, S. M. (2018). Exploring the effectiveness of immersive video for training decision-making capability in elite, youth basketball players. *Frontiers in Psychology*, 9(NOV), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02315>
- Petit, J.-P., & Ripoll, H. (2008). Scene perception and decision making in sport simulation: a masked priming investigation. *International Journal of Sport Psychology*, 39(1), 1-19
- Raab, M. (2003). Decision making in sports: Influence of complexity on implicit and explicit learning. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 1(4), 406–433. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2003.9671728>
- Raab, M. (2005). An explicit investigation of implicit decision-making processes. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 3, 91-97. doi:10.1080/1612197X.2005.9671760
- Rauter, G., Sigrist, R., Koch, C., Crivelli, F., van Raai, M., Riener, R., & Wolf, P. (2013). Transfer of complex skill learning from virtual to real rowing. *PloS One*, 8(12), e82145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082145>
- Romeas, T., Guldner, A., & Faubert, J. (2016). 3D-Multiple Object Tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players. *Psychology of Sport & Exercise*, 22, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.06.002>
- Sauthier, Q. (2020). *Optimisation du choix de l'angle de tir au hockey sur glace par un apprentissage en réalité virtuelle*. Université de Fribourg.
- Schul, K., & Memmert, D. (2017). Evaluating cognitive training system for football players. *Zenodo*, 1–10. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.835432>
- Spittle, M., & Morris, T. (2007). Internal and external imagery perspective measurement and use in imagining open and closed sports skills: An exploratory study. *Perceptual and Motor Skills*, 104(2), 387–404.

- Starkes, J. L., & Lindley, S. (1994). Can we hasten expertise by video simulations? *Quest*, 46(2), 211–222. <https://doi.org/10.1080/00336297.1994.10484122>
- Todorov, E., Shadmehr, R., & Bizzi, E. (1997). Augmented feedback presented in a virtual environment accelerates learning of a difficult task. *Journal of Motor Behavior*, 29(2), 147–158.
- Vestberg, T., Gustafson, R., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2012). Executive functions predict the success of top-soccer players. *PLoS One*, 7(4), e34731. doi:10.1371/journal.pone.0034731
- Vignais, N., Kulpa, R., Brault, S., Presse, D., & Bideau, B. (2015). Which technology to investigate visual perception in sport: Video vs. virtual reality. *Human Movement Science*, 39, 12–26. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.10.006>
- Voss, M. W., Kramer, A. F., Basak, C., Prakash, R. S., & Roberts, B. (2010). Are expert athletes ‘expert’ in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 812–826. doi:10.1002/acp.1588
- Williams, A. M., & Burwitz, L. (1993). Advance cue utilization in soccer. In T. Reilly, J. Clarys & A. Stibbe (Eds.), *Science and Football II* (E & FN Spo, pp. 239–243). London.
- Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L., & Williams, J. G. (1994). Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Research quarterly for exercise and sport*, 65(2), 127–135.
- Williams, A. M., Ward, P., Knowles, J. M., & Smeeton, N. J. (2002). Anticipation skill in a real-world task: Measurement, training, and transfer in tennis. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8(4), 259–270. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.8.4.259>

## Annexe

### *Annexe 1 : Conditions et protocole de l'expérience (Français/Allemand)*

#### Prise de décision en réalité virtuelle

Conditions et protocole de l'expérience :

L'expérience à laquelle vous allez participer va s'intéresser à l'utilité de la réalité virtuelle dans le cadre de situations particulières au Street-Hockey. L'utilisation d'un casque de réalité virtuelle sera requise. L'expérience se déroulera en 2 phases pour un total d'environ 45 minutes. Une pause sera effectuée entre les 2 phases.

Aucune méthode invasive ne sera nécessaire durant la totalité de cette expérience. En participant à cette expérience, vous acceptez et attestez remplir les conditions suivantes :

- Vous pratiquez le Street-Hockey ou un équivalent depuis plusieurs années et jouez actuellement en LNA de Street-Hockey.
- Vous ne souffrez d'aucune lésion, gêne physique ou psychologique pouvant nuire au bon déroulement de l'expérience.
- Vous ne souffrez d'aucun symptôme qui pourrait être assimilé à la COVID
- Vous n'êtes actuellement soumis à aucun traitement médical, ni consommateur de drogues ou autres substances psychotropes.
- La consommation d'alcool ou de tabac n'est pas un critère d'exclusion de l'étude, tant qu'elle reste modérée et contrôlée. Si l'expérimentateur estime que les résultats d'un participant peuvent être faussés pour cette raison, il se réserve le droit d'exclure le participant en question.
- Vous avez le droit, à tout moment, de quitter librement l'expérience.
- Les résultats de cette étude peuvent possiblement être publiés, mais toutes les données récoltées seront présentées de manière anonyme.

Par votre signature (au verso), vous déclarez avoir pris connaissance de toutes les conditions ci-dessus et attestez que vous les remplissez, sans exception. Dans le cas où un participant ne remplirait plus l'une voire plusieurs de ces conditions au cours de l'étude, l'expérimentateur se réserve le droit de l'exclure. Merci pour votre participation.

### Entscheidungsfindung in der virtuellen Realität

Bedingungen und Protokoll des Experiments:

Das Experiment, an dem Sie gleich teilnehmen werden, untersucht die Nützlichkeit von Virtual Reality in bestimmten Situationen beim Streethockey. Die Verwendung eines Virtual-Reality-Headsets wird erforderlich sein. Das Erlebnis findet in 2 Phasen für insgesamt ca. 45 Minuten statt. Zwischen den 2 Phasen wird eine Pause eingelegt.

Während des gesamten Experiments werden keine invasiven Methoden benötigt. Mit der Teilnahme an diesem Experiment erklären Sie sich einverstanden und bestätigen, dass Sie die folgenden Bedingungen erfüllen:

- Sie spielen seit mehreren Jahren Street-Hockey oder ein Äquivalent und spielen derzeit in der LNA von Street-Hockey.
- Sie leiden nicht an Verletzungen, physischen oder psychischen Beschwerden, die das Erlebnis beeinträchtigen könnten.
- Sie leiden an keinem Symptom, das mit COVID in Verbindung gebracht werden könnte
- Sie befinden sich derzeit in keiner medizinischen Behandlung und nehmen keine Drogen oder andere psychotrope Substanzen ein.
- Alkohol- oder Tabakkonsum ist kein Ausschlusskriterium für die Teilnahme an der Studie, solange er moderat und kontrolliert bleibt. Wenn der Versuchsleiter glaubt, dass die Ergebnisse eines Teilnehmers aus diesem Grund verzerrt sein könnten, behält er sich das Recht vor, den betreffenden Teilnehmer auszuschließen.
- Sie haben das Recht, das Experiment jederzeit frei zu verlassen.
- Die Ergebnisse dieser Studie können veröffentlicht werden, aber alle gesammelten Daten werden anonymisiert dargestellt.

Mit Ihrer Unterschrift (auf der Rückseite) erklären Sie, dass Ihnen alle oben genannten Bedingungen bekannt sind und dass Sie diese ausnahmslos erfüllen. Sollte ein Teilnehmer eine oder mehrere dieser Bedingungen im Verlauf der Studie nicht erfüllen, behält sich der Experimentator das Recht vor, ihn auszuschließen. Vielen Dank für Ihre Teilnahme.



*Annexe 2 : Informations personnelles (Français/Allemand)*

Informations personnelles

Nom : \_\_\_\_\_

Prénom : \_\_\_\_\_

Âge : \_\_\_\_\_

Canne (G/D) : \_\_\_\_\_

Sport actuellement pratiqué : \_\_\_\_\_

Depuis combien de temps pratiquez-vous le Street-Hockey ou un sport de la même famille ?

\_\_\_\_\_

Lesquelles avez-vous pratiqué et durant combien de temps chacun ?

\_\_\_\_\_

Dans quelle ligue avez-vous joué au plus haut niveau ?

\_\_\_\_\_

Avez-vous participé à un championnat du monde ? Si oui, en actif ou en junior ? Et quand ?

\_\_\_\_\_

Mesure yeux (Dy, cm) : \_\_\_\_\_

Mesure canne (Dx, cm) : \_\_\_\_\_

Mesure balle (Dz, cm) : \_\_\_\_\_

Lieu et date : \_\_\_\_\_ Signature : \_\_\_\_\_

Persönliche Informationen

Name : \_\_\_\_\_

Vorname : \_\_\_\_\_

Alter: \_\_\_\_\_

Stock (R/L): \_\_\_\_\_

Aktueller Sport : \_\_\_\_\_

Wie lange spielen Sie schon Streethockey oder eine verwandte Sportart ?

\_\_\_\_\_

Welche haben Sie geübt und wie lange jeweils ?

\_\_\_\_\_

In welcher Liga haben Sie auf höchstem Niveau gespielt ?

\_\_\_\_\_

Haben Sie an einer Weltmeisterschaft teilgenommen? Wenn Ja, Aktiv oder Junior ? Und Wann?

\_\_\_\_\_

Augenmessung (DY, cm): \_\_\_\_\_

Stockmessung (DX, cm): \_\_\_\_\_

Kugelmessung (DZ, cm) : \_\_\_\_\_

Ort und Datum : \_\_\_\_\_

Unterschrift : \_\_\_\_\_

### Consignes

#### Pré-test :

Vous allez vous retrouver en situation virtuelle d'échappée, seul face au gardien. Derrière le gardien, à l'intérieur du but, 5 cibles vertes seront affichées en permanence, dans la même configuration que les boutons du boîtier-réponse. Vous vous verrez donc avancer en direction du gardien depuis différents angles et vous devrez sélectionner la cible qui représente le plus de chance de marquer.

N' imaginez pas faire de gestes techniques pour dribbler le gardien. C'est un simple tir, de l'endroit où vous vous situez, avec la balle sur votre côté fort. Le gardien reste positionné de la même manière du début à la fin d'une action, n'essayez pas d'anticiper un éventuel mouvement, ne choisissez pas un côté plutôt qu'un autre en vous disant : « les gardiens sont souvent moins habile de ce côté ». Imaginez simplement que ce gardien est parfaitement standard et qu'il n'aura pas plus de facilité ou plus de peine à effectuer un arrêt plutôt qu'un autre.

**Cherchez simplement la cible la plus accessible pour votre tir.**

#### Entraînement :

Même principe qu'au pré-test mais cette fois-ci, après chacun de vos tirs, vous aurez droit à 2 feedbacks de quelques secondes.

Tout d'abord, comme premier feedback, les cibles se coloreront en vert ou rouge selon la qualité du choix, les cibles de couleur verte représentant les meilleurs choix et de couleur rouge les moins bons. De plus, « le » meilleur choix possible sera en vert mais ressortira également sous la forme d'un tube en 3D.

Ensuite, comme deuxième feedback, vous obtiendrez un angle de vue comme si une caméra était placée directement sur le puck au moment de votre tir.

Vous pourrez ainsi estimer si votre choix de tir était le bon, ou s'il semblerait en avoir un meilleur afin de vous améliorer pour les tirs suivants.

#### Post-test :

Même principe que le pré-test : choisissez la meilleure cible au moment du tir. Aucun feedback ne vous sera accordé, appliquez au mieux ce que vous avez appris de la phase d'entraînement.

## Anweisungen

### Vortest:

Sie finden sich in einer virtuellen Ausreißersituation wieder, allein gegen den Torwart. Hinter dem Torwart, innerhalb des Tores, werden 5 grüne Zielscheiben permanent angezeigt, in der gleichen Konfiguration wie die Tasten auf dem Antwortkasten. Sie sehen, wie Sie sich aus verschiedenen Winkeln auf den Torwart zubewegen und müssen das Ziel auswählen, das die beste Chance auf ein Tor darstellt.

Erwarten Sie keine technischen Spielzüge, um am Torwart vorbeizudribbeln. Es ist ein einfacher Schlag, von dort, wo Sie stehen, mit dem Ball auf Ihrer starken Seite. Der Torwart bleibt vom Anfang bis zum Ende einer Aktion in der gleichen Position, versuchen Sie nicht, einen möglichen Spielzug zu antizipieren, wählen Sie nicht eine Seite vor der anderen, indem Sie sich sagen: "Torhüter sind auf dieser Seite oft weniger geschickt". Stellen Sie sich vor, dass dieser Torhüter ein ganz normaler Torhüter ist und es nicht leichter oder schwieriger hat, die eine Rettung zu machen als die andere.

**Suchen Sie einfach das am besten erreichbare Ziel für Ihren Schuss.**

### Ausbildung:

Gleiches Prinzip wie beim Vortest, aber dieses Mal erhalten Sie nach jedem Ihrer Schüsse 2 Rückmeldungen von wenigen Sekunden.

Als erste Rückmeldung werden die Ziele je nach Qualität der Wahl grün oder rot eingefärbt, wobei die grünen Ziele die besten und die roten Ziele die schlechtesten Wahlmöglichkeiten darstellen. Außerdem wird "die" bestmögliche Wahl grün sein, aber auch als 3D-Röhre erscheinen.

Als zweite Rückmeldung erhalten Sie dann eine Ansicht, als ob eine Kamera im Moment Ihres Schusses direkt auf den Puck gerichtet wäre.

So können Sie einschätzen, ob Ihre Aufnahmewahl die richtige war oder ob es eine bessere gegeben hätte, so dass Sie sich für spätere Aufnahmen verbessern können.

### Post-Test:

Gleiches Prinzip wie beim Vortest: Wählen Sie das beste Ziel zum Zeitpunkt des Schießens. Es wird kein Feedback gegeben, wenden Sie das Gelernte aus der Trainingsphase so gut es geht an.