

Temps de réponse en boxe : Test d'un logiciel en réalité augmentée intégrant l'OptiTrack.

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

déposé par

Justine Zuchuat

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

Fribourg, juin 2024

Écriture inclusive

Pour faciliter la lecture de ce travail, il a été décidé d'adopter le masculin générique. Ce choix inclut ainsi toutes les personnes, sans distinction de genre.

Résumé

Ce travail explore le temps de réponse en boxe à l'aide de la réalité augmentée. 35 participants, équipés de lunettes Magic Leap affichant 4 cibles, ont été exposés à 2 tâches de réaction différentes de manière aléatoire : « cible fixe » et « cible changeante ». Les données collectées nous ont fourni plusieurs indications globales concernant le temps de réponse. Il s'est avéré, logiquement, que le temps de frappe pour une cible changeante était significativement plus long que pour une cible fixe. Concernant le temps de réaction, il n'y avait pas de différence entre la condition « cible changeante » et « cible fixe ». Cette relation n'était pas significative. Les participants ont plus souvent utilisé leur main droite que leur main gauche pour donner le premier coup de poing. Cependant, le temps de réponse n'a pas été affecté par l'utilisation de la main gauche ou de la main droite pour donner le premier coup de poing.

Etant donné que cette expérience est la première à associer l'OptiTrack et les lunettes de réalité augmentée Magic Leap 2, elle a révélé des limitations et des biais inhérents à cette technologie. Pour ces raisons, cette étude ne peut pas encore garantir des conclusions scientifiques solides. Elle a cependant permis d'analyser et de comparer des temps de réponse pour des mouvements similaires à ceux de la boxe et d'évaluer le potentiel des lunettes de réalité augmentée avec les gants OptiTrack en vue de leur amélioration future et leur éventuelle intégration dans la pratique sportive.

Table des matières

1 Introduction	5
1.1 Thématique de l'étude	5
1.2 Temps de réponse	6
1.3 Réalité augmentée	10
1.4 Études antérieures	12
1.5 Objectif du travail.....	14
2 Méthode.....	15
2.1 Description de l'échantillon	15
2.2 Matériel	15
2.3 Déroulement et protocole de passations.....	17
2.4 Problèmes rencontrés	21
2.5 Analyse statistique.....	22
3 Résultats	23
4 Discussion	27
4.1 Discussion des résultats en liens avec les objectifs de l'étude.....	27
4.2 Liens avec la littérature	27
4.3 Limites de l'étude et améliorations	29
5 Conclusion.....	32
Bibliographie.....	33
Annexes.....	39
Remerciements.....	42

1 Introduction

1.1 Thématique de l'étude

La faculté à sélectionner un stimulus et à comprendre les actions des autres est cruciale dans la plupart des sports (Russo & Ottoboni, 2019). Les sports de combat exigent une perception des stimuli externes et une action motrice efficace pour atteindre la performance optimale (Russo & Ottoboni, 2019). En boxe par exemple, lorsque deux athlètes se retrouvent sur un ring pour combattre, leur système cognitif doit répondre le plus vite possible aux stimuli afin de s'assurer la victoire (Ottoboni et al., 2015). Ce qui nous intéresse ainsi dans cette étude, c'est le temps de réponse, c'est-à-dire le temps nécessaire à un individu pour détecter un stimulus et accomplir la réponse motrice complète en réaction à ce stimulus (Sant 'Ana et al., 2017). Le temps de réponse fait appel à de nombreux facteurs tels que la perception, les compétences cognitives, la discrimination visuelle, l'anticipation, la résolution de problème ou encore la prise de décision (Russo & Ottoboni, 2019). Pour que le temps de réponse soit rapide, la rétine, les voies cérébrales visuelles, le cortex moteur ainsi que le cervelet sont nécessaires pour répondre à un stimulus sensoriel (Cojocariu & Abalasei, 2014). Plus le signal est traité rapidement, plus vite le stimulus a atteint le cortex moteur et donc plus vite sera le temps de réponse (Shelton & Kumar, 2010). Çetin et al. (2011) décomposent le temps de réponse en 3 processus distincts : la perception, la prise de décision et l'action motrice. Le temps de réponse est donc un paramètre englobant plusieurs systèmes. Dans cette étude, nous nous focaliserons seulement sur certains points précis faisant partie ou influençant ce temps de réponse en boxe. Notre étude a pour but de collecter les données sur le temps de réponse des sujets face à deux tâches de réactions différentes : Une tâche de réaction simple avec une cible fixe et une tâche plus complexe avec une cible changeante. Le but étant d'effectuer le mouvement de jab en boxe vers les cibles le plus rapidement possible afin d'avoir un temps de réponse rapide. Pour effectuer ces tâches, les participants sont équipés de lunettes de réalité augmentée (RA) et de gants, capteurs de mouvements OptiTrack. La RA est aujourd'hui de plus en plus utilisée dans divers domaines tels que la médecine ou le tourisme (Mekni & Lemieux, 2014). Dans le domaine sportif, elle est surtout employée pour les spectateurs afin de leur offrir des expériences immersives (Sawan et al., 2020). Cependant, son utilisation reste encore limitée concernant l'évaluation ou l'entraînement de performances sportives. Le laboratoire de l'université de Fribourg entreprend donc une première tentative en utilisant la réalité augmentée conjointement avec un système connu dans le domaine sportif, qui est l'Optitrack, pour évaluer les performances sportives. Par

conséquence, aucun critère spécifique n'a été établi pour sélectionner les sujets étant donné qu'il s'agit davantage d'une première phase du logiciel visant à mesurer le temps de réponse.

1.2 Temps de réponse

1.2.1 Définitions

Il est crucial de clarifier le thème principal de notre étude qui porte sur le temps de réponse. Dans la littérature, il semble y avoir une confusion quant à l'utilisation des termes « temps de réponse » et « temps de réaction ». Par exemple, Shelton et Kumar (2010), définissent le temps de réaction comme le laps de temps écoulé entre la présentation d'un stimulus sensoriel et la réponse comportemental en réaction à ce stimulus. L'étude de Çetin et al., (2011) aborde le temps de réaction comme le temps de réaction simple et la vitesse du système moteur et perceptif. Cependant, dans une autre étude le temps de réaction est défini comme la durée entre l'apparition d'un stimulus et le déclenchement de l'action (Silverman, 2006). Certaines études comme celle de Baayen et al. (2010) écrivent que le temps de réaction et le temps de réponse sont identiques. Cette confusion dans la littérature est fréquente. L'étude récente de Sant'Ana et al. (2017) nous permet d'éclaircir ces définitions et d'établir une distinction précise entre ces 2 termes pour la suite du travail. Le temps de réaction est défini comme le laps de temps entre l'apparition d'un stimulus et l'initiation de la réponse du sujet. (Sant'Ana et al., 2017). Quant au temps de réponse, il représente le temps entre l'apparition d'un stimulus et sa réponse motrice, englobant donc la finalisation du mouvement (Sant'Ana et al., 2017). Le temps de réponse prend donc en compte la réponse motrice du sujet en réaction au stimuli (Spierer et al., 2010). De nombreuses études utilisent le terme temps de réaction alors que la réponse motrice est incluse dans le temps mesuré. Il serait donc pertinent d'appeler plutôt cela temps de réponse. Pour illustrer cette distinction, prenons un exemple concret en lien avec notre étude. Le sujet doit réagir le plus rapidement possible à un signal visuel apparaissant sur une cible en face de lui en la touchant. Dans ce cas, le temps de réaction correspondrait au laps de temps écoulé entre le moment où la cible s'illumine et le déclenchement de l'action du sujet. Le temps de réponse englobe ce temps de réaction mais prend aussi en compte le temps nécessaire à la main du sujet pour atteindre la cible, on pourrait dire dans le cadre de notre étude qu'il s'agit du temps de frappe. Pour notre étude, il est donc essentiel, lors de l'interprétation des recherches menées à ce sujet, de prendre en considération la définition précise de cette variable de mesure et de faire la distinction entre ces deux termes.

1.2.2 Facteurs influençant le temps de réponse

Avant de présenter les facteurs ayant une influence sur la vitesse du temps de réponse, il est intéressant de relever que le temps de réponse à un stimulus auditif est plus rapide qu'à un stimulus visuel (Shelton & Kumar, 2010). Plusieurs facteurs influencent le temps de réponse tels que l'attention, l'âge, la fatigue, les distractions, la prise d'alcool, la prise de drogue, les dégâts au cerveau (commotions, traumatismes...), les maladies, l'intelligence, le stress, ou encore la pratique régulière d'exercice physique (Kosinski, 2008). Le genre peut aussi jouer un rôle dans la vitesse du temps de réponse selon le type de stimuli (Spierer et al., 2010). Concernant l'âge, il y a eu énormément d'études cherchant des liens sur les temps de réponse et l'âge, mais la relation entre les deux reste parfois floue (Der & Deary, 2006). Une étude plus récente met en avant la détérioration cognitive et motrice chez les personnes âgées ; cette dernière induirait une réponse motrice plus lente et donc le temps de réponse à une tâche de réaction serait aussi plus lent (Jiménez-Jiménez et al., 2011).

1.2.3 Temps de réponse en boxe

En sport, le temps de réponse est un facteur déterminant de la performance, particulièrement dans les sports nécessitant des mouvements rapides en réaction à des stimuli sensoriels (Spierer et al., 2010). De nombreux sports exigent une très bonne coordination œil-main ou œil-pied, il est donc essentiel d'avoir une réponse visuelle et motrice rapide (Schwab & Memmert, 2012). Bien que le temps de réponse joue un rôle crucial dans la performance, il s'agit d'un des paramètres les plus difficiles à développer (Dinçer et al., 2022). En tant que sport à habiletés ouvertes, les sports de combat nécessitent une appréhension rapide et précise de l'environnement pour pouvoir planifier et exécuter une réponse adaptée face aux actions de l'adversaire (Russo & Ottoboni, 2019). Dans le domaine de la boxe, le temps de réponse peut jouer un rôle décisif dans un combat. En effet, plus le boxeur réagit rapidement au mouvement de son adversaire, plus sa performance sera efficace (Hukkanen & Häkkinen, 2017). En plus des qualités physiques telles que l'endurance, la vitesse et la coordination, la boxe exige des compétences techniques précises, telles que les coups, le travail des jambes, la position du corps, les feintes, ou encore le maintien de la distance avec l'adversaire (Sienkiewicz-Dianzenza & Maszczyk, 2019). La vitesse de réaction permet donc d'exécuter ses compétences techniques rapidement et efficacement ; elle permettra de faciliter les changements de direction rapides, de modifier ses actions rapidement, d'effectuer des feintes rapides, d'esquiver et de parer les coups efficacement (Sienkiewicz-Dianzenza & Maszczyk, 2019). L'issue des combats entre les boxeurs dépend de leur aptitude à maîtriser des coordinations entre les entrées perceptives visuelles et les sorties

motrices au niveau de la main et du bras (Azémar et al., 2008). Le coup de poing, action motrice, fait partie intégrante du temps de réponse aux stimuli. Pour atteindre des performances de haut niveau, il est primordial d'avoir une puissance musculaire suffisante pour être rapide dans la frappe (Hukkanen & Häkkinen, 2017). Comme mentionné dans le chapitre précédent, la fatigue est un facteur influençant le temps de réponse. En boxe, un combat se compose de plusieurs rounds de 3 minutes avec des pauses intermédiaires d'une minute (Sienkiewicz-Dianzenza & Maszczyk, 2019). La fréquence cardiaque des boxeurs pendant les combats se situe entre 160 et 200 bpm, il s'agit donc d'un effort anaérobique (Sienkiewicz-Dianzenza & Maszczyk, 2019). La fatigue croissante au cours des combats, due à cet effort anaérobique, provoque une baisse des performances de la vitesse du temps de réponse en réaction aux stimuli externes et donc de la performance générale (Sienkiewicz-Dianzenza & Maszczyk, 2019).

1.2.4 Attention visuelle et perception

Selon Gutiérrez-Davila et al. (2017), il semblerait que l'attention soit le facteur qui aurait une plus grande influence sur le temps de réponse car elle est la principale responsable du traitement de l'information. Dans les sports de combat, une attention optimale augmenterait la sensibilité perceptive des cibles, elle réduirait le temps de traitement de l'information et elle faciliterait le processus de la prise de décision (Lesiakowski et al., 2013). Bien que les boxeurs n'aient pas forcément besoin d'effectuer des mouvements extrêmement précis pendant les combats, maintenir une attention soutenue est crucial, car les informations visuelles proviennent de l'environnement immédiat du boxeur (Lesiakowski et al., 2013). Afin d'anticiper et de comprendre les actions futures de leur adversaire, les boxeurs doivent être capables de diriger leur attention vers les différentes parties du corps de celui-ci (Russo & Ottoboni, 2019). Bien que la faculté d'attention est l'un des facteurs les plus déterminants pour la boxe, on peut s'attendre à une réduction de cette faculté chez les boxeurs en raison des conséquences neurologiques des coups fréquents portés à la tête (Lesiakowski et al., 2013). Il est tout de même conseillé d'intégrer dans l'entraînement des athlètes des exercices spécialisés de l'attention mettant l'accent sur le déplacement dynamique de l'attention visuelle pour améliorer les performances de l'athlète (Lesiakowski et al., 2013).

Comme cité dans la thématique de l'étude, la perception est le premier processus dans le temps de réponse (Çetin et al., 2011). La perception visuelle est le fait de détecter et d'interpréter les changements dans l'environnement. La source visuelle est la source à laquelle on se fie plus (Davids et al, 2005). En sport, les sportifs doivent percevoir la structure spatio-temporelle de

leur environnement de la bonne manière pour performer avec succès (Davids et al., 2005). L'information perceptive est essentielle pour pouvoir modifier et adapter une réponse motrice en cours, en sport cette faculté porte donc d'autant plus son importance (Davids et al., 2005). Dans les sports de combat, le temps qu'il faut pour percevoir un stimulus visuel est une des composantes considérées comme la plus importante dans le temps de réponse (Dinçer et al., 2022). La perception joue donc un rôle clé, fournissant les informations nécessaires à des réponses précises et rapides. Selon Gutiérrez-Davila et al., (2017), la perception et l'attention sont des processus pouvant être développés en entraînement. D'ailleurs, il est démontré dans une étude que l'expérience visuelle des athlètes est meilleure que le groupe contrôle non-sportifs (Russo & Ottoboni, 2019).

1.2.5 Prise de décision

Après que les informations visuelles ont été traitées de manière adéquate, elles peuvent être utilisées dans le processus de prise de décision (Ottoboni et al., 2015). La prise de décision prend place entre la perception et l'action et est une des composantes cognitives les plus critiques dans le sport de performance (Ravier & Millot, 1999). La prise de décision influence la rapidité et l'adaptation de la réponse motrice du sujet (Ravier & Millot, 1999). En effet, la prise de décision est la base de la réponse motrice (Ottoboni et al., 2015). En plus des stimuli visuels, on considère dans la littérature, qu'il y a d'autres facteurs influençant la prise de décision pendant les combats de judo par exemple, les signaux acoustiques, tactiles, vestibulaires ou encore kinesthésiques (Cojocariu & Abalasei, 2014). Concernant cette prise de décision, il a été démontré que les athlètes élites sont beaucoup plus efficaces dans le processus de prise de décision que les non-athlètes (Bianco et al., 2017).

1.2.6 Réponse motrice

La boxe, tout comme les autres sports de combat, exige d'avoir des qualités physique mentale et une maîtrise technique et tactique (Rakha 2024). Pour que les boxeurs acquièrent les compétences fondamentales nécessaires afin de lier attaque, défense et contre-attaque, il est essentiel d'avoir des capacités motrices optimales (Rakha, 2024). En boxe, la contrainte temporelle est élevée, une coordination motrice précise est tout aussi cruciale que la capacité à percevoir rapidement les informations visuelles pour exécuter une réponse rapide (Rakha, 2024). La vitesse du processus visuo-moteur dépend du système nerveux central (Russo & Ottoboni, 2019). La réponse motrice est exprimée après que les informations sensorielles ont été traitées (Russo & Ottoboni, 2019). Pour être performant, l'action motrice du boxeur doit être rapide et explosive,

la vitesse du coup de poing est déterminante pour la performance (Hukkanen & Häkkinen, 2017). Comme il s'agit d'actions brèves et dynamiques, la performance en boxe demande donc d'avoir des muscles bien développés pour produire une force musculaire nécessaire à la performance (Hukkanen & Häkkinen, 2017).

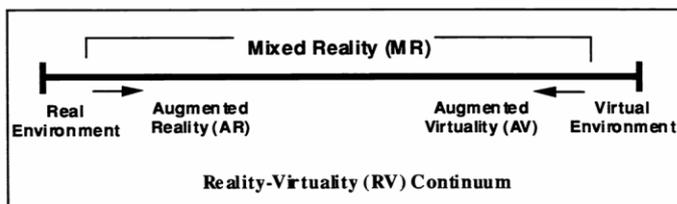
1.3 Réalité augmentée

1.3.1 Définition

Depuis les années 2000, la technologie ne cesse d'évoluer et se retrouve au centre de la vie de chacun (Bozyer, 2015). Cette avancée a permis à l'Homme d'accéder à l'information en tout lieu et en tout temps. Parmi les progrès technologiques, la RA fait partie d'un des développements les plus importants (Bozyer, 2015). Les premiers auteurs à évoquer le terme de la RA de manière cohérente sont Paul Milgram et Fumio Kischino (Da Silva et al., 20221). Ils mentionnent le terme de RA dans un contexte de continuum de réalité-virtualité, tel que présenté ci-dessous. (Milgram et al., 1995)

Figure 1

Le continuum de la réalité virtuelle



Note. Description selon Milgram et Kischino de la position de la RA par apport à l'environnement réel et l'environnement virtuel (RV).

Bien que pour la plupart des gens, le terme de RV soit familier, ils ne connaissent pas forcément les nuances entre la RV et la RA. La RV plonge l'utilisateur dans un environnement totalement virtuel sans informations sur le monde réel (Carmigniani et al., 2011). La RA, quant à elle, mélange le monde réel et le monde virtuel dans un environnement interactif en 3D (Da Silva et al., 2021). Selon Carmigniani & Furht (2011), la RA offre une vision en temps réel d'un environnement physique réel qui a été amélioré par des informations virtuelles créées par

l'ordinateur. Elle augmente le sens de la réalité, d'où le terme : RA. Lorsque les lunettes sont portées, son utilisateur a l'impression que les objets virtuels coexistent en même temps et au même endroit que les objets réels qui l'entourent (Da Silva et al., 2021).

Aujourd'hui, l'utilisation de la RA est de plus en plus répandue dans plusieurs domaines différents. En effet, ses champs d'application sont multiples. On la retrouve dans le domaine de l'éducation, ou encore dans le monde du divertissement, du commerce, du tourisme ou même du monde médical (Mekni & Lemieux, 2014).

1.3.2 Application et transférabilité dans le sport

Dans le sport, la RA connaît une expansion significative tant pour les spectateurs que pour les pratiquants (Soltani & Morice, 2020). Pour les spectateurs, elle offre une expérience totalement immersive (Da Silva et al., 2021). Certaines entreprises ont lancé, pendant la pandémie du Covid-19, des technologies de RA permettant aux fans ou supporters de vivre les matchs de manière immersive (Sawan et al., 2020). Concernant la pratique, les sports intégrant le plus la technologie de la RA sont le basketball et l'escalade (Soltani & Morice, 2020). Les avantages de son utilisation sont multiples. En grimpe, elle permet par exemple au grimpeur d'effectuer son parcours en suivant un chemin indiqué par la RA et donc cela peut permettre de diversifier la pratique (Bozyer, 2015). Au football, elle permet d'améliorer certaines compétences des joueurs débutants et de renforcer la capacité de prise de décision (Soltani & Morice, 2020). Une étude récente réalisée par Bloechle et al. (2024) met d'ailleurs en avant les avantages de l'utilisation de la technologie de la RA pour les tirs au but en football. En effet, dans ce domaine, l'utilisation de la RA a montré une amélioration des compétences sensori-motrices et les résultats ont démontré une augmentation du taux de réussite (Bloechle et al., 2024). Dans le domaine du sport automobile, il existe des systèmes d'entraînement en RA capable de reproduire des actions de conduite et les accélérations associées (Sawan et al., 2020). En tennis, un outil a été développé, en RA, qui fournit des informations sur le timing, sur la technique ou sur la posture du corps. Les mouvements des joueurs sont superposés avec ceux de professionnels. Malheureusement, les résultats de cet outil, n'ont pas prouvé son efficacité (Soltani et Morice, 2020). Selon les résultats de l'étude de Soltani et Morice (2020), différentes approches en RA pourraient être utiles aux sportifs grâce aux feedbacks, par exemple ou encore en réduisant l'écart entre deux joueurs de niveaux différents, leur permettant ainsi de jouer ensemble. Même si certains sports adoptent davantage la RA que d'autres, l'industrie du sport a pour l'instant eu principalement recours à la réalité virtuelle qui s'est développée avant la réalité augmentée (Cheng & Tsai,

2013) d'ailleurs, les résultats quant à son utilisation sont concluants (Ahir and al., 2019). De nos jours, la RA est un domaine émergent et prometteur, il est ainsi envisageable que cette technologie se développe davantage. Par conséquent de plus en plus de sports intégreront cette technologie pour améliorer les performances sportives ou les processus d'apprentissage (Soltani & Morice, 2020).

1.4 Études antérieures

1.4.1 Études sur le temps de réponse et le boxe sans la réalité augmentée

Comme mentionné précédemment, les premières études portaient sur le temps de réaction, cependant on appellera plutôt cela temps de réponse, car ces dernières englobaient la réponse motrice. Le temps de réponse est un domaine qui, depuis le milieu du 19^{ème} siècle, a intéressé la psychologie expérimentale (Kosinski, 2013). Plusieurs travaux relèvent le fait que le temps de réponse à un stimulus auditif est plus rapide qu'à un stimulus visuel (Der & Deary, 2006). D'autres études ont également exploré les disparités entre hommes et femmes en termes de vitesse de réponse, soulignant un avantage masculin (Silverman, 2006). Cependant une étude plus récente (Spierer et al., 2010) nuance ce phénomène en relevant que la différence du temps de réponse peut dépendre du type de stimulus; en effet les hommes semblent réagir plus rapidement aux stimuli spatiaux ou visuels tandis que les femmes réagissent plus vite aux stimuli sémantiques ou auditifs (Spierer et al., 2010). Beaucoup d'études ont été effectuées sur les facteurs influençant ce temps de réponse, comme par exemple l'influence de la fatigue qui agit négativement sur le temps de réponse (Langner et al., 2010). De plus on trouve de nombreuses recherches mettant en relation le temps de réponse à un stimulus sensoriel avec des mouvements moteurs fins et peu d'étude impliquant le groupe des muscles larges (Spierer et al., 2010). Depuis les premières recherches sur le temps de réaction, un grand nombre d'études impliquant des tâches de réactions, en particulier des tâches de pointages ont été effectués. Par exemple, l'étude de Teichner (1954) a déjà rassemblé plusieurs recherches sur les tâches de réaction. La plupart des études rassemblées, utilisaient des méthodes de tâches de réaction devant un ordinateur où les sujets devaient appuyer avec leur doigt soit sur le bouton d'une souris soit sur un bouton d'un clavier (Teichner, 1954). En effet, les études sur les temps de réaction impliquent souvent des sujets qui doivent réagir à un stimulus visuel sur un ordinateur en appuyant avec leur doigt ou leur pouce plutôt qu'en effectuant une réponse motrice impliquant de grands groupes musculaires. Par exemple, l'étude de Baayen (Baayen & Milin, 2010) ainsi que d'autres travaux comme celui de Cojocariu & Abalasei (2014) et de Woods et al. (2015), se concentrent

sur des tâches impliquant les doigts. Cette approche dans les études nous montre que les recherches ont plutôt été concentrées sur des réponses motrices fines mesurées souvent par des claviers ou souris. Une des seules études se focalisant sur le temps de réponse avec le groupe de muscles larges, est celle de Baur et al. (2006), qui démontre que des pilotes professionnels présentent un temps de réaction plus rapide qu'un groupe contrôle, mais une réponse motrice pas forcément plus rapide.

Dans le domaine de la boxe, on trouve quelques études qui mettent en avant le temps de réponse. Une étude (Dinçer et al., 2022), compare le temps de réponse entre des boxeurs et des lutteurs et il s'est avéré que les boxeurs ont obtenu de meilleurs résultats. Cependant, il est indiqué dans diverses études comme celle de Bianco et al. (2017) que les boxeurs, en raison des possibles commotions cérébrales, peuvent avoir des déficiences au niveau neurologique, ce qui provoquerait une augmentation du temps de réponse. Une autre étude (Çetin et al., 2011) a voulu examiner le temps de réponse et les prises de décisions dans le domaine du kickboxing. Il s'est avéré que le kickboxing peut améliorer le temps de réponse et la capacité de prise de décision. On observe donc un gros intérêt pour le temps de réponse, bien que ce thème a été moins documenté dans le domaine du sport (Ottoboni et al., 2014). Cependant, on a pu tout de même découvrir des articles liant les sports de combats et le temps de réponse.

1.4.2 Etudes en lien avec la réalité augmentée

Alors que beaucoup d'études en lien avec la RA se sont penchées sur son utilisation dans le domaine de l'éducation (Law & Heintz, 2021), peu d'études ont exploré son lien avec le sport (Da Silva et al., 2021). Cependant, le peu d'étude ayant relié le sport et la RA montre tout de même les avantages de son utilisation dans le domaine sportif (Soltani & Morice, 2020). En ce qui concerne les études spécifiquement axées sur le temps de réponse en boxe et la RA, elles se font plus rares. Une étude de 2015 présente une application de boxe en réalité augmentée conçue pour deux utilisateurs. Cette étude (Vasudevan, 2015), décrit surtout le processus de création de l'application ainsi que les outils employés pour la développer. Cependant, elle ne présente aucun résultat concernant la performance de ses utilisateurs. Elle souligne toutefois les avantages sociaux de l'application ainsi que ses bénéfices pour des individus blessés, elle met aussi en avant le potentiel de développement de cette application. Récemment, une étude menée par Rakha (2024) explore la relation entre la RA et l'apprentissage défensif en boxe dans une école amateur. Cette étude a mis en place des codes QR dirigeant les apprenants vers des applications de RA axées sur la boxe. Les résultats obtenus montrent une amélioration de la

connaissance et de la compréhension des gestes défensifs. Les résultats démontrent aussi une amélioration au niveau du processus d'apprentissage (Rakha, 2024).

Le nombre limité d'études réalisées dans le domaine de la boxe ainsi que le peu de participants ayant pris part à ces études ne permettent pas d'affirmer que la RA pourrait entraîner les boxeurs et leur garantir une amélioration de leur performance en boxe ni d'améliorer leur temps de réponse. Actuellement, aucune recherche antérieure ne relie dans une même étude les 3 aspects de notre expérience qui sont ; la RA, la boxe et le temps de réponse.

1.5 Objectif du travail

L'objectif principal de cette étude est d'analyser le temps de réponse de 35 participants ayant effectué la même expérience de tâches de réaction similaires à la pratique de la boxe. L'expérience comprenait 2 tâches de réactions différentes, comprenant en tout 160 stimuli. Divers aspects seront examinés et mis en lien avec la littérature à partir des données recueillies. Logiquement, le temps de réponse devrait être plus rapide pour une cible fixe que pour une cible changeante. On aimerait également déterminer si, lors de paramètre de la cible changeante, le premier coup de poing est plus rapide que le deuxième. Il est aussi intéressant de pouvoir analyser le temps que met le sujet à initier son mouvement, donc le temps de réaction qu'il faut au sujet pour détecter les cibles. Est-ce que le temps de réaction sera plus rapide pour une cible fixe? Grâce aux données collectées, on pourra aussi évaluer si les participants ont tendance à utiliser plus souvent leur main droite que leur main gauche et s'il existe une différence entre le temps de réponse entre les deux mains. Logiquement les droitier feront recours à leur main droite plus souvent que leur main gauche. Y a-t-il cependant une différence du temps de réponse entre les deux mains ? On pourrait imaginer que la main dominante sera plus rapide que la main non-dominante.

Comme nous utilisons pour la première fois le logiciel pour calculer le temps de réponse associé à la réalité augmentée et au système OptiTrack, l'objectif est aussi de se concentrer sur ces temps de réponse tout en collectant les données afin d'améliorer le logiciel en identifiant les problèmes rencontrés. En somme, cette étude vise à fournir une analyse globale du temps de réponse dans le contexte de différentes tâches de réaction similaires à la pratique de la boxe tout en faisant un lien avec la littérature existante. Elle permettra aussi d'analyser les biais et limites que la technologie peut avoir.

2 Méthode

2.1 Description de l'échantillon

36 sujets ont pris part à l'expérience. Cependant, pour certains participants des coups n'ont pas été enregistrés parmi les 160 stimuli en raison de problèmes techniques (voir chapitre 2.4). Les participants sont âgés de 19 à 45 ans, avec seulement 2 participants âgés de plus de 28 ans. L'échantillon est composé de 13 femmes et de 23 hommes. Il y a 3 gauchers et 33 droitiers. Pour cette étude, le choix des sujets s'est fait sans critères spécifiques si ce n'est qu'idéalement les participants devaient se situer dans la tranche d'âge de 20 à 30 ans et être en bonne santé afin de garantir une homogénéité dans les données et de réduire les variations dues au développement cognitif et physique (Jiménez-Jiménez et al., 2011). Les participants portant des lunettes avec une forte correction avaient reçu l'indication de porter des lentilles de contact ce jour-là. Pour cette expérience, aucun groupe distinct n'a été créé. Tous les participants ont été soumis au même test avec les mêmes conditions. Il s'agit donc d'un plan expérimental intra-sujet.

2.2 Matériel

Cette expérience a fait recours à un ensemble de dispositif et matériel technique importants. Le sujet devait porter des lunettes de réalité augmentée Magicleap2 (figure 2). Dans ces lunettes, grâce au logiciel Copeboxe, le sujet voyait s'afficher en face de lui 4 cibles rondes nécessaires pour le déroulement de l'expérience. Afin de pouvoir se diriger dans les lunettes il était nécessaire d'utiliser une manette (figure 2). La batterie du casque étant limitée, il était donc important d'avoir le chargeur à portée de main et de charger régulièrement l'appareil. Les sujets étaient munis de gants OptiTrack (figure 3) avec 1 rigid body par gant. Chaque rigid body est composé de 5 markers. OptiTrack est une installation coûteuse permettant d'enregistrer les mouvements de manière tridimensionnelle (Nagyauté & Kiss, 2018). Le laboratoire de Fribourg, dans lequel l'expérience s'est déroulée, est muni de 24 caméras OptiTrack (figure 3) qui grâce aux markers sur chaque main pouvaient capturer les mouvements des participants et ainsi calculer la vitesse du mouvement et la position des mains. Pour cette étude, les mouvements des participants ont été capturés à une fréquence d'acquisition de 100 images par seconde. Les dispositifs présentés ci-dessus étaient connectés à l'ordinateur du laboratoire grâce à 2 logiciels principaux. Le premier, Motive, pour pouvoir calibrer les rigid bodies en fonction des 3 axes et suivre les mouvements des mains du participants grâce au markers. Le deuxième logiciel utilisé s'intitulait

Hololab. Ce dernier, permettait de pouvoir entrer le nom du participant, insérer des données informatives quant à la longueur des bras des participants et démarrer l'expérience.

Figure 2

Casque de réalité augmentée et sa manette



Note. Les lunettes de réalité augmentée Magicleap 2 permettent d'afficher les cibles. La manette permet de pouvoir parcourir le casque de réalité augmentée.

Figure 3

Gants et caméras OptiTrack



Note. Les gants, à gauche, étaient placés sur les mains des participants. Les caméras OptiTrack, à droite permettent de capturer et d'enregistrer les mouvements.

2.3 Déroulement et protocole de passations

2.3.1 Protocole avant l'arrivée des sujets

Avant que le sujet arrive dans le laboratoire G0195, plusieurs étapes devaient être accomplies afin de pouvoir passer l'expérience dans les meilleures conditions possibles. Tout d'abord, le système OptiTrack devait être allumé. Sur l'ordinateur, sous la session CoPeLab2023, le logiciel Motive devait être ouvert suivi du logiciel Hololab. Parallèlement, les lunettes de réalité augmentée devaient être allumées en maintenant enfoncé 3 secondes le bouton de la batterie. Une fois les lunettes allumées, il fallait, à l'aide de la manette, aller dans le menu et sélectionner le logiciel Copebox . Un écran bleu s'affichait dans lequel les modes à sélectionner étaient : « Change mode » et « Both Hands ». Ensuite, il était important de cliquer, sur le rectangle bleu en haut pour noter, dans l'application Hololab sur l'ordinateur, le numéro IP commençant par « 134 ». Une fois l'IP saisi, l'expérimentatrice devait cliquer sur l'insigne réseau sur Hololab en haut à droite pour pouvoir relier les données. Sur Hololab, dans le grand rectangle, le nom du participant était saisi entre les guillemets avant de cliquer sur « restart » pour transmettre les informations au casque de réalité augmentée. Après ces démarches, l'importance résidait dans la calibration des cibles avec le casque de réalité augmentée. Pour ce faire, il fallait cliquer sur « start calibration », puis maintenir enfoncé le bouton du haut de la manette, et calibrer la croix qui s'affichait dans les lunettes sur la croix blanche marquée au sol. Lorsque la croix était centrée correctement alors il fallait relâcher le bouton et cliquer sur « stop calibration ».

2.3.2 Protocole de passation

Lorsque le sujet arrivait, il était important de le mettre à l'aise. Avant que l'expérience débute, des informations telles que sa main dominante, son âge, sa pratique sportive, et sa fréquence à la pratique de jeux vidéo étaient recueillies et inscrites dans le modèle Excel des participants (annexe). Ensuite, le participant prenait connaissance du déroulement détaillé de l'expérience (annexe) puis signait un formulaire de consentement (annexe). Après cette lecture, certaines informations étaient clarifiées par oral afin que le participant ait bien compris. Après avoir mis les gants OptiTrack, le participant devait poser ses mains à plat par terre devant la croix de marquage au sol. Dans le mode « create a layout », « modify » et sous « orientation » il fallait cliquer sur « reset » pour pouvoir calibrer correctement les rigid bodies selon les 3 axes. Ensuite, le participant devait mettre les lunettes et se positionner à une certaine distance derrière le marquage au sol. Dans le cas où le sujet était trop près du marquage, qui correspondait à la position des cibles dans les lunettes, un signal sonore aigu retentissait dans les lunettes indiquant

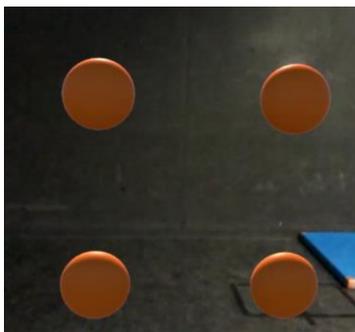
au sujet qu'il fallait reculer. Finalement, le dernier ajustement consistait à la prise de la longueur des bras du sujet. En tendant ses bras devant lui, Hololab affichait la longueur des bras du sujet à insérer dans le champ prévu à cet effet sous « arm length». Chaque sujet avait 10 coups d'essais avant que l'expérience débute.

2.3.3 Design expérimental

L'étude se compose seulement d'une étape divisée en 4 sessions. Les participants n'ont pas effectué de pré-test ni de post-test. Seules les données de l'instant T ont été recueillies pour l'étude. Un seul des 36 sujets a préalablement réalisé une expérience similaire. Dans les lunettes, le sujet voyait s'afficher devant lui 4 cibles (figure 4). Pour que l'expérience démarre, les cibles devaient s'afficher en bleu (figure 5). Pour ce faire, le participant devait rapprocher ses mains près des lunettes (figure 6). Au niveau de la position des jambes aucune instruction spécifique n'a été donnée. Les mains devaient être fermées dans une position de poing, prêtes à boxer. L'expérience se compose de 160 stimuli visuels, répartis en 4 sessions de 40 stimuli chacune. Entre les sessions, les participants bénéficiaient de 4 minutes de pause. Durant l'expérience il y avait 2 types de stimuli différents auxquels le participant devait réagir.

Figure 4

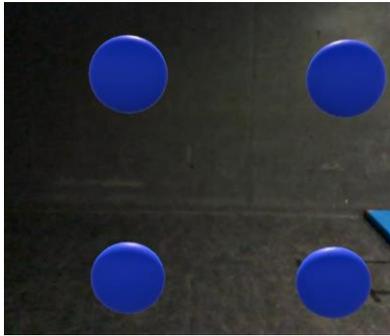
Cibles dans le casque



Note. Lorsque les cibles étaient oranges, cela voulait dire que les participants n'étaient pas bien placés ou que leurs mains n'étaient pas assez proches des lunettes.

Figure 5

Cibles bleues, indiquant que l'expérience commence

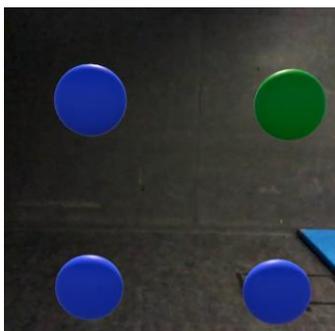


Note. Lorsque les cibles étaient bleues, le sujet devait être prêt à boxer la cible qui allait s'allumer en vert.

Le premier type de stimuli visuel était simplement une cible fixe qui s'allumait en vert (figure 6). Le participant devait la toucher le plus rapidement possible en effectuant un mouvement de boxe vers l'avant. En guise de feedback, un signal sonore retentissait dans les lunettes, indiquant que la cible avait été touchée.

Figure 6

Cible à boxer



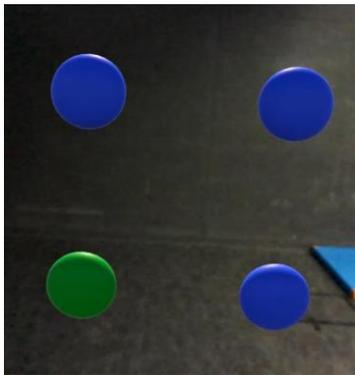
Note. Une cible s'allume en vert, le participant devait boxer cette cible avec un mouvement de jab, le plus rapidement possible.

En revanche, concernant le deuxième type de stimulus, il s'agissait d'une cible changeante. Il y avait une première cible qui s'allumait en vert telle que sur la figure 6, mais dès que la main

du participant initiait le mouvement et dépassait un seuil spatial de 2cm, alors une autre cible s'allumait en vert aussi et l'autre cible s'éteignait (figure 7). Le but était alors de toucher cette seconde cible le plus rapidement possible avec l'autre main, celle qui n'avait pas initié le mouvement pour la première cible. Le feedback sonore s'activait lorsque le participant avait touché la 2^{ème} cible.

Figure 7

Exemple d'une 2ème cible



Note. Quand le sujet avait dépassé le seuil des 2cm, alors la deuxième cible s'allumait à un autre endroit.

Avant les passations, l'expérimentatrice insistait sur le fait que pour toucher la deuxième cible, dans le cas où il s'agissait d'un stimulus changeant, il fallait utiliser l'autre main que celle qui avait démarré le mouvement. Pour que l'expérience se déroule de manière fluide, le participant devait, après chaque coup, revenir à la position de départ, c'est-à-dire avec les mains proches des lunettes pour que les signaux visuels puissent être envoyés. Entre les 40 essais, lors des 4 minutes de pause, le participant s'asseyait et levait les lunettes sur le front.

Figure 8

Position des mains pour que l'expérience se déroule de manière fluide et que le stimuli soit projeté.



Note. Le participant devait se positionner tel que sur l'image derrière le marquage au sol. Quant à ses jambes il pouvait rester droit ou mettre une jambe en avant, comme à sa convenance.

2.4 Problèmes rencontrés

Lors des passations, des problèmes techniques sont survenus, ce qui peut arriver lorsqu'on travaille avec la technologie. Il est important de souligner que cette expérience était la première expérience qui reliait les lunettes de réalité augmentée au système OptiTrack. Lors du premier test en laboratoire avec le sujet « test », tout s'est bien déroulé. Malheureusement lors de la première phase de passation, tout ne s'est pas déroulé comme prévu. Pour certains sujets, le système OptiTrack ne parvenait pas à capturer les mouvements. Le logiciel n'a donc pas enregistré les réponses motrices telles que réalisées par les participants. Certaines données n'ont donc pas pu être enregistrées. Certains sujets ont dû interrompre l'expérience en raison du grand nombre d'essais qu'OptiTrack ne captait pas. Selon le conseiller, ces problèmes pouvaient être causés par une surcharge du réseau. Après discussion et réflexion, le programme OptiTrack a

été adapté par le conseiller. Le logiciel OptiTrack a été connecté sur un réseau mobile hotspot et la fréquence d'acquisition a été abaissée à 100 images par seconde. C'est donc pour cette raison qu'il a fallu trouver d'autres sujets disponibles pour atteindre le nombre de participants souhaité. De plus, les données devaient s'enregistrer dans l'ordinateur, cependant, elles s'enregistraient directement dans la mémoire des lunettes MagicLeap 2 et non dans l'ordinateur. Néanmoins, le traitement des données a quand même pu s'effectuer mais cela a nécessité plus de temps à la personne chargée d'extraire les données des lunettes. Ces problèmes rencontrés mettent donc en avant les limites de la technologie et soulignent la nécessité de trouver des solutions adaptées dans un temps restreint.

2.5 Analyse statistique

Dans notre étude l'objectif principal était de mesurer le temps de réponse de tous les participants. Au cours des analyses, plusieurs mesures ont été prises. Les temps de frappe ont été calculés, c'est-à-dire le temps écoulé entre le stimulus visuel de la cible et le moment où le sujet touchait la cible. On a également cherché à mesurer le temps de réaction des sujets c'est-à-dire le temps que le sujet mettait à initier son mouvement en fonction des 2 conditions expérimentales. On a aussi comparé les temps de réponse pour les cibles fixes et changeantes. Pour la condition « cibles changeantes », le temps de réponse du 2^{ème} coup de poing a été mesuré en comparaison avec le premier coup de poing.

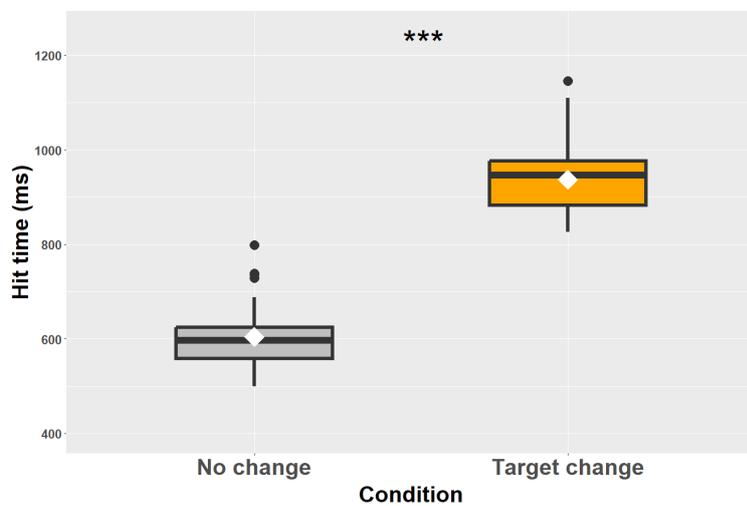
Pour analyser ces données de l'expérience, diverses méthodes statistiques ont été utilisées. Les distributions avec des observations catégorielles ont été analysées soit à l'aide d'un test binomial soit d'un test Khi-carré de Pearson. De plus, les moyennes ont été comparées en utilisant un test de Wilcoxon pour les échantillons appariés. Ces analyses ont permis d'examiner les temps de réponse de tous les participants sous plusieurs conditions.

3 Résultats

Les résultats sont présentés sous forme de boxplot. Ces boxplots indiquent la moyenne (losange blanc), la médiane (barre noire), les quartiles, les minimas et les maximas des résultats obtenus. Plus les valeurs sur l'axe des Y sont faibles, meilleurs sont les temps de réaction ou les temps de frappe. Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Wilcoxon pour les échantillons appariés. Tous les temps sont exprimés en millisecondes (ms).

Figure 9

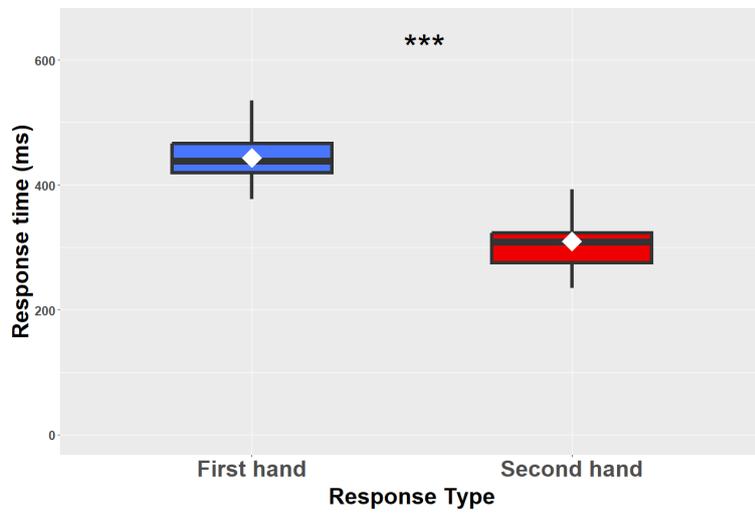
Temps de frappe (réponse complète)



Note. Le temps de frappe s'est produit significativement plus tard lorsque la cible a changé (moyenne = 937.11 +/- 75.78) que lorsqu'elle n'a pas changé (moyenne = 604.28 +/- 68.53).

Figure 10

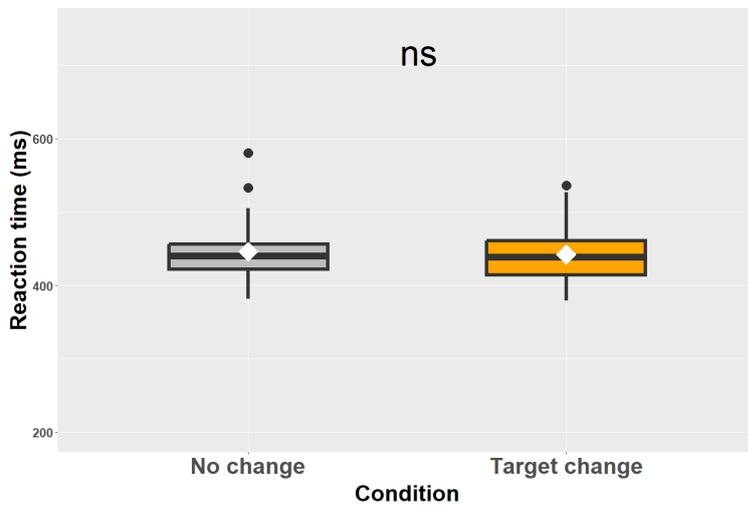
Temps de réponse pour cible changeante ; première et deuxième main



Note. Les temps de réponse étaient en moyenne significativement plus courts pour le deuxième coup de poing (moyenne = 309,72 +/-40,99) que le premier coup de poing (moyenne = 443,49+/-34,04). Ici, les données ont été filtrées pour éliminer les réponses enregistrées inférieures à 150 ms. En effet, il existe un biais potentiel car l'enregistrement du deuxième coup de poing a été influencé par les rotations du corps lors du premier coup de poing. Ce biais implique des enregistrements des temps de réponse plus courts.

Figure 11

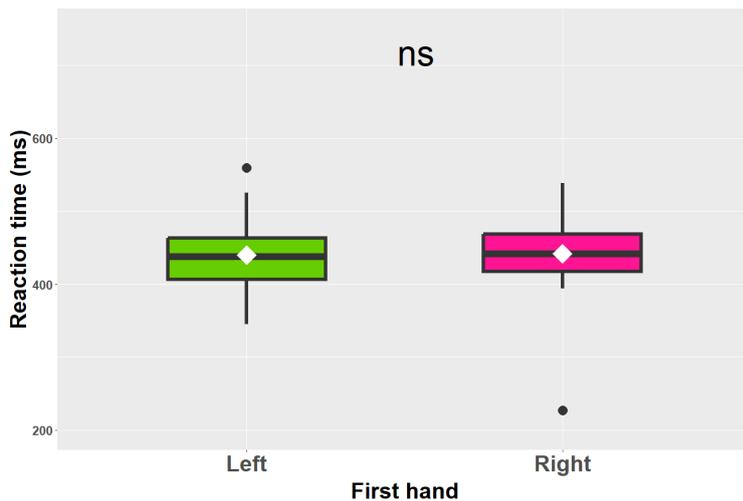
Temps de réaction ; cible fixe et cible changeante



Note. Le temps de réaction n'était pas significativement différent entre la condition « pas de changement de cible » (moyenne = 445,96 +/- 41,54) et la condition « changement de cible » (moyenne = 442,32 +/- 37,54).

Figure 12

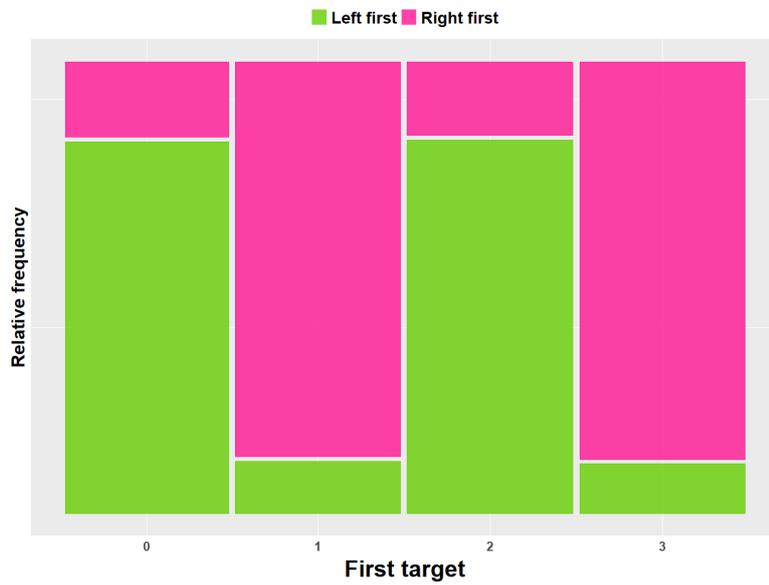
Temps de réaction : main gauche, main droite pour le premier coup de poing



Note. Le temps de réponse n'a pas été affecté par la main utilisée pour donner le premier coup de poing. Il n'a pas eu de différence entre la main gauche d'abord (moyenne = 440,16 +/- 47,88) ou la main droite d'abord (moyenne = 442,12 +/- 51,50).

Figure 13

Fréquence d'utilisation main gauche, main droite pour donner le premier coup de poing



Note. Les participants ont plus souvent utilisé la main droite (2121 fois au total) que la main gauche (1906 fois au total) pour donner le premier coup de poing. Cette relation est significative.

4 Discussion

4.1 Discussion des résultats en liens avec les objectifs de l'étude

Les résultats portent sur le temps de réponse global des participants. Dans un premier temps, le temps de frappe, le temps de la réponse complète jusqu'à ce que le sujet atteigne la cible, est plus long lorsque la cible est changeante que lorsqu'elle est fixe. Cette relation est significative et correspond à notre prédiction. Cependant, nous n'avons pas observé de différence significative au niveau du temps de réaction, c'est-à-dire le temps que le sujet met entre la présentation de la cible et l'initiation du mouvement (Sant'Ana et al., 2017), entre les deux conditions « cible fixe » et « cible changeante ». Ce résultat nous amène donc à penser que le traitement de l'information pour les participants prendrait autant de temps pour la condition « cible fixe » que pour la condition « cible changeante ».

Concernant la condition « cible changeante », les résultats indiquent que le temps de réponse est plus court pour le deuxième coup de poing que pour le premier. Malheureusement, ces résultats ont été influencés par la rotation du haut du corps du sujet pour donner le premier coup de poing. Cela a mené à des temps de réponse trop courts et physiquement impossibles à obtenir avec un enregistrement cinématique. Il aurait été possible d'obtenir des réponses aussi courtes à l'aide d'un ECG. De plus, il a été observé que les sujets ont plus souvent utilisé la main droite que la main gauche pour donner le premier coup de poing. Cette relation est significative. Contrairement à notre prédiction mentionnée dans les objectifs de l'étude, bien que la main dominante, pour la plupart des sujets, ait été utilisée plus souvent pour le premier coup de poing donné, cela n'a pas influencé le temps de réponse.

4.2 Liens avec la littérature

Etant donné qu'aucune étude ne donne de mesures précises sur les temps obtenus lors d'une tâche similaire à notre expérience, il est impossible de comparer les temps de réponses de notre étude avec d'autres études. Contrairement à notre étude, qui ne prend pas en compte les différentes expériences sportives des participants, les études existantes, comme celle de Bianco et al. (2021) ou encore celle d'Ottoboni et al. (2015), comparent surtout plusieurs groupes pour déterminer si l'expérience sportive a un lien sur le temps de réponse.

Néanmoins, on peut déjà affirmer que ces tâches de réactions, telles qu'effectuées lors de cette expérience, ont plusieurs avantages sur la performance sportive si elles sont entraînées sur le long terme (Bianco et al., 2017). En effet, ces tâches de réaction contribuent à développer et à favoriser les facultés neurocognitives (Bianco et al., 2017). Dans un contexte sportif, elles améliorent l'attention visuo-spatiale, favorise l'attention orientée vers la tâche et elle mènerait à une meilleure préparation motrice. (Bianco et al., 2017). D'un point de vue scientifique, il est donc nécessaire d'avoir la possibilité d'entraîner ces tâches de réactions pour des sportifs pratiquant une discipline demandant une faculté de réaction qui serait à la base de la performance

Les boxeurs doivent être capables de réagir rapidement avec leurs deux mains, les coups de poings sont en effet des facteurs déterminants dans un combat (Hukkanen & Häkkinen, 2017). Pour que le temps de réponse soit optimal, les coups doivent être exécutés rapidement et avec force (Hukkanen & Häkkinen, 2017). Les résultats de notre étude indiquent que le deuxième coup de poing a un temps de réponse plus court que le premier. Cette observation peut s'expliquer par la rotation du haut du corps du premier coup de poing, qui influence donc le temps de réponse du deuxième coup. Il est intéressant de soulever cela car, en boxe, la vitesse et la force d'un coup de poing ne dépendent pas seulement de la musculature du bras mais aussi de la rotation du tronc et de l'engagement des jambes (Lenetsky et al., 2013). Ainsi, il semble essentiel d'entraîner aussi les qualités physiques du tronc et des jambes afin d'améliorer la rapidité et la force des coups de poing, et ainsi de réduire le temps de réponse des deux mains (Lenetsky et al., 2013).

En boxe, contrairement à l'escrime, les boxeurs doivent utiliser leurs deux mains et bras pour combattre et atteindre leur cible. Comme 90% de la population est droitier (Chouamo et al., 2021) nous nous attendions à ce que les sujets utilisent majoritairement la main droite pour la première cible car il est connu, que les tâches sensori-motrices sont souvent plus faciles à réaliser avec la main dominante (Chouamo et al., 2021). Cependant, les résultats n'ont pas montré de différence de temps de réponse entre la main droite et la main gauche. Pour expliquer ce fait, nous pouvons faire référence à la théorie de la latéralité cérébrale. Le contrôle du mouvement est régi par une organisation précise du cerveau (Lavrysen et al., 2012). L'hémisphère droit du cerveau gère les mouvements de la partie gauche du corps et l'hémisphère gauche contrôle les mouvements de la partie droite du corps (Lavrysen et al., 2012). Cependant, il existe une latéralisation des différentes fonctions. En effet, certaines fonctions spécifiques sont latéralisées dans l'hémisphère droit tandis que d'autres dans l'hémisphère gauche (Lavrysen et al., 2012).

Ainsi la performance des deux mains pourrait varier car chacune dépend des fonctions associées à l'hémisphère qui la contrôle (Lavrysen et al., 2012). Pour les tâches visuo-spatiales et d'attention il a été démontré que c'est l'hémisphère droit qui s'en occupe (Toga & Thompson, 2003). On peut donc supposer que cette latéralité peut influencer le temps de réponse et que c'est pour cette raison que le temps de réponse n'est pas forcément meilleur avec la main droite, la main dominante.

Selon la loi de Hick, le temps de réaction est proportionnel au nombre de stimuli présentés : Plus il y'a de choix , plus le temps de réaction sera long (Proctor & Schneider, 2018). Contrairement à notre étude où les sujets avaient un nombre limité de cibles (4), un boxeur en situation de combat réel doit faire face à plusieurs possibilités de frappes. En effet, l'adversaire bouge constamment, ainsi les cibles à frapper sont imprévisibles (Hristovski et al., 2006). De plus, les boxeurs utilisent à la fois leurs mains et leurs pieds pour frapper, et doivent être capables de lier attaque et défense (Dinçer et al., 2022). Cette dynamique augmente donc la difficulté des décisions à prendre (Dinçer et al., 2022) Comme notre étude analyse le temps de réponse d'un nombre limité de cibles, il serait logique d'obtenir des temps de réponse moyens plus longs si les sujets étaient confrontés à un nombre plus élevé de cibles (Proctor & Schneider, 2018). Pour approfondir cette étude, il serait intéressant d'augmenter le nombre de cibles afin que les possibilités de frappe soient plus nombreuses. Cela permettrait de faire un lien avec la loi de Hick et de mieux simuler les conditions réelles d'un combat.

4.3 Limites de l'étude et améliorations

Bien que cette étude ait été réalisée dans de bonnes conditions expérimentales, elle présente certaines limites et des biais potentiels qu'il est important de préciser. En tant que première étude sur ce sujet au sein de l'Université de Fribourg, elle ouvre la voie à des améliorations pour des futures recherches. Premièrement, concernant les sujets, leur sélection n'a pas été effectuée selon des critères spécifiques. Par conséquent, une grande variabilité de performance entre les sujets est possible en raison des compétences individuelles et de l'expérience sportive des sujets, qui pourraient avoir influencé les résultats. De plus, il est possible qu'au fil des essais, les sujets pouvaient potentiellement se lasser de la tâche. Bien qu'ils aient bénéficié d'une pause de 4 minutes entre chaque série, la plupart des sujets ont rapporté qu'ils étaient fatigués et qu'ils avaient l'impression de moins bien maintenir leur attention. Malgré les consignes de l'expérimentatrice, certains sujets ont parlé ou posé des questions pendant l'expérience, ce qui a certainement diminué leur attention. La tâche de réactivité demande une

attention soutenue pour pouvoir réagir de manière rapide à un stimulus (Gutiérrez-Davila et al., 2017). Cette diminution de l'attention au fil des essais a donc pu influencer le temps de réponse. En outre, plusieurs facteurs mentionnés dans le chapitre 1.2.2, comme les différences individuelles en termes de sommeil et de fatigabilité, pourraient aussi avoir une influence sur les temps de réponse enregistrés. Au début de l'expérience, certains sujets ont fait des erreurs en utilisant la même main pour la cible changeante pour le deuxième coup de poing, surtout quand la cible changeante était sur le même axe vertical que la première cible. Ces erreurs ont donc pu aussi constituer un biais dans l'enregistrement des données. Un autre biais potentiel est lié à l'enregistrement des données, notamment concernant la détection du deuxième coups de poing lors du changement de cible. De nombreux temps de réponse enregistrés étaient inférieurs à 100 ms, ce qui semble impossible avec un enregistrement cinématique. Il aurait été possible d'obtenir des temps de réponse similaires mais avec un électrocardiogramme (ECG). Les données inférieures à 150 ms ont donc été filtrées et exclues des résultats, cependant cela a tout de même entraîné des biais au niveau des résultats du deuxième coup de poing. La cause de ces enregistrements trop rapides est due à la rotation du corps effectuée par le sujet pour faire le premier coup de poing, ce qui a biaisé l'enregistrement du deuxième coup de poing et qui a ainsi entraîné des réponses trop rapides. De plus, des limites et des biais liés au matériel employé ont également été observés, comme détaillé dans le chapitre 2.4. En raison des problèmes de réseau, certains coups de certains participants n'ont pas pu être enregistrés correctement et donc n'ont pas pu être incluses dans la collecte de données. Pour résoudre ce problème, la fréquence d'enregistrement a été abaissée à 100 images par seconde. De plus, bien que la plupart des participants aient été inclus dans les données, certains ont rapporté ne pas avoir eu de retour auditif sur quelques coups, ce qui signifie que le coup n'a pas pu être comptabilisé.

Enfin, pour les prochaines études dans ce domaine, il serait intéressant de tester des groupes de participants avec des niveaux d'expérience variés, ou alors de faire une étude comparative entre les droitiers et les gauchers. Cela permettrait de comparer les temps de réponse selon différents critères offrant ainsi une perspective plus précise sur les performances en boxe en réalité augmentée. Une autre possibilité d'amélioration serait de perfectionner le logiciel afin de le rendre plus similaire à un environnement réel. En effet, il serait intéressant pour des boxeurs de pouvoir, à l'aide de la réalité augmentée, s'entraîner par exemple en boxant contre un mannequin avec des cibles, ou en effectuant des enchaînements d'esquives. Ce genre de logiciel renforcerait la similitude avec la pratique de la boxe. Sachant que les coups portés à la tête peuvent entraîner des dégénérescences neurologiques (Lesiakowski et al., 2013), ce logiciel

permettrait aux boxeurs de s'entraîner dans un environnement sans prendre ce risque afin de minimiser le nombre de coups reçus.

5 Conclusion

Cette étude a permis de fournir des informations globales sur le temps de réponse de 2 tâches de réactions différentes similaires aux mouvements de la pratique sportive de la boxe. Pour ce faire, nous avons fait recours à la réalité augmentée et la technologie de capteurs de mouvements OptiTrack. En boxe, comme dans d'autres sports de combat, plus l'athlète réagit rapidement aux mouvements de son adversaire, plus il sera efficace dans ses coups, sa défense et sa contre-attaque (Hukkanen & Häkkinen, 2017). Un temps de réponse rapide est donc crucial pour être performant (Hukkanen & Häkkinen, 2017). Notre étude, qui est à ce jour la première à lier la boxe, le temps de réponse et réalité augmentée, a pu collecter des données importantes sur cette thématique. Les résultats indiquent que le temps de frappe est significativement plus long pour une cible changeante que pour une cible fixe. Le temps de réaction en revanche n'est pas affecté par les différentes conditions « cibles fixes » et « cibles changeantes ». De plus, contrairement à ce que l'on a pu penser, les sujets n'ont pas été plus rapides avec leur main dominante. L'hypothèse de la latéralité hémisphérique peut être une explication intéressante à cette observation.

Finalement, il serait pertinent de continuer à explorer le domaine du temps de réponse en boxe à l'aide de la réalité augmentée afin d'optimiser le logiciel. Par la suite, ces exercices de tâches de réaction pourraient être spécifiquement développés et adaptés au combat de boxe. Cette approche permettrait aux sportifs d'entraîner leur temps de réponse dans un environnement réaliste tout en minimisant les risques de coups portés à la tête.

Bibliographie

- Ahir, K., Govani, K., Gajera, R., & Shah, M. (2019). Application on Virtual Reality for Enhanced Education Learning, Military Training and Sports. *Augmented Human Research*, 5(1), 7. <https://doi.org/10.1007/s41133-019-0025-2>
- Azémar, G., Stein, J.-F., & Ripoll, H. (2008). Effets de la dominance oculaire sur la coordination œil–main dans les duels sportifs. *Science & Sports*, 23(6), 263-277. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2008.06.004>
- Baayen, R. H., & Milin, P. (2010). Analyzing Reaction Times. *International Journal of Psychological Research*, 3(2), 12-28.
- Baur, H., Müller, S., Hirschmüller, A., Huber, G., & Mayer, F. (2006). Reactivity, stability, and strength performance capacity in motor sports. *British Journal of Sports Medicine*, 40(11), 906-911. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.025783>
- Bianco, V., Di Russo, F., Perri, R. L., & Berchicci, M. (2017). Different proactive and reactive action control in fencers' and boxers' brain. *Neuroscience*, 343, 260-268. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.12.006>
- Bloechle, J.-L., Audiffren, J., Naour, T. L., Alli, A., Simoni, D., Wüthrich, G., & Bresciani, J.-P. (2024). It's not all in your feet : Improving penalty kick performance with human-avatar interaction and machine learning. *The Innovation*, 5(2). <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2024.100584>
- Bozyer, Z. (2015). Augmented Reality in Sports : Today and Tomorrow. *International Journal of Science Culture and Sport*, 3(12), 314-314. <https://doi.org/10.14486/IJSCS392>
- Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented Reality : An Overview. In B. Furht (Éd.), *Handbook of Augmented Reality* (p. 3-46). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6_1
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341-377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>
- Çetin, M. Ç., Taşğın, Ö., & Arslan, F. (2011). *The relationship between reaction time and decision-making in elite kickboxing athletes*. <http://ear-siv.kmu.edu.tr/xmlui/handle/11492/1931>

- Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2013). Affordances of Augmented Reality in Science Learning : Suggestions for Future Research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9405-9>
- Chouamo, A. K., Griego, S., & Lopez, F. S. M. (2021). Reaction time and hand dominance. *The Journal of Science and Medicine*. <https://doi.org/10.37714/josam.v3i0.66>
- Cojocariu, A., & Abalasei, B. (2014). Does the reaction time to visual stimuli contribute to performance in judo? *Archives of Budo*, 10, 73-78.
- Da Silva, A. M., Albuquerque, G. S. G., & De Medeiros, F. P. A. (2021). A Review on Augmented Reality applied to Sports. *2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1-6. <https://doi.org/10.23919/CISTI52073.2021.9476570>
- Darmon, C. (2006). *Réactivité visuo-manuelle, Contrôle du geste et Expertise sensorimotrice : Étude en IRM fonctionnelle événementielle*. [Phdthesis, Université Joseph-Fourier - Grenoble I]. <https://theses.hal.science/tel-00112330>
- Deary, I. J., & Der, G. (2005). Reaction Time, Age, and Cognitive Ability : Longitudinal Findings from Age 16 to 63 Years in Representative Population Samples. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 12(2), 187-215. <https://doi.org/10.1080/13825580590969235>
- Der, G., & Deary, I. J. (2006a). Age and sex differences in reaction time in adulthood : Results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychology and Aging*, 21(1), 62-73. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.1.62>
- Der, G., & Deary, I. J. (2006b). Age and sex differences in reaction time in adulthood : Results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychology and Aging*, 21(1), 62-73. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.21.1.62>
- Dinçer, N., Kiliç, Z., & Ilbak, I. (2022). Comparison of Visual Simple Reaction Time Performances of Boxers and Wrestlers. *Pakistan Journal of Medical & Health Sciences*, 16(02), Article 02. <https://doi.org/10.53350/pjmhs22162467>
- Gutiérrez-Davila, M., Rojas, F. J., Gutiérrez-Cruz, C., & Navarro, E. (2017). Effect of dual-attention task on attack and defensive actions in fencing. *European Journal of Sport Science*, 17(8), 1004-1012. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1332100>
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., & Button, C. (2006). How Boxers Decide to Punch a Target : Emergent Behaviour in Nonlinear Dynamical Movement Systems. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5(CSSI), 60-73.

- Hukkanen, E., & Häkkinen, K. (2017). Effects of Sparring Load on Reaction Speed and Punch Force During the Precompetition and Competition Periods in Boxing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(6), 1563.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001885>
- Jaśkowski, P. (1996). Simple Reaction Time and Perception of Temporal Order : Dissociations and Hypotheses. *Perceptual and Motor Skills*, 82(3), 707-730.
<https://doi.org/10.2466/pms.1996.82.3.707>
- Jiménez-Jiménez, F. J., Calleja, M., Alonso-Navarro, H., Rubio, L., Navacerrada, F., Pilo-de-la-Fuente, B., Plaza-Nieto, J. F., Arroyo-Solera, M., García-Ruiz, P. J., García-Martín, E., & Agúndez, J. A. G. (2011). Influence of age and gender in motor performance in healthy subjects. *Journal of the Neurological Sciences*, 302(1), 72-80.
<https://doi.org/10.1016/j.jns.2010.11.021>
- Klapp, S. T. (1995). Motor response programming during simple choice reaction time : The role of practice. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(5), 1015-1027. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.5.1015>
- Kosinski, R. J. (2008). *A Literature Review on Reaction Time*.
- Langner, R., Steinborn, M. B., Chatterjee, A., Sturm, W., & Willmes, K. (2010). Mental fatigue and temporal preparation in simple reaction-time performance. *Acta Psychologica*, 133(1), 64-72. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2009.10.001>
- Lavrysen, A., Heremans, E., Peeters, R., Wenderoth, N., Feys, P., Swinnen, S. P., & Helsen, W. F. (2012). Hemispheric asymmetries in goal-directed hand movements are independent of hand preference. *NeuroImage*, 62(3), 1815-1824.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.05.033>
- Law, E. L.-C., & Heintz, M. (2021). Augmented reality applications for K-12 education : A systematic review from the usability and user experience perspective. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30, 100321.
<https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100321>
- Lenetsky, S., Harris, N., & Brughelli, M. (2013). Assessment and Contributors of Punching Forces in Combat Sports Athletes : Implications for Strength and Conditioning. *Strength & Conditioning Journal*, 35(2), 1.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31828b6c12>
- Lesiakowski, P., Zwierko, T., & Krzepota, J. (2013). Visuospatial attentional functioning in amateur boxers. *Journal of Combat Sports and Martial Arts*, 4, 141-144.
<https://doi.org/10.5604/20815735.1090659>

- Mekni, M., & Lemieux, A. (2014). Augmented Reality : Applications , Challenges and Future Trends. <https://www.semanticscholar.org/paper/Augmented-Reality-%3A-Applications-%2C-Challenges-and-Mekni-Lemieux/a77e78e46a0cdfdc191e732e23da3deac57fd366>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). *Augmented reality : A class of displays on the reality-virtuality continuum* (H. Das, Éd.; p. 282-292). <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Nagymáté, G., & Kiss, R. M. (2018). Application of OptiTrack Motion Capture Systems in Human Movement Analysis : A systematic Literature Review. *Recent Innovations in Mechatronics*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.17667/riim.2018.1/13>
- Nagymáté, G., & M. Kiss, R. (1970). Application of OptiTrack motion capture systems in human movement analysis. *Recent Innovations in Mechatronics*, 5(1.). <https://doi.org/10.17667/riim.2018.1/13>
- Ottoboni, G., Russo, G., & Tessari, A. (2015). What boxing-related stimuli reveal about response behaviour. *Journal of Sports Sciences*, 33(10), 1019-1027. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.977939>
- Prinzmetal, W., McCool, C., & Park, S. (2005). Attention : Reaction Time and Accuracy Reveal Different Mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(1), 73-92. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.134.1.73>
- Proctor, R. W., & Schneider, D. W. (2018). Hick's law for choice reaction time : A review. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(6), 1281-1299. <https://doi.org/10.1080/17470218.2017.1322622>
- Rakha, A. H. (2024). Reflections on augmented reality codes for teaching fundamental defensive techniques to boxing beginners. *PLOS ONE*, 19(4), e0301728. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301728>
- Ravier, G., & Millot, J. L. (1999). Étude des ajustements moteurs mis en œuvre dans des situations d'apprentissage (kohon) et appliqués en karaté. *Science & Sports*, 14(3), 130-136. [https://doi.org/10.1016/S0765-1597\(99\)80054-9](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(99)80054-9)
- Russo, G., & Ottoboni, G. (2019). The perceptual – Cognitive skills of combat sports athletes : A systematic review. *Psychology of Sport and Exercise*, 44, 60-78. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.05.004>

- Sant'Ana, J., Franchini, E., da Silva, V., & Diefenthaler, F. (2017). Effect of fatigue on reaction time, response time, performance time, and kick impact in taekwondo roundhouse kick. *Sports Biomechanics*, *16*(2), 201-209.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1217347>
- Sawan, N., Eltweri, A., De Lucia, C., Pio Leonardo Cavaliere, L., Faccia, A., & Roxana Moşteanu, N. (2020). Mixed and Augmented Reality Applications in the Sport Industry. *2020 2nd International Conference on E-Business and E-Commerce Engineering*, 55-59. <https://doi.org/10.1145/3446922.3446932>
- Schwab, S., & Memmert, D. (2012). The Impact of a Sports Vision Training Program in Youth Field Hockey Players. *Journal of Sports Science & Medicine*, *11*(4), 624-631.
- Shelton, J., & Kumar, G. P. (2010). Comparison between Auditory and Visual Simple Reaction Times. *Neuroscience and Medicine*, *01*(01), Article 01.
<https://doi.org/10.4236/nm.2010.11004>
- Sienkiewicz-Dianzenza, E., & Maszczyk, Ł. (2019). The impact of fatigue on agility and responsiveness in boxing. *Biomedical Human Kinetics*, *11*(1), 131-135.
<https://doi.org/10.2478/bhk-2019-0018>
- Silverman, I. W. (2006a). Sex Differences in Simple Visual Reaction Time : A Historical Meta-Analysis. *Sex Roles*, *54*(1), 57-68. <https://doi.org/10.1007/s11199-006-8869-6>
- Silverman, I. W. (2006b). Sex Differences in Simple Visual Reaction Time : A Historical Meta-Analysis. *Sex Roles*, *54*(1), 57-68. <https://doi.org/10.1007/s11199-006-8869-6>
- Soltani, P., & Morice, A. H. P. (2020). Augmented reality tools for sports education and training. *Computers & Education*, *155*, 103923. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103923>
- Spierer, D. K., Petersen, R. A., Duffy, K., Corcoran, B. M., & Rawls-Martin, T. (2010). Gender Influence on Response Time to Sensory Stimuli. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(4), 957. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7c536>
- Teichner, W. H. (1954). Recent studies of simple reaction time. *Psychological Bulletin*, *51*(2), 128-149. <https://doi.org/10.1037/h0060900>
- Toga, A. W., & Thompson, P. M. (2003). Mapping brain asymmetry. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*(1), 37-48. <https://doi.org/10.1038/nrn1009>
- Vasudevan, S. K., C, V., & S, S. (2015). An Intelligent Boxing Application through Augmented Reality for two users – Human Computer Interaction attempt. *Indian Journal of Science and Technology*. <https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i34/124185>

Yordanova, Y., Pulev, T., Kirilova, K., Ruteva, M., & Stambolieva, K. (2023). Sport experience and visual motor reaction time of boxers. *Journal of Physical Education and Sport*, 23(5), 1176-1181.

Annexes

Annexe 1 . Informations des sujets qui ont effectués l'expérience

numéro	Nom	Prénom	ID	ID Session	Main forte	Age	Sexe	Sport pratiqué	Jeux vidéos	Remarques
1	Romy	Thierry		134.21.162.243	droite	28	H	Agrès	1/semaine	a déjà fait une expérience similaire (Mathieu Gsc
2	Bujouna	Eloge		134.21.162.243	droite	25	F	Football	3h/semaine	sujet fonctionne bien
3	Vuignier	Elisa		134.21.162.243	droite	19	F	ski/tennis	non	sujet fonctionne bien
4	Loye	Levy		134.21.167.7	droite	23	H	Ski	non	Pas pu finir l'expérience ne fonctionnait plus
5	Lathion	Audrey		134.21.167.140	droite	20	F	grimpe	non	
6	Zermatten	Alexia		134.21.165.214	droite	26	F	course à pieds	non	beaucoup d'essais ne fonctionnaient pas
7	Van Autryve	Martino		134.21.165.214	droite	25	H	Basketball	non	la plupart des essais fonctionnaient
8	Avanthay	Bastien		134.21.165.214	gauche	24	H	Football	non	la plupart des essais fonctionnaient
9	Herter	Jules		134.21.165.214	droite	24	H	course à pieds/tri	non	sujet poubelle ?
10	Cuestras	Lucas		134.21.165.214	droite	22	H	Football	non	Sujet poubelle
11	Mediaka	Igor		134.21.164.122	droite	25	H	Football	6h/semaine	bonne sensation / disait qu'automatiquement pre
12	Guillet	Romain		134.21.163.178	droite	25	H	Volley	15/semaine	a pratiqué adolescents 2 ans de boxe / dit qu'il de
13	Ferreira	Kevin		134.21.163.178	droite	24	H	Football	ado bcp joué (15	bouge sur ses jambes mais jambes parallèle, a l'i
14	Schaller	Guillaume		134.21.163.178	droite	26	H	Football	10/semaine	jambe gauche devant/bouge, mobile un peu sur l
15	Lovey	Marco		134.21.163.178	droite	22	H	Tennis	ado bcp joué (15/	jambe gauche devant
16	Glassier	Quentin		134.21.167.117	droite	23	H	Karaté	ados bcp joué 15/	jambe gauche devant
17	Buchard	damien		134.21.167.117	droite	24	H	Gardien football	non	droit sur ses jambes
18	Monte	Chloé		134.21.167.117	gauche	25	F	Trail	non	était toute droite sur ces jambes, jambes parallèl
19	Nguyen	Tai		134.21.167.117	droite	25	H	Taekwondo	Ados bcp joué 20/	étudiant en sport / jambe gauche devant un peu p
20	Clerc	Marine		134.21.166.59	droite	26	F	Volleyball	non	jambe gauche devant un peu plié
21	Michaud	Adélaïde		134.21.166.59	droite	25	F	Marche, ski	non	droite sur ses jambes / bougeait ses mains à la fi
22	Puertas	Mathieu		134.21.166.59	gauche	28	H	Tennis de table	non	jambe droite devant
23	Lambert	Julie		134.21.166.64	droite	22	F	equitation	non	toute droite sur ses jambes
24	Schreiber	Célestine		134.21.166.64	droite	24	F	étudiante en spc 5H/semaine	non	droite sur les jambe
25	Berclaz	Manon		134.21.166.64	droite	20	F	Athlétisme	non	jambe gauche devant et bas sur les appuis
26	Keller	Yohan		134.21.162.14	droite	28	H	Basketball / étud non	non	jambe droite devant / bas sur les appuis
27	Reist	Olivier		134.21.162.14	droite	25	H	Course à pieds	Adolescents 30h/	droit sur ses jambes
28	Michellod	Simon		134.21.162.14	droite	20	H	Gardien football	non	droit sur ses jambes
29	Zuchuat	Rémy		134.21.162.14	droite	24	H	Athlétisme	5h/semaine	jambe gauche devant
30	Cerutti	Alice		134.21.162.14	droite	23	F	athlétisme/ étudi	non	droite sur les jambes
31	Botmann	Sarah		134.21.162.14	droite	23	F	equitation	non	droite sur ses jambes /
32	Müller	Sylvain		134.21.162.14	droite	25	H	Football / étudier non	non	droit sur les jambes (disait que c'était pas nature
33	Gav Crosier	Ludivine		134.21.166.81	droite	26	F	Athlétisme	non	droite sur ses jambes
34	Gilles	Martin		134.21.160.163	droite	40	H	Athlétisme	non	jambe gauche devant pour les 2 premier / jambe
35	Dubuis	Salomé		134.21.160.163	droite	23	F	Athlétisme	non	jambe gauche devant
36	Bloechle	Jean-Luc			droite	46	H	vélo	non	

Annexe 2. Déroulement du protocole de l'expérience

Déroulement de l'expérience

Le but de l'expérience consiste à définir la rapidité de la réponse des mouvements en boxe à l'aide d'un casque de réalité augmentée en réaction à un stimuli. La boxe étant un sport de réflexes, les mouvements doivent être effectués de manière la plus rapide possible. Cette étude vise donc à analyser la rapidité des mouvements selon différents stimuli, elle vise aussi à évaluer l'amélioration des réflexes au cours des essais.

Pour effectuer cette expérience, vous serez munis de lunettes de réalité augmentée et de deux gants OptiTrack, capteurs de mouvements. Lorsque vous porterez les lunettes de réalité augmentée, vous verrez s'afficher 4 cibles. Vous serez placé en face du scotch en croix posé par terre. Lorsque vous entendrez un signal sonore aigu, cela voudra dire que vous vous trouvez trop près de cette ligne et qu'il faudra reculer.

Avant de commencer l'expérience, vous devrez allonger vos mains par terre avec les gants OptiTrack, puis vous lever et tendre les mains devant vous afin que je calibre les capteurs.

Les cibles que vous verrez dans le casque s'afficheront tout d'abord en rouge, ce qui indique que l'expérience ne peut pas commencer. Pour que l'expérience démarre, les cibles devront s'afficher en bleu. Pour ce faire il vous faudra placer vos deux mains vers votre mentons/joue en position prêtes à boxer. Si les cibles sont en rouge cela veut dire que vos mains ne sont pas dans une bonne position pour démarrer l'expérience.

Votre objectif sera de toucher le plus rapidement les cibles **vertes** qui s'allumeront une après l'autre. Mais attention, **parfois** une première cible s'allumera en vert mais une autre cible verte s'affichera peu après, alors votre objectif est de toucher cette 2^{ème} cible avec **l'autre main !** (Toujours le plus rapidement possible)

Si vous effectuez le mouvement en direction de la première cible avec votre main droite mais qu'une autre cible s'affiche juste après, alors il vous faudra boxer cette cible avec votre main gauche !

Il y'aura 4 sessions de 40 stimuli. Entre ces sessions vous aurez 4 minutes de pause. Je vous avertirai chaque fois lorsque vous avez fini vos 40 coups. Pendant ces 4 minutes de pause il serait important de rester où vous êtes, vous pouvez monter les lunettes sur votre front afin qu'elles ne perdent pas le signal d'emplacement. Avant que l'expérience commence, vous aurez un essai d'environ 10 stimuli. Cette expérience ne comporte pas de danger particulier. Il est tout à fait possible en cas de besoin d'interrompre l'expérience.

Merci pour votre participation !

Participation à une étude de recherche

CoPe Lab - Control and Perception Laboratory, Fribourg

Formulaire de Consentement

Je, soussigné(e) _____ déclare accepter, librement, et de façon éclairée, de participer comme sujet à cette étude de recherche.

Je comprends que j'ai le choix de me retirer de l'étude à n'importe quel moment et ceci sans aucune justification ni conséquence, mais ceci au plus tard jusqu'à deux semaines après la date de ma dernière expérience.

Je confirme que la nature de cette étude m'a été clairement expliquée et que j'ai eu l'opportunité de poser toutes les questions que je souhaitais.

Je comprends qu'il n'y a pas d'intéressement direct résultant de ma participation à cette étude.

Je comprends et j'accepte que toutes les données personnelles provenant de cette étude seront traitées et utilisées de manière complètement confidentielle et anonyme. Comme l'adresse de courriel, l'âge, le genre, ainsi que les divers paramètres et variables enregistrés lors de l'étude.

Je comprends que je suis libre de contacter à ma guise l'équipe de recherche afin d'obtenir des informations complémentaires relative à cette étude.

Responsable principal de l'étude

Jean-Luc Bloechle, PhD
Université de Fribourg
jean-luc.bloechle@unifr.ch



Date _____

Signature du responsable

Signature du participant

Remerciements

Je remercie mon Professeur Jean-Pierre Bresciani et Jean-Luc Bloechle, pour leur accompagnement et leurs conseils. Je souhaite également remercier les 35 sujets qui ont généreusement consacré de leur temps pour participer à mon expérience. Leur disponibilité m'a permis de récolter des données précieuses nécessaires à mon travail. Je remercie aussi l'université de Fribourg qui a mis à disposition son laboratoire et son matériel pour effectuer les passations de sujets. Enfin, mes remerciements s'adressent également à Isabelle et Coralie pour leur relecture attentive.