

Le biofeedback dans le sport et la transposition des acquis en situation de compétition.

Dossier de présentation du projet élaboré dans le cadre du cours :
Concepts scientifiques appliqués aux champs professionnels

Présenté par :

**Lebre Basile
Dries Alexandre**

Sous la direction de :

COUTTE Alexandre

Master 1 PNPMP
Année 2021-2022

Table des matières

Introduction :	3
1. Description du champ professionnel.	3
1.1. Présentation des biofeedback.	3
1.2. Quelques applications des biofeedback	5
2. Problématique envisagée	7
2.1. Biofeedback et performance sportive	7
2.2. Problématique.	8
2.3. Description de l'entreprise	9
2.4. Confrontation de la problématique envisagée avec les observations de terrain.	10
2.5. Hypothèse	10
3. Proposition d'expérimentation.	11
3.1. Participants	11
3.2. Mesures	11
3.3. Entraînement HRV avec biofeedback.	13
3.4. Matériel	13
3.5. Procédure.	13
3.5.1. Prétest.	13
3.5.2. Protocole	13
3.5.3. Post-test	14
3.6. Résultats attendus, discussion, limites	14
3.6.1. Résultats attendus	14
3.6.2. Discussion, limites.	15
Bibliographie :	17

Introduction :

Le fonctionnement du corps humain est complexe et l'entière de sa mécanique nous échappe encore. Le corps humain peut vivre grâce à une synergie complexe de ses organes qui possèdent tous leur fonctionnement, leur spécificité. Le défi moderne est de réussir à mesurer les différentes variables liées à ces organes, ainsi nous créons diverses mesures pour appréhender par exemple le nombre de battements du cœur par minute que l'on va appeler fréquence cardiaque.

Étant donné l'apparition constante de nouvelles technologies, et étant attirés par celles-ci, nous nous orientons vers un travail autour de la réalité virtuelle, l'idée était de travailler sur la neuroplasticité en trouvant une manière d'associer le dispositif de Paul Bach y Rita pour soulager les sensations de vertige lié à l'utilisation de la réalité virtuelle. En travaillant sur ces sujets, nous avons été amenés à élargir le sujet en traitant des biofeedback dans la réalité virtuelle. Nous avons eu un entretien très tôt avec une boîte utilisant la réalité virtuelle auprès des personnes âgées. Nous n'étions pas du tout prêts pour cet entretien et le responsable RetD nous a proposé de travailler sur le développement d'une des branches qui ne rentrait pas vraiment dans le cadre de cette matière. En débriefant, nous nous sommes rendu compte cumuler réalité virtuelle et biofeedback serait une tâche trop complexe aux vues des connaissances que nous avons. Nous nous sommes donc concentrés uniquement sur le biofeedback. D'autre part, venant tous deux de la compétition sportive, nous nous sommes dit qu'il serait intéressant de voir l'application des biofeedback dans la recherche de performance sportive.

1. Description du champ professionnel.

1.1. Présentation des biofeedback

Le biofeedback est une technique qui renvoie au sujet ses caractéristiques physiologiques internes, de manière plus ou moins modifiées afin de rendre concret une mesure abstraite. Elle peut être définie de la sorte : le biofeedback désigne une méthode cognitivo-psychologique destinée à faire une représentation concrète d'une information du corps de l'individu afin qu'il puisse agir dessus et ainsi prendre conscience de son corps ou contrôler ses variables biologiques. (Vasilyev et al. 2019)

Cette technique est de plus en plus utilisée et les recherches sur ce sujet se multiplient. On peut voir qu'il existe d'ores et déjà différents dispositifs, différentes mesures et différentes applications.

Vasilyev et al. en 2019 nous proposent un article nommé Biofeedback Methodology : a Narrative Review qui décrit l'utilisation des biofeedback depuis que celui-ci a été créé il y a 50 ans de cela.

Parmi les diverses variables physiologiques captées par le biofeedback on peut trouver l'activité musculaire, cérébrale, cardio-vasculaire, électrodermale, la température périphérique et de nombreux autres encore. Vasilyev et al. nous propose ce tableau en guise de récapitulatif :

TABLE I. COMMON RECORDING TECHNIQUES

Name	Characteristics	
	Abbreviation	Description
Electrocardiography	ECG	Sensing body surface electrical activity generated by the heart, typically in the form of heart rate variability (HRV) signal
Electroencephalography ^a	EEG	Measuring electrical brain activity at the head surface
Electromyography	EMG	Sensing electrical activity that is produced by muscle fibers ^b
Electrodermography	EDG	Measuring of electrical skin activity by either the skin conductance, the skin potential or the galvanic skin resistance (GSR)
Pneumography	–	Mainly used for evaluation of the respiration rate
Accelerometry	ACC	Sensing lateral and rotational movement of body or specific body parts
Photoplethysmography	PTG	Optical sensing of the relative blood flow and the blood volume pulse (BVP)
Thermal	–	Detection of skin temperature change
Oculography	–	Recording of eye orientation and movement, typically with aid of computer vision techniques ^c

^a Also known as neurofeedback

Tableau 1 : technique courante de biofeedback.

L'électrocardiogramme, l'électroencéphalographie, l'électromyographie, l'électrodermographie, la pneumographie, l'accelerometrie, la photopléthysmographie,

l'activité thermique, et l'oculographie sont donc les modalités sensorielles de biofeedback les plus populaires.

De plus, l'avancée des technosciences moderne rend l'usage des biofeedback facilité par l'apparition de nouveaux appareils tels que les smartphones, les smartwatches, divers bandeaux pour la tête et nombreux systèmes sans fils. Encore une fois, Vasilyev et al. nous propose un schéma récapitulatif des dispositifs, de leurs placements et de leurs modalités étudiées :

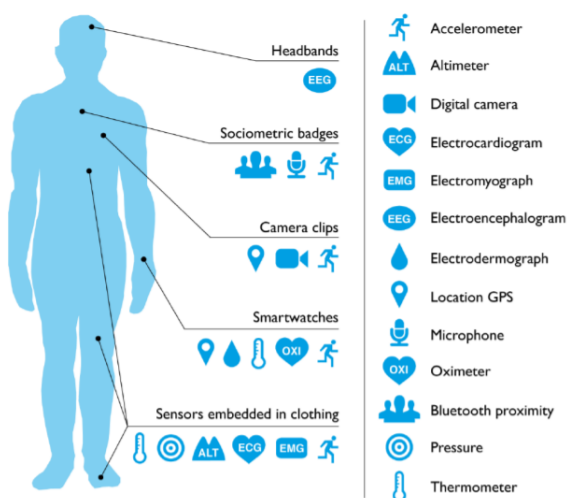


Schéma 1 : schéma récapitulatif des types et dispositifs de biofeedback

1.2. Quelques applications des biofeedback

On l'aura compris le biofeedback est déjà bien présent et nous renseigne sur de nombreuses caractéristiques physiologiques de notre corps. Mais quelles sont les applications possibles de ces différents dispositifs ?

Le biofeedback est utilisé dans de nombreux domaines nous allons en voir quelques-uns comme exemple.

Le biofeedback peut être utilisé pour améliorer sa santé :

L'étude de Kerdoncuff et al. en 2004 se porte sur le biofeedback visuel et la rééducation de l'équilibre après un AVC. Cette étude propose une rééducation en 3 semaines pour deux groupes de personnes avec et sans biofeedback visuel. Les deux groupes ont eu un bénéfice de leurs paramètres cliniques mais ceux qui ont eu

l'entraînement avec biofeedback ont des résultats significativement plus élevés sur plaque de force les yeux fermés (Kerdoncuff et al.,2004)

Le biofeedback peut être utilisé pour identifier les états problématiques et en tant que prévention :

L'étude d'Aileen McGonigal se penche sur l'utilisation du biofeedback afin de prévenir les crises d'épilepsies. Le dispositif utilisé ici est la conduction cutanée (galvanic skin response) qui va se transformer en paramètre visuel. Ce paramètre ainsi disponible pour le patient, il peut mettre en place des stratégies cognitives afin d'éviter les crises. (Mcgonigal, 2016)

Le biofeedback peut être utilisé pour améliorer le bien-être :

L'étude de Susanne M.Cutshall et al. en 2011 se porte sur l'utilisation du biofeedback dans la méditation afin de gérer les stress pour les infirmières dans un hôpital. Ils ont évalué les participants avant et après un mois de programme de méditation assistés par biofeedback. Les résultats ont montrés la faisabilité et l'efficacité d'une telle démarche dans la gestion du stress des infirmières dans les hôpitaux (Cutshall, 2011).

Le biofeedback peut être utilisé pour traiter l'anxiété :

Servant en 2008 distingue que l'activité cardiaque est un bon indicateur des émotions. Pour lui, une technique qui reste le plus efficace pour traiter les troubles anxieux dépressifs serait des techniques respiratoires combinées à de la méditation avec biofeedback pour agir sur sa fréquence cardiaque. (Servant, 2008).

Le biofeedback peut être utilisé dans le domaine ludique :

Avec les nouvelles technologies grandissantes, Houzangbe étudie l'utilisation du biofeedback dans la réalité virtuelle. L'idée dans cette utilisation est de faire grandir le sentiment d'immersion dans un jeu. Il citera par exemple le biofeedback cardiaque

dans un jeu d'horreur pour faire augmenter le sentiment de peur chez l'utilisateur. (Houzangbe, 2019).

Une autre application du biofeedback est également son application dans le sport et notamment dans la performance. Cet aspect sera développé dans les parties suivantes.

2. Problématique envisagée

2.1. Biofeedback et performance sportive

L'aspect sur lequel nous nous concentrerons lors de ce travail est l'utilisation du biofeedback lors de la pratique sportive. Dans la quête d'améliorer les performances des athlètes, de nombreuses études se sont intéressées aux biofeedback. Plusieurs types de biofeedback ont déjà été utilisés, en recherche, en complément à un entraînement sportif (neurofeedback, électro dermographie, mesure de la fréquence cardiaque, etc...). Nous nous limiterons ici à la mesure de la fréquence cardiaque, car c'est la méthode la plus accessible et donc la plus adaptée à notre projet. Ce type de biofeedback est principalement utilisé pour permettre au sujet de réguler sa fréquence cardiaque grâce à des exercices conscients. Il est souvent associé à des exercices de respirations, car il est prouvé la respiration influence la fréquence cardiaque (Lehrer, 2000). Par l'intermédiaire de ce biofeedback, le participant va entraîner sa variabilité de fréquence cardiaque, grâce à des exercices de respirations, et ainsi apprendre à mieux gérer son stress pendant l'effort. Dans cette étude, la méthodologie employée permettait au sujet d'avoir une résonnance entre sa fréquence respiratoire et cardiaque, et donc grâce à cet intermédiaire d'avoir un contrôle sur sa fréquence cardiaque. Initialement, cela consistait en des exercices de respiration de 20 min à raison de 2 fois, 5 jours par semaine, cependant cette méthodologie a été modifiée dans plusieurs études (pour une revue voir Jimenez 2017). La performance serait ainsi améliorée grâce au travail effectué avec le biofeedback.

Bien que l'utilisation des biofeedback comme un moyen d'améliorer la performance a déjà été prouvé et semble accepté (Jimenez 2017, Wakefield 2017, Pop-Jordanova 2010, Park 2020, Raymond 2005) Cependant, selon nous, 2 aspects méthodologiques manquent actuellement dans la littérature scientifique. Premièrement, peu d'études se

sont intéressées à l'utilisation du biofeedback en condition de compétition. En effet, bcp d'études (Raymond 2005, Paul 2012, Park 2020) se concentrent sur des phases d'entraînement pour observer la performance, et ne sont donc pas en conditions réelles. En effet, les conditions diffèrent entre entraînement et compétition (stress, enjeux, émotions, etc...). Un entraînement aux biofeedback classiques ne pourraient peut-être pas être aussi efficace lors d'un match que lors d'un entraînement, le joueur n'arrivant pas à transférer ce qu'il a appris en entraînement lors d'un match. Un entraînement spécifique au match devrait donc être mis en place pour que le joueur puisse être mis dans des conditions le plus proche possible de ce qu'il pourrait connaître en match. L'étude de Pop-Jordanova 2010 a par exemple montré une amélioration des résultats de l'équipe états-unienne de ski lors de la préparation des JO d'hiver à la suite d'un entraînement aux biofeedback (neurofeedback). Cependant, de nombreux sport n'ont pas été investigués ainsi que d'autres méthodes de biofeedback plus accessibles. Deuxièmement, peu d'études se sont intéressées à l'utilisation des biofeedback pendant la pratique. Chez l'étude de Pop-Jordanova 2010, le neurofeedback été présent uniquement lors de la phase d'entraînement par exemple. Ou bien chez Wakefield 2017, qui s'intéresse au biofeedback dans l'amélioration de la 1RM, l'utilisation du biofeedback est utilisée avant la pratique. Pour une activité courte comme la 1RM, cela paraît logique car la période préparatoire est plus longue que l'activité en elle-même, et donc le sujet n'a pas besoin d'un suivi tout le long de son activité. Cependant pour des performances plus longues, comme un match de tennis ou de tennis de table par exemple, l'efficacité d'un entraînement au biofeedback antérieur à la pratique peut ne pas être efficace au cours d'un match. En effet, le sujet aura sans doute besoin d'une technique lui permettant de se reconcentrer au cours du match, et non pas uniquement lors de la période préparatoire. Il faut ainsi développer une technique permettant, dans les sports où cela est possible et nécessaire, au joueur de l'utiliser pendant sa pratique et donc pourra observer les bénéfices au cours d'un match. Cependant, cela n'ayant jamais été fait, à notre connaissance, dans la littérature scientifique.

2.2. Problématique

Notre problématique sera donc de proposer une méthode d'entraînement regroupant les deux conditions d'entraînements citées précédemment avec une utilisation d'un biofeedback renseignant sur la fréquence cardiaque. L'objectif étant de

créer une méthode d'entraînement permettant d'avoir de meilleures performances grâce à l'utilisation de méthode de relaxation/respiration pouvant être utilisée au cours de match.

2.3. Description de l'entreprise

L'entreprise choisie est la ligue Centre-Val de Loire de tennis de table. Il s'agit d'une association qui existe depuis 1968 et qui organise son activité sur l'ensemble de la Région Centre-Val de Loire. La raison pour laquelle nous avons choisi cette entreprise est qu'elle dispose d'un Pôle France et d'un Pôle Espoir comprenant des jeunes de moins de 18 ans à la recherche d'une performance sportive professionnelle. De plus, nous avons déjà le contact pour l'entretien et l'expérience de terrain lors d'un travail de service civique sur 8 mois.

Afin de proposer une intervention qui aurait du sens pour la structure nous avons besoin d'identifier les besoins et d'avoir une idée précise de celle-ci ainsi que de son fond de commerce. Nous avons donc contacté Romain Bardin, chargé de développement de la Ligue.

Les principales ressources sont les cotisations des adhérents : lorsqu'une personne va dans un club affilié à la fédération, il achète une licence fédérale dont le paiement se découpe en trois parties : fédérale, départementale et celle qui nous intéressera, la part régionale (la ligue). Il y a deux types de licence, une licence dite promotionnelle pour le loisir et une licence dite compétition. Il y a également plusieurs sortes de tarifs majoritairement en fonction de l'âge de l'adhérent. Globalement, un plus jeune va payer moins cher qu'un plus vieux. Cette part correspond à peu près 1/3 des financements. D'autre part, il y a tout ce qui est lié à l'activité sportive, ce qui comprend l'affiliation (avant que les joueurs prennent une licence dans un club, il faut que ce club s'affilie et il va donc payer l'affiliation), les mutations, les indemnités de formations (contribution à la formation des jeunes par des entraînements, des stages et donc il y a une somme qui leur revient), tout ce qui est lié à l'engagement à une compétition (il y a un coût d'entrée à une compétition et une partie revient à la ligue), aides COVID, partenaires (CROS, FTTT, DRAJES, agence nationale du sport, agence de service et de paiement, région centre). Tout cela va également correspondre à environ 1/3 des subventions. Le dernier tiers va correspondre à tout ce qui correspond à la

vente de produit et d'activité, il s'agit de ce qui a attiré à l'encadrement (lors des stages, des formations pour le pôle, formation professionnelle) et de la vente ou revente de matériel.

En échange, il y a une obligation de bilan annuel avec ce qui a fonctionné ou non avec des enjeux d'inclusion sociale, d'augmentation du nombre d'adhérents ou de personnes formés et de nouvelles sections tel que le « ping santé ».

Le travail de la ligue est principalement axé sur la formation des jeunes donc les résultats aux diverses compétitions ne vont pas avoir un impact immédiat sur la visibilité de la ligue. D'un autre côté, l'idée est qu'un jeune qui vient de la région Centre Val de Loire, à termes performe sur des championnats de France voire sur des compétitions internationales et que ça rejaille sur le développement de la discipline. Cependant, la ligue dispose de subventions liées au pôle France, ils ont donc des obligations de résultats dans ce champ-là. Si les résultats baissent, le risque est que les subventions baissent également à terme.

2.4. Confrontation de la problématique envisagée avec les observations de terrain.

Il n'y a pas de doute, rechercher une amélioration de performance est donc intéressant pour l'entreprise sur plusieurs niveaux : le développement de la discipline, le maintien des subventions et la preuve d'une formation apportée de qualité. Il s'agit du travail d'un entraîneur de tout le temps s'adapter et d'essayer de nouvelles choses alors sur le principe, essayer de mettre en place du biofeedback pendant l'entraînement ne pose pas de soucis. Cela va forcément dépendre de plein de paramètres et à quelle fréquence et sur quelle durée l'expérimentation serait mise en place. De notre expérience, mettre en place un protocole sur une durée de moins de 4 mois sans résultat ne devrait pas poser de soucis. Au-delà, cela prendrait trop de temps pour les entraîneurs et les joueurs du pôle qui recherchent constamment des résultats.

2.5. Hypothèse

Nous pensons que l'entraînement en HRV avec biofeedback (détaillé en section 3.3.) peut améliorer les performances au tennis de table et qu'un entraînement

associant pratique et biofeedback va améliorer la transposition des connaissances en conditions stressantes.

3. Proposition d'expérimentation

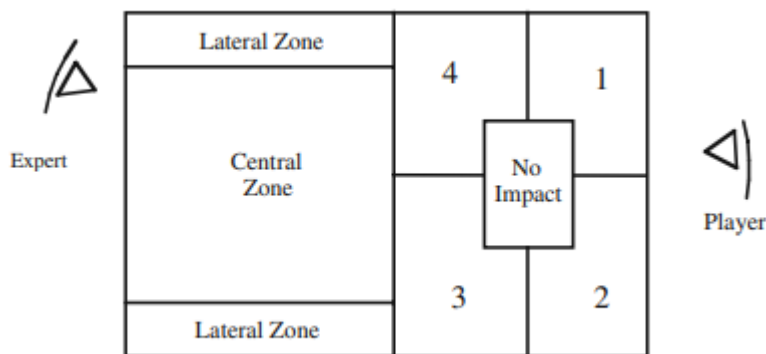
3.1. Participants

Les participants sont 20 jeunes (15 garçons et 5 filles) qui ont entre 11 et 14 ans du pôle espoir et France de la région Centre Val-de-Loire. Ils constituent un groupe que l'on peut qualifier d'homogène, en bonne santé et avec les mêmes ambitions et avancées de carrière à ce stade.

3.2. Mesures

Pour évaluer la performance, nous utilisons deux mesures différentes qui ont été utilisées dans une étude de Lafont et Ensergueix en 2009. (Lafont, 2009)

Tout d'abord, une table d'expérimentation sur laquelle nous avons délimitée les zones est isolée par des séparations du reste des tables de la salle.



Graphique n°1 : délimitation de la table d'expérimentation.

L'entraîneur (nommé dans le graph 1 comme « l'expert ») fait une distribution de balles au joueur (nommé dans le graph 1 comme le « player »). De plus, certaines balles sont envoyées hautes pour permettre un smash. Le participant doit renvoyer les balles sur la demi-table de l'entraîneur en tenant compte d'un système de point particulier décrit par le graphique n°2.

Table 6 Score grid

Simple return	0 point	1 point	2 points	3 points	2 bonus points
	No return	Out or net	Central zone	Lateral zones	If low flight ball
Smash return	0 point	2 points	4 points	6 points	2 bonus points
	No return	Out or net	Central zone	Lateral zones	If high flight ball

Graphique n°2 : grille de score mesurant la performance des participants.

Les participants se voient donc attribués un score de 0 à 3 pour des balles classiques et de 0 à 6 pour des balles hautes (avec possibilité de smash) en fonction de l'impact de la balle sur la demi-table de l'entraîneur. Ce score sera appelé l'efficacité de l'action (EA). De plus, il se voit attribués un bonus de 2 points en fonction du type de renvoi qu'il effectuera : si son renvoi correspond au type de balle reçue alors il a deux points de plus (renvoi bas pour les retours simples et renvoi haut pour les balles smashés). Ce bonus sera appelé la pertinence du choix (PC). L'addition de l'EA et du PC nous donne le score de compétence motrice (CM) qui nous renseigne sur la performance du participant.

La deuxième mesure utilisée est celle du sentiment d'efficacité personnelle (SEP). Il a été démontré dans des études précédentes que le SEP influence l'effort et le degré de persistance qu'un individu est prêt à mettre en œuvre pour une activité et que celui-ci est fortement lié à la réussite surtout dans le sport (Moritz et al. 2000).

Deux questionnaires ont été construits : un sur le renvoi et un sur le déplacement. Les participants répondent à des questions en cochant des déclarations basées sur une échelle de Likert. Les déclarations pour le déplacement vont de « Je suis resté immobile » à « Je bouge rapidement et j'anticipe mes mouvements ». Le questionnaire sur les renvois possède des déclarations du type : « je rate souvent mes renvois » à « j'atteins souvent la zone latérale ». Cela donne un score de 0 à 6. Il y a également une autre échelle dans laquelle le participant évalue sa certitude de 10 à 100%. Ces deux scores sont ensuite multipliés pour nous donner un score de 0 à 60.

Pour terminer, nous utilisons un questionnaire pour mesurer l'anxiété : un « State trait anxiety Inventory for Children » STAIC. Il s'agit d'un questionnaire basé

sur une échelle de Likert allant de « presque jamais » à « souvent » mesurant l'anxiété chez les enfants. (voir Annexe 1).

3.3. Entraînement HRV avec biofeedback.

L'entraînement HRV avec biofeedback est une technique permettant une résonnance entre la respiration et la fréquence cardiaque du sujet. Lors des sessions de HRV, nous demandons au sujet d'inhaler pendant 5 secondes et d'exhaler pendant 5 secondes. Tout cela pendant 5 minutes. Un stimulus visuel représenté par une jauge du rouge au vert et un score de cohérence cardiaque. De plus, le nombre de battement par minute est inscrit sur l'écran en tant que feedback pour le participant.

3.4. Matériel

Pour mesurer l'HRV, nous utilisons un dispositif qui se nomme le « kyto fitness » qui détecte les battements cardiaques via un récepteur que l'on branche sur le lobe de l'oreille. On l'associe en bluetooth à une application qui se nomme cohérence heart trainer qui fournit une bonne mesure de la cohérence cardiaque.

3.5. Procédure

3.5.1. Prétest

Les participants passent tous par un pré-test reprenant les mesures de compétence motrice et de sentiment d'efficacité personnel (Cf Mesures). Pour ce faire, un entraîneur fait une distribution aux participants de 60 balles tour à tour. L'entraîneur a été consigné au préalable pour envoyer des balles dans une zone différente à chaque distribution. Le participant en face doit renvoyer les balles sur la demi-table de l'entraîneur en tenant compte du barème de point établi précédemment. Il remplit ensuite le questionnaire du SEP. Chaque participant a donc un score de CM et de SEP.

De plus, pour contrôler qu'il y a bien un effet du biofeedback, nous leur demandons de remplir un STAIC.

3.5.2. Protocole

Les participants sont ensuite répartis aléatoirement dans deux conditions distinctes : entraînement avec biofeedback (BFB) et sans biofeedback (SBF). Les joueurs suivent ensuite un entraînement de 10 séances, 5 fois par semaine (sur deux semaines) de 16 min chacun. L'entraînement se déroule de sorte qu'un entraîneur fait

60 balles de distribution 6 fois avec une coupure d'entraînement BFB pour le groupe concerné (Cf entraînement HRV avec biofeedback) durant 5 minutes toute les 2 sessions de 60 balles. Le groupe SBF obtient une pause libre sans consigne particulière.

3.5.3. Post-test

Au bout des deux semaines, un post-test est réalisé reprenant les conditions du prétest afin de comparer les résultats obtenus en CM, SEP et STAIC.

Tout l'objectif est de réussir à retranscrire des conditions de stress le plus proche de celle des compétitions. Ainsi, pour contrôler ce facteur, les résultats aux pre- et post- tests sont décisifs pour le placement dans le tableau lors d'une compétition en interne.

3.6. Résultats attendus, discussion, limites

3.6.1. Résultats attendus

Tout d'abord nous comparons les résultats au STAIC pre- et post- test pour vérifier qu'il y a bien eu un effet du BFB et que si les résultats des performances ne sont pas significatifs cela vient de notre manière originale de faire l'entraînement.

Ensuite nous comparons les résultats pre- et post- test de du CM et du SEP dans les conditions BFB et SBF. Nous nous attendons à voir une amélioration des résultats plus grande pour le groupe avec du feedback. (Cf fig. 1)

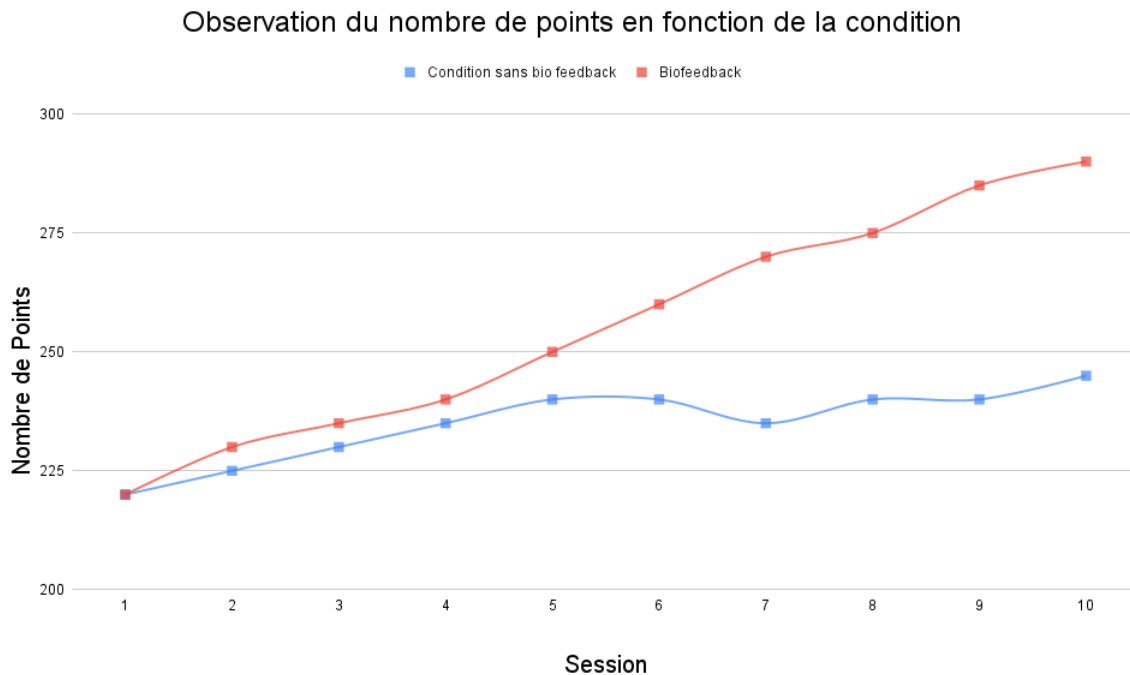


Fig 1 : Exemple de résultat que nous pourrions attendre suite pour le EA

3.6.2. Discussion, limites.

Dans la littérature sur les biofeedback dans le sport, les performances sont le plus souvent mesurées en conditions d'entraînement non stressantes. Nous avons essayer de construire un protocole qui répondrait à cette question en rajoutant des enjeux pour les sportifs. Des résultats significatifs aux tests que nous voulons réaliser signifierai sans doute une bonne capacité à transposer des apprentissages de la gestion du stress et de l'anxiété pendant un match. Le fait de rajouter des enjeux lors des pre- et post- test est ce qui rendrait nos résultats originaux et qui ne nous permet malheureusement pas de les extrapoler davantage.

Nous avons reporté quelques limites à notre expérimentation.

Bien qu'ayant essayé de reproduire une situation stressante de match, notre protocole reste en dehors des situations de compétitions que les sportifs de haut niveau peuvent connaître. Il faudrait faire davantage de recherche sur ce sujet pour savoir si les compétences sont bel et bien transposées en situation de compétition.

Pour des raisons de facilité et de faisabilité, nous avons construits notre protocole avec des variables inter-sujets qui pourrait introduire un biais d'apprentissage lié à des variables individuelles d'apprentissage. Des

expérimentations associant le BFB à des variables intra-sujets sont peut-être nécessaires pour éviter un maximum rendre compte d'un maximum de variabilité dans les résultats.

Pour finir, le repos proposé en situation d'entraînement est trop long par rapport aux repos disponibles dans une réelle situation de match, ceci peut peut-être influencer nos résultats finaux.

Bibliographie :

- Cutshall S., Wentworth L., Wahner-Roedler AnnVincent, Schmidt E., Loehrer L., Cha S., Bauer B.. (2011). Evaluation of a Biofeedback-Assisted Meditation Program as a Stress Management Tool for Hospital Nurses: A Pilot Study. Volume 7, Issue 2. Pages 110-112. <https://doi.org/10.1016/j.explore.2010.12.004>
- Houzangbe S. (2019). Impact sur l'expérience utilisateur en environnement virtuel immersif de l'utilisation d'objets connectés portés pour la rétroaction physiologique. Thèses.fr. <https://www.theses.fr/2019ENAM0011>
- Jiménez Morgan S, Molina Mora JA. (2017) Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Sport Performance, a Systematic Review. Appl Psychophysiol Biofeedback. Pages 235-245. doi: 10.1007/s10484-017-9364-2.
- Kerdoncuff , Durufle A, Petrilli S, Nicolas B, Robineau S, Lassalle A, Le Tallec H, Ramanantsitonta J, Gallien P. (2004) Interest of visual biofeedback training in rehabilitation of balance after stroke. Annales de Réadaptation et de Médecine Physique : Revue Scientifique de la Société Française de Rééducation Fonctionnelle de Réadaptation et de Médecine Physique, 47(4):169-76; discussion 177-8. 10.1016/j.annrmp.2003.11.005.
- Lafont, L. & Ensergueix, P. (2009). La question de la formation d'élèves tuteurs : considérations générales, application au cas des habiletés motrices. Carrefours de l'éducation, 27, 37-52. <https://doi.org/10.3917/cdle.027.0037>
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E. G., & Vaschillo, B. (2000). Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: Rationale and manual for training. Applied Psychophysiology and Biofeedback, 25, 177–191.
- McGonigal A., Kotwas I., Micoulaud J., Bastien-Toniazio M., Bartolomei F. (2016). Biofeedback, cognition et épilepsie Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology, Volume 46, Issue 3. Pages 227-228. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2016.06.026>.
- Moritz, S. E., Feltz, D. L., Fahrbach, K. R., & Mack, D. E. (2000). The relation of self-efficacy measures to sport performance: A meta-analytic review. Research Quarterly for Exercise and Sport, 71, 280–294.

- Park, Sang-Hyuk & Hwang, Seunghyun & Lee, Sang-Mi. (2020). Pilot Application of Biofeedback Training Program for Racket Sports Players. *Annals of Applied Sport Science*. 8. 10.29252/aassjournal.898.
- Paul M, Garg K. (2012) The effect of heart rate variability biofeedback on performance psychology of basketball players. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. Pages :131-44. doi: 10.1007/s10484-012-9185-2.
- Pop-Jordanova, Nada & Demerdzieva, Aneta. (2010). Biofeedback Training for Peak Performance in Sport - Case Study. *Macedonian Journal of Medical Sciences*. 3. 10.3889/MJMS.1857-5773.2010.0098.
- Raymond J, Sajid I, Parkinson LA, Gruzelier JH. (2005) Biofeedback and dance performance: a preliminary investigation. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. Pages : 64-73. doi: 10.1007/s10484-005-2175-x.
- Servant D., Lebeau J.C., Mouster Y., Hautekeete M., Logier R., Goudemand M. (2008). La variabilité cardiaque : Un bon indicateur de la régulation des émotions. *Journal de Thérapie Comportementale et Cognitive*. Volume 18, Issue 2. Pages 45-48. <https://doi.org/10.1016/j.jtcc.2008.04.003>
- Vasilyev V., Borisov V., Syskov A. (2019) Biofeedback Methodology: A narrative review. *International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON)*., 0011-0016, doi: 10.1109/SIBIRCON48586.2019.8958019.
- Wakefield J.C., and Shiperd AM (2017) The Effect of Biofeedback Training on One Repetition Maximum Chest Press Performance *International Journal of Exercise Science* 10(8): 1105-1115

Annexe 1 : STAIC.

	PRESQUE JAMAIS	QUELQUEFOIS	SOUVENT
1- Ca m'inquiète de me tromper			
2- J'ai envie de pleurer			
3- Je me sens triste			
4- J'ai des difficultés à me décider			
5- C'est difficile pour moi de faire face à mes problèmes			
6- Je m'inquiète beaucoup			
7- Je suis bouleversé à la maison			
8- Je suis timide			
9- Je me sens tourmenté			
10- Des pensées peu importantes me tracassent			
11- L'école m'inquiète			
12- J'ai des difficultés à décider de ce que je veux faire			
13- Je m'aperçois que mon cœur bat très vite			
14- Secrètement j'ai peur			
15- Je m'inquiète pour mes parents			
16- Mes mains deviennent moites			
17- Je m'inquiète de choses qui peuvent arriver			
18- J'ai des difficultés à m'endormir le soir			
19- J'ai des sensations bizarres dans mon estomac			
20- Je m'inquiète de ce que les autres pensent de moi			