



HAL
open science

EFFETS D' UN ENTRAINEMENT VISUEL GENERAL SUR LES PERFORMANCES DE SABREURS DE HAUT NIVEAU

Jean-François Stein, Jean Le Rohellec

► **To cite this version:**

Jean-François Stein, Jean Le Rohellec. EFFETS D' UN ENTRAINEMENT VISUEL GENERAL SUR LES PERFORMANCES DE SABREURS DE HAUT NIVEAU. [Rapport de recherche] Projet n° 2015 bis, Institut National du Sport et de l'Education Physique (INSEP). 2004. hal-01915637

HAL Id: hal-01915637

<https://insep.hal.science/hal-01915637>

Submitted on 7 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Département des Sciences du Sport

Laboratoire Mouvement, Action et Performance

EFFETS D' UN ENTRAINEMENT VISUEL GENERAL SUR LES PERFORMANCES DE SABREURS DE HAUT NIVEAU

Jean-François Stein (INSEP - LMAP)
Jean Le Rohellec (INSEP - LMAP)
Société Lynx Optique

En partenariat avec le Fédération Française d'Escrime

Juin 2004

Téléchargement sur le site <http://www.campus-insep.com/>

PARTENAIRES

Cette étude a été rendue possible grâce au soutien de Philippe Omnès Directeur Technique National de la F.F.E.

Elle a pu être menée à bien grâce à l'intérêt et à la conviction de Maître Christian Bauer, Entraîneur National du Sabre de la F.F.E., et à la disponibilité et à la participation active des sabreurs du Pôle I.N.S.E.P.

Les Dr. Georges Chales et Jean-Louis Llouquet, ophtalmologistes au Département Médical de l'I.N.S.E.P., ont réalisé les bilans ophtalmologiques.

Christophe Fontvieille, de la société Lynx Optique, et Caroline Michaud, étudiante en Maîtrise de Sciences et Techniques d'Optique Physiologique, d'Optique de Contact et d'Optométrie (Université Paris-Sud Orsay), ont réalisé les bilans optométriques.

Caroline Michaud a conduit les séances d'entraînement visuel.

La société Lynx Optique a mis à disposition les matériels de bilan optométrique et d'entraînement visuel.

Cette étude a été réalisée dans le cadre de l'Unité d'Aide à la Performance "Vision & Sports " coordonnée par Jacqueline Delors (Département du Sportif de Haut Niveau).

INTRODUCTION.

En sport, la vision joue un rôle important, plus particulièrement dans les sports d'opposition duels et collectifs où elle est essentielle pour la lecture du jeu de l'adversaire qui contribue à la gestion de l'espace, du temps et du rapport d'opposition.

"La vision du jeu", si elle est reconnue comme un attribut essentiel de l'expertise des meilleurs athlètes élités, fait l'objet de peu d'études sur ses composantes et ses possibilités d'entraînement.

Pourtant le système visuel est l'un des plus étudiés et des mieux connus scientifiquement :

- La structure de ses capteurs et leurs spécificités ont été décrites
- Ses stimuli spécifiques (lumière, couleur, forme, mouvement) sont connus
- On en a analysé leur codage
- On sait visualiser les voies empruntées par l'information codée (voies dorsale et ventrale)
- Les structures centrales de traitement peuvent être repérées et matérialisées
- On connaît bien une des sorties motrices : le déplacement du regard.

Ces connaissances aboutissent à distinguer deux niveaux en interaction dans le système :

- Un **niveau visuel** qui regroupe les "**niveaux bas**" (de la périphérie, plus "physiques") du système visuel :
 - Les capteurs (les yeux) : codage
 - Les acuités visuelles statique et dynamique
 - La sensibilité au contraste
 - La mobilité : mouvement des yeux
 - L'accommodation : mise au point pour obtenir une image nette
 - La vergence : mouvements de convergence et de divergence des axes des deux yeux pour accrocher la cible quand elle se rapproche ou s'éloigne
 - La mémoire sensorielle à très court terme (iconique)
- Un **niveau perceptif** concernant les "**niveaux élevés**" (plus cognitifs) du système visuel :
 - L'attention visuelle
 - Le partage attentionnel
 - Les représentations

- L'intégration multi sensorielle
- Les stratégies visuelles
- Les mémoires à court terme (de travail) et à long terme

En sport, comme dans les autres activités humaines, on peut ainsi **distinguer un entraînement des habiletés visuelles et un entraînement des habiletés perceptives**, même si les deux domaines sont en interaction. En comparaison avec le vocabulaire informatique, certains auteurs anglo-saxons parlent de **"hard" pour les habiletés visuelles et de "soft" pour les habiletés perceptives** (pour une revue de question voir : Williams, A. M., and Grant, A., 1999).

De même, on peut définir un **entraînement général**, essentiellement des habiletés visuelles, hors des conditions environnementales et motrices concrètes de l'activité, et un **entraînement spécifique** à une activité donnée, sportive ou autre.

Dans cette étude, nous ne nous intéresserons qu'à l'entraînement général des habiletés visuelles.

Globalement en France, l'évaluation visuelle fonctionnelle (hors bilan ophtalmologique de l'intégrité des différents étages du système et de recherche de dysfonctionnements fonctionnels) et l'entraînement des habiletés visuelles (exception faite des rééducations pour les compensations de la basse vision) sont peu traités. On note peu d'intérêt pour la **"Super vision"** : l'évaluation des performances visuelles **"supra normales"** et l'amélioration des performances visuelles "au delà de la normale" ne concernent que l'évaluation et l'entraînement des pilotes d'avions de chasse et d'hélicoptères de l'armée.

Pourtant on trouve des sections **"Sports vision"** dans de nombreuses Associations d'Optométristes ou d'Ophtalmologistes nationales ou régionales à travers le monde, notamment aux USA (American Optometric Association, 1984, 1985, 1987, 1991 ; Coffey, B. and Reichow, A.W., 1987 ; Cohen, A. H., 1988), en Australie (Australian Optometrical Association, 1987), en Asie (Japan Optometric Association) et en Europe (National Sports Medicine Institute : <http://www.nsmi.org.uk> ou <http://www.optometry.co.uk>).

Taper "sports vision" ou "sportsvision" sur un moteur de recherche en anglais donne plus de 15.000 références.

De nombreux sites proposent des rubriques "Sports vision" dans le cadre d'instituts, comme le "Visual Fitness Institute" (<http://visualfitness.com>) de Chicago

ou le "Georgia Institute of Technology", ou d'université, comme celle de l'Utha qui gère la préparation et l'évaluation des performances physiques de l'**équipe américaine de ski** dans ses différentes disciplines.

Des organisations se sont constituées pour promouvoir l'importance des habiletés visuelles dans la performance sportive et de leur développement. On peut citer entre autres l'"**International Academy of Sports Vision**" (IASV : <http://www.iasv.net>) et sa revue "**International Journal of Sports Vision**", la "**Swiss Sports Vision Association**" (SSVA : <http://www.sportsvision.ch>), l'"**European Academy of Sports Vision**" (EASV: <http://www.easv.org>) ou la "**UK Sports Vision Association**" et ses services en ligne (<http://www.sportvisionservices.co.uk>) qui suit les **équipes nationales britanniques de tir** (carabine et arc), **de voile**, **de hockey sur gazon** (femme), **les équipes de cricket d'Ecosse et du Yorkshire**, et les équipes de **jeunes footballeurs de Nottingham Forest et de Manchester City**.

De part le monde, des "**eyes doctors**" sont attachés à de nombreuses **équipes de sport professionnelles et universitaires renommées** ou à des **athlètes professionnels** en basket-ball, football américain, football, baseball, volley-ball, tennis, golf ou hockey. Ils participent à la **préparation des équipes nationales ou de leurs athlètes aux grands rendez-vous mondiaux** en tirs, tennis, golf, ski, bobsleigh, luge, skeleton, ou volley-ball (Sanet, R. and Sanet, L., 1991).

Les livres célèbres "**Sports Vision : Dr. Revien's eye exercices for athletes**" (L. Revien and M. Gabor, 1981), puis son "**Eyeroics**", "**The Athletic Eye : Improved Sports Performance Through Visual Training**" (Seiderman, A. and Schneider, S., 1983) et "**Sports Vision**" (Loran, D. F. C. and MacEwen, C. J., 1995), ont proposé des **tests** simples pour évaluer les habiletés visuelles et des **exercices** pour les développer en fonction de son sport, sans toujours apporter les validations scientifiques de leurs arguments.

Depuis, sur internet de nombreux sites commerciaux vantent et proposent des méthodes (manuels, cassettes vidéo, CD Rom et tests visuels "en ligne") pour améliorer chez soi ses habiletés visuelles et perceptives spécifiques à son sport. Ils sont apparus dans le monde anglo-saxon et vont bientôt arriver en France. On y parle de "**musclature visuelle**", d'"**aérobique visuelle**", de "**gym visuelle**" ou autres "**renforcement visuel**" et "**fitness visuel**".

Bausch & Lomb (Bausch & Lomb, 1993, 1995, 1997), leader mondial dans le domaine de l'optique et sponsor officiel des JO d'hiver et d'été, mobilise une centaine d'optométristes dans un centre d'optométrie des plus sophistiqués (**Olympic Vision Center**), installé au Village Olympique, pour réaliser des diagnostics de la vision fonctionnelle des athlètes olympiques depuis les Jeux d'hiver et d'été de 1992. Taper

"Bausch & Lomb" puis "sport" sur un moteur de recherche en anglais donne 74.300 références.

En langue française, les références concernant le domaine "Sport et Vision" se comptent sur les doigts d'une main (aucune en France).

Les sports les plus courtisés dans le monde sont, dans l'ordre : le baseball, le football américain, le basket-ball, le golf, le hockey, le tennis, le cricket, les tirs, le volley-ball, le ski, la voile, et le vélo tout terrain.

Malheureusement aucune étude ni prescription, en France ou dans le reste du monde, ne concerne l'escrime (fleuret, épée ou sabre).

L'objet de cette étude est de faire prendre conscience :

- ↪ de l'importance, donnée dans le monde, à l'évaluation et à l'entraînement des habiletés visuelles en sport,
- ↪ de l'efficacité et de l'utilité d'un programme d'entraînement visuel général pour l'amélioration des habiletés visuelles d'athlètes de haut niveau ayant des performances visuelles "normales", notamment en sabre,
- ↪ de la possibilité d'entraîner les habiletés visuelles et notamment :
 - ✓ De l'athlète en dehors des séances programmées,
 - ✓ De l'athlète blessé,
 - ✓ De l'athlète physiquement fatigué.

I. REVUE DE LA LITTÉRATURE.

Dès 1941, Hobson et Henderson (Hobson, R. and Henderson, M.T., 1941) montrent que chez les joueurs de basketball de Grinnell College, les meilleurs passeurs (évalués par leur entraîneur) ont un champ visuel périphérique plus étendu de 15% que les autres joueurs, tous les joueurs ayant un champ périphérique supérieur à la normale (déterminée par l'American Optical Compagny).

En 1942, Winograd (Winograd, S., 1942) dans une étude comparée, met en évidence des différences significatives de performances visuelles entre les athlètes retenus dans les équipes universitaires de baseball, les athlètes non retenus et les non athlètes.

Mais c'est Graybiel (Graybiel, A., Jokl, E. and Trapp, C., 1955) qui en présentant, aux Jeux Olympiques d'été d'Helsinki de 1952, une courte communication sur les études russes menées sur les relations entre des variables physiologiques visuelles et l'exercice physique (effet de l'exercice sur certaines habiletés visuelles et importance relative de la vision centrale et de la vision périphérique dans la performance dans différents sports) a renforcé l'intérêt et relancé les recherches liées aux habiletés visuelles et à leur entraînement dans le monde.

Depuis, l'"American Optometric Association" (1984, 1985, 1987, 1991 ; Coffey, B. and Reichow, A.W., 1987 ; Cohen, A. H., 1988), l'"Australian Optometrical Association" (1987), l'"International Academy of Sports Vision" (Kirscher, D., 1990), la "Sports Vision Association" (1998) et Bausch & Lomb (Bausch & Lomb, 1993, 1995, 1997) se sont préoccupés des relations entre vision et sports en définissant des chartes pour l'évaluation des habiletés visuelles en fonction des exigences des différents sports, les normes et des guides d'entraînement.

Se poser la question de l'efficacité d'un l'entraînement visuel (ou perceptif), repose sur des hypothèses a priori :

- Les exigences visuelles (ou perceptives) des tâches sportives sont connues
- Les athlètes ont des performances visuelles (ou perceptives) meilleures que les non athlètes
- Dans une discipline donnée certaines habiletés visuelles (ou perceptives) différencient les différents niveaux d'expertises entre athlètes
- Ces habiletés peuvent être améliorées par l'entraînement, même au-delà de la normale

- L'amélioration des performances visuelles (ou perceptives) se traduit par une élévation du niveau de la performance sportive et/ou par le maintien de son niveau plus longtemps.

A. LES PERFORMANCES VISUELLES DIFFERENCIENT ATHLETES ET NON ATHLETES.

Stine et collaborateurs (Stine, C. D., Arterburn, M. R. and Stern, N. S., 1982) présentent une première revue critique de la littérature relative aux relations entre vision et sports : ils notent que les articles ou les ouvrages présentant les exigences visuelles selon les disciplines sportives, les techniques de mesure et celles d'entraînement, s'appuient généralement sur peu de références scientifiques, voir aucune.

Une dizaine d'années plus tard, Hazel (1995) aboutit à des conclusions proches. On dispose de plus de données fiables attestant que, dans certains sports, la correction de dysfonctionnements visuels, tels que l'amétropie et les anomalies de l'accommodation et de l'équilibre binoculaire, améliore la performance sportive. Mais on ne peut toujours pas trancher globalement en faveur ou en défaveur de la supériorité des performances visuelles des athlètes par rapport aux non athlètes, quel que soit le sport.

En outre, la mise en relation de l'**acuité visuelle centrale** (généralement tenue comme seule référence) et d'**autres paramètres spatiaux de la vision**, montre que ces derniers ne peuvent pas être prédits, pour un individu donné, à partir des mesures d'acuité visuelle statique, malgré des corrélations élevées et significatives (Haegerström, G., Schneck, M., E., Lott, L., A. and Brabyn, J., A., 2000).

Des résultats scientifiquement validés montrent que les groupes d'athlètes se différencient des non athlètes sur un certain nombre de paramètres :

- une meilleure **sensibilité au contraste** (Coffey, B. and Reichow, A.W., 1988 ; Jafarzadehpur, E. and Yiarigholi, M. R., 2004 : en tennis de table ; Kluka, D. A., Love, P. A., Sanet, R., Hillier, C., Schneider, H. and Stroops, S., 1995 ; Schneider, H. G., Kluka, D. A. and Love, P. A., 1992 : en football américain),
- un **champ visuel périphérique de détection et de perception du mouvement** plus large (Mizusawa, K., Sweeting, R. L. and Knouse, S. B., 1983 : en basket-ball et football),
- une meilleure **motilité oculaire** en poursuite et en saccades (Christenson, G. N. and Winkelstein, A., M., 1988 : en football américain ; Trachman, N. J., 1973 : en baseball),

- une **acuité visuelle périphérique** et une **acuité visuelle dynamique** (Ishigaki, H. and Miyao, M., 1993 : en baseball, tennis et badminton ; Millslagle, D. G., 2000 : en softball) plus élevées,
- une meilleure **perception de la profondeur** (Coffey, B. and Reichow, A.W., 1990) et une hétérophorie plus faible.
- une meilleure **facilité d'accommodation** (Jafarzadehpur, E. and Yiarigholi, M. R., 2004 : en tennis de table).
- De même, on relève des différences significatives dans une population de sujets ayant des **handicaps mentaux** comparables, au bénéfice des athlètes participant aux Jeux Olympiques Spéciaux de 1997 par rapport à une population sédentaire, concernant : l'**acuité visuelle statique**, la **réfraction oculaire**, et les **strabismes** (Quevedo i Junyent, L., Seres i Seves, C. and Sole i Forto, J., 2003).

B. LES PERFORMANCES VISUELLES DIFFERENCIENT LES MEILLEURS ATHLETES DES MOINS BONS.

Kluka, D. A. et Love, P. A. (1991) montrent que les performances de **sensibilité aux contrastes** à hautes fréquences spatiales (détails fins) différencient les volleyeuses ayant une vision normale (20/20 à chaque oeil) appartenant au Championnat Inter Universités Américain, aux équipes des Jeux Olympiques Spéciaux et aux joueuses de clubs : les premières ont de meilleures performances que les deux autres (qui ont des performances comparables).

Par contre, Schneider, H. G., Kluka, D. A. et Love, P. A. (1992) ne trouvent aucune différence sur les mêmes tests entre joueurs de baseball (ayant une vision normale) universitaires et professionnels : seuls les athlètes ayant une **dominance œil droit** ont de meilleures performances à toutes les fréquences spatiales.

En comparant les **sensibilités aux contrastes** d'athlètes de différents sports et de différents niveaux, Kluka, D. A., Love, P. A., Sanet, R., Hillier, C. Schneider, H. et Stroops, S. (1995) remarquent des différences de performance entre sports, toujours au bénéfice des athlètes de niveaux les plus élevés (voir également : Kluka, D. A., Love, P. A., Covington, K., Moslad, S., Taylor, J. and Cook, T., 1995).

Comparant différentes performances visuelles d'athlètes impliqués dans différents **sports dynamiques ou statiques**, Coffey et Reichow ont montré une supériorité de la **sensibilité aux contrastes** (1988) et une **plus grande vitesse de vergence accommodative** (Coffey, B. and Reichow, A.W., 1990) des athlètes de sports dynamiques.

Dans une étude sur les joueurs de billard (Williams, A. M., Singer, R. N. and Frehlich, S. G., 2002), les auteurs montrent que les meilleurs **stabilisent leur regard ("pause visuelle")** plus longtemps que les moins bons avant d'effectuer un coup, et d'autant plus longtemps que le coup est plus difficile : si le temps de "pause visuelle" est limitée expérimentalement, les performances diminuent quel que soit le niveau de pratique.

Des conclusions similaires sont tirées d'une étude analysant les stratégies visuelles d'athlètes **élites et pré élites de hockey sur glace** dans des tâches défensives (Martell, S, G, and Vickers, J., N., 2004).

L'une des études les plus convaincantes et les plus représentatives, concernant l'intérêt des tests visuels et leur utilisation potentielle est celle conduite par Loran (Loran D. F. C. and Griffiths, G. W., 1999) sur le **recrutement des jeunes joueurs de football** du club anglais de Nottingham Forest. Cette étude, ayant testé certains paramètres (sensibilité aux contrastes, évaluation de la profondeur, facilités de vergence, facilités d'accommodation, fixation dynamique, vision dynamique, perception périphérique, temps de réaction œil pieds, temps de réaction œil main, récupération à l'éblouissement), montre une corrélation à 99% avec les choix des entraîneurs pour les joueurs retenus. Les joueurs ayant quitté le club 8 mois plus tard, présentaient des performances "sujettes à attention" aux tests visuels initiaux (en bas de tableau) en corrélation avec le diagnostic des entraîneurs.

C. LES PERFORMANCES VISUELLES SONT ENTRAINABLES.

La question ne se pose pas à tous ceux qui concourent à la **rééducation efficace et spectaculaire de la basse vision et à l'orthoptie** des jeunes enfants ou des adultes (Cohen, A. H., 1988 ; pour une analyse critique, voir : Keogh, B. and Pelland, M., 1985 et Getman, G., N., 1985)

Mais qu'en est-il des sujets dont les performances visuelles s'inscrivent dans la normalité et notamment des sportifs pour qui les contraintes visuelles dépassent celles rencontrées dans la vie de tous les jours ?

L. Revien et M. Gabor (1981) et Seiderman, A. et Schneider, S. (1983) rapportent des effets bénéfiques de leurs méthodes pour différents sports, sans apporter d'autres preuves que des témoignages anecdotiques.

Des études scientifiquement contrôlées ont remis en cause l'amélioration des performances visuelles chez des sujets ayant une vue "normale" par ces méthodes d'entraînement général au-delà de la familiarisation aux tests (B. Abernethy and J. M. Wood, 2001 ; Wood, J. M. and Abernethy, B., 1997).

Toutefois, Stine et collègues notent, dès 1982, que **l'acuité visuelle dynamique, la perception de la profondeur, la flexibilité et l'amplitude de l'accommodation, la convergence et la relation accommodation-convergence** sont entraînables : en général, les habiletés visuelles qui sont plus développées chez les athlètes ou les pilotes d'avion que chez les sédentaires sont entraînables (Hazel, C.A., 1995).

Westheimer (2001) montre que certaines composantes de l'acuité visuelle périphérique sont susceptibles d'apprentissage chez l'adulte.

Parmi les habiletés entraînables, les **facilités accommodatives et les relations accommodation-vergence** jouent un rôle particulier dans les sports (Atchkinson, D., Mon-Williams, M., Treisilian, J., Stark, J. R. and Strang, N. C., 1997), notamment dans ceux qui imposent des aller et retours fréquents et rapides des fixations visuelles dans la profondeur (tennis de table, tirs et escrime par exemple). En effet, des **facteurs attentionnels** (de plus haut niveau, donc volontaires) jouent un rôle important dans les relations accommodation-vergence pour une exploration active d'un environnement tri dimensionnel (Francis, E., L., Jiang, B., C., Owens, D., A. and Tyrell, R., A., 2003), et posent des problèmes même chez des optométristes cliniciens professionnels (Winters, J., E., Frantz, K, A. and Kern, R., M., 2004). L'hypothèse avancée par Jiang (2000) donne à **l'attention un rôle de modificateur du gain des boucles accommodation-vergence** : plus la mobilisation de l'attention est importante, plus l'adaptation de l'accommodation-vergence est importante. L'entraînement de l'adaptation de l'accommodation-vergence produit un effet rapide (Patel, N. and Firth, A., Y., 2003) qui se maintient dans le temps (Luu, C., D., Green, J., F. and Abel, L., 2000) et peut être réalisé chez soi sans matériel particulier (Gallaway, M. Scheiman, M. and Malhotra, K., 2002).

D. L'AMÉLIORATION DES PERFORMANCES VISUELLES AMÉLIORE LA PERFORMANCE SPORTIVE.

Il existe très peu d'études scientifiquement validées qui évaluent le transfert de l'amélioration des performances visuelles à l'amélioration de la performance sportive (Stine, C. D., Arterburn, M. R. and Stern, N. S., 1982). Les études existantes ne présentent pas de groupe contrôle ou ne quantifient pas les améliorations apportées dans les deux domaines ou ne s'appuient pas sur des tests statistiques (Hazel, 1995).

Il est vrai qu'il est difficile de quantifier la performance, sauf dans certains sports (les tirs) ou dans certaines actions sportives (les lancers francs en basket-ball, les penalties en football ou en handball). Il est également difficile pour un

entraîneur, qui croit aux effets de l'entraînement visuel ou perceptif, de "sacrifier" un groupe témoin de même niveau que celui recevant l'entraînement !

Les seules études convaincantes (Abernethy, B., 1990 ; Abernethy, B. and Russel, D., G., 1987 ; Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L. and Williams, J., G., 1994) concernent les habiletés perceptives. De même en volley-ball, l'étude de référence (Kluka, D. A., Love, P. A., Kuhlman, J., Hammack, G. and Wesson, M.D., 1996) montre que l'amélioration de la mobilité oculaire se traduit par de meilleures réceptions de services en match (sur la saison) : il n'est pas sûr que les améliorations d'une performance sportive impliquant technique et anticipation (perceptive) ne soit due qu'à l'amélioration de la performance visuelle.

En tir à la carabine, Quevedo, L., Solé, J., Palmi, J., Planas, A. and Saona, C. (1999) montrent que l'amélioration des performances visuelles du groupe de débutants soumis à entraînement ne se traduit pas par une amélioration des scores.

E. PROBLEMES METHODOLOGIQUES.

Les analyses critiques des protocoles des études réalisées (Abernethy, B. and Wood, J. M., 2001 ; C. A. Hazel, 1995 ; Stine, C. D., Arterburn, M. R. and Stern, N. S., 1982 ; Williams, A.M., and Grant, A., 1999) ; Wood, J. M. and Abernethy, B., 1997) mettent en évidence un certain nombre d'ambiguïtés :

- Les **exigences visuelles** des tâches sportives (donc les paramètres pertinents à étudier) sont proposées sans validation scientifique
- Les tests visuels utilisés sont les **tests standards** réalisés en **conditions "normales "** qui sont rarement les conditions limites ou changeantes de la pratique
- Les tests visuels en début et en fin d'entraînement sont **réalisés avec les mêmes outils** qui servent à l'entraînement, ce qui peut induire des "effets d'habituation"
- Les **niveaux d'expertise sont mal définis** et/ou varient d'un sport à l'autre
- L'absence de mesure ou d'évaluation de la performance motrice sportive avant et après l'entraînement interdit de statuer sur le **transfert possible** de l'amélioration de la performance visuelle à la performance sportive
- L'absence d'un groupe placebo ("effet placebo" et "effet Pygmalion"), en plus d'un groupe contrôle, limite la portée des conclusions.

II. PROTOCOLE DE L'ETUDE.

L'objet de cette étude est de vérifier l'efficacité d'un programme d'entraînement visuel général pour l'amélioration des habiletés visuelles et son transfert la performance motrice d'athlètes de haut niveau en sabre ayant des performances visuelles "normales".

A. ORGANISATION DANS LE TEMPS.

1. EXAMENS OPHTALMOLOGIQUES.

Chaque sabreur du Pôle I.N.S.E.P. a passé un bilan ophtalmologique réalisé par les médecins ophtalmologistes du Département Médical dans les 2 semaines avant le début des entraînements. Cet examen comprenait :

- Un fond d'œil
- Une prise de tension oculaire
- Un diagnostic du segment antérieur de l'œil.

2. EXAMENS COMPLEMENTAIRES.

Ils ont eu lieu dans les 2 semaines avant le début des entraînements.

a. Acuités visuelles statiques.

Les acuités ont été mesurées en monoculaire et en binoculaire, en vision de loin (VL à 6 m) sur une échelle logarithmique de Bailey-Lovie (lettres) et en vision de près (VP à 40 cm) avec un test de Parinaud.

b. Masquage unilatéral.

Ce test évalue la coopération entre les 2 yeux à 6 m et à 40 cm et sert à dépister un strabisme et une phorie.

On demande au sujet (portant éventuellement sa compensation habituelle) de fixer une lettre d'acuité inférieure d'une ligne à celle de l'œil le moins bon.

On cache un œil pour observer l'autre œil. S'il n'y a pas de mouvement, il n'y a pas de strabisme.

On enlève le cache pour permettre la fusion des deux yeux. S'il n'y a pas de mouvement de l'œil caché, il n'y a pas de phorie. S'il y a un mouvement, on évalue la déviation totale (tropie + phorie) puis la phorie s'il n'y a pas de tropie.

c. Masquage alterné.

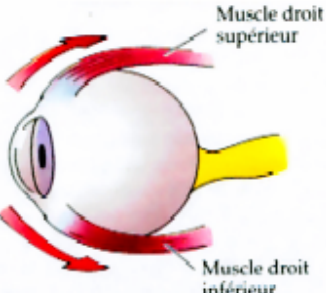

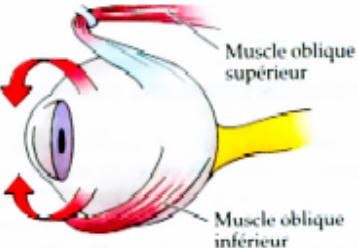
Ce test met en évidence la déviation totale (tropie + phorie) à 6 m et à 40 cm.

On demande au sujet, portant éventuellement sa compensation habituelle, de fixer une lettre d'acuité inférieure d'une ligne à celle de l'œil le moins bon.

On cache alternativement un œil puis l'autre, sans autoriser la vision binoculaire. S'il n'y a pas de mouvement de l'œil, la phorie est inférieure à 3 (si elle existe). S'il y a un mouvement, on évalue la déviation totale, en amplitude, direction et vitesse.

d. Motricité oculaire.

Elle évalue l'efficacité de la coordination des muscles extra oculaires dans les 9 directions du regard.

<p>Mouvements verticaux</p>  <p>Muscle droit supérieur</p> <p>Muscle droit inférieur</p>	<p>Mouvements horizontaux</p>  <p>Muscle droit médian</p> <p>Muscle droit latéral</p>
<p>Mouvements de rotation</p>  <p>Muscle oblique supérieur</p> <p>Muscle oblique inférieur</p>	<p>Sans sa compensation éventuelle, le sujet doit fixer des 2 yeux un stylo lumineux et suivre ses déplacements sur les 4 axes en signalant toute douleur ou tout dédoublement de l'image lumineuse.</p> <p>S'il y a une anomalie en binoculaire, le test est réalisé en monoculaire.</p>

e. **Punctum Proximum de Convergence (PPC).**

Le PPC est la distance du point limite de convergence des 2 yeux par rapport à la racine du nez. Il permet de définir l'œil directeur de près et les distances de bris et de recouvrement.

Sans sa compensation éventuelle, le sujet doit fixer des 2 yeux un stylo lumineux à 60 cm pour en avoir une image unique et nette. On rapproche du nez du sujet le stylo lumineux, qu'il doit suivre du regard jusqu'à ce qu'une image double se forme.

On observe les mouvements de 2 yeux. Un des 2 yeux brise (quitte la cible) et donne la distance de bris : l'œil directeur en vision de près est celui qui maintient la fixation. S'il y a arrêt de la convergence ou si les 2 yeux brisent : l'œil directeur est indéterminé.

On continue à rapprocher le point lumineux du nez, puis on l'éloigne jusqu'à ce qu'une image simple et nette se reforme (recouvrement).

Les distances de bris et de recouvrement sont ainsi déterminées, ainsi que l'œil directeur et les mouvements oculaires au bris.

f. Œil directeur en vision de loin.

Muni de sa compensation habituelle éventuelle, le sujet tient des 2 mains à bout de bras une carte trouée. A travers ce trou, il doit fixer des 2 yeux ouverts une lettre du tableau d'acuité situé à 6 m.

Sans bouger les bras, il ferme alternativement les 2 yeux et indique avec quel œil il continue à voir la lettre : c'est l'œil directeur en vision de loin.

g. Dominance oculaire au filtre rouge.

Le sujet, muni de sa compensation habituelle éventuelle, fixe des 2 yeux un stylo lumineux pour en avoir une image simple et nette. Il place un filtre rouge alternativement devant chaque œil.

En indiquant la couleur du point lumineux (rouge, rose ou blanc), le sujet détermine l'œil dominant qui est l'œil muni du filtre rouge lorsqu'il perçoit le point le plus rouge.

h. Vision des couleurs.

Le test "15 HUE désaturé" met en évidence une anomalie éventuelle de la perception des couleurs. A la lumière du jour, le sujet classe 16 jetons de couleur à partir d'une tonalité donnée au départ.

Les erreurs transversales et de voisinage révèlent les axes de confusion.

3. BILANS VISUELS.

Les 2 bilans visuels ont été réalisés dans la semaine précédant et suivant les séances d'entraînement après les examens ophtalmologiques et complémentaires.

a. Skiascopie.

A l'aide du "refractor", la skiascopie permet de déterminer de façon objective la compensation nécessaire au sujet.

La skiascopie est réalisée à 50 cm des yeux du sujet, qui fixe une ligne d'acuité de 1/10 à 6 m. L'examineur mesure la sphère de point neutre de chaque œil.

b. Réfraction subjective monoculaire.

La réfraction subjective monoculaire s'effectue à partir de la compensation déterminée par la skiascopie.

On vérifie la sphère sur optotypes. On mesure l'acuité visuelle sans les verres de skiascopie, puis la vue du sujet est à nouveau brouillée avec + 0,50 dioptrie et on cherche la compensation qui permet de trouver l'acuité visuelle maximale.

On vérifie l'astigmatisme avec des verres cylindrique croisés de Jackson de +/- 0,25 dioptrie. Le sujet fixe une cible constituée de 4 points symétriques, puis on cherche l'axe et la valeur du verre cylindrique.

c. Equilibre subjectif bioculaire.

Il est réalisé à partir des compensations déterminées lors de la réfraction subjective monoculaire.

La vue du sujet est brouillée avec des verres de 0,50 dioptries. Le sujet fixe une ligne de lettres d'acuité 8/10 à 6 m. Il est alors muni de prismes verticaux de 3 Δ base inférieure sur l'œil droit et de 3 Δ base supérieure sur l'œil gauche.

Le sujet voit alors 2 lignes de lettres, dont l'une est plus floue que l'autre. On ajoute alors des verres convexes sur l'œil qui a l'image la plus nette, jusqu'à ce que les 2 lignes soient également floues.

d. Appréciation perceptive.

A partir de la compensation déterminée lors de l'examen de l'équilibre subjectif bioculaire, on détermine la compensation qui donnera une acuité maximale.

e. Mesure des phories dissociées.

Portant la compensation lui donnant une acuité de 10/10, le sujet fixe une ligne de lettres d'acuité 8/10 à 6 m, 2,50 m et 40 cm.

Il est alors muni de prismes dissociateurs de 6 Δ base inférieure sur l'œil droit et de 15 Δ base supérieure sur l'œil gauche.

Le sujet voit alors 2 lignes décalées horizontalement et verticalement. On ajoute alors des verres prismatiques, jusqu'à trouver celui pour lequel les 2 lignes soient l'une sous l'autre (valeur de la phorie la plus exophorique).

f. Gradients.

Les gradients sont une mesure de phorie dissociée à 6 m, 2,50 m et 40 cm.

Portant la compensation lui donnant une acuité de 10/10, le sujet est soumis à une mesure de la phorie dissociée en portant des verres concaves de -1 dioptrie puis convexes de + 1 dioptrie.

Le gradient est défini comme la variation de phorie entre les deux additions concaves et convexes.

g. Réserves fusionnelles.

Portant la compensation lui donnant une acuité de 10/10, le sujet fixe une ligne de lettres d'acuité 8/10 à 6 m, 2,50 m et 40 cm.

On commence par augmenter progressivement la valeur des prismes base interne (divergence), en notant la valeur pour laquelle le sujet voit flou (flou), double (bris) puis simple (recouvrement).

On recommence avec des prismes à base externe (convergence).

h. Amplitude d'accommodation maximale.

Le sujet, muni de sa compensation 10/10, lit un texte d'acuité 10/10 à 33 cm.

On fait défiler en binoculaire des sphères concaves à vitesse constante jusqu'à ce que la lecture soit impossible.

4. TRANSFERT A LA PERFORMANCE.

Pour mesurer la performance motrice du sabreur, nous avons utilisé un simulateur : l'ARVIMEX. C'est un dispositif qui permet l'Analyse des Réactions VIso-Motrices de l'ESCrimeur. Cet appareil place les escrimeurs dans une situation proche de la réalité du terrain pour évaluer leurs stratégies attentionnelles et préparatoires. Les tireurs ont été soumis à un test avant et après les séances d'entraînement visuel dans les modalités décrites en **III. C.**



Le dispositif est constitué d'un panneau métallique hexagonal comportant 6 cibles et 25 lampes. En position de garde (ici à distance d'allongement de bras des cibles), la coquille du sabre est située entre 2 barrières photoélectriques espacées de 15 cm environ. Le tireur doit éteindre le plus vite possible la cible allumée en la touchant avec l'arme reliée au panneau. Le dispositif est relié à un ordinateur qui gère les séquences de signaux présentés et enregistre les données mesurées.

Les variables mesurées sont :

- Le temps de réaction (TR) : entre l'allumage du signal (la cible) et la coupure de la deuxième barrière photoélectrique par la coquille de l'arme.
- Le temps de mouvement (TM) : entre le passage de la deuxième barrière photoélectrique et l'atteinte de la cible.

- La précision : petite cible (la cible centrale : 1,5 cm), grande cible (la cible centrale et la couronne : 4 cm) et le panneau.

Les séquences de signaux sont modulables par un logiciel qui permet de faire varier : le nombre de cibles (1 à 6) et leur localisation (dans un rayon de 7,5 cm du centre du panneau), la possibilité d'anticiper la localisation de la cible (pré information centrale ou périphérique vraie, présentée à 1,5 cm ou 14,5 cm du centre du panneau), la possibilité de feintes (pré information centrale ou périphérique fausse), le rythme des séquences (durées de présentation des signaux) et leur stabilité (durées constantes ou variables).

B. POPULATION.

Tous les athlètes retenus pour cette étude étaient dans la "norme" des bilans ophtalmologiques et complémentaires. La répartition des athlètes dans les 2 groupes a été faite au hasard, excepté pour un athlète "affecté d'office" dans le groupe expérimental par l'entraîneur.

Populations	Age	Durée de pratique	Poids	Taille	Distance de marche et fente	Allongement de bras	Ecart pupillaire
Expérimentale (n=6)	23,3 ans	16,2 ans	75,8 kg	183,2 cm	267,5 cm	70,2 cm	65,3 mm
Témoin (n=6)	22,6 ans	15,8 ans	73,0 kg	180,5 cm	253,2 cm	71,0 cm	62,9 mm

Caractéristiques de la population expérimentale (entraînement visuel) et de la population témoin.

C. ENTRAINEMENT VISUEL.

Les exercices d'entraînement visuel du groupe expérimental se sont déroulés sur 8 semaines à raison de 4 séances de 20 minutes par semaine intégrées aux séances d'entraînement technique normales des sabreurs du Pôle I.N.S.E.P. programmées par leurs entraîneurs. Ils avaient lieu avant ou après les séances d'entraînement dans une pièce contiguë au vestiaire, à l'occasion des séances du matin ou de l'après-midi.

Cette intégration (bénéfique) implique que, outre les **différences entre les horaires d'entraînement visuel**, les athlètes dispensés d'entraînement (blessure, maladie, récupération de compétition) ou en déplacement en compétition, ne participaient pas aux entraînements en même temps que les autres (**les séances n et n+1 n'étaient pas les mêmes pour tous les athlètes** en fonction de leur programme personnalisé d'entraînement).

Cette étude est donc plus une étude clinique qu'une recherche expérimentale.

a. Entraînement à l'accommodation : rock accommodatif (3 minutes).

(1) Objectif.

Il s'agit d'**entraîner la proprioception de l'œil** pour que le sujet s'ajuste le plus rapidement et le plus précisément possible aux variations de focalisation binoculaire provoquées par un "brouillage", pour faire le point (rendre l'image simple et nette).

(2) Dispositif.

Un texte d'acuité visuelle 8/10 est présenté au sujet dans un plan frontal. Il doit le lire à 40 cm au travers d'un "face à main" porteur de verres correcteurs de +/- 2,5 dioptries, puis +/- 2,00 dioptries et enfin +/- 1,00 dioptrie, puis à 2,5 m avec des verres de +/- 1,00 dioptrie.

Les lectures alternées (cycles) pour chaque correction durent 1 minute (soit 4 minutes au total).

Le nombre de cycles est comptabilisé sur chaque minute.

(3) Consignes.

- ↻ Fixer la cible pour en avoir une image simple et nette
- ↻ Placer le "face à main" devant les yeux (position 1)
- ↻ Retourner le "face à main" en position 2 dès que l'image est simple et nette
- ↻ Alternier les positions 1 et 2 dès que l'image est simple et nette

b. Entraînement à la vergence : rock prismatique (4 minutes).

(1) Objectif.

Il s'agit d'**augmenter les capacités fusionnelles en assouplissant les relations entre l'accommodation et les vergences**. L'accommodation est maintenue constante tout au long des exercices, seules les vergences sont sollicitées.

Le sujet doit ajuster le plus rapidement et le plus précisément possible le mouvement en convergence ou en divergence de ses 2 yeux pour rendre l'image simple et nette, mouvement rendu nécessaire par les déviations prismatiques (convergentes ou divergentes) imposées.

(2) Dispositif.

Une cible d'acuité visuelle 8/10 est présentée au sujet dans un plan frontal. Il doit la lire à 40 cm au travers d'un "face à main" porteur de verres prismatiques 8 Δ base interne et 10 Δ base externe, puis 8 Δ base interne et 16 Δ base externe, puis à 2,5 m avec des verres 4 Δ base interne et 10 Δ base externe et enfin à 6 m avec des prismes 4 Δ base interne et 6 Δ base externe.

Les lectures alternées (cycles) pour chaque correction durent 1 minute (soit 4 minutes au total).

Le nombre de cycles est comptabilisé sur chaque minute.

(3) Consignes.

- ↪ Fixer la cible pour en avoir une image simple et nette
- ↪ Placer le "face à main" devant les yeux (position 1)
- ↪ Retourner le "face à main" en position 2 dès que l'image est simple et nette
- ↪ Alternier les positions 1 et 2 dès que l'image est simple et nette

c. Fixations sautées (51=3x17).**(1) Objectif.**

Il s'agit d'entraîner les variations rapides de convergence et de divergence, dans le plan sagittal (profondeur) et d'accommodation.

(2) Dispositif.

Une corde de 2,5 m munie de 3 perles colorées jaune, rouge et verte de 2 cm de diamètre placées à 40 cm, 100 cm et 200 cm du sujet (corde de Brock).

Le sujet effectue 51 (3 x 17) fixations dans l'ordre et au rythme imposé par l'expérimentateur

<http://www.opt.pacificu.edu/journal/Articles/Erickson1.html>

(3) Consignes.

- ↪ Tenir l'extrémité de la corde au niveau du nez
- ↪ Passer d'une perle à l'autre selon les indications de l'expérimentateur
- ↪ Fixer les perles des 2 yeux dans l'ordre et au rythme imposé par l'expérimentateur jusqu'à en avoir une image simple et nette, ou prendre conscience de la diplopie (image double).

d. Mobilisation oculaire et coordination visuo-manuelle (150=3x50).**(1) Objectif.**

Il s'agit à la fois de **stimuler la mobilité oculaire** et d'affiner la **coordination œil main** pour frapper avec une baguette (de 20 cm environ) une balle qui oscille dans un plan frontal (balle de Marsden).

En monoculaire, l'œil droit (œil gauche caché) doit être coordonné avec la main droite, puis l'œil gauche (œil droit caché) avec la main gauche.

En binoculaire, l'exercice est effectué de la main préférentielle avec un "face à main" portant des verres prismatiques.

(2) Dispositif.

Une balle de couleur rouge de 5 cm de diamètre suspendue par une cordelette à hauteur des yeux.

L'expérimentateur donne l'impulsion initiale à la balle.

L'athlète doit frapper 50 fois la balle dans chaque condition avec la baguette.

Le **nombre d'échecs** est comptabilisé en **monoculaire**.

Le **nombre de réussites** est comptabilisé en **binoculaire**.



<http://www.compagniaotticaitaliana.com>

(3) Consignes.

- ↪ Suivre la balle du regard
- ↪ Frapper la balle avec la baguette.

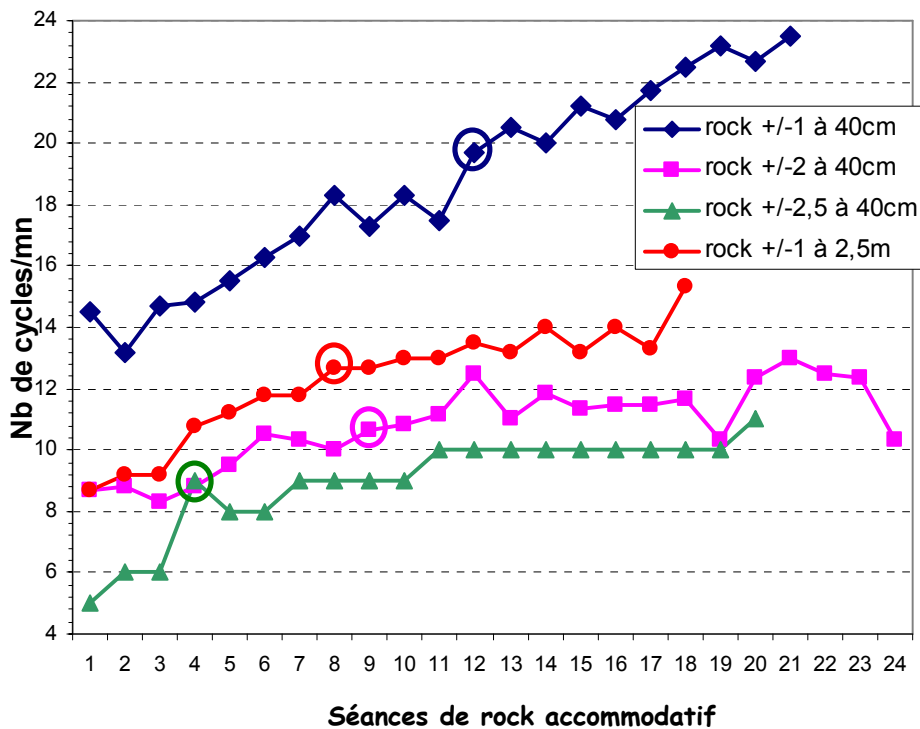
III. RESULTATS.

A. DYNAMIQUE DE L'ENTRAINEMENT VISUEL.

1. ENTRAINEMENT A L'ACCOMMODATION.

a. Résultats du groupe.

Les résultats ont été soumis à une analyse de la variance avec mesures répétées sur les séances, puis un test PLSD de Fisher.



L'évolution des flexibilités accommodatives moyennes du groupe montre une amélioration globale tout au long de l'entraînement, du moins jusqu'à la séance 21.

Concernant le rock accommodatif +/-1 à 2,5 m, la performance s'améliore (F: 17,85 = 2,196 ; p = 0,0096) à partir de la séance 8 (cercle rouge).

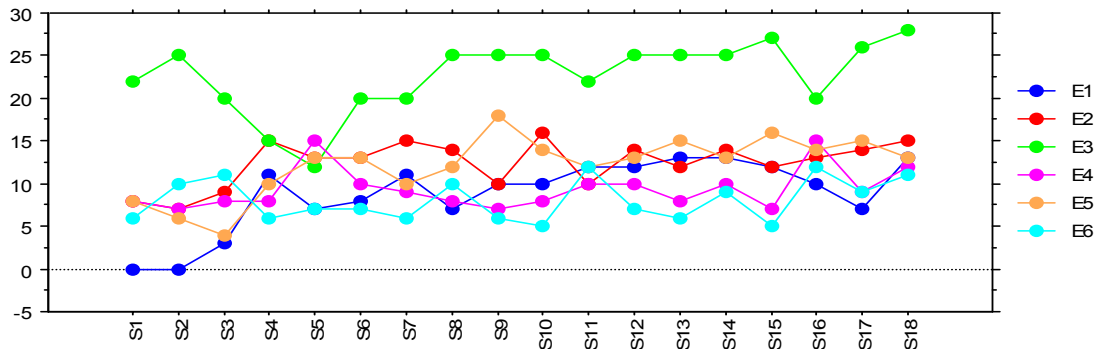
Concernant le rock accommodatif +/-1 à 40 cm, la performance s'améliore (F: 20,100 = 2,296 ; p = 0,0037) à partir de la séance 12 (cercle bleu).

Concernant le rock accommodatif +/-2 à 40 cm, la performance s'améliore (F: 14,70 = 2,938 ; p = 0,0015) à partir de la séance 9 (cercle rose).

Concernant le rock accommodatif +/-2,5 à 40 cm, la performance s'améliore (F: 19,95 = 2,375 ; p = 0,0032), à partir de la séance 4 (cercle vert).

b. Résultats individuels.

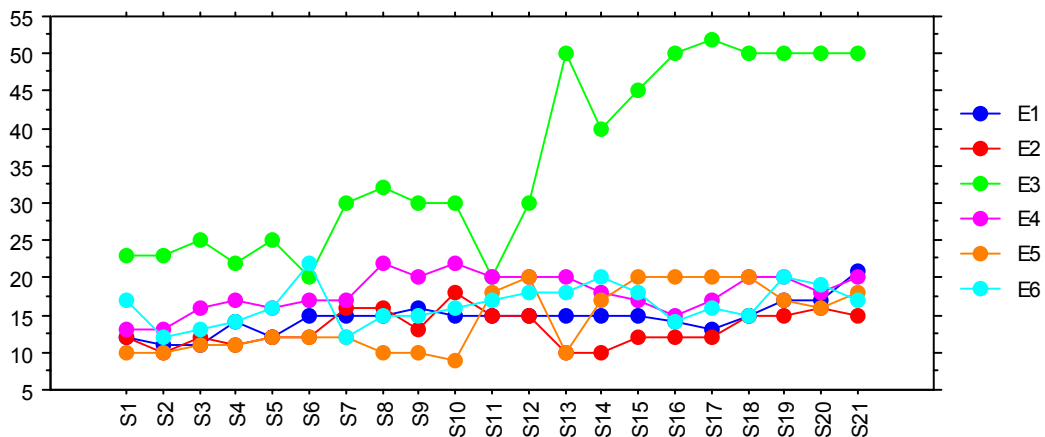
Les résultats ont été soumis à une analyse de la variance sur le facteur sujet, puis à un test de Bonferroni/Dunn.



Variations des performances individuelles pour le rock accommodatif +/- 1 à 2,5 m

Les performances de flexibilité accommodative des athlètes se différencient ($F: 5,102 = 47,535$; $p < 0,0001$).

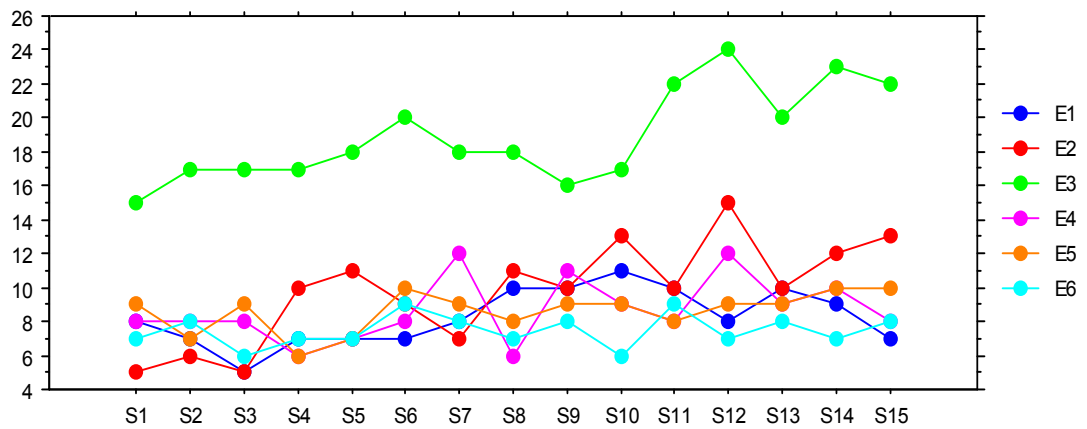
L'athlète E3 se distingue de tous les autres ($p < 0,0033$). L'athlète E1 se distingue de E2 et E5, E2 de E6 et E5 de E6 ($p < 0,0033$).



Variations des performances individuelles pour le rock accommodatif +/- 1 à 40 cm

Les performances de flexibilité accommodative des athlètes se différencient ($F: 5,120 = 46,772$; $p < 0,0001$).

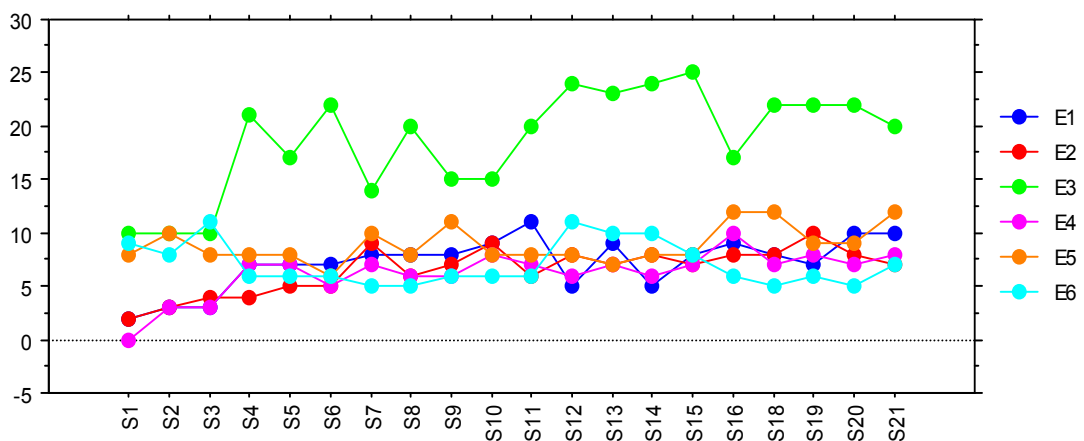
Seul l'athlète E3 se distingue de tous les autres ($p < 0,0033$).



Variations des performances individuelles pour le rock accommodatif +/- 2 à 40 cm

Les performances de flexibilité accommodative des athlètes se différencient ($F: 5,84 = 66,806$; $p < 0,0001$).

L'athlète E3 se distingue de tous les autres et E2 de distingue de E6 ($p < 0,0033$).



Variations des performances individuelles pour le rock accommodatif +/- 2,5 à 40 cm

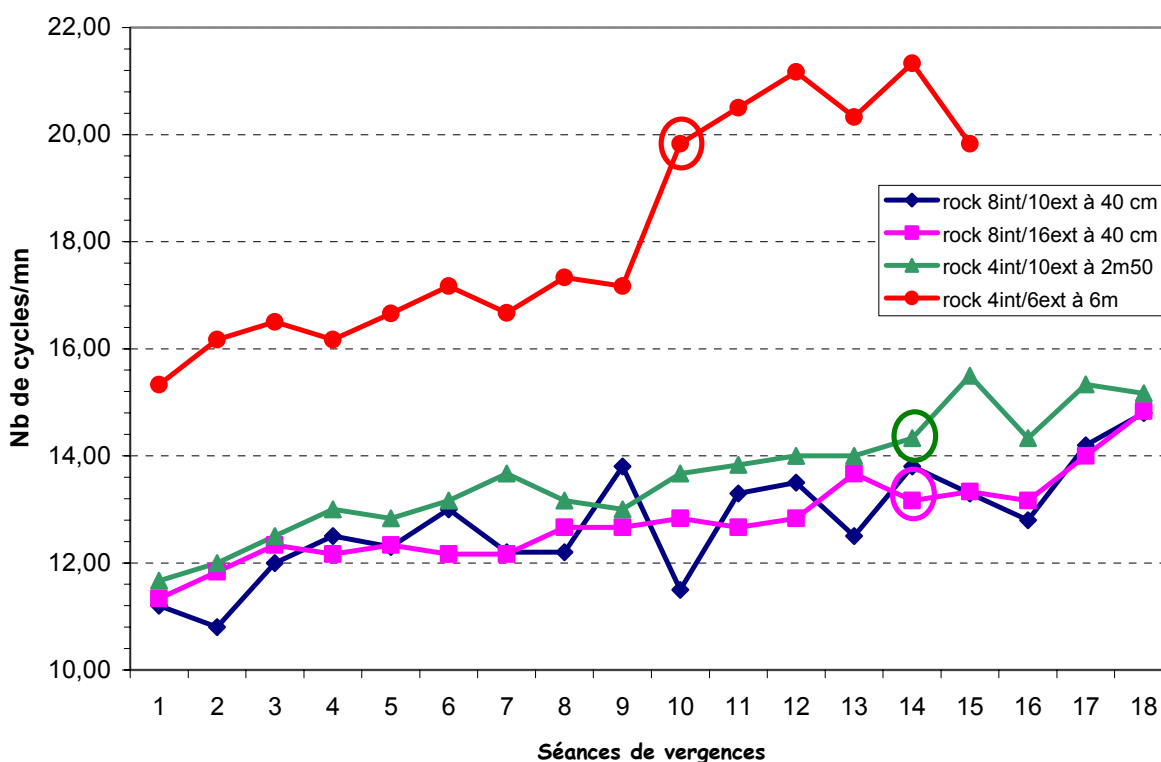
Les performances de flexibilité accommodative des athlètes se différencient ($F: 5,114 = 58,932$; $p < 0,0001$).

L'athlète E3 se distingue de tous les autres et E4 de distingue de E5 ($p < 0,0033$).

2. ENTRAÎNEMENT DES VERGENCES : CAPACITES FUSIONNELLES.

a. Résultats du groupe.

Les résultats ont été soumis à une analyse de la variance avec mesures répétées sur les séances, puis un test PLSD de Fisher.



L'évolution des performances moyennes de flexibilité de convergence du groupe montre une tendance à l'amélioration globale au cours de l'entraînement.

Concernant le rock prismatique 4 interne/6 externe à 6 m, la performance s'améliore ($F: 14,70 = 4,538$; $p < 0,001$) à partir de la séance 10 (cercle rouge).

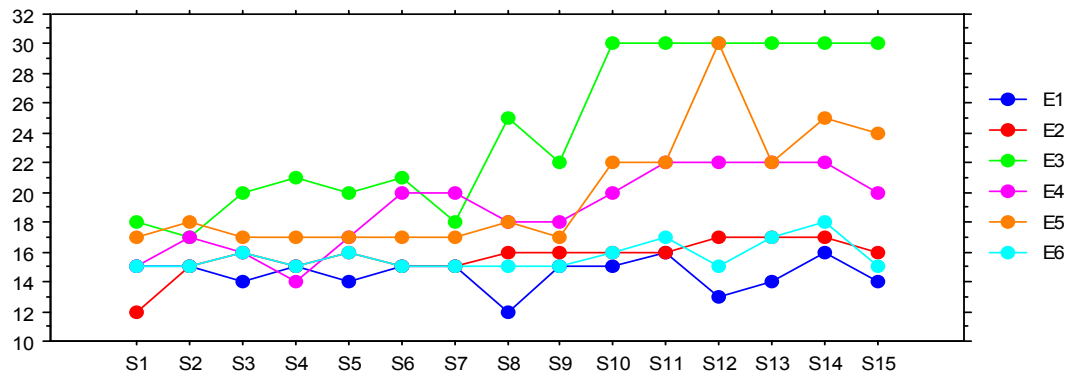
Concernant le rock prismatique 4 interne/10 externe à 2,5 m, la performance ne s'améliore pas significativement, même si les différences entre la séance 1 et les séances 14 et suivantes sont significatives (cercle vert).

Concernant le rock prismatique 8interne/10 externe à 40 cm, il n'y a pas d'évolution significative des performances.

Concernant le rock prismatique 8interne/16 externe à 40 cm, la performance ne s'améliore pas significativement, même si les différences entre la séance 1 et les séances 14, 17 et 18 sont significatives (cercle rose).

b. Résultats individuels.

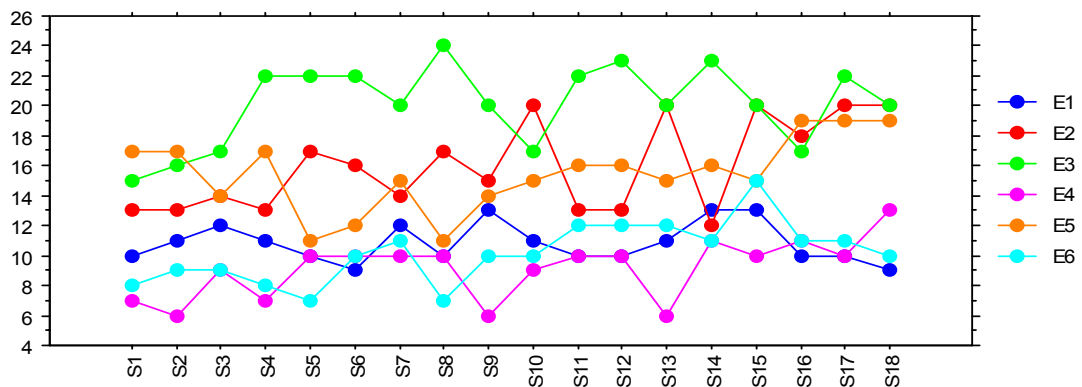
Les résultats ont été soumis à une analyse de la variance sur le facteur sujet, puis à un test de Bonferroni/Dunn.



Variations des performances individuelles en rock prismatique 4 interne/6 externe à 6 m

Les performances des athlètes en flexibilité de convergence se différencient ($F: 5,84 = 21,437$; $p < 0,0001$).

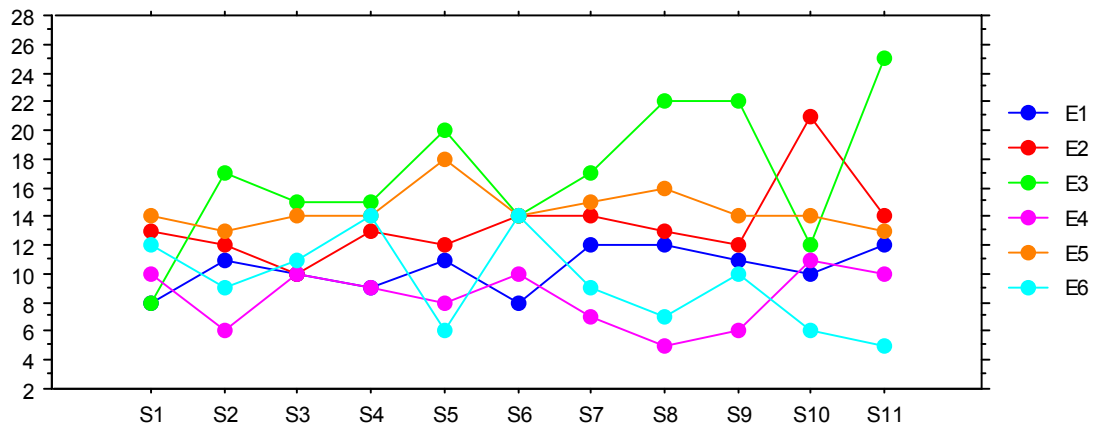
L'athlète E3 se distingue de tous les autres, E1 se différencie de E4 et E5, E2 de E5, et E5 de E6 ($p < 0,0033$).



Variations des performances individuelles en rock prismatique 4 interne/6 externe à 2,5 m

Les performances de flexibilité de convergence des athlètes se différencient ($F: 5,102 = 61,220$; $p < 0,0001$).

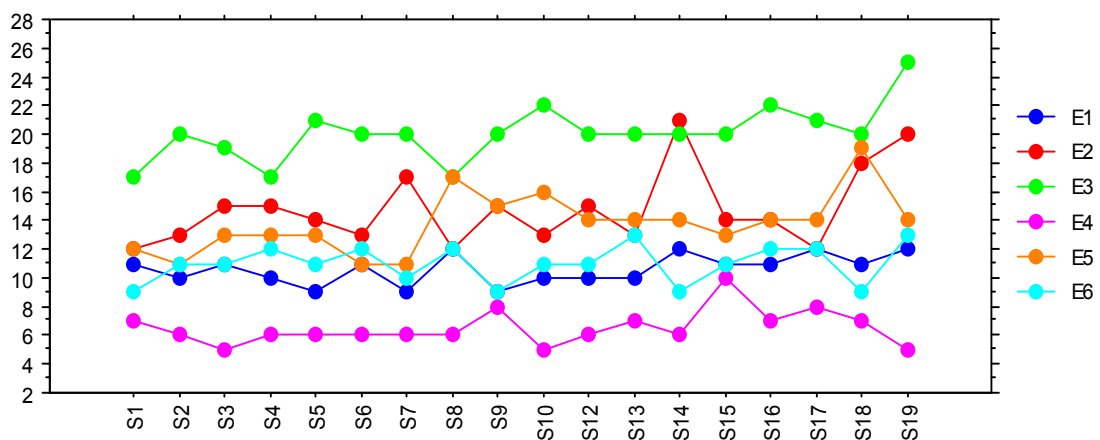
On note une grande variabilité inter athlètes et inter séances chez certains. L'athlète E3 se distingue de tous les autres, E1 se différencie de E2 et E5, E2 de E4 et E6, E4 de E5, et E5 de E6 ($p < 0,0033$).



Variations des performances individuelles en rock prismatique 8 interne/10 externe à 40 cm

Les performances de flexibilité de convergence des athlètes se différencient ($F: 5,60 = 14,475$; $p < 0,0001$) avec une grande variabilité entre athlètes et entre séances.

L'athlète E1 se différencie de E3 et E5, E2 de E4 et E6, E3 de E4 et E6, E4 de E5, et E5 de E6 ($p < 0,0033$).



Variations des performances individuelles en rock prismatique 8 interne/16 externe à 40 cm

Les performances de flexibilité de convergence des athlètes se différencient ($F: 5,102 = 61,220$; $p < 0,0001$) avec une grande variabilité entre athlètes.

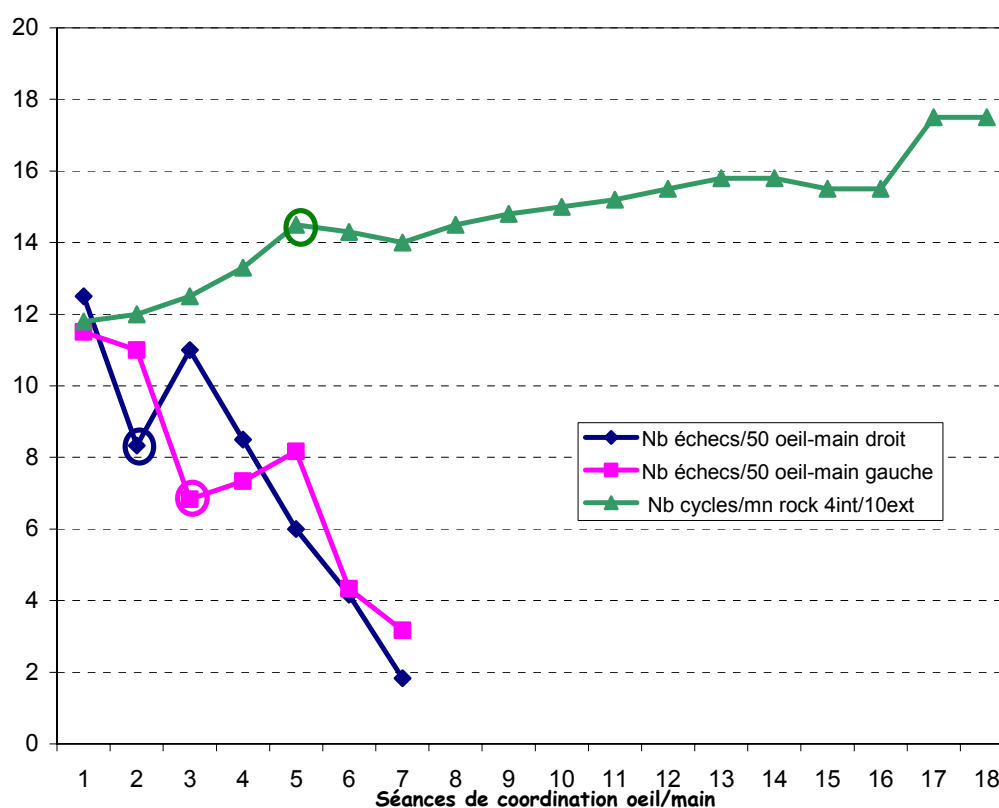
L'athlète E3 se distingue de tous les autres, E1 de E2 et E5, E2 de E4 et E6, E4 de E5 et E5 de E6 ($p < 0,0033$).

La grande variabilité inter athlètes explique que l'évolution des courbes des performances de flexibilité de convergence du groupe ne soit pas significative (excepté pour l'entraînement en rock prismatique 4 interne/6 externe à 6 m).

3. MOBILISATION OCULAIRE ET COORDINATION VISUO MANUELLE.

a. Résultats du groupe.

Les résultats ont été soumis à une analyse de la variance avec mesures répétées sur les séances, puis un test PLSD de Fisher.



On note une amélioration des performances tout au long des séances de mobilisation oculaire et coordination œil/main.

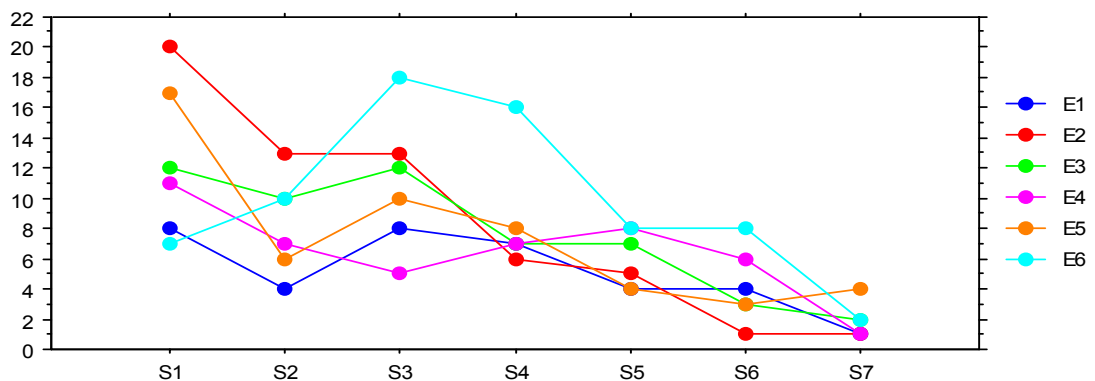
Concernant la coordination œil droit/main droite, le nombre d'échecs sur 50 tentatives diminue ($F: 6,30 = 8,011$; $p < 0,001$) à partir de la séance 2 (cercle bleu).

Pour la coordination œil gauche/main gauche, le nombre d'échecs sur 50 tentatives diminue ($F: 6,30 = 3,791$; $p = 0,0063$) à partir de la séance 3, puis 6 et 7 (cercle rose).

Concernant la mobilisation oculaire pour une coordination yeux/main préférentielle avec prismes 4 interne et 10 externe traduisant une flexibilité de convergence, le nombre de cycles par minute augmente ($F: 17,85 = 3,482$; $p < 0,0001$) à partir de la séance 5 (cercle vert).

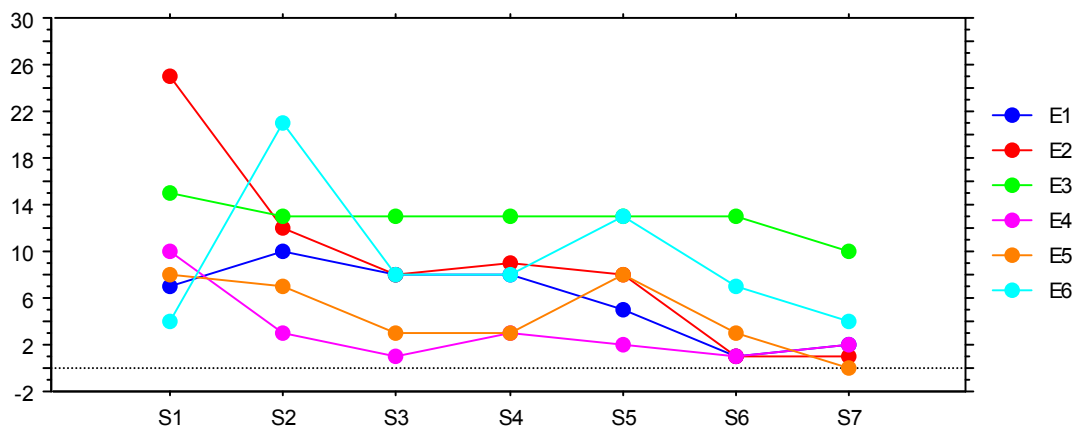
b. Résultats individuels.

Les résultats ont été soumis à une analyse de la variance sur le facteur sujet, puis à un test de Bonferroni/Dunn.



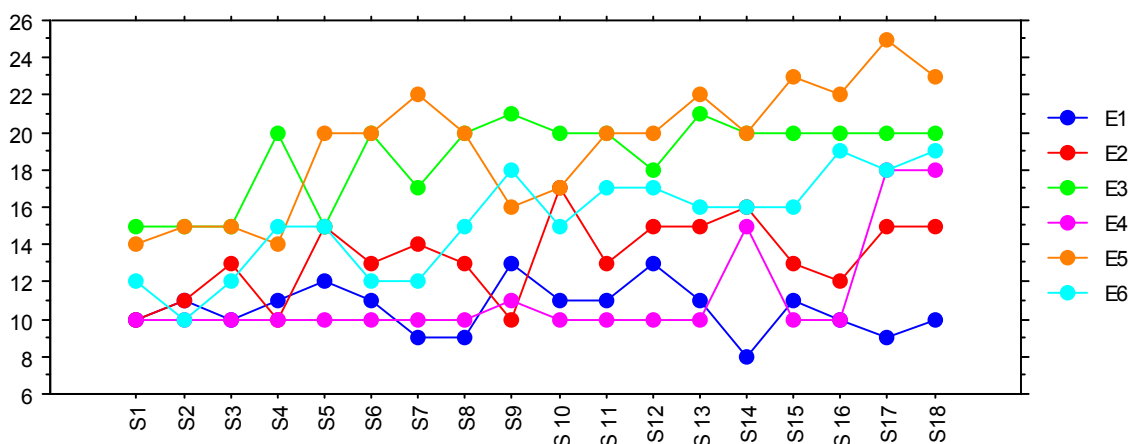
Variation du nombre d'échecs en coordination œil droit/main droite

Il n'y a pas de différence significative entre les évolutions de performance des athlètes en coordination œil droit/main droite.



Variation du nombre d'échecs en coordination œil gauche/main gauche

L'évolution des performances en coordination œil gauche/main gauche différencie les athlètes ($F: 5,36 = 4,052$; $p = 0,0051$) : l'athlète E3 se distingue de athlètes E4 et E5.



Variation du nombre de cycles par minute en coordination binoculaire/main préférentielle avec prisme 4 interne/10 externe

L'évolution des performances de flexibilité en convergence dans une tâche de coordination binoculaire/main préférentielle, différencie les athlètes ($F: 5,102 = 39,976$; $p < 0,0001$).

Tous les athlètes se différencient les uns des autres, exceptés E1 et E4, E2, E4 et E6, et E3 et E5.

B. EFFETS DE L'ENTRAÎNEMENT VISUEL

Rappelons que les 2 groupes ont subi le même bilan visuel avant l'entraînement visuel du groupe expérimental et après, et que **les tests effectués lors des bilans n'utilisaient pas les mêmes outils que les exercices retenus pour les entraînements** (ce qui évacue tout effet d'habituation).

Les résultats ont été soumis à une analyse de la variance à 2 facteurs avec mesures répétées sur le deuxième facteur : un "**facteur Groupe**" (le **groupe expérimental E**, qui a suivi les entraînements visuels en plus de l'entraînement d'escrime prévu, et le **groupe témoin T** qui n'a suivi que l'entraînement d'escrime prévu) et un "**facteur Session**" avec mesures répétées (S1 avant et S2 après l'entraînement visuel).

Les effets qui nous intéressent sont :

- l'"**effet Session**", qui traduirait **une amélioration (ou une détérioration) des performances visuelles liée à l'entraînement d'escrime**, tous groupes confondus,
- et l'**interaction entre le "facteur Groupe" et le "facteur Session"** qui **dénoterait une amélioration (ou une détérioration) des performances visuelles due à l'entraînement visuel**, les deux groupes ne se comportant pas de la même façon avant et après entraînement.

1. PHORIES

En vision de loin (6 m), intermédiaire (2,5 m) ou de près (40 cm) les traitements statistiques ne révèlent pas de différence significative entre les valeurs des phories suite à l'entraînement visuo-moteur.

2. RESERVES FUSIONNELLES.

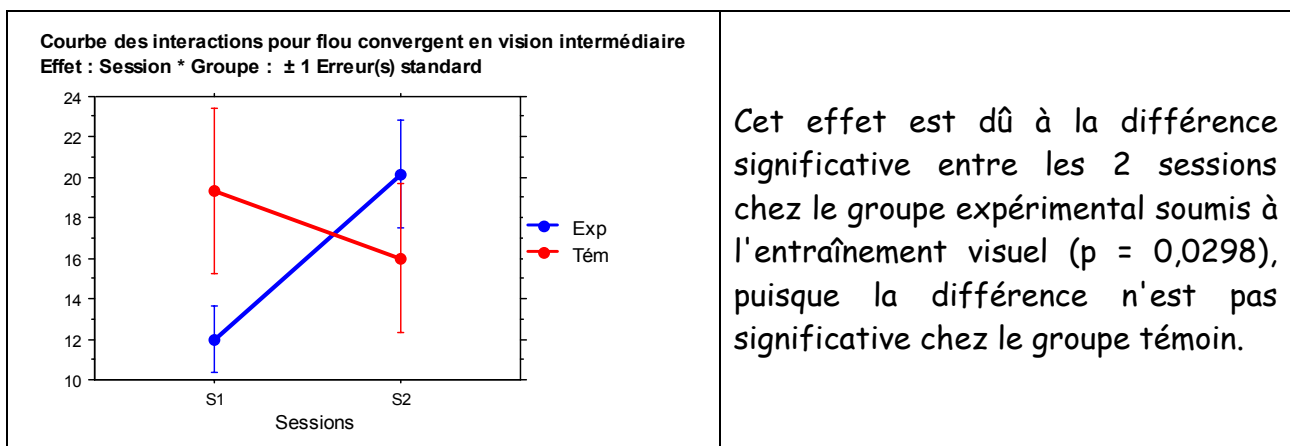
a. Flous divergents.

Que ce soit en vision de loin (6 m), intermédiaire (2,5 m) ou de près (40 cm) on ne note pas de différence significative entre les valeurs de flous divergents suite à l'entraînement visuo-moteur.

b. Flous convergents.

En vision de loin (6 m), aucun des effets, ni l'interaction ne sont statistiquement significatifs.

En vision intermédiaire à 2,5 m, les effets Groupe et Session ne sont pas significatifs, mais l'interaction Groupe * Session est significative ($F: 1,10 = 12,239$; $p = 0,0057$).



En vision de près (40 cm), il n'y a pas d'effet Groupe ni Session, et l'interaction n'atteint pas la significativité ($p = 0,0723$).

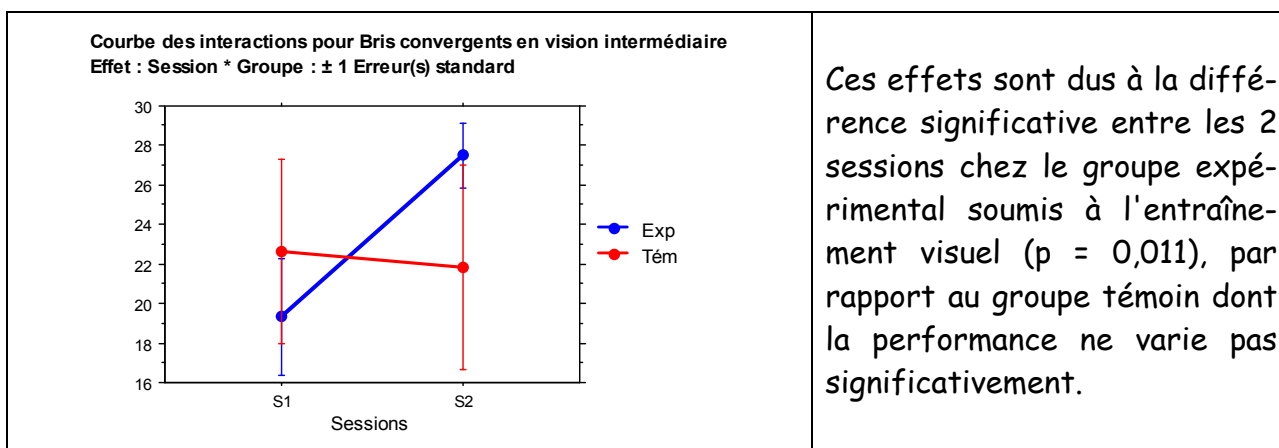
c. Bris divergents.

Que ce soit en vision de loin (6 m), intermédiaire (2,5 m) ou de près (40 cm) on ne note pas de différence significative entre les valeurs de bris divergents suite à l'entraînement visuo-moteur.

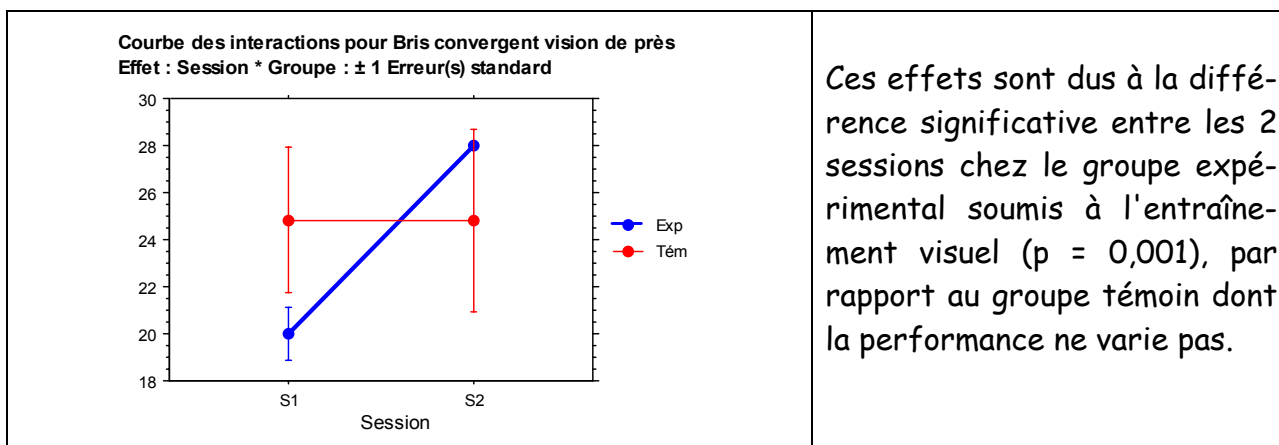
d. Bris convergents.

En vision de loin (6 m), aucun des effets, ni l'interaction ne sont statistiquement significatifs.

En vision intermédiaire à 2,5 m, l'effet Groupe n'est pas significatif, mais le facteur Session a un effet significatif ($F: 1,10 = 11,388$; $p = 0,0071$), et l'interaction Groupe * Session est significative ($F: 1,10 = 17,153$; $p = 0,002$).



En vision de près (40 cm), il n'y a pas d'effet Groupe. Mais là encore on remarque un effet Session ($F: 1,10 = 6,809$; $p = 0,0261$) et une interaction Session * Groupe ($F: 1,10 = 6,809$; $p = 0,0261$) significatifs.

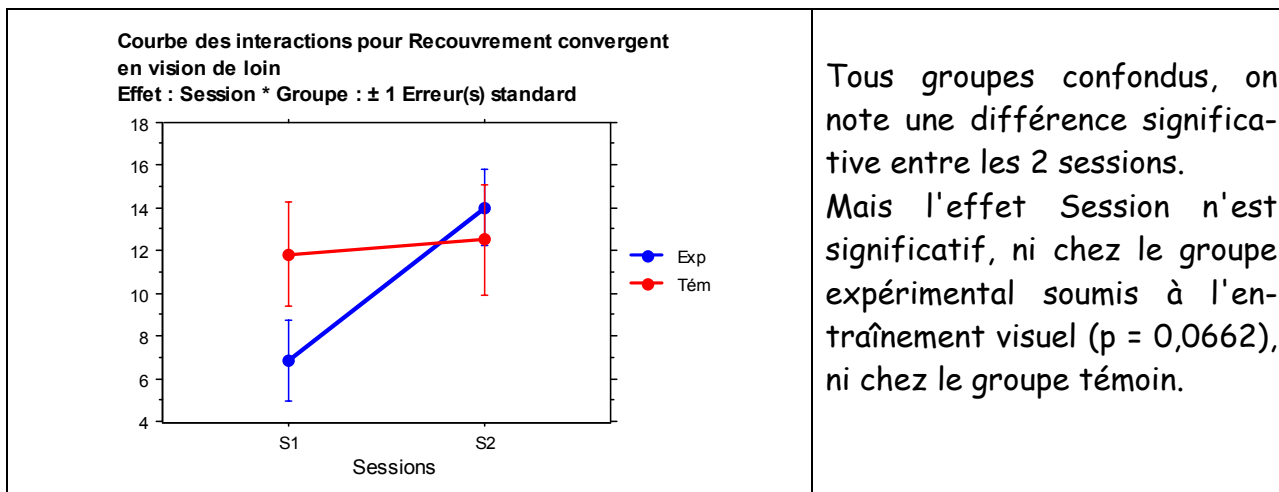


e. Recouvrements divergents.

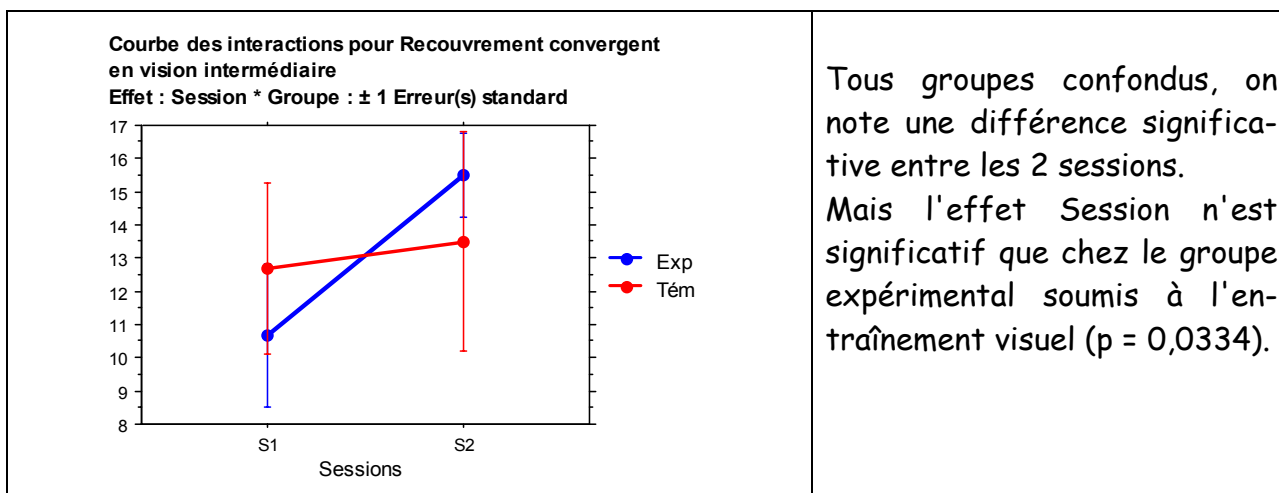
Que ce soit en vision de loin (6 m), intermédiaire (2,5 m) ou de près (40 cm) on ne note pas de différence significative entre les valeurs de recouvrements divergents suite à l'entraînement visuo-moteur.

f. Recouvrements convergents.

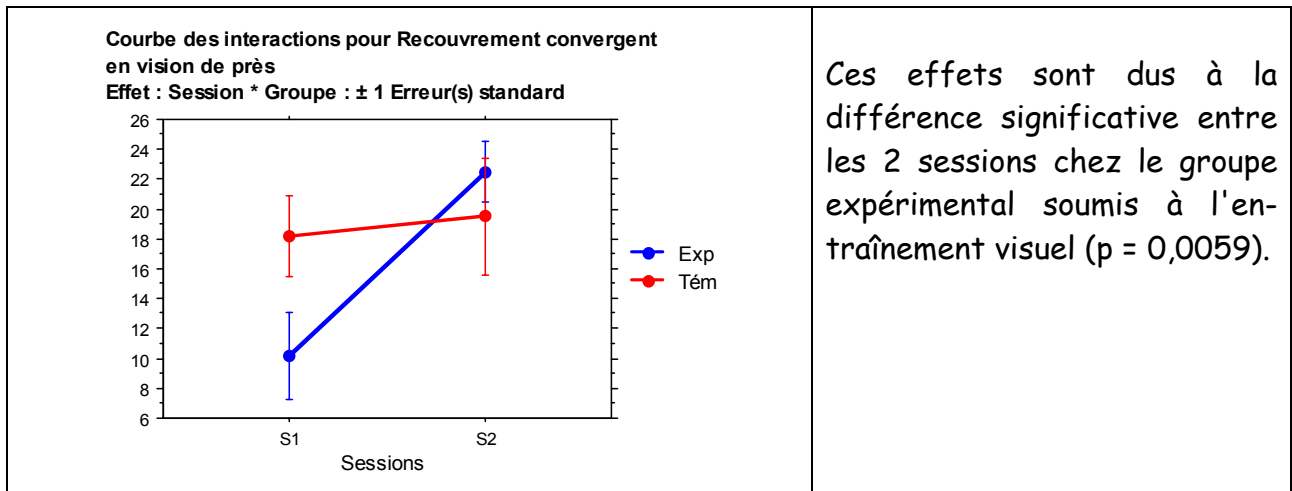
En vision de loin à 6 m, si l'effet Groupe n'est pas significatif, le facteur Session a un effet significatif ($F: 1,10 = 6,258$; $p = 0,0314$), mais l'interaction n'atteint pas la significativité ($p = 0,0647$).



En vision intermédiaire à 2,5 m, l'effet Groupe n'est pas significatif, le facteur Session a un effet significatif ($F: 1,10 = 6,437$; $p = 0,0295$), mais l'interaction n'est pas significative.



En vision de près à 40 cm, le facteur Session a un effet significatif ($F: 1,10 = 11,855$; $p = 0,0063$) et l'interaction Session * Groupe est statistiquement significative ($F: 1,10 = 7,680$; $p = 0,0197$).

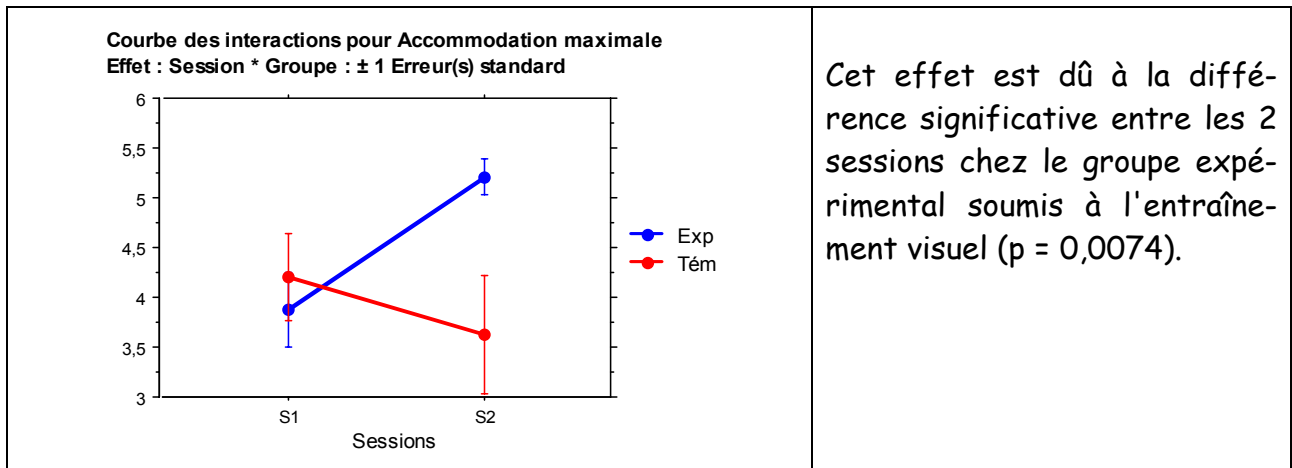


3. GRADIENTS.

Les traitements statistiques ne montrent aucune modification significative des gradients en vision de loin, intermédiaire ou de près.

4. AMPLITUDE D'ACCOMMODATION MAXIMALE.

L'interaction entre les effets des facteurs Groupe et Session sur les valeurs d'accommodation maximale est significative ($F: 1,10 = 12,189$; $p = 0,006$).



Bilan des exercices d'entraînement visuel.

Un certain nombre d'exercices ont donné lieu à des améliorations statistiquement significatives dans le groupe expérimental :

↪ **Entraînement à l'accommodation**

- Rock accommodatif +/- 1,00 à 2,5 m et 40 cm
- Rock accommodatif +/- 2,00 et +/- 2,50 à 40 cm

En améliorant la proprioception de l'œil, la flexibilité accommodative a été augmentée et les tireurs s'ajustent plus rapidement et plus précisément aux variations de focalisation binoculaire provoquée par un "brouillage", faible en vision intermédiaire et plus fort en vision de près, pour faire le point et rendre l'image simple et nette.

↪ **Entraînement aux vergences** (convergence et divergence)

- Rock prismatique 4 interne/5 externe à 6m

Les capacités fusionnelles ont été améliorées en assouplissant les relations entre l'accommodation et les vergences en vision de loin.

↪ **Mobilisation oculaire et coordination visuo-motrice**

- Balle de Marsden main droite/œil droit et main gauche/œil gauche
- Balle de Marsden et rock 4 interne /10 externe

Les exercices en stimulant la mobilité oculaire ont permis d'affiner la coordination œil main.

Bilan des effets de l'entraînement visuel.

Les tests visuels effectués avant et après l'entraînement visuel mettent en évidence une amélioration statistiquement significative de certains paramètres :

- Flous convergents en vision intermédiaire
- Bris convergents en vision intermédiaire et de près
- Recouvrements convergents en vision de loin, intermédiaire et de près

Tous les résultats significatifs concernent la convergence : les tireurs disposent d'une plus grande zone de fusion, impliquant accommodation et convergence, pour garder une image simple et nette d'un mobile (adversaire, cible ou arme) se rapprochant d'eux. Cette flexibilité accommodative en convergence implique également une mobilisation de l'attention spatiale dans le sens de la profondeur.

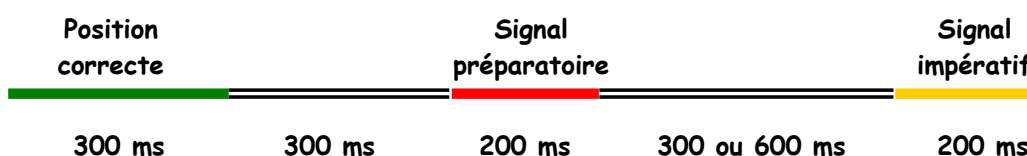
L'absence d'effet dans le sens de la divergence peut signifier que cette dimension soit plus difficile et/ou plus longue à modifier.

C. TRANSFERT A LA PERFORMANCE MOTRICE

Les tests sur l'ARVIMEX sont effectués dans la semaine précédant le début des entraînements visuels, puis lors du deuxième entraînement d'escrime suivant la fin de la période d'entraînement visuel. Chaque session de test est précédée par une séance où les tireurs se familiarisent à la tâche (4 sessions de 30 essais) pour obtenir une stabilisation des TR (valeurs et dispersion).

1. PROTOCOLE

Le test est réalisé sur 3 cibles (numérotées 2, 4, et 6 qui forment un triangle pointe en bas). La lampe verte centrale clignote rapidement tant que la coquille n'est pas correctement positionnée entre les 2 barrières photoélectriques. Puis elle prévient le sujet que le décompte temporel commence en restant allumée en continue pendant 300 ms. A son extinction et 300 ms plus tard, un signal préparatoire (lampes rouges centrales ou périphériques) d'une durée de 200 ms, prévient le sujet que l'une des 3 cibles va s'allumer. Après des délais de 300 ou 600 ms distribués aléatoirement, le signal impératif (lampe jaune au centre d'une cible) est présenté pendant 200 ms. Le sabreur dispose alors de 900 ms pour répondre (temps de réponse = TR + TM). Les TRs inférieurs à 100 ms ou supérieurs à 400 ms sont comptabilisés comme erreurs. Le temps total d'un essai est de l'ordre de 2,5 secondes et 2 blocs de 60 essais sont réalisés. Le temps inter-essais est de 5 secondes.



Séquence des signaux à chaque essai.

L'orientation spatiale de l'attention visuelle et la préparation du mouvement s'appuient sur l'information apportée par le signal préparatoire qui indique, dans la zone centrale de fixation ou en périphérie, la cible qui a le plus de chances de s'allumer. Cette information est :

- vraie dans 80% des cas (condition valide) : le signal impératif apparaît dans la cible attendue

- fausse dans 20% des cas (condition invalide) : le signal impératif apparaît dans l'une des 2 autres cibles, ce qui nécessite une réorientation de l'attention et une modification du mouvement préparé.

Les conditions (valides et invalides), ainsi que l'excentricité des signaux préparatoires (centraux ou périphériques) sont réparties aléatoirement et à égalité dans les 2 blocs d'essais.

2. RESULTATS

Si tous les sabreurs des 2 groupes ont passé le test sur l'ARVIMEX dans la semaine précédent le début des entraînements visuels, seuls 4 tireurs du groupe expérimental ayant suivi l'entraînement visuel (E1, E2, E4 et E5) et 2 tireurs du groupe témoin (T2 et T6) ont pu passer le test après la fin de l'entraînement visuel selon les modalités et dans les délais prévus.

Les faibles effectifs interdisent donc toute inférence statistique, mais nous avons voulu vérifier malgré tout l'existence et l'amplitude des effets, ainsi que les dispersions des différentes mesures.

Les temps de réaction et les temps de mouvement moyens, pour les grandes cibles touchées, de chaque sabreur ont été soumis à une analyse de la variance à quatre facteurs : Groupe (expérimental : Exp, témoin : Tem) * Session (session : S1, session 2 : S2) * Excentricité (central : C, périphérique : P) * Condition (invalide : I, valide : V) avec mesures répétées sur les 3 derniers facteurs, puis pour chaque groupe sur les 3 derniers facteurs.

a. Effets sur le temps de réaction (TR).

Le temps de réaction (TR) représente la somme des temps mis pour percevoir et analyser le signal, décider de la réponse adaptée et la préparer.

Il n'y a **ni effet Groupe, ni effet Session** : les TR ne permettent de différencier ni les 2 groupes, ni les 2 sessions. Mais l'**interaction Session * Groupe significative** indique que les 2 groupes ne se comportent pas de la même façon entre la première et la seconde session qui se différencient par l'entraînement visuel réalisé par le groupe expérimental.

Facteurs	F	p
Session * Groupe	F: 1,4 = 9,026	0,0398 S
Excentricité	F: 1,4 = 10,065	0,0338 S
Condition	F: 1,4 = 28,787	0,0058 S
Session * Excentricité	F: 1,4 = 5,675	0,0758 NS

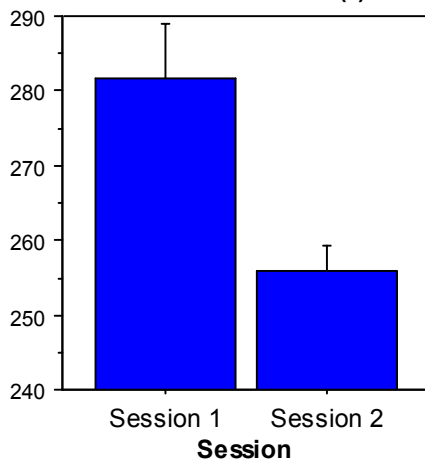
On remarque un **effet Excentricité** : les TR diffèrent selon que la pré information est présentée en vision centrale ou périphérique. **L'interaction Session * Excentricité**, sans être statistiquement significative, montre une tendance à la significativité qui pourrait indiquer une tendance à une modification des effets de l'excentricité entre les 2 sessions.

Enfin on note la présence d'un **effet Condition** révélateur d'une différence significative des TR entre la condition valide où la cible à toucher est la cible prévue, et la condition invalide dans laquelle le tireur doit réorienter son attention et modifier son intention d'attaque.

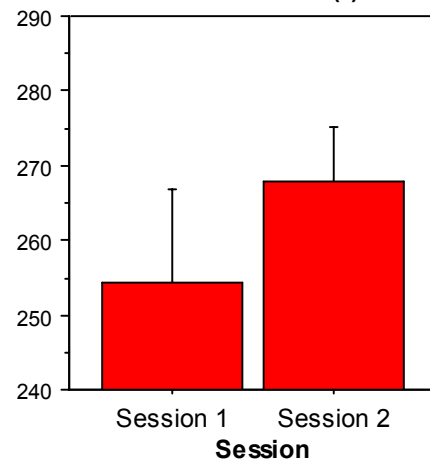
Aucun des autres effets, ni aucune des autres interactions sur le TR n'est significatif.

Les résultats par groupe permettent de visualiser les effets et interactions obtenus (en se souvenant qu'il n'y a que 2 tireurs dans le groupe témoin).

Graphique des interactions pour TR (ms)
Effet Session pour le Groupe Expérimental
Barres d'erreur: ± 1 Erreur(s) standard

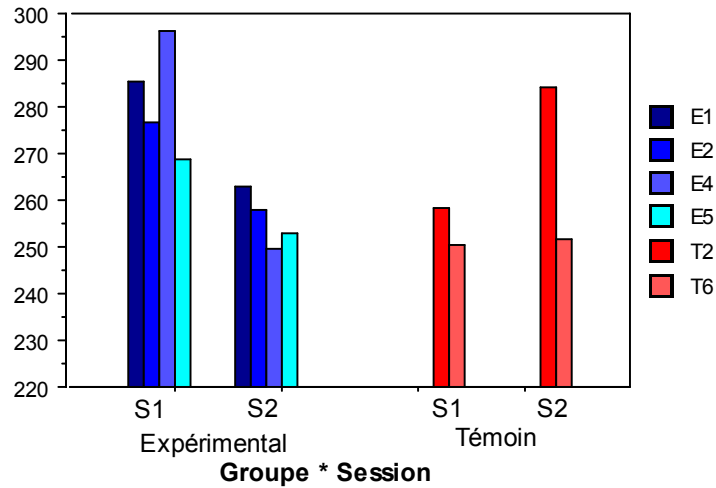


Graphique des interactions pour (TR ms)
Effet Session pour Groupe Témoin
Barres d'erreur: ± 1 Erreur(s) standard

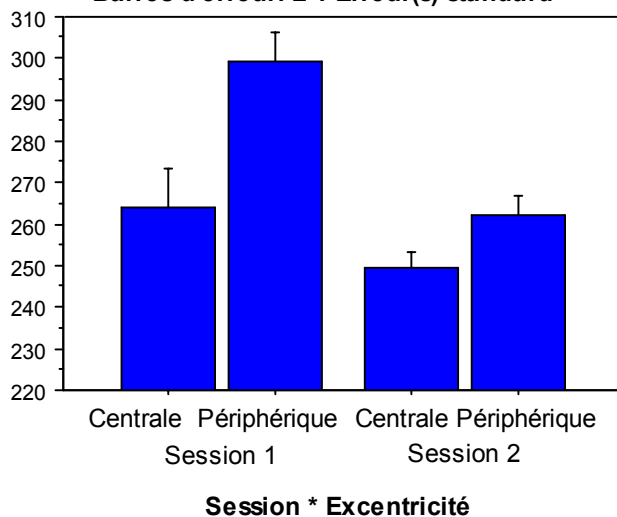


Le TR moyen du groupe expérimental diminue significativement à la suite de l'entraînement visuel ($F: 1,3 = 13,3$; $p = 0,0356$). Cette amélioration affecte tous les membres du groupe testés. La différence de TR dans le groupe témoin n'est pas significative et n'est due qu'à un sabreur (voir graphique par tireur).

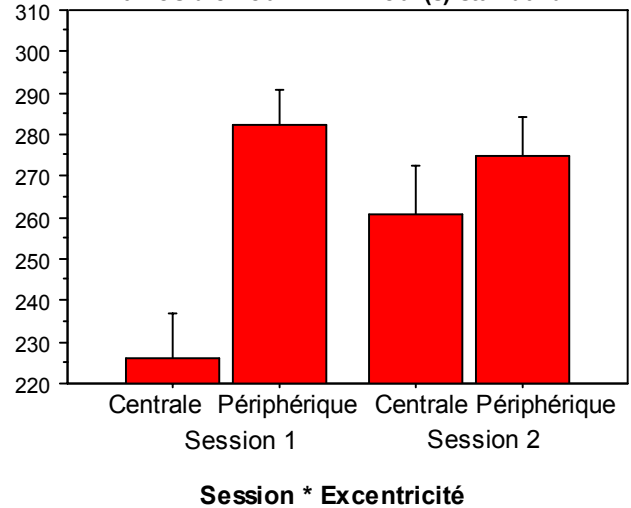
Graphique des TR (ms) par Tireur
Effet Groupe * Session



Graphique des interactions pour TR (ms)
Effet Session * Excentricité
pour le Groupe Expérimental
Barres d'erreur: ± 1 Erreur(s) standard

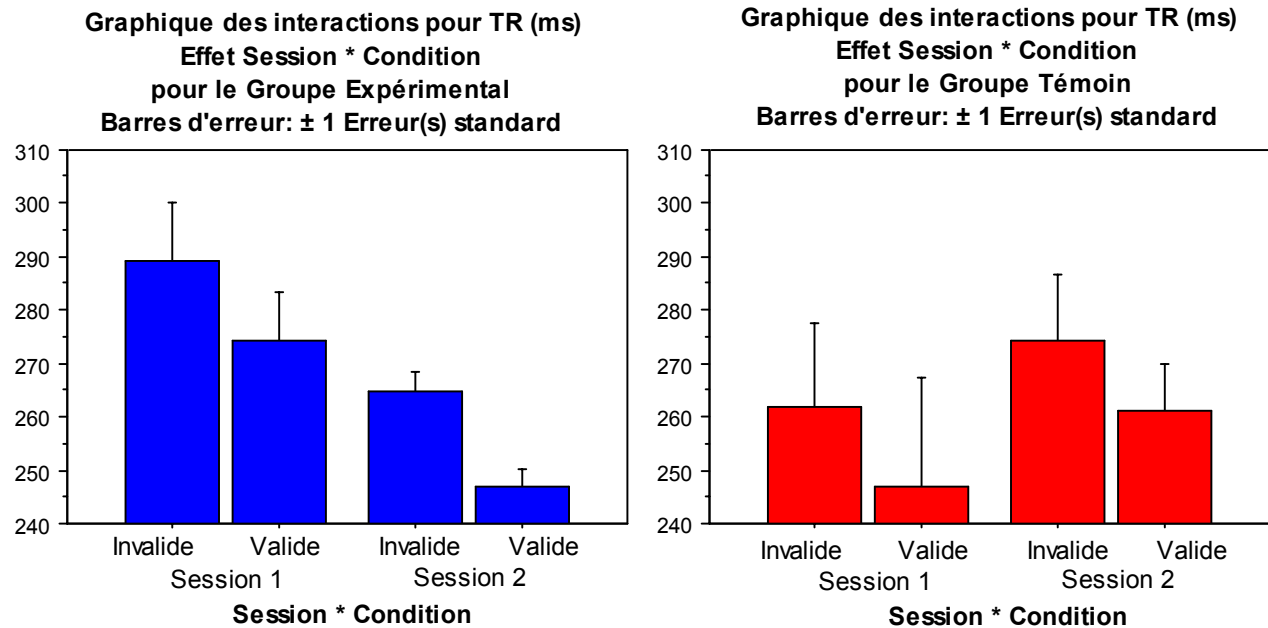


Graphique des interactions pour TR (ms)
Effet Session * Excentricité
pour le Groupe Témoin
Barres d'erreur: ± 1 Erreur(s) standard

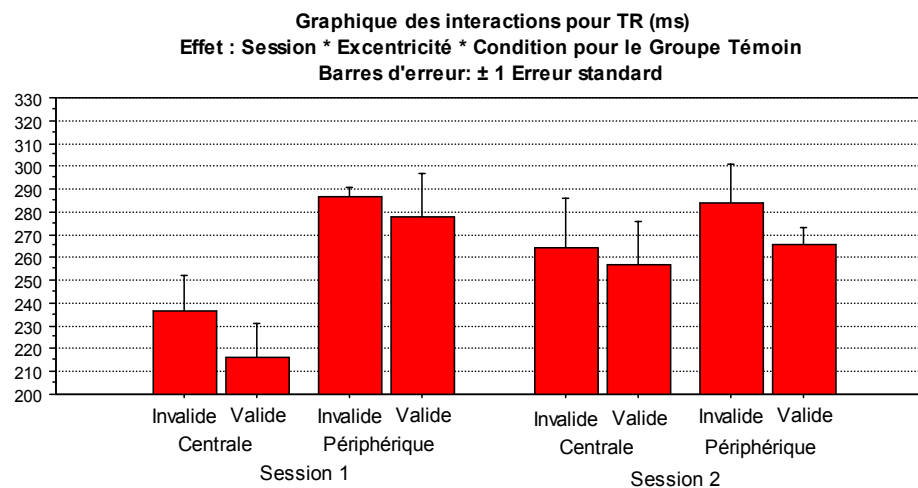
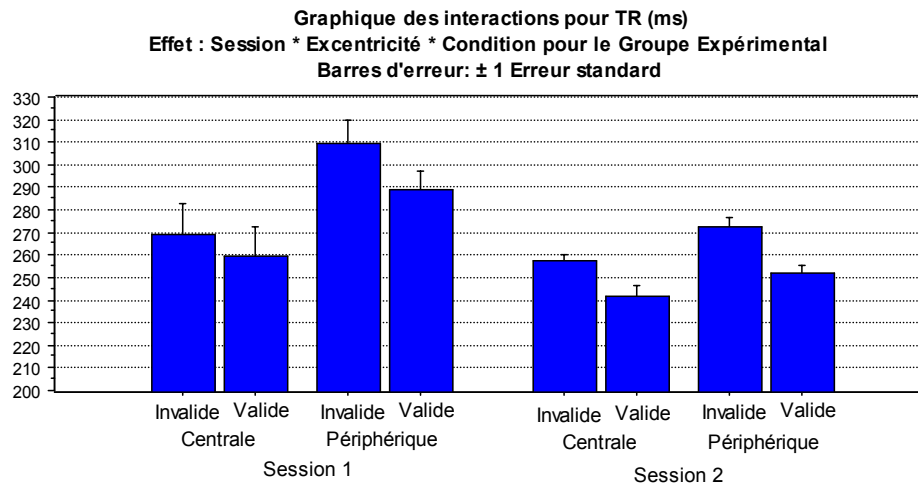


L'effet Excentricité traduit la différence des TR moyens selon la localisation de la pré information : toutes sessions et tous groupes confondus, une pré information présentée dans la zone centrale (1,5 cm du centre du panneau) donne lieu à un TR plus court que si elle est présentée en périphérie

(14,5 cm du centre du panneau). L'entraînement visuel suivi par le groupe expérimental diminue significativement les TR en S2 ($F: 1,3 = 13,3 ; p = 0,0356$). La tendance à l'interaction **Session * Excentricité** témoigne de la plus faible différence de TR entre les 2 localisations en S2. Bien que limité à la vision centrale, l'entraînement visuel a également (on pourrait presque dire surtout) bénéficié aux informations présentées plus en périphérie.



L'**effet Condition** révèle une différence significative entre les TR moyens de la condition valide où la cible à toucher est la cible prévue, et ceux de la condition invalide dans laquelle le tireur doit réorienter son attention et modifier son intention d'attaque. Cet effet n'est statistiquement significatif que pour le groupe expérimental ($F: 1,3 = 223,911 ; p = 0,0006$). La diminution des TR entre les sessions 1 et 2 affecte de la même façon les conditions valide et invalide (interaction **Session * Condition** non significative). Les entraînements visuels, notamment les exercices portant sur l'accommodation et les convergences dont on sait qu'ils mobilisent l'attention visuelle, semblent avoir bénéficié également au déclenchement du mouvement en condition valide (orientation spatiale de l'attention) et en condition invalide (réorientation spatiale de l'attention).



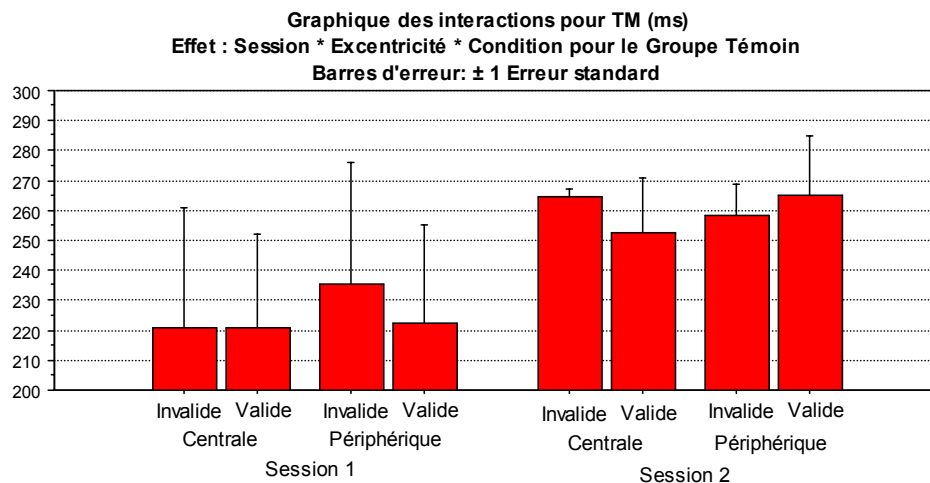
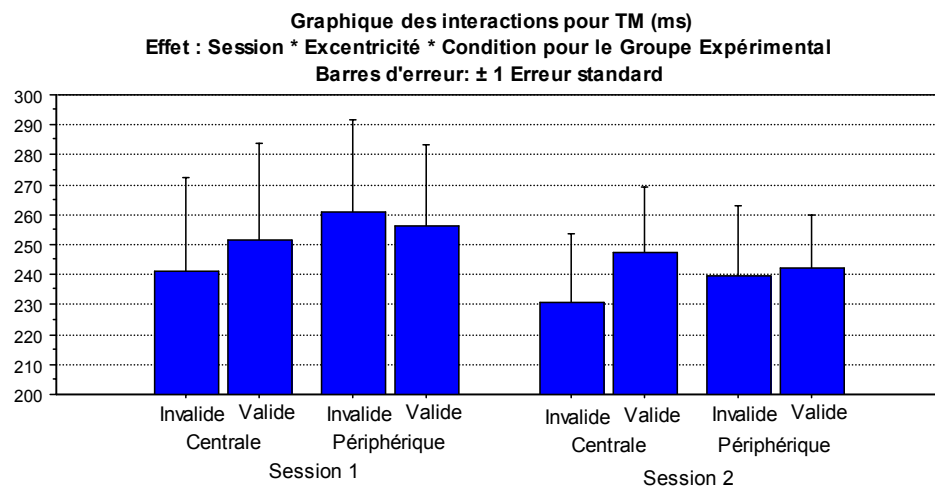
Les graphiques ci-dessus résument l'ensemble des valeurs des TR obtenues dans les 2 groupes.

L'interaction Session (avant/après entraînement visuel) * Groupe (expérimental soumis à l'entraînement visuel/témoin) significative met en évidence **une amélioration des temps moyens mis par les tireurs du groupe expérimental pour déclencher le mouvement**, quelle que soit l'excentricité de l'information préparatoire (centrale/périphérique) et quelle que soit la condition de localisation de la cible présentée (valide : prévue/invalides : imprévues).

b. Effets sur le temps de mouvement (TM).

Le temps de mouvement (TM) représente le temps mis pour réaliser le mouvement pour atteindre la cible (allongement du bras).

On ne trouve aucun effet significatif des facteurs principaux (Groupe, Session, Excentricité, Condition), ni aucune interaction significative entre ces facteurs sur les TM moyens.



L'entraînement visuel et notamment les exercices de coordination visuomotrices ne semblent pas (compte tenu des faibles effectifs et des fortes variations interindividuelles) avoir significativement affecté le versant moteur du mouvement.

IV. CONCLUSIONS, LIMITES ET PERSPECTIVES.

L'objet de cette étude était de vérifier l'efficacité d'un programme d'entraînement visuel général de la vision centrale pour l'amélioration des performances visuelles et de la performance motrice d'athlètes de haut niveau en sabre ayant des performances visuelles "normales".

Les sabreurs du Pôle I.N.S.E.P ont été répartis en 2 groupes. Les exercices d'entraînement visuel du groupe expérimental se sont déroulés sur 8 semaines à raison de 4 séances de 20 minutes par semaine intégrées aux séances d'entraînement technique normales programmées par leurs entraîneurs. Ils avaient lieu avant ou après les séances d'entraînement dans une pièce contiguë au vestiaire, à l'occasion des séances du matin ou de l'après-midi.

Quatre thèmes d'entraînement ont été utilisés :

- **Entraînement à l'accommodation** : il s'est agi d'entraîner la proprioception de l'œil pour que le sujet s'ajuste le plus rapidement et le plus précisément possible aux variations de focalisation binoculaire provoquées par un "brouillage" (flou), pour faire le point (rendre l'image simple et nette).
- **Entraînement à la convergence et à la divergence** : il s'est agi d'augmenter les capacités fusionnelles en assouplissant les relations entre l'accommodation, la convergence et la divergence. L'accommodation est maintenue constante tout au long des exercices, seules les vergences sont sollicitées. Le sujet doit ajuster le plus rapidement et le plus précisément possible le mouvement en convergence ou en divergence de ses 2 yeux pour rendre l'image simple et nette, mouvement rendu nécessaire par les déviations prismatiques (convergentes ou divergentes) imposées.
- **Fixations sautées** : il s'agit d'entraîner les variations rapides de convergence de divergence et d'accommodation dans la profondeur.
- **Mobilisation oculaire et coordinations visuo-manuelles** : il s'agit à la fois de stimuler la mobilité oculaire et d'affiner la coordination œil-main pour frapper avec une baguette une balle qui oscille dans un plan frontal.

Au cours des séances d'entraînement, les performances visuelles ont été améliorées :

- **La flexibilité accommodative a été augmentée** et les tireurs s'ajustent plus rapidement et plus précisément aux variations de focalisation binocu-

laire provoquée par un "brouillage", faible en vision intermédiaire et plus fort en vision de près.

- **Les capacités fusionnelles ont été améliorées** en assouplissant les relations entre l'accommodation et les vergences en vision de loin.
- **Les coordinations œil main ont été affinées.**

Les 2 groupes ont subi un bilan visuel avant l'entraînement visuel du groupe expérimental et après. Les tests effectués lors des bilans n'utilisaient pas les mêmes outils que les exercices d'entraînement. La comparaison des performances aux tests visuels effectués avant et après l'entraînement de la vision centrale met en évidence une amélioration statistiquement significative de certains paramètres :

- **Tous les résultats significatifs concernent la convergence** : les tireurs disposent d'une plus grande zone de fusion pour **garder une image simple et nette d'un mobile (adversaire, cible ou arme) se rapprochant d'eux**. Cette flexibilité accommodative en convergence implique l'accommodation et la convergence, mais également une **mobilisation de l'attention spatiale dans le sens de la profondeur**.
- **L'absence d'effet dans le sens de la divergence** peut signifier que cette dimension soit plus difficile et/ou plus longue à modifier.

Le transfert de l'amélioration des performances visuelles à la performance motrice a été étudié sur un simulateur : l'ARVIMEX. Les résultats montrent :

- **Une diminution du temps moyens mis par les tireurs du groupe expérimental pour déclencher leurs mouvements (TR)**. Les entraînements de la vision centrale ont amélioré la performance motrice, **que l'information préparatoire soit présentée en vision centrale ou périphérique**. D'autre part, les exercices portant sur l'accommodation et les convergences, dont on sait qu'ils mobilisent l'attention spatiale visuelle, ont bénéficié au déclenchement du mouvement, que ce soit **en direction d'une cible prévue** (orientation initiale de l'attention) ou **en direction d'une cible imprévue** (réorientation de l'attention).
- Par contre, l'entraînement visuel, et notamment les exercices de coordination visuo-motrices, ne semble pas (compte tenu des faibles effectifs et des fortes variations interindividuelles) affecter significativement le versant moteur du mouvement (TM).

Les séances d'entraînement visuel ont été **intégrées** aux séances d'entraînement normales programmées par les entraîneurs du Pôle France à l'INSEP. Cette intégration bénéfique implique un certain nombre de limitations :

- Les horaires des exercices et des tests visuels placés en début ou en fin des séances d'entraînement du matin ou de soir, ont différé selon les athlètes. En conséquence, les effets sur la performance visuelle de facteurs liés à la fatigue ou à l'effet de l'exercice ou à l'heure du jour, ne peuvent pas être maîtrisés.
- Les athlètes absents de l'entraînement d'escrime pour raisons de blessure, de maladie, de récupération de compétition ou en déplacement en compétition, ne participent pas aux entraînements en même temps que les autres : par exemple, la séance 5 d'entraînement visuel n'est pas la même pour tous les athlètes en fonction de leur programme personnalisé d'entraînement. C'est pour cette raison également que tous les tireurs, ayant participé au test sur simulateur avant entraînement visuel, n'ont pu être testé à nouveau dans les délais impartis.
- Il est difficile d'équilibrer les participants à 2 groupes (fussent-ils tiré au hasard) du point de vue des performances sportives à ce niveau et des performances visuelles, compte tenu du nombre limité de participants.
- Pour un entraîneur, il est difficile de laisser un de ses meilleurs tireurs dans le groupe témoin qui ne bénéficiera pas de l'entraînement visuel auquel il croit.

La suite logique de cette étude serait de travailler plus précisément sur l'**entraînement des capacités fusionnelles en divergence**, et de poursuivre en impliquant un **entraînement de la vision périphérique**.

D'autre part il serait intéressant de transformer les exercices d'**entraînement visuel général** efficaces en **exercices visuels ou perceptifs spécifiques** proposés à la leçon, pour une meilleure validité "écologique".

Enfin, ce type d'étude pourrait être élargies aux **autres armes** et prendre en compte d'**autres paramètres de la performance motrice**.

Malgré les limitations inhérentes à ce type d'étude, nous avons pu montrer qu'il est possible d'améliorer les performances visuelles d'athlètes ayant une "vision normale" par un entraînement visuel général et que ces gains affectent positivement la performance motrice.

Cette démarche pourrait être mise en œuvre pour l'entraînement :

- **De l'athlète en dehors ou en complément des séances programmées**
- **De l'athlète physiquement fatigué**
- **De l'athlète blessé.**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abernethy, B. (1990). Expertise visual search, and information pick-up in squash. *Perception*, 19, 63-77.

Abernethy, B. and Russel, D., G. (1987). The relationship between expertise and visual search strategy in racquet sports. *Human Movement Sciences*, 6, 283-319.

Abernethy, B. and Wood, J. M. (2001). Do generalized visual training programmes for sport really work ? An experimental investigation. *Journal of Sports Sciences*, 19, 203-222.

American Optometric Association (1984, 1985, 1987, 1991). Sports Vision Section, Sports Vision Guidebook, St Louis, MO.

Atchkison, D., Mon-Williams, M., Treisilian, J., Stark, J. R. and Strang, N. C. (1997). The value of training accommodative facility for ball sports. *Clinical and Experimental Optometry*, 127-132.

Australian Optometrical Association. (1987). *Sports Vision Manual : a Visual Enhancement Program for Elite Athlete*. Larter, S., ed.

Bausch & Lomb (1993). *Olympic Vision Center : 1992 Summer Olympic Games Barcelona/Spain*. Data report.

Bausch & Lomb (1993). *Olympic Vision Center : 1992 Winter Olympic Games Albertville/France*. Data report.

Bausch & Lomb (1995). *Olympic Vision Center : 1994 Winter Olympic Games Lillehammer/Norway*. Data report.

Bausch & Lomb (1997). *Olympic Vision Center : 1996 Summer Olympic Games Atlanta/USA*. Data report.

Christenson, G., N. and Winkelstein, A., M. (1988). Visual skills of athletes versus non athletes : development of a sports vision testing battery. *Journal of the American Optometric Association*, 59, 666-675.

Cohen, A. H. (1988). The 1986/87 Future of Visual Development/Performance Task Force : Report on the efficacy of optometric vision therapy. *Journal of the American Optometric Association*, 59 (2), 95-105.

Coffey, B. and Reichow, A.W. (1987). Guidelines for screening and testing the athlete's visual system : part III. Curriculum II. *Journal of the American Optometric Association*, 59, 355-368.

Coffey, B. and Reichow, A.W. (1988). Athletes vs. non athletes : static visual acuity, contrast sensitivity, dynamic visual acuity. *Investigative Ophthalmology and Vision Science*, 29 (suppl.) : 78.

Coffey, B. and Reichow, A.W. (1990). Athletes vs non athletes : 6 m vergence ranges, accommodative-vergence facility, and 6 m speed of stereopsis. *Optometry and Vision Science*, 67 (suppl.) : 81.

Francis, E., L., Jiang, B., C., Owens, D., A. and Tyrell, R., A. (2003). Accommodation and vergence require effort-to-see. *Optometry and Vision Science*, 80 (6), 467-473.

Gallaway, M. Scheiman, M. and Malhotra, K. (2002). The effectiveness of pencil pushups treatment for convergence insufficiency : a pilot study. *Optometry and Vision Science*, 79 (4), 265-267.

Gardner, J. J. and Sherman, A. (1995). Vision requirements in sports. In *Sports Vision* : Loran, D. F. C. and MacEwen, C.J. Butterworth Heinemann, Oxford, 22-37.

Getman, G., N. (1985). A commentary on vision Training. *Journal of Learning Disabilities*, 18 (9), 505-512.

Graybiel, A., Jokl, E. and Trapp, C. (1955). Russian studies of vision in relation to physical activity and sport. *Research Quarterly*, 26, 480-485.

Haegerström, G., Schneck, M., E., Lott, L., A. and Brabyn, J., A. (2000). The relation between visual acuity and other spatial vision measures. *Optometry and Vision science*, 77 (12), 653-662.

Hazel, C.A. (1995). The efficacy of sports vision practice and its role in clinical optometry. *Clinical and Experimental Optometry*, 78 (3), 98-105.

Hobson, R. and Henderson, M.T. (1941). A preliminary study of the visual fields in athletics. *Proceedings of The Iowa Academy of Sciences*, 48, 331-337.

Ishigaki, H. and Miyao, M. (1993). Differences in dynamic visual acuity between athletes and non-athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 77, 835-839.

- Jafarzadehpur, E. and Yiarigholi, M. R. (2004). Comparison of visual acuity in reduced illumination and facility of ocular accommodation in table tennis champions and non-players. *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 3, 44-48.
- Jiang, B., A. (2000). A modified control model for steady-state accommodation. In : Franzen, O., Richter, H. and Stark, L. (Eds) *Accommodation and vergence mechanisms in the visual system*. Basel, Switzerland : Birkhauser Verlag, 235-243.
- Keogh, B. and Pelland, M. (1985). Vision training revisited. *Journal of Learning Disabilities*, 18 (4), 228-236.
- Kirscher, D. (1990). International Academy of Sports Vision : sports vision screening at the Baush & Lomb Championships. *Sports Vision*, 1, 9-15.
- Kluka, D. A. and Love, P. A. (1991). *Contrast sensitivity in International Special Olympics, Women's Invitational Volleyball Championships, and recreational volleyball players*. Unpublished manuscript. University of Alabama at Birmingham.
- Kluka, D. A., Love, P. A., Covington, K., Moslad, S., Taylor, J. and Cook, T. (1995). A comparison of performance profiles of women softball and volleyball athletes. *Proceedings of the I.C.H.P.E.R.S.D World Congress*.
- Kluka, D. A., Love, P. A., Kuhlman, J., Hammack, G. and Wesson, M.D. (1996). The effects of a visual training program on selected female intercollegiate volleyball athletes. *International Journal of Sports Vision*, 3 (1), 23-34.
- Kluka, D. A., Love, P. A., Sanet, R., Hillier, C., Schneider, H. and Stroops, S. (1995). Contrast sensitivity function : By sport and ability levels. *International Journal of Sports Vision*, 2 (1), 9-15.
- Loran, D. F. C. and MacEwen, C. J. (1995). *Sports vision*. Butterworth Heinemann, Oxford.
- Loran, D. F. C. and Griffiths, G. W. (1999). The correlation of visual & soccer skills. 1st *International Conference of Sports Vision Association : Focus on Sports Vision*, Manchester, England.
- Luu, C., D., Green, J., F. and Abel, L. (2000). Vertical fixation disparity curve and the effects of vergence training in abnormal young adult population, *Optometry and Vision Science*, 77 (12), 663-669.

- Martell, S. G. and Vickers, J. N. (2004). Gaze characteristics of elite and near-elite athletes in ice hockey defensive tactics. *Human Movement Science*, 22, 689-712.
- Millslagle, D. G. (2000). Dynamic visual acuity and coincidence-anticipation timing by experienced and inexperienced women players of fast pitch softball. *Perceptual and Motor Skills*, 90, 498-504.
- Mizusawa, K., Sweeting, R. L. and Knouse, S. B. (1983). Comparative studies of color fields, visual acuity fields, and movement perception limits among varsity athletes and non varsity-groups. *Perceptual and Motor Skills*, 56, 887-892.
- Patel, N. and Firth, A. Y. (2003). Vertical vergence adaptation does improve with practice. *Optometry and Vision Science*, 80 (4), 316-319.
- Quevedo i Junyent, L., Seres i Seves, C. and Sole i Forto, J. (2003). Comparative study of visual function of two groups with mental handicaps. <http://www.efdeportes.com/efd61/visual>.
- Revien, L. and Gabor, M. (1981). *Sports Vision : Dr. Revien's eye exercises for athletes*. New York : Workman Publishing Co.
- Sanet, R. and Sanet, L. (1991). *Sport Vision Program for the Italian Volleyball Team*. Unpublished manuscript. Mediolanum Gonzaga Pallavolo Sports Vision Project. Milano, Italy.
- Sports Vision Association (1998). *On Sight Screening Manual and normative data from elite athletes*. S.V.A. publication.
- Schneider, H. G., Kluka, D. A. and Love, P. A. (1992). Contrast sensitivity in selected professional and collegiate football players. *Journal of Optometric Vision Development*, 23 (4), 23-26.
- Seiderman, A. and Schneider, S. (1983). *The Athletic Eye : Improved Sports Performance Through Visual Training*. New York : Hearst Books.
- Stine, C. D., Arterburn, M. R. and Stern, N. S. (1982). Vision and sports : A review of the literature. *Journal of the American Optometric Association*, 53 (8), 627-633.
- Trachman, N. J. (1973). The relationship between ocular motilities and batting average in little leaguers. *Archives of The American Academy of Optometry*, 50 (11), 914-919.

- Westheimer, G. (2001). Is peripheral visual acuity susceptible to perceptual learning in the adult ? *Vision research*, 41, 47-52.
- Williams, A. M., Singer, R. N. and Frehlich, S. G. (2002). Quiet eye duration, expertise and task complexity in near and far aiming tasks. *Journal of Motor Behavior*, 34 (2), 197-207.
- Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L. and Williams, J., G. (1994). Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65, 127-135.
- Williams, A.M., and Grant, A. (1999). Training perceptual skill in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 30, 194-220.
- Winograd, S. (1942). The relationship of timing and vision to baseball performance. *Research Quarterly*, 13, 481-493.
- Winters, J., E., Frantz, K, A. and Kern, R., M. (2004). Accommodative and vergence difficulties interfering with image clarity through a binocular indirect ophtalmoscope. *Optometry and Vision Science*, 81 (4), 259-266.
- Wood, J. M. and Abernethy, B. (1997). An assessment of efficacy of sports vision training programs. *Optometry and Vision sciences*, 74 (8), 646-659.

TABLE DES MATIERES

PARTENAIRES	1
INTRODUCTION.....	2
I. REVUE DE LA LITTERATURE.....	6
A. LES PERFORMANCES VISUELLES DIFFERENCIENT ATHLETES ET NON ATHLETES.	7
B. LES PERFORMANCES VISUELLES DIFFERENCIENT LES MEILLEURS ATHLETES DES MOINS BONS. 8	8
C. LES PERFORMANCES VISUELLES SONT ENTRAINABLES.	9
D. L'AMELIORATION DES PERFORMANCES VISUELLES AMELIORE LA PERFORMANCE SPORTIVE. 10	10
E. PROBLEMES METHODOLOGIQUES.	11
II. PROTOCOLE DE L'ETUDE.	12
A. ORGANISATION DANS LE TEMPS.	12
1. <i>Examens ophtalmologiques.....</i>	<i>12</i>
2. <i>Examens complémentaires.....</i>	<i>12</i>
3. <i>Bilans visuels.....</i>	<i>15</i>
4. <i>Transfert à la performance.....</i>	<i>17</i>
B. POPULATION.	18
C. ENTRAINEMENT VISUEL.	18
III. RESULTATS.	22
A. DYNAMIQUE DE L'ENTRAINEMENT VISUEL.	22
1. <i>Entraînement à l'accommodation.</i>	<i>22</i>
2. <i>Entraînement des vergences : capacités fusionnelles.....</i>	<i>25</i>
3. <i>Mobilisation oculaire et coordination visuo manuelle.....</i>	<i>28</i>
B. EFFETS DE L'ENTRAINEMENT VISUEL.	30
1. <i>Phories.....</i>	<i>31</i>
2. <i>Réserves fusionnelles.....</i>	<i>31</i>
3. <i>Gradients.....</i>	<i>34</i>
4. <i>Amplitude d'accommodation maximale.</i>	<i>34</i>
C. TRANSFERT A LA PERFORMANCE MOTRICE.	36
1. <i>Protocole.....</i>	<i>36</i>
2. <i>Résultats.....</i>	<i>37</i>

IV. CONCLUSIONS, LIMITES ET PERSPECTIVES.....	43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	47
Table des matières	52

RESUME

L'objet de cette étude est de témoigner de l'importance donnée à travers le monde à l'évaluation et à l'entraînement des habiletés visuelles en sport et de vérifier l'efficacité d'un programme d'entraînement visuel général de la vision centrale pour l'amélioration des performances visuelles et de la performance motrice d'athlètes de haut niveau ayant des performances visuelles "normales".

La moitié des sabreurs du Pôle I.N.S.E.P (groupe expérimental) a bénéficié d'un entraînement visuel général de la vision centrale comprenant des exercices d'entraînement à l'accommodation, à la convergence et à la divergence, à la mobilisation oculaire et aux coordinations visuo-manuelles. Le programme s'est déroulé sur 8 semaines à raison de 4 séances de 20 minutes par semaine intégrées aux séances d'entraînement technique normales programmées par les entraîneurs, séances que suivait également l'autre moitié des sabreurs du Pôle, le groupe témoin.

Au cours du programme, la flexibilité accommodative a été augmentée, les capacités fusionnelles ont été améliorées et les coordinations œil-main ont été affinées.

Les 2 groupes ont subi un bilan visuel avant et après l'entraînement visuel du groupe expérimental. Tous les résultats significatifs concernent la convergence : les tireurs ayant bénéficié d'un entraînement visuel général disposent d'une plus grande zone de fusion pour garder une image simple et nette d'un mobile (adversaire, cible ou arme) se rapprochant d'eux. Cette flexibilité accommodative en convergence implique l'accommodation et la convergence, mais également une mobilisation de l'attention spatiale dans le sens de la profondeur.

Le transfert de l'amélioration des performances visuelles à la performance motrice a été étudié sur un simulateur : l'ARVIMEX. Les résultats montrent une diminution significative du temps moyen mis par les tireurs du groupe expérimental pour déclencher leurs mouvements (TR). Un entraînement visuel général de la vision centrale a amélioré la performance motrice, que l'information préparatoire soit présentée en vision centrale ou périphérique et que le mouvement soit en direction d'une cible prévue (orientation initiale de l'attention) ou en direction d'une cible imprévue (réorientation de l'attention).

Par contre, l'entraînement visuel général, et notamment les exercices de coordinations visuo-motrices, ne semble pas avoir amélioré significativement le versant moteur du mouvement (TM).

Cette démarche pourrait être mise en œuvre pour l'entraînement de l'athlète en dehors ou en complément des séances programmées d'entraînement, de l'athlète physiquement fatigué, ou de l'athlète blessé.

Mots clés : vision, sport, entraînement visuel, haut niveau, escrime.