

UNIVERSITÉ DE FRIBOURG, SUISSE
FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE MÉDECINE

En collaboration avec la
HAUTE ÉCOLE FÉDÉRALE DE SPORTS DE MACOLIN

EFFET DU FEEDBACK VIDEO SUR L'APPRENTISSAGE DE LA GESTUELLE DU LANCER DE LA
BALLE CHEZ LES JEUNES DE DEUX CLASSES D'ÂGE DIFFÉRENTES

Travail final pour l'obtention du Master en
Sciences du Mouvement et du sport
Option Enseignement

Conseiller
Prof. Dr. Wolfgang TAUBE

Co-conseiller-ère
Alain ROUVENAZ
Martin KELLER

Laura CORNU
Fribourg, Juin 2016

Tables des Matières

Résumé :	3
1. Introduction :	4
1.1 Contexte et situation de départ	4
1.2 Buts et questions de recherche concrètes	6
2. Contexte théorique :	7
2.1 Aspect technique du lancer et critères qualitatifs	7
2.2 Développement psycho-moteur de l'enfant	10
2.3 L'apprentissage moteur	12
2.4 L'enseignement	20
2.5 Feedback	23
2.6 Hypothèses	29
3. Méthode :	30
3.1 Échantillon	30
3.2 Organisation et durée des tests	32
3.3 Matériel et appareils de mesure	33
3.3.1 Organisation de la salle et équipe pour prendre les mesures	33
3.3.2 Les balles	34
3.3.3 Homogénéisation de l'angle de tir	35
3.3.4 Le feedback	36
3.3.5 Récolte des données	37
3.4 Tâche (protocole)	38
3.5 Analyse statistique	39
4. Résultats :	41
4.1 Données quantitatives :	41
4.2 Données qualitatives :	47
5. Discussion	59
6. Conclusion	64
6. Bibliographie, annexes et remerciements	66

Résumé :

L'efficacité du feedback vidéo a été démontrée, il permet des gains importants pour l'acquisition de compétences lors d'une séquence d'apprentissage (Kernodle, M.W., & Carlton, L.G.1992). Cette étude avait pour but de vérifier si le feedback vidéo avait un effet significatif sur l'amélioration des performances lors de l'apprentissage d'une nouvelle gestuelle, dans le cas de cette étude, le lancer de la balle avec la main non préférentielle. Le second but de cette étude était de déterminer si l'efficacité du feedback vidéo différait de manière significative ou non selon la catégorie d'âge des sujets (10-13 ans et 6-8 ans).

Nous avons mesuré l'effet du feedback vidéo selon deux mesures quantitatives (longueur et déviation latérale du tir) et quatre observations qualitatives (l'avancée du coude, le changement du plan des épaules, la position asymétrique entre la jambe et le bras de lancer et le transfert du poids du corps). Pour relever les données qualitatives, les sujets ont été filmés puis analysés par deux personnes externes et neutres à l'étude. Ils ont évalué les sujets selon une échelle de quatre points (deux à tendance positive et deux à tendance négative). Pour les tests, la moitié des sujets était âgés de 10 à 13 ans et l'autre moitié âgés de 6 à 8 ans. Dans chacune de ces deux catégories d'âge, la moitié des sujets recevaient un feedback vidéo de type démonstration d'une gestuelle de référence (groupe expérimental) et l'autre moitié ne recevait aucune sorte de feedback (groupe contrôle). Les résultats obtenus n'ont démontré aucune différence significative entre l'apprentissage par feedback vidéo et l'apprentissage sans feedback. Un seul résultat était significatif sur six, celui du critère d'observation qualitatif concernant le changement du plan des épaules lors du tir (p -value = 0.00382). Les résultats concernant le second objectif de l'étude n'ont révélé aucune différence significative de l'efficacité du feedback vidéo selon la catégorie d'âge des sujets.

Mots clés : Feedbacks, vidéo, lancer, apprentissage, performance, développement, enseignement, enfants, classes d'âges

1. Introduction :

1.1 Contexte et situation de départ

Nous savons que l'apprentissage est indispensable au développement de tout être humain. Chaque enfant naît avec la capacité d'apprendre et c'est durant les premières années de vie que ce processus de développement est le plus performant (Durand 1987). Pour pouvoir apprendre, la mémoire est essentielle. En effet, sans elle l'apprentissage serait impossible. C'est elle qui permet qu'une personne retienne, se rappelle et reconnaisse des informations. Elle n'est pas utile uniquement pour des apprentissages cognitifs. Elle est aussi essentielle pour l'apprentissage d'habiletés motrices comme c'est le cas dans cette étude. Il y a trois mémoires différentes qui ont chacune un rôle spécifique ; la mémoire sensorielle, la mémoire à court terme et la mémoire à long terme (Marin & Danion, 2005). On sait aussi qu'il y a différents stades de développement moteur chez l'enfant. (4-7 ans perfectionnement des mouvements et début des mouvements coordonnés, 7-10 ans progrès du développement moteur et entre 10-13 ans, l'enfant a la meilleure phase d'apprentissage (Zahner, Pühse & al. 2004)). Connaissant ces différentes phases d'apprentissage, on a décidé de mesurer l'effet du feedback vidéo pour l'apprentissage de la gestuelle du lancer chez des enfants de plusieurs classes d'âge différentes afin d'observer s'il y a effectivement une différence selon les âges. Dans ce travail, les élèves étaient donc âgés de 6 à 8 ans et de 10 à 13 ans.

La transmission d'informations est déterminante pour l'apprentissage. Pour communiquer une information, il y a une multitude de possibilités. Elle se traduit par une consigne orale, écrite, un geste, une mimique, une démonstration... Ces canaux de communications entre l'élève et le professeur sont toujours présents durant un enseignement. Ils servent de dialogue entre les deux protagonistes, dans le but de la réussite de l'apprentissage. Dans ce projet, c'est le **feedback vidéo** qui est le lien entre apprenant et enseignant dans un but bien précis : apprendre la gestuelle du lancer. Pourquoi avons-nous choisi le feedback vidéo et pas un autre type de feedback ? La raison est simple et découle de la rapidité du développement des technologies dans le domaine de l'audiovisuel et des multimédias qui ont ouvert de nouvelles perspectives pour l'analyse vidéo dans le sport et pour l'enseignement, en effet les technologies ont évolué rapidement et les articles commerciaux qui en découlent aussi (Lefèvre, 1014). Depuis les années 2000, les multimédias audios et

visuels ont connu un essor impressionnant (Ruscher, 2010). Les enfants des années 2000 n'ont plus le même rapport à l'image que dans le passé. Aujourd'hui, l'image est beaucoup plus présente au quotidien, tant sur le plan de la quantité que de l'accessibilité ; au risque de devenir banale. De plus, les coaches l'utilisent de plus en plus que ce soit en sport individuel ou collectif. On peut voir une utilisation croissante des caméras normales, highspeed et tout-terrain (Gopro), des Smartphones, ainsi que des tablettes. Il y a même différentes applications spécialisées dans l'analyse vidéo (tel que Dartfish express, coach eyes, ubersense, etc.). Grâce à ces applications, l'analyse vidéo devient détaillée et permet d'utiliser les vidéos de différentes manières ; les vidéos peuvent être visionnées en temps réel, au ralenti, en boucle. C'est aussi possible de superposer plusieurs mouvements, de les mettre côte à côte, ou de décomposer le mouvement en coupant la vidéo en image figée et en les mettant les unes à côté des autres. Ces applications ont aussi un mode dessin pour marquer la vidéo en lui ajoutant des angles, des points d'appui, en entourant les erreurs, etc. Cette vaste possibilité d'utilisation est très intéressante pour l'entraînement d'un sportif (Fonseca & Guinand, 2011). Selon Liebermann et al. (2002), la vidéo a même influencé les méthodes d'entraînement. C'est pourquoi il est important de ne pas banaliser ces outils en les utilisant dans n'importe quel contexte à n'importe quel moment. C'est aussi pour cette raison, que plusieurs études se sont intéressées à ce sujet. Les bénéfices de ces feedbacks vidéo pour l'apprentissage moteur ont été confirmés, mais, ils ne sont pas encore utilisés fréquemment dans le milieu scolaire (Merian & Baumberger, 2007). Lorsque l'on parle de feedback vidéo à l'école, on touche au terme des Technologies de l'Information et de la Communication dans le domaine de l'Enseignement (TICE). L'abréviation TIC concerne tout ce qui touche à la télécommunication et l'informatique. L'intégration de ces TIC dans l'enseignement pose certains problèmes. C'est pourquoi plusieurs scientifiques ont fait des études pour savoir si ces TIC sont avantageuses pour l'apprentissage durant l'éducation physique (Quartacci, & Strahm, 2010). Un des buts de l'étude qui a été faite pour ce travail est d'analyser ce lien entre technologie et apprentissage. Dans le cadre de l'éducation physique, l'enseignant peut utiliser la vidéo comme outil pour l'apprentissage, notamment pour donner une consigne filmée et pour l'évaluation formative qu'on appellera ici feedback extrinsèque. L'école pédagogique de Lausanne a entamé une succession de recherches concernant l'utilisation de la

vidéo dans l'enseignement du sport. Une étude intéressante à prendre en considération ici c'est l'étude de Walliser, & Chevalley (2012). Ils ont testé l'apprentissage autonome et ils ont trouvé un effet comparable entre un apprentissage habituel (lors duquel l'enseignant démontre le mouvement et donne un feedback verbal aux élèves) et un apprentissage autonome utilisant la vidéo (cette vidéo démontre le mouvement à effectuer). Une autre étude concernant le feedback vidéo est pertinente pour la suite de notre travail. Fonseca, & Guinand (2012), ont examiné s'il y a une différence d'apprentissage lorsque le feedback vidéo est une démonstration d'une gestuelle de référence ou lorsque le feedback vidéo porte sur l'exécution réalisée par l'élève. Dans les deux cas, aucune aide n'a été donnée par l'enseignant. Les résultats de cette étude ont montré que les deux types de feedbacks vidéo ont un effet similaire et positif sur la performance, mais pour différentes raisons. Par conséquent, il était intéressant pour nous de faire un travail qui mesure l'effet du feedback vidéo de type vidéo de démonstration sur l'apprentissage d'un mouvement tel que le lancer de la balle, ainsi que de déterminer si l'impact de l'apprentissage avec feedback vidéo était différent selon l'âge des participants.

1.2 Buts et questions de recherche concrètes

Les deux objectifs de ce travail sont les suivants ; le premier objectif est de vérifier si le moyen de communication choisi (ici, le feedback vidéo) a un impact significatif ou pas sur l'apprentissage de la gestuelle du lancer. Le deuxième objectif est d'analyser si l'effet du feedback vidéo diffère de manière significative ou non selon la catégorie d'âge des participants.

2. Contexte théorique :

2.1 Aspect technique du lancer et critères qualitatifs

Lancer et jeter sont des mouvements que les enfants font naturellement en grandissant. Par contre, la technique pour un lancer correct doit être apprise. Cette gestuelle est un mouvement de base utilisé dans certains sports comme les jeux de balles et l'athlétisme. C'est un mouvement essentiel qui fait partie des contenus d'enseignement en éducation physique.

Dans le canton de Fribourg, une planification annuelle des thèmes à aborder en EPS durant la scolarité primaire a été mise en place. Dans cette brochure, le thème du lancer est programmé à partir de la première année et l'on retrouve cette gestuelle chaque année durant tout le cycle primaire jusqu'en dernière année. C'est justement le lancer qui a été choisi pour faire ce travail.

Selon l'IAAF, International Association of Athletics Federations, en athlétisme il y a 3 sortes de lancers différents : le lancer « bras cassé » (type javelot), le lancer « en poussée » (type poids) et le lancer « en rotation » (type disque ou marteau). C'est en analysant les caractéristiques techniques de ces 3 lancers que la gestuelle « bras cassé » a été retenue.

C'est ce type de lancer que les élèves apprennent et exercent durant leur scolarité. Pour mettre en place les 4 critères qualitatifs observés, plusieurs recherches concernant les caractéristiques techniques et l'évaluation du lancer à l'école ont été faites. Les éléments techniques généraux trouvés dans différentes brochures pour l'évaluation du lancer dans le milieu scolaire ont été regroupés : la position correcte des pieds, du bras et du coude, position de l'objet vers l'arrière avant de tirer, lancer par-dessus la tête, déplacement, extension et rotation du corps, utilisation des hanches pour lancer.¹

On peut se poser la question de savoir pourquoi dans cette étude on a souhaité analyser des critères qualitatifs et non pas uniquement quantitatifs. Il y a une raison précise pour ce choix. La majorité des recherches sur l'apprentissage moteur sont faites de manière quantitative, mais si l'on met en lien cet apprentissage avec les nouvelles technologies comme la caméra plusieurs chercheurs se sont rendu compte qu'il était aussi très intéressant de mesurer les performances sportives de manière qualitative. À partir de ce point de vue, on n'est pas contraint de se fixer uniquement

¹ On retrouve ces caractéristiques dans différentes brochures et planifications qui sont dans la bibliographie

sur la performance, mais on peut aussi analyser la manière dont le mouvement est réalisé. Cette approche, qui étudie le mouvement a été appelée « Developmental kinesiology » (Robertson, 1977, 1978 ; Seefeldt et Haubensticker, 1982 ; Wickstrom, 1975, 1977).

Ces auteurs se sont appliqués à décrire méthodiquement l'évolution de différents mouvements de base chez l'enfant. Un des mouvements analysés par ces auteurs nous intéresse particulièrement, car c'est le lancer choisi pour l'étude; le lancer « bras cassé ». C'est aussi à partir des 5 stades d'évolution de ce mouvement que les critères qualitatifs observés ont été choisis (voir figure 1 page 9).

Le stade 1 est caractérisé par la position des pieds parallèles, l'absence de pivotement du tronc et la force pour lancer la balle dépend uniquement des membres supérieurs. Pour le stade 2 une modification par rapport au stade 1, est le mouvement en bloc du corps. Au stade 3 on voit un changement au niveau des pieds, la jambe qui est du même côté que le bras lanceur avance, mais le lancer se fait toujours de face. À la fin du mouvement, on s'aperçoit que le buste pivote du côté opposé du bras lanceur. Pour le stade 4, on remarque une préparation plus ample avec cette fois, le pied opposé au bras de lancer en avant. Le mouvement du bras lanceur est retardé par rapport au tronc, il joue donc un rôle dans le mouvement. Au le dernier stade, on constate en plus un transfert du poids du corps d'arrière vers l'avant et le bras lanceur commence vers le bas, puis vers l'arrière dans un mouvement circulaire.

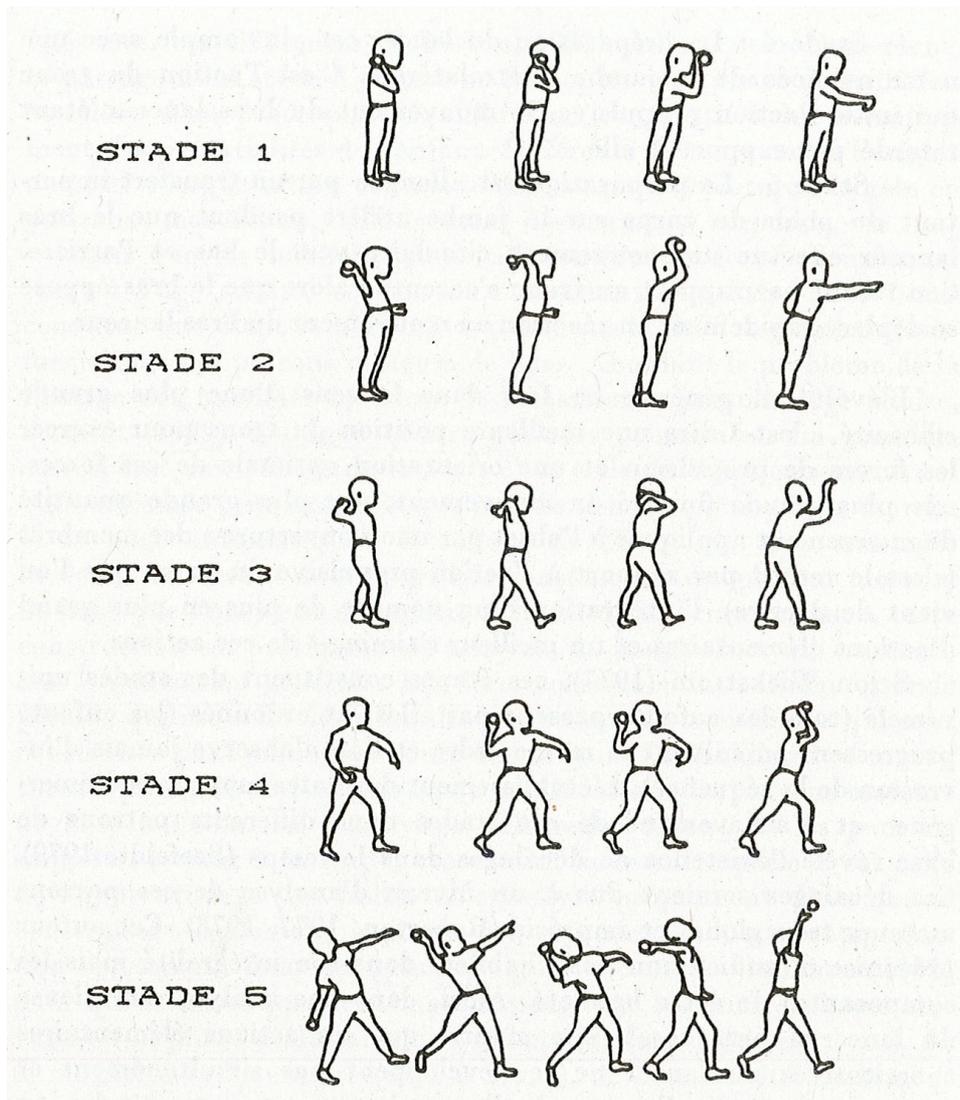


Fig.1 Les cinq stades de développements du lancer à bras cassé
(Wickstrom, 1977 et Seefeldt, 1979, p. 129)

En prenant en compte l'évolution de ce mouvement qui permet à l'élève d'obtenir une plus grande efficacité dans son lancer et aussi les paramètres rencontrés dans les différentes brochures scolaires pour l'apprentissage de ce mouvement, 4 critères qualitatifs ont été retenus pour l'étude ; l'avancée du coude, le changement du plan des épaules, la position asymétrique entre la jambe et le bras de lancer et le transfert du poids du corps.

2.2 Développement psycho-moteur de l'enfant

Dès la naissance, le cerveau humain est constitué d'un grand nombre de cellules nerveuses. Ce nombre total de cellules reste relativement constant durant toute une vie. C'est en réalité la connexion structurelle entre les neurones qui évolue selon différents événements tels que les expériences vécues, le développement, l'apprentissage, et la mémorisation. Ces changements structuraux dépendent également des facteurs génétiques propres à chacun.² Le cerveau est un système dynamique qui permet aux êtres humains de se développer et apprendre. Pour intégrer des informations, le cerveau établit certaines connexions neuronales et en détruit d'autres constamment c'est le principe « use it or lose it » (Pauen 2003). En effet, les synapses utilisées pour analyser l'information se renforcent et les synapses non sollicitées s'affaiblissent. La capacité du cerveau à réorganiser et à remodeler les connexions entre les neurones s'appelle la plasticité neuronale.

Le schéma de croissance qui met en lien le développement de la tête et du cerveau en relation avec la croissance générale du corps d'un enfant démontre l'étonnante rapidité de développement du cerveau par rapport au reste du corps. En effet, le système nerveux d'un enfant de 6 ans correspond déjà au 90% du cerveau de l'adulte contrairement au développement du corps au même âge, qui lui n'équivaut pas à la moitié de celui d'un adulte (Weineck 2002, selon Scammon) (voir figure 2).

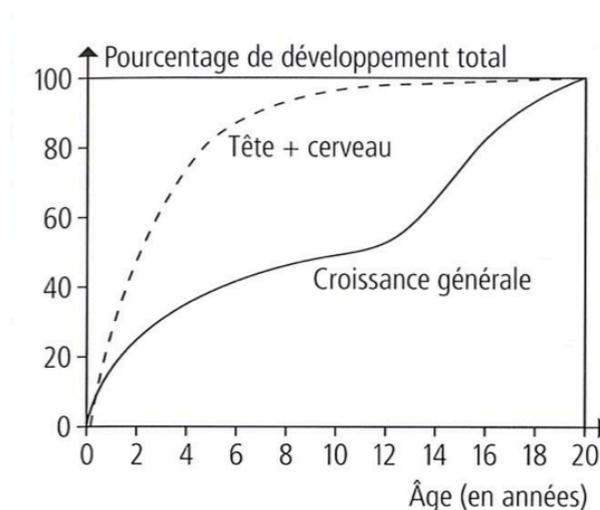


Fig.2 graphique du développement tête/cerveau par rapport au corps (Weineck 2002, selon Scammon, p.49)

² Lukas Zahner, Uwe Pühse, C.Stüssi, Jürg Schmid, Alain Dössegger.(2004).Enfance active-vie saine-manuel des professionnels. La Fondation de la Winterthur, p.47-52 et p.195-197

«Utilise le ou perd-le !» The royal society. Brain waves module 2 – neurosciences : implication for education and long-life learning. Taubert, M., Draganski, B., Anwander, A., Müller, K., Horstmann, A., Villringer, A., & Ragert, P. (2010). Dynamic properties of human brain structure: learning-related changes in cortical areas and associated fiber connections. The Journal of Neuroscience, 30(35), 11670-11677.

C'est au niveau des connexions des cellules nerveuses entre elles que la différence entre un adulte et un enfant est la plus manifeste (Kunz 1993). Par contre, ces liaisons se font relativement rapidement lorsque l'enfant se trouve dans un environnement propice à l'apprentissage et cela dès sa première année de vie. Cette plasticité neuronale est très intense jusqu'à l'âge de 3 ans (Weineck 2002).

La figure 3 permet de se rendre compte de cette augmentation de connexions durant le développement de l'enfant (Weineck 2002, selon Ackert). C'est cette plasticité neuronale qui semble être à la base de toute forme d'apprentissage. On s'aperçoit de l'importance de la manière dont est employé le cerveau pour qu'il puisse se développer dans les meilleures conditions (Singer 2002).

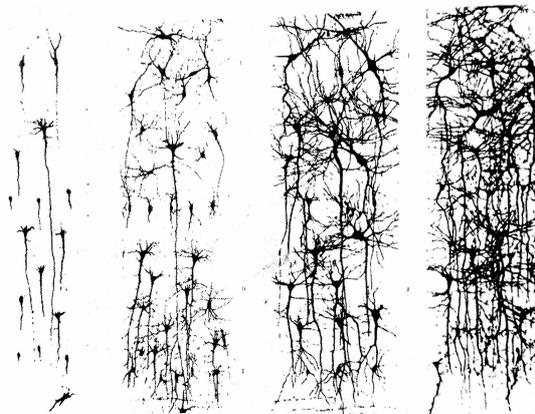


Fig.3 Cellules nerveuses et leurs connexions.
De gauche à droite : nouveau-né, dix jours, dix
mois et 2 ans (Weineck 2002, selon Ackert,
p.50)

Avec le temps, les chercheurs se sont rendu compte de l'importance des liens qu'il y a entre le développement moteur et le développement cognitif. En effet, les aires du cerveau responsable de la cognition s'activent aussi lorsqu'une personne effectue un mouvement et inversement (Diamond 2000). C'est une des raisons qui pousse à dire que le mouvement joue un rôle fondamental dans le développement de l'enfant. En ayant conscience de ces éléments, on s'aperçoit de l'importance du rôle des enseignants(es) durant la scolarité infantine et primaire des élèves. En effet, les tâches proposées par les enseignants ont une influence sur la mise en place de leurs réseaux neuronaux. C'est indispensable d'avoir connaissance de ce phénomène pour réaliser ce travail, car un des objectifs de cette étude consiste justement à

tester le feedback vidéo comme étant un moyen d'apprentissage d'un mouvement chez de jeunes enfants de deux tranches d'âge différent 10-13 ans et 6-8ans.

Pour avoir un développement optimal et accroître leurs ressources, les enfants ont besoin de faire rapidement des expériences kinesthésiques et tactiles, pas seulement pour développer leurs sens, mais aussi pour emmagasiner de la confiance (Zimmer 2001). Les changements dans l'évolution de nos sociétés et les conditions de vie des familles ont modifié les différents axes d'évolution des enfants (Wehrspaun 1990). En effet, les enfants ont un cadre de vie différent, ils ont tendance à rester de plus en plus à la maison et moins bouger (Zimmer & Circus, 1992). Le fait de faire moins d'activité physique a un impacte sur le type de loisir choisi. Effectivement, il a été observé depuis quelques années de la croissance de l'industrie des médias ainsi que de sa consommation (Zahner, Pühse et al. 2004). Plusieurs études décèlent un changement dans les compétences motrices des enfants ces dernières décennies (Kunz 1993 ; Bildungsforschung 1996 ; Brandt 1997 ; Dordel 2000 ; Schott 2000 ; Sandmayr 2002). Des conséquences négatives sur la santé physique des enfants découlent de ces changements et c'est de par ces observations que l'on se rend compte de l'importance de la motricité durant le développement d'un enfant (Weineck 2002).

La motricité est au cœur du développement de l'enfant et interagit avec différents facteurs de développement tels que la perception, la cognition, le langage, les émotions et la sociabilité (Dordel 1997 ; Balster 1998 ; Prohl 1998 ; Gaschler 1999).

2.3 L'apprentissage moteur

Les habiletés motrices sont contrôlées par le cerveau grâce à deux éléments, le traitement de l'information (la voie afférente) et le contrôle du mouvement (la voie efférente). Afin de réaliser un mouvement correctement, il faut l'avoir appris.

Réussir à maîtriser une habileté demande du temps et l'implication de différents processus neuronaux. Plusieurs habiletés découlent de la génétique par exemple les comportements innés, mais la plupart des comportements humains font l'objet d'une acquisition qui s'est stabilisée grâce à l'expérience. L'apprentissage est essentiel au développement humain et à sa survie. L'apprentissage ne concerne pas uniquement les habiletés motrices, mais aussi tout ce qui est cognitif.

On ne peut pas considérer l'apprentissage comme l'ensemble des processus qui permettent l'amélioration des performances, c'est plus complexe. En effet,

« L'apprentissage est l'ensemble des processus qui, par le biais de **l'entraînement** ou de **l'expérience**, conduisent à des changements relativement **permanents** dans la capacité de réaliser un mouvement ». Cette définition de (Schmidt et Lee,1999) prend en compte deux composantes qui permettent d'affirmer que l'amélioration découle de l'apprentissage. Pour pouvoir affirmer que l'amélioration des performances est due à l'apprentissage, il faut réunir deux éléments : tout d'abord, l'augmentation des performances obtenues doit être consécutive à un entraînement et non pas à d'autres facteurs qui peuvent aussi permettre d'augmenter les performances telles que la motivation ou un bon état de forme au moment de la performance. Ensuite, ces améliorations doivent persister dans le temps si les performances acquises semblent réversibles. Il ne s'agira alors certainement pas de l'effet de l'apprentissage. C'est sur ce point que l'on retrouve la notion de mémoire. Les trois types de mémoire ont soit un lien avec le traitement de l'information afin de réaliser une action immédiatement soit un lien avec l'apprentissage. La mémoire sensorielle, est active lors de chaque traitement d'information et stock les informations telles qu'elles sont entrées dans le système par les différents canaux sensoriels, la vision, l'audition, et le toucher. Cette mémoire dure seulement quelques secondes. Elle permet à une personne de retenir toutes les informations nécessaires à une action pour les utiliser immédiatement. Concernant la mémoire à court terme, cette mémoire est aussi appelée mémoire de travail et permet de retenir des informations abstraites (par exemple des noms, et des chiffres) jamais plus de 60s. Cette mémoire peut être transformée en mémoire à long terme en répétant l'information. C'est justement la mémoire à long terme (MLT) qui permet d'apprendre. La MLT est généralement divisée en plusieurs sous types de mémoires et permet de retenir des informations cognitives ainsi que des gestes moteurs. C'est la mémoire à long terme, implicite et procédurale, qui s'occupe de tout ce qui est de notre savoir-faire tel que nos habiletés motrices. Pour apprendre, une personne doit faire l'effort de transférer ses informations depuis sa mémoire à court terme jusqu'à sa mémoire à long terme, ce qui se fait par la répétition de l'information. Le processus est similaire pour des informations cognitives et des activités motrices. Il faut tout de même savoir que plus un geste est complexe, plus il demandera de répétition pour être appris. Pour aboutir à un apprentissage, le processus peut être long, mais à la fin de l'apprentissage, quelle que soit la complexité du mouvement, il sera appris à

vie. Pour pouvoir utiliser ce dont on a appris, il faut ramener les informations dans la mémoire à court terme.³

L'apprentissage crée un changement interne de l'individu qui est perceptible de l'extérieur par la progression. Ces changements peuvent être des modifications concernant le traitement de l'information ou le contrôle du mouvement.⁴ Trois théories ont marqué les sciences du mouvement concernant l'apprentissage.

La première théorie est basée sur la contribution des feedbacks lors de l'apprentissage par Adams (1971). Selon cet auteur, les feedbacks ont un rôle essentiel durant l'apprentissage d'un mouvement. Ils sont d'origine sensorielle (auditifs, vestibulaire, tactile, musculaire ou visuel) ou non. Dans le cas d'un feedback non sensoriel, on parle de la connaissance du résultat. D'après Adams l'apprentissage est une boucle fermée qui permet au sujet de créer une image de référence du mouvement à l'aide des feedbacks. C'est ce qu'on appelle la trace perspective qui permet d'évaluer l'exactitude du mouvement. Cette notion mène à l'idée que chaque exécution de mouvement reste en mémoire. C'est pourquoi si l'on entraîne une gestuelle, sa trace perspective se renforce, s'affine et se stabilise. Le but de l'apprentissage est alors d'atténuer l'écart entre le mouvement effectué (feedback engendré) et le mouvement souhaité (trace perspective).

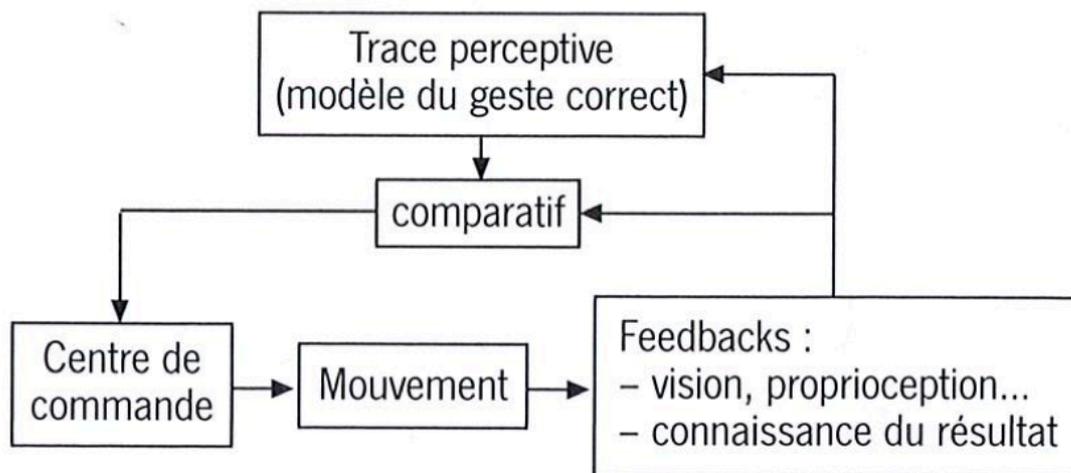


Fig.4 Schéma illustrant la théorie de l'apprentissage (Adams,1971, p.200)

³ Ludovic Marin, Frédéric Danion.(2005). Neurosciences : Contrôle et apprentissage moteur - Licences STAPS et éducateurs sportifs. Ellipses
⁴Cours, séminaires et workshop en sciences du mouvement donné par le docteur W.Taube niveaux Bachelor et Master
Ludovic Marin, Frédéric Danion.(2005). Neurosciences : Contrôle et apprentissage moteur - Licences STAPS et éducateurs sportifs. Ellipses

La seconde théorie proposée par Schmidt (1975) est le principe de la théorie des schémas. Cette théorie concerne le perfectionnement du programme moteur généralisé (PMG) qui est au centre de ce concept. D'après Schmidt, ce programme moteur contient les informations fixes du mouvement ainsi que les informations nécessaires à son exécution. Après une gestuelle, 4 sources d'informations sont stockées dans le PMG, ces sources sont représentées en haut du schéma de la figure 5. Lorsqu'un mouvement est répété plusieurs fois, le sujet met en place une banque de données d'informations. Ces données servent à élaborer des règles générales pour l'exécution du mouvement que l'on appelle schémas. Il y a deux types de schémas; un schéma de rappel et un schéma de reconnaissance. Le schéma de rappel est très simple. À partir du moment où le sujet a découvert la loi générale il va utiliser cette loi pour déterminer les valeurs adéquates à l'exécution correcte du mouvement. Le second schéma est le schéma de reconnaissance qui va permettre au sujet d'anticiper les retours sensoriels de la tâche (feedback) avant même d'effectuer le mouvement. Le schéma de reconnaissance va comparer les conséquences sensorielles attendues avec les feedbacks sensoriels obtenus à la suite de la gestuelle réellement effectuée. Ceci, afin de faire les corrections nécessaires du mouvement si les deux signaux ne concordent pas.

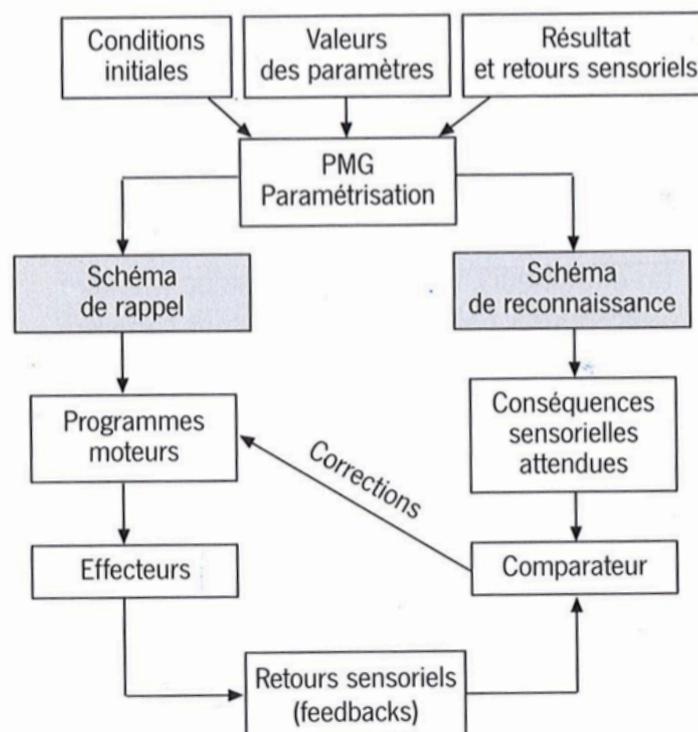


Fig.5 Schéma illustrant la théorie de l'apprentissage (Schmidt, 1975, p.202)

La dernière théorie d'apprentissage est différente des deux précédentes, elle est proposée par Bernstein (1967), il tente de comprendre comment le système nerveux fonctionne pour contrôler un nombre de variables relativement élevées et utilisées lors de l'exécution d'un mouvement. Ici, ces variables sont appelées degrés de liberté (DDL). Aux yeux de Bernstein, le but de l'apprentissage est de réussir à réduire le nombre de variables impliquées lors de l'exécution du mouvement donc de diminuer le nombre de DDL. Pour les diminuer, l'apprentissage induit des contraintes nerveuses entre les éléments impliqués dans le mouvement. Ceci crée des structures coordinatrices qui forment un ensemble. À partir de ce moment, ces variables sont contrôlées comme un tout et sont modulées par les feedbacks. Une bonne définition de l'apprentissage en lien avec cette théorie est donnée par Zanone et Kelso, (1992) « Le but de l'apprentissage est d'aboutir à une nouvelle structure coordinative plus efficace ». C'est l'apprentissage en 3 stages qui permet de créer ces structures coordinatives ou synergiques. Le premier stage consiste à réduire le nombre de DDL en les immobilisant puis le second stage va libérer progressivement les DDL pour aboutir au dernier stage qui continue de modifier les contraintes nerveuses afin de rendre le mouvement plus productif.

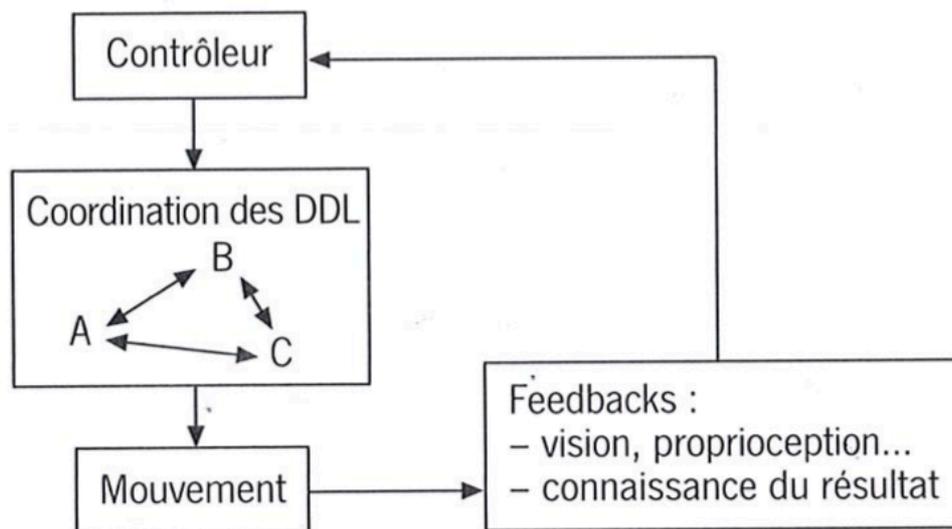


Fig.6 Schéma illustrant la théorie de l'apprentissage (Bernstein, 1967, p.205)

Ces théories diffèrent les unes des autres, elles présentent différents points forts. Par exemple, la théorie d'Adams évoque le fait que les erreurs pendant l'exécution d'un mouvement ont un effet négatif sur l'apprentissage, ces « mauvais » feedbacks altèrent la trace perceptive et donc le modèle du geste correct est modifié négativement. Pour Schmidt, ces feedbacks « négatifs » ont un effet positif sur l'apprentissage, car ils apportent de nouvelles informations utiles à la création de la banque de données qui permet la création des lois générales pour le mouvement. Par rapport à cette différence, une même technique d'apprentissage peut avoir un effet différent sur l'apprentissage selon la théorie. Par exemple, la technique d'apprentissage par guidage du mouvement (se faire aider par l'entraîneur pour effectuer un mouvement) est positive pour la théorie d'Adams, car il n'y a plus d'erreurs néfastes à l'apprentissage durant le mouvement, mais par contre, cette méthode d'enseignement est négative pour la théorie de Schmidt. En effet, si le sujet est assisté le bénéfice du mouvement sera inexistant. Rien ne va être transféré à la banque de données ce qui est néfaste pour l'apprentissage (Marin et Danion 2005). Il est intéressant de remarquer l'importance des feedbacks dans ces théories. En effet pour chacun de ces concepts, les feedbacks ont un rôle à jouer dans l'apprentissage. C'est important d'en prendre note surtout lorsque l'étude qui a été faite dans ce travail repose sur l'efficacité ou non sur un type précis de feedback lors de l'apprentissage d'une gestuelle.

L'apprentissage chez l'enfant

Y a-t-il des périodes propices d'apprentissage pour un enfant ? Certains auteurs comme Mussen et al. (1969) sont d'avis que toute la durée de l'enfance est une période déterminante pour l'apprentissage. D'autres, comme Azémar (1982) compte 4 périodes propices d'apprentissage durant le développement d'un enfant. Lorsque l'on parle de périodes propices, cela détermine en réalité une période durant laquelle l'enfant apprend avec une grande efficacité. (Durand 2011). Ces périodes sensibles sont comme des vagues irrégulières durant lesquelles le système nerveux est particulièrement sensible à ce qui se passe dans le milieu. Si l'on se revient dans le contexte de la plasticité neuronale, c'est durant ces laps de temps que l'organisme doit rencontrer des résistances environnementales (Leca & Billard 2005). Selon Changeux (1983), il existe une période décisive chaque fois qu'une synapse est instable, ces périodes sont le moment où une synapse va évoluer soit vers la

dégénérescence soit vers la stabilité en fonction des conditions d'interaction avec le milieu. La maîtrise d'un nouveau mouvement découle d'un ensemble de facteurs qui interagissent comme la maturation, le répertoire du sujet, sa capacité de traitement de l'information ou encore de sa motivation (Durand 2011). Un enfant sera capable d'apprendre un mouvement uniquement lorsqu'il détient et contrôle les prérequis de cette tâche ainsi que l'aptitude de les restructurer (Gagné, 1968 ; Magill, 1982 et Rarick, 1982).

Une interprétation de Schmidt (1982) montre que la courbe d'apprentissage d'un enfant lors d'une tâche facile n'a que très peu de différence avec celle d'un adulte, l'enfant a donc assez de ressources. Par contre, lorsque la difficulté de la tâche s'accroît des différences apparaissent. On voit que l'enfant ne dispose pas encore d'un niveau de traitement suffisant pour des habiletés plus complexes.

Développement et apprentissage

La distinction entre apprentissage et développement n'est pas toujours aussi évidente que l'on croit et c'est important de distinguer ces deux aspects étant donné qu'ils sont pris en compte pour l'enseignement. Les changements moteurs et intellectuels qui découlent du développement sont définitifs alors que les modifications qui dépendent de l'apprentissage peuvent se perdre. Le développement permet d'obtenir des capacités applicables dans différentes situations alors que l'apprentissage est généralement ciblé pour une tâche ou une famille de tâche uniquement. C'est la raison qui amène à parler du développement au singulier, mais des apprentissages au pluriel. Enfin, le développement est une condition préalable aux apprentissages, effectivement comme déjà citée plus haut, un enfant ne peut pas apprendre n'importe quoi n'importe quand à n'importe quel âge. Il y a différents points de vue d'auteurs concernant le rapport entre l'apprentissage et le développement. Certains auteurs tels que Jean Piaget défendent l'idée que les deux processus sont indépendants alors que pour le psychologue Russe L.S. Vygotsky l'apprentissage permet d'anticiper le développement.⁵

⁵ Leca & Billard, 2005, p.10

L'entraînement

La partie théorique de l'apprentissage moteur démontre plusieurs fondamentaux pour ce processus. L'entraînement est l'un des principes essentiels à l'apprentissage. Il doit alors contenir différents paramètres afin d'être optimisé. L'entraînement doit comporter de la variabilité, ce facteur favorise l'apprentissage, il peut être introduit de différentes manières durant l'entraînement. La variabilité peut être due aux différentes méthodes d'entraînements, par exemple un entraînement peut être mental (sans réalisation du mouvement) ou physique (le sujet effectue réellement le mouvement), l'entraînement peut aussi se faire par partie (c'est-à-dire que le mouvement global à apprendre est décomposé en plusieurs parties plus simples) ou global (la tâche est réalisée dans son ensemble). Un second point très important à tenir compte lors d'entraînements est que l'apprenant doit connaître le résultat à atteindre et le résultat de sa performance. Pour améliorer une performance, il est primordial de tenir compte des erreurs effectuées lors des essais durant l'entraînement. C'est là que la notion de feedback refait surface. Effectivement pour connaître ses erreurs un retour sensoriel intrinsèque du mouvement est diffusé, c'est ce qu'on appelle feedbacks et qui permettent de garantir le bon déroulement de la tâche ainsi qu'à évaluer si l'objectif initial est atteint ou non. En plus des retours sensoriels intrinsèques, des informations supplémentaires consolident et complètent les signaux d'erreurs. Ces informations peuvent provenir d'un enregistrement vidéo ou d'une analyse verbale précise du mouvement de la part du coach. Il y a donc deux sortes de feedbacks; les feedbacks intrinsèques qui sont des retours sensoriels liés à la tâche et les feedbacks supplémentaires que l'on appelle feedbacks augmentés. La question est de savoir si ces feedbacks augmentés facilitent l'apprentissage. C'est exactement ce que nous avons essayé de démontrer dans cette étude.

Une dernière variable influence les progrès d'un sujet. Le nombre d'entraînements nécessaire à l'apprentissage. Il semble que la courbe de progression s'adoucit à mesure que le niveau de pratique augmente. En effet, l'amélioration de la performance est très rapide au début puis après plusieurs séances les progrès prennent plus de temps à être obtenus et les performances semblent stagner. Plusieurs équations démontrent que malgré le fait de la diminution de la quantité d'habiletés acquises par unité de temps au cours des entraînements on ne s'arrête

jamais d'apprendre.⁶ L'étude de Crossmann (1959) sur des ouvriers sud-américains qui fabriquent des cigares à la main le prouve ; même après 7 ans dans la fabrique et plus de 100 millions de cigares roulés ces ouvriers continuent de réduire leur temps nécessaire pour rouler un cigare.

2.4 L'enseignement

L'enseignement, ce n'est pas uniquement l'action de transmettre une information à l'élève. Sept conditions de l'apprentissage font apparaître plusieurs propriétés de l'enseignement (Leca & Billard, 2005): 1) Des contraintes contraires à l'habitude de l'élève doivent le déséquilibrer et provoquer un stress chez l'apprenant. 2) Ce bouleversement doit être adapté aux ressources de l'élève. 3) Ces contraintes doivent être reproduites plusieurs fois afin que l'élève renouvelle son processus adaptatif. 4) L'objectif de la tâche doit être clairement perçu par l'apprenant. 5) L'élève doit connaître les résultats de son action, pour qu'il puisse comparer ses essais (feedback). 6) La dernière condition est la motivation. Un étudiant ne va pas apprendre s'il n'est pas motivé par la tâche. 7) Étant donné que les classes sont de plus en plus hétérogènes, la diversité des élèves doit être prise en compte. Le professeur doit donc adapter son enseignement à chaque type d'élèves. L'enseignant tient compte de ces critères pour planifier une leçon qui va permettre aux élèves d'apprendre une nouvelle habileté. Il va aménager des contraintes dans un environnement sous forme de tâches motrices pour les élèves et leur attribuer des buts. L'ensemble environnement - buts déclenche le processus d'apprentissage chez les enfants en sollicitant leurs ressources utiles pour les tâches motrices. La responsabilité d'un enseignant est de prendre en compte le retour des informations, de les traiter, de recréer un plan d'action et mettre en œuvre une nouvelle intervention. Ce processus aide les élèves dans leur progression, mais implique aussi le professeur dans sa gestion de son enseignement. Dès lors, on voit déjà apparaître ici un lien entre l'enseignant et ses élèves. Ce lien sera différent selon la méthode d'enseignement que le professeur utilise.⁷ Une liste de style d'enseignement a été mise en place par M.Mosston (1981). Cet auteur décrit 8 types d'enseignement différents ; l'enseignement par commandement, par tâche, réciproque, en sous-groupe, par programme individuel, par découverte guidée, par « problem-solving » et par niveau créatif. « Le style d'enseignement détermine le

⁶ Marin & Danion, 2005, p. 190 à 199

⁷ Leca & Billard, 2005, p.14-16, 79 et 111-113

climat et l'ambiance de travail qui règne dans la classe » (Leca & Billard, 2005). La figure 7 ci-dessous, représente une cible qui désigne les facteurs constituant l'enseignement. Elle résume l'enseignement en regroupant tous ces facteurs en 4 familles différentes les facteurs liés à la relation maître-élève, les facteurs liés aux conditions, les facteurs liés à la démarche et les facteurs liés à la tâche. À la base, ce schéma est un moyen de trouver la solution à un problème d'apprentissage chez un élève en prenant en compte un problème dû à la méthode d'enseignement plutôt qu'un problème provenant de l'élève.

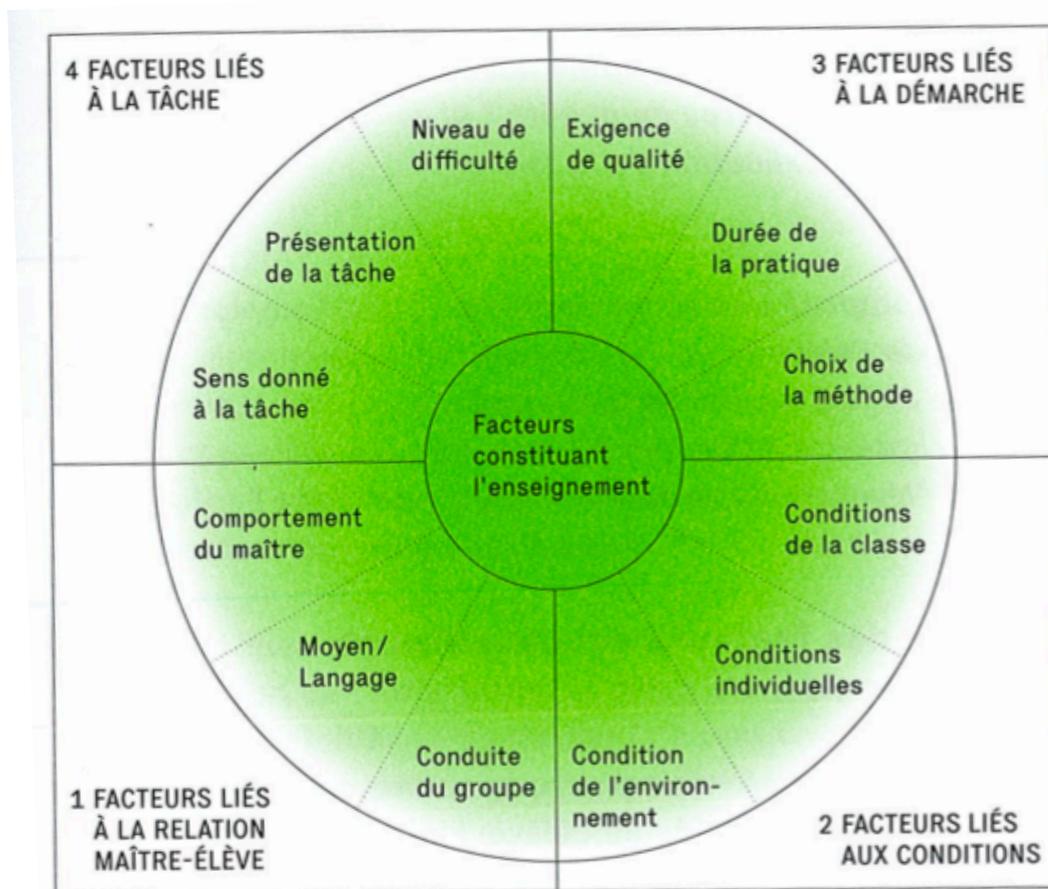


Fig.7 Diagnostic des facteurs constituant l'enseignement (Pfefferlé, Liaret & al. 2011, p. 55)

La pédagogie :

« C'est l'art d'instruire, d'enseigner des connaissances et de former des individus ». L'acte pédagogique intègre trois éléments qui sont le savoir, l'élève et l'enseignant reliés par un mécanisme d'apprentissage » (Famose 1993). Un modèle pédagogique en trois étapes selon l'acte mental a été élaboré par Feuerstein.⁸ Ce concept intègre l'étape de recherche (prise d'information), l'analyse de l'information (élaboration) et la production d'une réponse (étape de production). Ce modèle reprend les trois étapes fondamentales du traitement de l'information qui débute par l'identification du stimulus suivi d'une série de traitement de l'information pour sélectionner la réponse avant de programmer la réponse (Marin & Danion, 2005). Ceci permet de fixer un milieu de référence pour les démarches de l'enseignement et l'apprentissage. Une structure importante pour l'enseignement et l'apprentissage a été développée à partir du concept pédagogique des sports des neiges jeunesse et sports en lien avec les trois étapes décrites par Feuerstein (Pfefferlé, Liaret & al., 2011). Cette structure est proposée par le schéma de la figure 8. D'un côté se trouve l'enseignant et de l'autre l'apprenant les deux passent par les trois étapes énumérées précédemment, la prise d'information, l'étape d'élaboration et l'étape de production. Pour l'enseignant cela signifie qu'il va observer, évaluer et conseiller et pour l'élève les 3 étapes sont percevoir, traiter et réaliser.

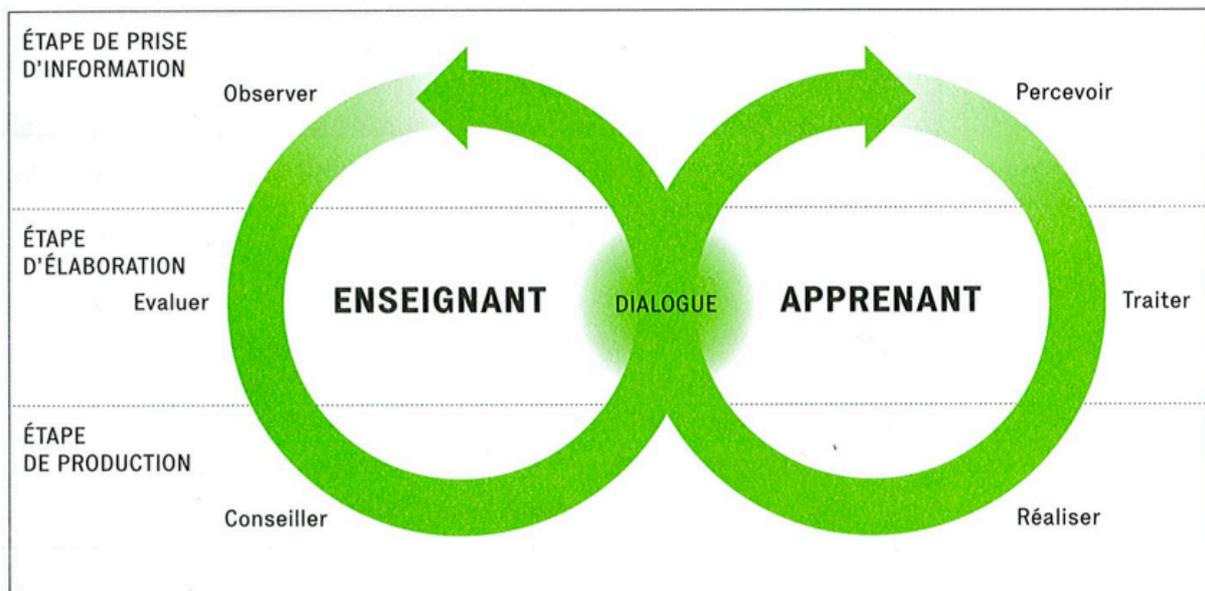


Fig.8 Concept pédagogique de l'enseignement et de l'apprentissage (Pfefferlé, Liaret & al. 2011, p.35)

⁸ Professeur de pédagogie à l'Université de Tel Aviv

Le dialogue est l'élément central autour duquel est structurée toute la représentation pédagogique entre l'apprenant et l'enseignant. « Le dialogue est un outil multidimensionnel par excellence (empathie, mise en confiance, relation) est ici entendu comme le moyen de rechercher et d'échanger informations et expériences, avec pour objectif la réussite de l'apprentissage » (Pefferlé, Liaret & al., 2011). Lors d'un apprentissage, le rôle du dialogue est bien plus qu'un échange de propos entre l'apprenant et l'enseignant, « c'est un moyen d'interaction, un outil d'investigation, d'analyse et de transmission de l'information » (Pefferlé, Liaret & al., 2011). Au chapitre suivant nous nous pencherons plus précisément sur l'objectif et l'utilisation de ce dialogue.

2.5 Feedback

Le feedback fait partie du processus d'enseignement. C'est un moyen d'aide pour favoriser l'apprentissage de l'élève en lui apportant une information de retour sur la tâche qu'il a effectuée (Leca & Billard 2005). Il y a une multitude de formes de feedbacks différents qui ont des fonctions spécifiques, mais tous ont un rôle commun qui est de permettre à l'enseignant de guider celui ou celle qui apprend. Comme déjà dit dans le sous-titre « entraînement », les feedbacks sont des informations de retour pendant l'action et après l'action permettant de constater les effets portant sur la réalisation d'un problème ou d'une tâche. Il y a deux types distincts de feedbacks ; intrinsèques et extrinsèques. Les feedbacks intrinsèques sont des retours sensoriels qui découlent de la plupart de nos sens. Les feedbacks extrinsèques (augmentés) sont des informations rétroactives données par un observateur ou par un dispositif externe tel que la vidéo. En règle générale, un feedback interne est complété par un feedback externe durant l'enseignement, car l'élève n'est pas toujours capable de percevoir ou d'interpréter seul certaines informations pertinentes pour la réussite de la tâche.⁹ Quand est-ce qu'un feedback extrinsèque doit être donné ? Le feedback peut être donné pendant, rapidement après ou après l'action et peuvent être de type affectif (p.ex. : motivation), informationnel ou combiné¹⁰. Par contre, son effet

⁹ Leca & Billard, 2005, p.150
Marin & Danion, 2005, p. 190 à 199
Pefferlé, Liaret & al., 2011, p.44 à 46

¹⁰ Adapté de :
Duran (1975)
Inacio (2006)
Piéron (1986)
Schmidt (1993)

ainsi que son efficacité seront différents. Lorsque le feedback est donné pendant l'action, l'élève aura une connaissance du résultat en même temps qu'il sera en train d'effectuer le mouvement. Un des dangers de donner un feedback en même temps que la tâche est de surcharger l'élève dans son traitement de l'information surtout lorsque l'élève est jeune et au début d'un nouvel apprentissage il risque de ne pas assimiler le contenu le feedback ou alors d'être gêné dans son activité perceptive et décisionnelle. Ce feedback peut avoir un effet positif pour motiver l'athlète durant une tâche intensive telle que la course à pied, et pour l'aider à se rendre compte d'un élément pertinent de la tâche qu'il n'a pas pris en compte (George 1983). Un feedback directement après l'exécution de la tâche semblait être très utile, mais plusieurs études ont démontré le contraire; un feedback trop rapproché de la fin de la tâche sans attendre quelques secondes perd de qualité d'apprentissage à cause de l'effet des interférences avec le système de détection d'erreurs (Schmidt 1993). L'efficacité d'un feedback retardé (plus tard après l'action) subit plusieurs controverses. Selon Ammons (1956), plus le délai entre la fin du mouvement effectué et le feedback est long, moins l'élève s'améliore, ceci est dû au fait que les informations sensorielles du mouvement ne sont plus disponibles dans la mémoire de l'apprenant. Pour George (1983), « l'intervalle entre la réponse et la connaissance des résultats n'a pas d'effet sur la performance et l'apprentissage ». Pour autant que ce temps de latence ne soit pas occupé par une autre activité. Schmidt (1993) pense aussi que ce sont « les activités intercalées pendant l'intervalle de délai du feedback qui détériorent l'apprentissage, si elles sont différentes de la tâche à acquérir ». En conclusion, le feedback doit intervenir assez rapidement après l'action pour éviter qu'une activité différente s'intercale entre le mouvement et son feedback et mobilise l'intention de l'élève.

Le feedback extrinsèque a trois fonctions principales ; renseigner sur l'atteinte de l'objectif (connaissance des résultats = CR), décrire la performance (connaissance de la performance = CP) et remotiver l'élève (Leca & Braillard 2005). L'étude de Bilodeau et all. (1959) décrit la connaissance des résultats (CR), comme des informations supplémentaires globales qui concernent le résultat de l'action. Selon Schmidt (1993), ces informations extrinsèques sont généralement verbales et décrivent la performance effectuée par rapport au but environnemental.

L'utilisation de ce type de feedback permet à l'apprenant de se rendre compte de l'écart qui le sépare du but. L'élève est informé de la réussite ou non de l'objectif fixé.

C'est la forme la plus simple de rétroaction après la prestation de l'élève. Par contre, ça ne lui permet pas de savoir comment modifier son mouvement pour atteindre son objectif (Leca & Billard 2005). La seconde fonction du feedback extrinsèque concerne la connaissance de la performance (CP), les renseignements sont plus spécifiques et portent sur la forme et la production du mouvement. Un enregistrement vidéo du mouvement est un exemple de feedback extrinsèque type CP (Marin & Danion 2005). Ce feedback ne nous donne plus le critère de réussite, mais les critères de réalisation de l'action ce qui est utile à l'élève qui, la plupart du temps, peine à comprendre les mécanismes de fonctionnement de ses actions. Ce feedback l'aide à comparer sa prestation avec celle qui correspond à l'objectif fixé. La dernière utilisation du feedback vise à relancer et à entretenir la motivation en louant la réussite et en dédramatisant l'erreur (Leca & Braillard 2005). Les feedbacks prennent différentes formes et sont diffusés de différentes manières. Les feedbacks peuvent être transmis par un message verbal, par une démonstration, par des fiches d'observation, au moyen de la vidéo, de schémas ou d'autres soutiens visuels. La dernière sorte de feedbacks est des sons. Une chose déterminante pour tirer le meilleur profit du feedback est de donner la possibilité à l'élève de refaire un essai après communication du feedback pour qu'il puisse utiliser et tester les informations reçues (Leca & Billard 2005).

Feedback et enseignement

« Conseiller, c'est transmettre de la meilleure façon à l'apprenant les informations opérantes pour l'apprentissage » (Pfefferlé, Liardet & al. 2011 p.45).

Conseiller fait partie intégrante du rôle de l'enseignant. C'est une étape du processus d'apprentissage essentielle pour l'élève afin qu'il puisse corriger ses fautes, stabiliser son action ou encore évoluer dans son apprentissage. Conseiller est la 3^e étape du rôle de l'enseignant dans le concept pédagogique (voir figure 9 en rouge). La façon de conseiller sera différente selon le niveau d'apprentissage des élèves, en effet on ne peut pas conseiller des élèves débutants de la même manière que des experts. Un conseil peut être de deux sortes selon le genre d'informations données ; premièrement, l'enseignant peut donner des conseils après l'évaluation de l'exécution de l'élève. Dans ce cas, on parle de feedback et deuxièmement, il peut leur fournir des corrections et des variations pour leur tâche.

Le feedback est un élément « clé » de la pédagogie. C'est pourquoi chaque feedback doit être ajusté à l'individu observé que ce soit par des mots, par un langage ou par des images. Tout doit être choisi et cohérent pour la personne visée (Pfefferlé, Liardet & al. 2011, p.46-47).

L'apprenant, lorsqu'il reçoit les conseils de la part de l'enseignant se situe à la 1^{re} étape du concept pédagogique « prise d'information » (voir figure 9 en rouge page 27). C'est durant cette étape qu'il perçoit et traite les informations sélectionnées pour faciliter l'adaptation à son milieu. Pour ce faire, il utilise ses récepteurs extéroceptifs qui captent les informations externes, tel que les feedbacks augmentés. Il détecte également les informations provenant de ses récepteurs proprioceptifs qui proviennent de son propre corps. (Pfefferlé, Liardet & al. 2011, p.50-51). Pour l'apprentissage, il est nécessaire que les informations circulent le long du processus pédagogique. C'est le dialogue qui permet de passer de la 3^e étape de l'enseignant (conseiller) à la 1^{re} étape du pratiquant (percevoir) (voir figure 9 flèche rouge page 27). Ce sont les différents feedbacks qui correspondent à ce « dialogue ».¹¹

¹¹ Pfefferlé, Liardet & al., 2011, p.44 à 51

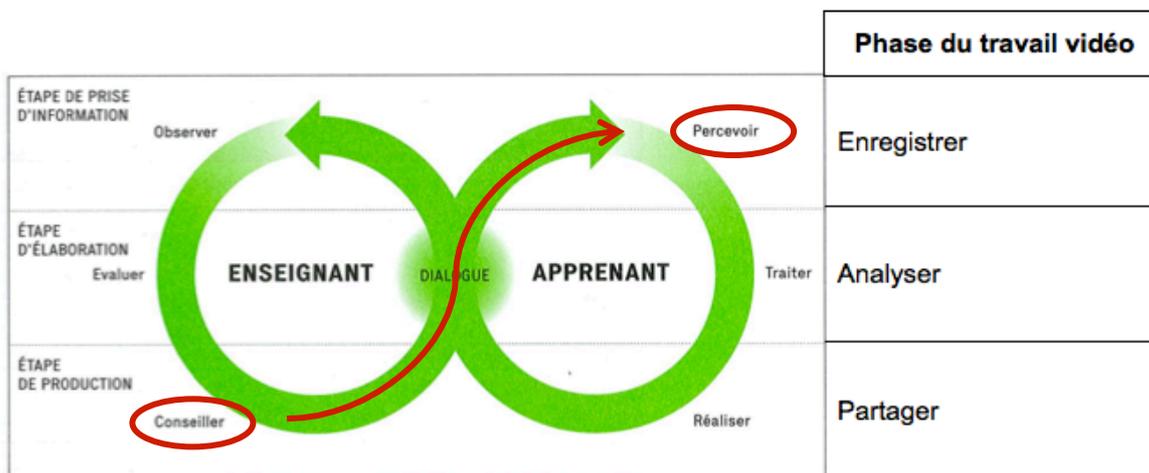


Fig.9 Concept pédagogique de l'enseignement et de l'apprentissage en lien avec le feedback et les phases du travail vidéo (Pfefferlé, Liaret & al. 2011, p.35) et (Rouvenaz & Buchel, 2014, p.2)

Un document réalisé par 2 enseignants de l'université de Fribourg (Rouvenaz & Buchel, 2014) comme support de cours démontre un lien intéressant entre les 3 phases utilisées lors du travail vidéo (enregistrer, analyser et partager) et le concept pédagogique de la figure 8 et 9. Effectivement, sur la figure 9 on peut voir que la phase d'enregistrement se situe au même niveau que la phase de perception pour l'apprenant et la phase d'observation pour l'enseignant. Il en est de même pour l'étape de l'analyse qui est égale à l'étape de traitement pour l'élève, et l'étape d'évaluation pour l'enseignant. Enfin, la phase de partage est au même échelon que la réalisation pour le pratiquant et la phase de conseil de l'enseignant.

Feedback vidéo

Les élèves perçoivent tous différemment les informations qui sont transmises par l'enseignant, mais il y a des voies de perceptions dominantes différentes chez chacun. Pour que les besoins des élèves soient pris en considération, l'enseignant utilise des « dialogues » différents lorsqu'il transmet une information. Il va transmettre l'information en expliquant l'action (ici, les élèves utilisent leur canal auditif), en démontrant (les élèves utilisent leur canal visuel) et en faisant réaliser l'action (utilisation du canal kinesthésique).¹² Ces différents canaux se réfèrent aux différents modes d'apprentissage, effectivement tout le monde n'apprend pas de la même manière. Certaines personnes préfèrent apprendre par leur canal auditif, d'autres par leur canal visuel et d'autres encore par leur canal kinesthésique (Maclsaac, Estey, & al. 1997). La vidéo, les croquis ainsi que les divers supports

¹² Pfefferlé, Liaret & al., 2011, p.50 à 51

visuels ont un avantage sur les autres types de feedbacks, « ils permettent la représentation concrète de l'action (description) ou de l'action à réaliser (prescription) » (Leca & Billard, 2005). La capture vidéo participe au processus d'enseignement pour un apprentissage par observation.

Le clip vidéo peut être utilisé dans différentes situations. Il peut être utilisé pour donner une consigne visuelle en demandant aux élèves de reproduire ce qu'ils voient, il peut être utilisé comme feedback dans le but d'améliorer leurs performances et parfois il est même utilisé pour contrôler si les élèves atteignent les objectifs fixés.¹³ Les feedbacks de ce type sont de plus en plus habituels dans les milieux sportifs, mais plusieurs études remettent en question leur efficacité chez les novices principalement (Marin & Danion, 2005). En utilisant l'enregistrement vidéo, ils ont observé des progrès, mais qui ne sont jamais plus élevés que lors d'entraînements classiques (Van Wieringen et al. 1989). Ceci est dû au fait que la vidéo apporte de multiples informations sur la forme du mouvement et les novices n'ont pas encore assez de connaissances pour en extraire les détails utiles à leur tâche ce qui n'est pas le cas pour un expert étant donné qu'il sait ce qu'il doit observer et évaluer sur la vidéo.

Dans toutes les circonstances, le feedback vidéo apporte plus de bénéfice pour un novice s'il est accompagné d'un feedback verbal donné par un expert qui va identifier les erreurs produites par l'élève. C'est également le cas si le professeur lui indique préalablement les points importants à observer sur l'enregistrement avant qu'il exécute le mouvement (Guadagnoli et al., 2002). En règle générale, le feedback vidéo est beaucoup plus performant accompagné d'un feedback verbal (Merian & Baumberger, 2007; Adatte & Mentha, 2008). Une seule étude trouvée a démontré le contraire, celle Joye, (2008). Dans son mémoire, aucune différence significative des performances n'a été trouvée entre des élèves qui ont été confrontés seuls à leur feedback vidéo de leur propre mouvement et des élèves qui ont reçu en plus de leur feedback vidéo un feedback de leur maître. Par contre dans aucun cas, l'utilisation du feedback vidéo n'a occasionné d'effet négatif pour l'apprentissage (Baumberger, 2013). Les améliorations des performances des élèves sont similaires lorsqu'ils reçoivent un feedback de type vidéo de démonstration ou un feedback vidéo de leur propre mouvement (Fonseca, & Guinand, 2012).

¹³ Support de cour : CP ski/snowboard crée par Rouvenaz A. & Buchel J.L., unifr 2014

2.6 Hypothèses

En prenant en compte les éléments d'autres études consacrées au feedback vidéo dans l'apprentissage moteur, nous avons supposé que le feedback de type vidéo de démonstration en temps réel pouvait avoir un effet significatif sur l'amélioration des performances du lancer chez les élèves et que cet effet serait significativement différent selon l'âge des participants. Deux points très importants étaient à prendre en compte. Premièrement, il fallait éviter le biais au niveau du feedback en isolant le feedback vidéo des autres sortes de feedbacks. Deuxièmement, il fallait éviter le biais du niveau disparate d'apprentissage en choisissant une gestuelle vierge de toute expérience.

3. Méthode :

Pour mesurer et observer l'effet du feedback vidéo sur l'apprentissage de la gestuelle du lancer de la balle chez des enfants de deux classes d'âges différentes, nous avons opté pour un design expérimental en 3 phases: le pré-test, l'entraînement et le post-test. Pour chacune de ces phases, le protocole suivi était le même. Nous avons mesuré les résultats des participants du groupe test avec feedback vidéo (AVEC) et du groupe contrôle sans feedback vidéo (SANS).

3.1 Échantillon

Tab. 1 : Caractéristiques anthropométriques des participants (moyennes et écarts-types)

	Petits AVEC (n=16)	Petits SANS (n=16)	Total Petits (n= 32)	Grands AVEC (n=16)	Grands SANS (n=16)	Total Grands (n= 32)
Genre [f/m]	7/9	7/9	14/18	7/9	7/9	14/18
Age [années]	7.12 ± 0.8	6.75 ± 0.77	6.93 ± 0.8	10.75 ± 0.85	11.18 ± 1.37	10.96 ± 1.14
Taille [cm]	125.25 ± 5.29	122.62 ± 10.86	123.93 ± 8.51	142.03 ± 7.73	150.43 ± 11.73	146.23 ± 10.66

Au total, 64 élèves de 4 classes différentes ont participé à l'étude (16 élèves par classe). Sur ces 4 classes, il y avait 2 classes de « grands » âgés de 10 à 13 ans (au total, 32 élèves) et 2 classes de « petits » âgés de 6 à 8 ans (au total 32 élèves aussi). Nous avons donc, 16 élèves par catégorie d'âge qui étaient des sujets contrôles, sans feedback vidéo. Ces sujets ont suivi le même protocole que le groupe expérimental, mais eux n'ont jamais reçu de feedback vidéo. Les 16 sujets expérimentaux de chaque catégorie d'âge recevaient un feedback vidéo régulièrement. En résumé ; il y avait 16 sujets « grands » expérimentaux, 16 sujets « grands » contrôles, 16 sujets « petits » expérimentaux et 16 sujets « petits » contrôles.

Le plan expérimental de l'étude étant en « inter-sujets », le problème était d'obtenir 4 groupes équivalents. Pour ce faire, la répartition des élèves dans les groupes contrôles et expérimentaux a été faite aléatoirement.

Chaque participant devait effectuer la tâche avec leur main non-préférentielle afin que tous les sujets commencent la tâche avec un niveau de performance

comparable. Les participants de l'étude étaient donc tous droitiers et ont utilisé leur main gauche pour effectuer les lancers. Aucun participant ne souffrait de troubles moteurs tels que la dyspraxie. Il est évident que les participants n'étaient pas conscients des différents objectifs de l'étude afin de ne pas les influencer dans leur tâche. Les sujets de l'étude étaient mineurs et ils allaient être filmés. Nous devions donc obtenir l'autorisation des parents ainsi que celle de la direction de l'école et du responsable du sport pour qu'ils puissent participer étant donné que les tests allaient avoir lieu pendant les heures d'éducation physique. Les parents ont donné ou pas l'autorisation de participer à l'étude par le biais d'une circulaire à me retourner (annexe 1). J'ai aussi obtenu l'accord de la directrice de l'établissement ainsi que du responsable du sport (annexe 2).

3.2 Organisation et durée des tests

Les mesures et les entraînements ont duré 2 mois, une fois par semaine. Un mois a été consacré aux sujets âgés entre 6 et 8 ans et 1 mois pour les élèves âgés entre 10 et 13 ans. Les tests et entraînements se déroulaient durant les deux périodes obligatoires d'éducation physique. Avant la date du début des tests, nous avons fait un pilote du protocole, afin d'optimiser la procédure. En effet, en pratique il n'est pas facile de réussir à respecter un timing serré lorsqu'on travaille avec de jeunes sujets. C'est la raison pour laquelle nous avons été contraints de supprimer un des entraînements prévus. Au lieu de suivre 2 entraînements entre le pré-test et le post-test les sujets n'en ont eu qu'un seul.

Les 16 sujets de chaque classe étaient répartis en 4 groupes de 4 sujets et ont été sollicités 3 semaines consécutives une fois pour le pré-test, une fois pour l'entraînement et une dernière fois pour le post-test. Le temps nécessaire pour chaque groupe était d'environ 40 minutes. Le tableau ci-dessous, résume l'organisation des tests appliquée pour les 4 différentes classes.

Tab. 2 : Organisation des tests pour chaque classe

	Temps	Pré-test	Entraînement	Post-test
Semaine N°1	40'	Groupe 1 (AVEC fb)		
	40'	Groupe 2 (Contrôle)		
Semaine N°2	40'	Groupe 3 (Contrôle)	Groupe 1 (AVEC fb)	
	40'	Groupe 4 (AVEC fb)	Groupe 2 (Contrôle)	
Semaine N°3	40'		Groupe 3 (Contrôle)	Groupe 1 (AVEC fb)
	40'		Groupe 4 (AVEC fb)	Groupe 2 (Contrôle)
Semaine N°4	40'			Groupe 3 (Contrôle)
	40'			Groupe 4 (AVEC fb)

Les données du pré-test étaient composées des 7 premiers lancers des sujets, les 5 autres séries de 7 lancers étaient considérées comme des entraînements. La phase d'entraînement était composée de 6 séries de 7 lancers par sujet et la phase de post-test était aussi composée de 6 séries de 7 lancers. Les données du post-test étaient récoltées lors de la dernière série (annexe 3).

3.3 Matériel et appareils de mesure

3.3.1 Organisation de la salle et équipe pour prendre les mesures

L'expérience a été menée dans la salle de sport de l'école. C'était un environnement propice à la tâche motrice et qui nous permettait d'avoir tout le matériel nécessaire. Durant toute l'expérience, la salle n'a pas changé. Il était primordial que les expériences puissent avoir lieu dans des conditions identiques pour tous les sujets. Une zone de lancer a été mise en place dans le but de limiter tout autre feedback visuel pour les autres sujets. Le sujet qui effectuait la tâche était encerclé par des « murs » construits avec le matériel de sport (gros tapis, tapis de 16, bancs, et barres parallèles) (fig.10). Le sujet se positionnait à l'intérieur de cette zone pour faire le test.



Fig.10 Zone de lancer

Nous voulions limiter au maximum l'intervention d'autres feedbacks lors de la tâche. C'est pour cela, que le sujet lançait par-dessus une cloison de 180 cm de hauteur placée devant lui afin qu'il n'ait aucun retour sur l'aboutissement de ses tirs (fig.11). L'annexe 4 démontre la vision des sujets lors des tests.



Fig.11 Zone de lancer et cloison de 180cm

3.3.2 Les balles

Les balles utilisées pour les tests ont été conçues spécifiquement pour l'étude. Le but était d'obtenir une vingtaine de balles identiques en masse et volume adaptés aux sujets et à la gestuelle mesurée.

La masse ne devait pas être trop élevée afin d'éviter une trop grande fatigue musculaire des sujets au cours des tests. Elle ne devait pas non plus être trop faible pour que les sujets aient une bonne proprioception. Le volume des balles a aussi été contrôlé. Les sujets devaient pouvoir serrer et tenir correctement les balles lors des lancers (fig.12). Pour connaître les dimensions adéquates et respecter les paramètres cités plus haut, des recherches internet ont été effectuées. Grâce à un catalogue trouvé sur internet et spécialisé dans la petite enfance ayant pour thème les activités d'adresse avec balles et ballons plusieurs prototypes de balles de masse et de volume différents ont été confectionnés puis expérimentés par les sujets avant les tests. Un dernier paramètre important a été pris en considération, dans le but d'obtenir des mesures quantitatives précises. Les balles devaient s'immobiliser au sol rapidement et donc se déformer lors de leurs impacts au sol. Finalement, le type de balle choisie pour effectuer les tests pesait entre 82 et 84g entourés de trois couches de ballon de baudruche remplie de farine et avait un diamètre de 6cm.

21 balles de ce type ont été confectionnées (7 blanches, 7 roses et 7 jaunes). Les couleurs des balles n'avaient aucune importance pour l'étude (fig.12 et annexe 5).



Fig. 12 Balle utilisée pour les tests

3.3.3 Homogénéisation de l'angle de tir

Pour standardiser au maximum le protocole, chaque sujet était placé à une distance définie du drap pour lancer. Étant donné qu'il y avait une grande différence de taille entre les sujets, leur grandeur variait entre 123.93 ± 8.51 et 146.23 ± 10.66 . Deux élèves de taille différentes qui se situaient à la même distance de la cloison n'avaient pas le même angle de tir. En fonction de leur taille, les sujets étaient répartis différemment en face de la paroi. La distance adéquate de tir depuis le drap pour une personne de 157cm a été déterminée à 250cm (fig.13).

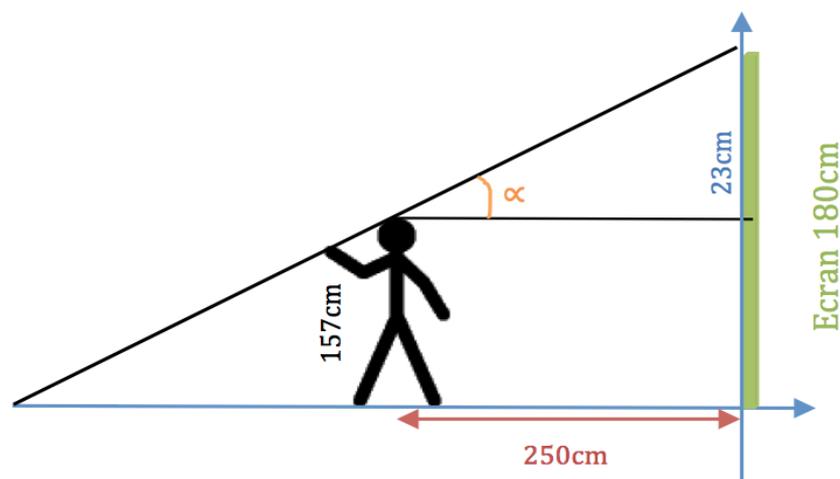


Fig. 13 Schéma pour visualiser l'angle de tir standard utilisé

L'angle de lancer de référence (α) a été déterminé par $\tan^{-1}\left(\frac{23}{250}\right) = 5.43^\circ$. Pour que tous les sujets aient le même angle de lancer égale à $\alpha = 5.43^\circ$, il faut varier la distance par rapport à l'écran selon la droite : $Y = \frac{23}{250} X + 180$ (annexe 6)

⇒ Pour déterminer la distance à laquelle le sujet doit lancer, il faut résoudre $(\text{taille} - 180) \times \frac{250}{23} = \text{distance}$.

Les sujets de petite taille se sont retrouvés très éloignés de l'écran pour lancer, afin de garder le même standard, on a décidé de surélever ces élèves. Ils lançaient debout sur deux bancs côte à côte ce qui augmentait leur taille de 38cm afin de pouvoir lancer à une distance plus raisonnable du drap (fig.14).



Fig. 14 Sujet en phase de test, il mesure 117cm + 38cm grâce au banc

3.3.4 Le feedback

L'information donnée aux sujets pour le processus d'apprentissage du lancer était un feedback vidéo de démonstration

Pour ce travail, le feedback vidéo extrinsèque a été isolé afin d'essayer de prouver son efficacité sans qu'il soit complété par un autre type de feedback tel qu'un feedback visuel de l'aboutissement de son propre tir ou l'observation des autres sujets pendant leur test. Ces feedbacks ont été éliminés grâce à l'écran devant le lanceur et à la zone de lancer mise en place (voir explications point 3.3.1).

Le feedback vidéo était une démonstration du mouvement modèle enregistrée au préalable et effectuée par une personne de référence. Il était transmis au moyen d'un iPad à vitesse réelle (aucun arrêt sur image ou ralenti n'était possible). Sur la vidéo, le modèle lançait de la main gauche comme devaient le faire les sujets.

Pour limiter une trop grande variabilité de la gestuelle du lancer entre les deux groupes (le groupe expérimental et le groupe contrôle). Chaque sujet a pu observer 3 fois la vidéo au début des tests.

3.3.5 Récolte des données

Données quantitatives

La longueur et la déviation des tirs étaient mesurées sur le terrain 7 fois par sujet lors du pré-test et 7 fois par sujet lors du post-test (Annexe 3). Ce qui a été récolté sur le terrain était la distance entre l'écran et l'impact de la balle grâce à une chevillière positionnée au sol, ainsi que la distance à angle droit depuis la chevillière jusqu'à l'impact de la balle (a). Ces mesures ont permis de déterminer la longueur totale réelle du tir et l'angle de déviation du tir (fig.15).

Toutes les données ont été recueillies de la même manière et aux mêmes endroits (p. exemple centre de la balle).

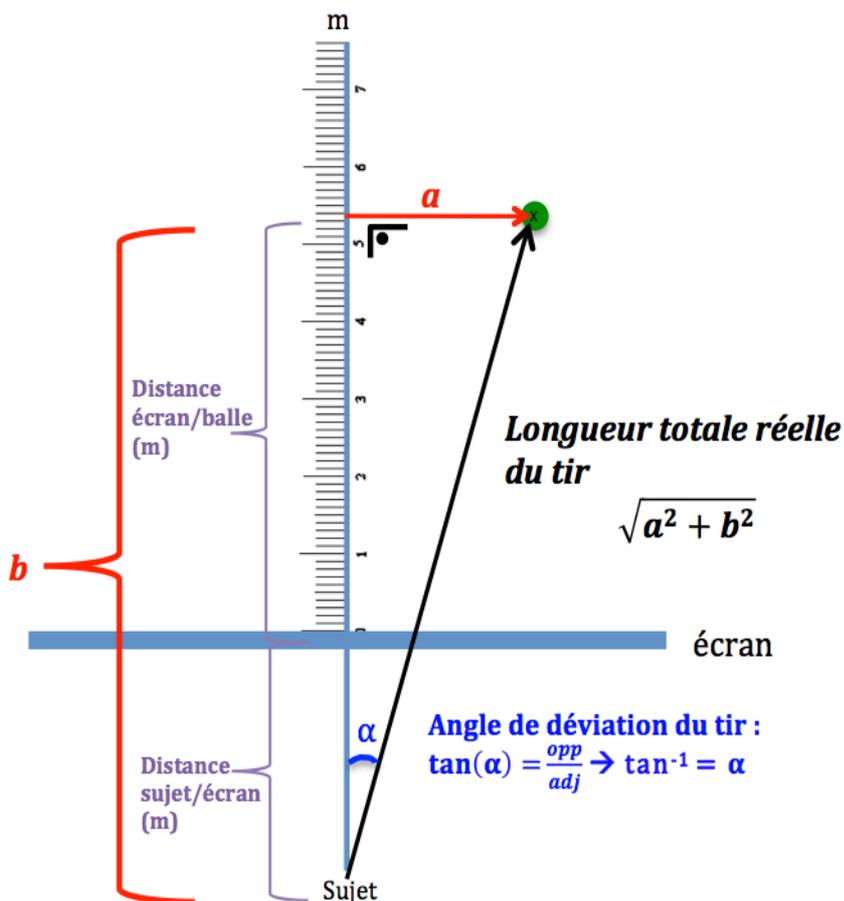


Figure 15 : Schéma représentant les données quantitatives récoltées

Données qualitatives

Comme mentionné dans le contexte théorique, quatre critères qualitatifs ont été examinés pour chaque sujet : l'avancée du coude, le changement du plan des épaules, la position asymétrique entre la jambe et le bras de lancer et le transfert du poids du corps.

Pour pouvoir juger ces éléments précisément après le test, les participants étaient filmés. Chaque donnée qualitative a été évaluée selon une échelle de quatre points. Deux à tendance négative (- -, - +) et deux à tendance positive (+ -, + +). Afin de pouvoir analyser ces données de manière statistique, les quatre tendances ont été transformées en données quantitatives :

- - = 0 , - + = 1, + - = 2 et + + = 3.

Afin d'éviter un biais d'évaluation, ce sont deux personnes externes et neutres à l'étude qui se sont chargées d'évaluer les performances qualitatives des sujets.

3.4 Tâche (protocole)

La première étape consistait à former plusieurs groupes de 4 sujets de même taille qui étaient soumis aux mêmes conditions (contrôle ou feedback). Ces groupes restaient les mêmes durant toute la durée des tests.

- Chaque groupe de 4 sujets visionnait 3 fois la vidéo avant de commencer le test qu'ils soient dans le groupe contrôle ou dans le groupe expérimental.
- Le 1^{er} sujet (X_1) se mettait en place avec 7 balles au bon endroit grâce à un scotch qui avait été collé à la bonne distance du drap selon sa taille. Les 3 autres attendaient derrière l'installation sans rien faire qu'ils soient du groupe contrôle ou feedback pour le pré-test (les 7 premiers lancers). C'est en phase d'entraînement et en post-test que les élèves du groupe expérimental visionnaient la vidéo après leurs 7 lancers durant leur temps de pause alors que les élèves du groupe contrôle attendaient leur tour.
- Le sujet X_1 devait lancer les 7 balles à intervalle de 5 à 8 secondes. Une fois les 7 lancers effectués, X_1 allait à la pause et visionnait la vidéo 5-6 fois s'il faisait partie du groupe expérimental. Par contre, si le sujet X_1 faisait partie du groupe contrôle après ces 7 lancers, il allait en pause sans rien faire derrière l'installation jusqu'à son prochain passage. Les 4 élèves qui passaient en même temps pour le test appartenaient au même groupe afin que les sujets ne se rendent pas compte dans quel groupe d'étude ils appartenaient.

- Après le sujet X_1 c'était au tour de X_2 , X_3 puis X_4 de lancer 7 fois. Ensuite, le tournus recommençait 6 fois. Chaque sujet lançait au total, 6 séries de 7 balles ce qui fait un total de 42 tirs par semaine de test et il y avait 3 semaines de test ce qui signifie que les élèves ont lancé 146 fois pour l'étude. Le groupe expérimental, recevait le feedback après chaque série de 7 lancers. Les mesures étaient récoltées lors des 7 premiers lancers de la 1ère semaine (= pré-test) et lors des 7 derniers lancers lors de la 3^{ème} semaine (=post-test). L'annexe 7 représente schématiquement le protocole de l'étude décrit ci-dessus.

3.5 Analyse statistique

Pour l'analyse statistique des données, j'ai utilisé le programme RStudio (Version 0.98.1102 – © 2009-2014 RStudio, Inc.).

Dans cette étude, il y a avait deux variables indépendantes (VI). La première était la catégorie d'âge des participants, les grands de 10 à 13 ans et les petits de 6 à 8 ans. La seconde VI était la méthode d'apprentissage avec feedback vidéo et sans feedback vidéo.

Il y avait 6 variables dépendantes (VD) qui correspondaient aux 6 critères quantitatifs et qualitatifs pour l'évaluation du lancer. Pour utiliser les 4 critères qualitatifs dans le programme, les résultats ont été convertis en données quantitatives. Le but était de mesurer les effets des variables indépendantes (VI) sur chaque variable dépendante (VD). S'agissant du plan expérimental, il a été fait en inter-sujets. C'est-à-dire que les participants étaient différents pour chaque condition.

Pour vérifier si le feedback vidéo avait un effet significatif sur l'apprentissage du lancer et si cet effet était significativement différent selon l'âge des participants, on a appliqué le test ANOVA two-way pour chaque variable dépendante. Le test two-way était nécessaire, car il y avait deux critères de classification différents, la méthode d'apprentissage et la catégorie d'âge des sujets.

Au total, pour l'analyse statistique de cette étude, il y a 6 ANOVA two-way différentes qui ont été faites.

Pour chacune des ANOVA, j'ai d'abord contrôlé si les données étaient paramétriques ou non paramétriques avec les tests « *stat.desc* » et « *LeveneTest* ». Puis j'ai vérifié si les résultats étaient significatifs ou non avec le test « *aov* » pour des résultats paramétriques et avec le test « *t2way* » pour des données non paramétriques. Pour terminer, j'ai fait des comparaisons multiples pour chaque critère avec

« *pairwise.t.test* » si les données étaient paramétriques et avec « *mcp2atm* » si les données étaient non paramétriques. J'ai aussi mesuré l'interaction entre les variables indépendantes pour chaque variable dépendante.

Le tableau de la page suivante résume la situation de l'effet de 2 méthodes (avec vs sans feedback) après 3 semaines sur deux types de sujets (grands vs petits). Il y avait 6 tableaux comme celui-ci, un par variables dépendantes. Dans chaque colonne grise, 16 résultats étaient inscrits, car 16 participants différents par condition ont participé au test.

Tab. 3: Tableau test ANOVA two-way

Grands (10-13ans)		Petits (6-8ans)	
Méthode avec Feedback	Méthode sans Feedback	Méthode avec Feedback	Méthode sans Feedback
Les données : $\bar{X}_{post} - \bar{X}_{pré} = Y1$	Les données : $\bar{X}_{post} - \bar{X}_{pré} = Y2$	Les données : $\bar{X}_{post} - \bar{X}_{pré} = Y3$	Les données : $\bar{X}_{post} - \bar{X}_{pré} = Y4$
"	"	"	"
"	"	"	"
Moyenne de la colonne grands avec feedback = $\bar{Y}1$	Moyenne de la colonne grands sans feedback = $\bar{Y}2$	Moyenne de la colonne petits avec feedback = $\bar{Y}3$	Moyenne de la colonne petits sans feedback = $\bar{Y}4$
Moyenne Méthode avec Feedback = $\frac{\bar{Y}1 + \bar{Y}3}{2}$	Moyenne Méthode sans feedback = $\frac{\bar{Y}2 + \bar{Y}4}{2}$	Moyenne Méthode avec feedback = $\frac{\bar{Y}1 + \bar{Y}3}{2}$	Moyenne Méthode sans feedback = $\frac{\bar{Y}2 + \bar{Y}4}{2}$
Moyenne des Grands = $\frac{\bar{Y}1 + \bar{Y}2}{2}$		Moyenne des Petits = $\frac{\bar{Y}3 + \bar{Y}4}{2}$	
Moyenne totale = $\frac{\bar{Y}1 + \bar{Y}2 + \bar{Y}3 + \bar{Y}4}{4}$			

Pour remplir ce tableau, on a utilisé les données pré-test et post-test de chaque sujet. On a fait la moyenne des 7 derniers lancers (\bar{X}_{post}) moins la moyenne des 7 premiers lancers ($\bar{X}_{pré}$) pour chaque variable dépendante. 6 tableaux au format texte (TXT) ont ensuite été créés pour que l'on puisse utiliser ces données sur le programme RStudio.

4. Résultats :

Pour chaque variable dépendante, une ANOVA two-way a été réalisée.

4.1 Données quantitatives :

Longueur du tir

Les résultats de la longueur du tir de nos 64 sujets sont **paramétriques** (Annexe 8 page 80).

Pour savoir s'il y a une différence significative entre les moyennes des longueurs de tir selon les deux conditions ; méthode (avec et sans feedback) et expertise (grands et petits), nous avons effectué la fonction « *aov()* ».

Tab. 4: Tableau de la fonction "aov()" pour savoir si les données sont significatives

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)						
Methode	1	17204	17204	0.865	0.3561						
Expertise	1	170672	170672	8.581	0.0048 **						
Methode:Expertise	1	7	7	0.000	0.9850						
Residuals	60	1193368	19889								

Signif. codes:	0	'***'	0.001	'**'	0.01	'*'	0.05	'.'	0.1	' '	1

Nous avons trouvé une différence significative (p -value = 0.0048) entre les grands et les petits. Par contre, nous ne savons pas encore si cette différence entre les grands et les petits est avec ou sans feedback ce sont les comparaisons multiples de la page suivante qui vont nous l'indiquer.

Aucune différence significative concernant la méthode d'entraînement n'a été trouvée (p -value = 0.3561). Il n'y a pas non plus de différence significative entre la méthode d'entraînement utilisée et l'âge des enfants (p -value = 0.9850) ce qui signifie que la méthode d'entraînement a les mêmes effets chez les grands et chez les petits.

Comparaisons multiples entre les différents groupes.

L'analyse des comparaisons multiples a été faite avec le test « pairwise.t.test ». Il y a une différence significative ($p\text{-value} = 0.05$) pour la longueur des tirs entre les sujets petits/sans feedback et les grands/avec feedback (annexe 8 page 81). Le groupe grand avec feedback lance significativement plus loin que le groupe petit sans feedback.

Malgré la non-significativité des autres résultats, concernant la méthode d'entraînement, on voit sur ce diagramme en barre une tendance à l'amélioration de la longueur du tir lorsque les sujets se sont entraînés avec la méthode du feedback vidéo pour les deux groupes (grands et petits).

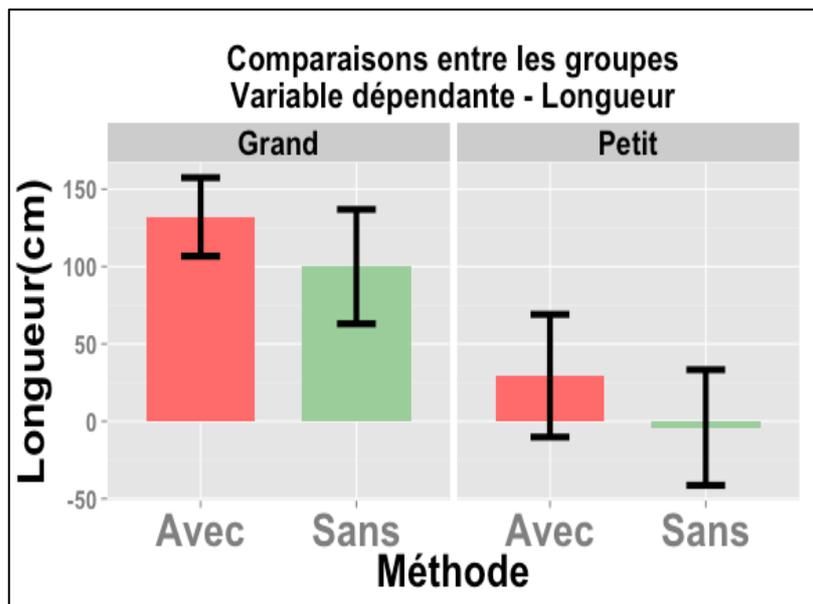


Fig. 16 : Barplot comparaison entre les groupes selon la V.D Longueur

Droite d'interaction entre la catégorie d'âge des sujets et la méthode d'entraînement malgré les résultats précédents non significatifs

Ci-dessous, il n'y a pas d'interaction entre les deux variables indépendantes, ce qui montre que la méthode a les mêmes effets chez les grands que chez les petits concernant la longueur des tirs.

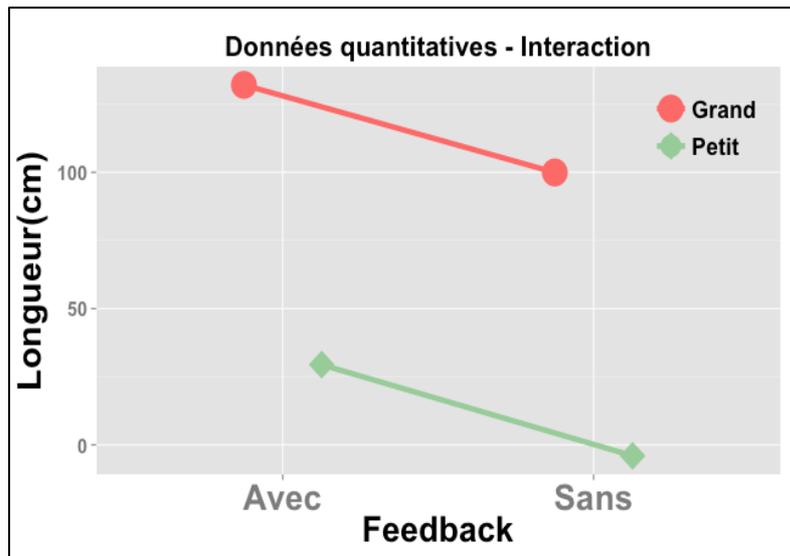


Fig. 17: Droites d'interaction entre les V.I selon la longueur

Déviaton du tir

Les résultats de la déviaton des tirs de nos 64 sujets sont **non-paramétriques** (Annexe 8 page 82).

Pour déterminer s'il y a une différence significative entre les moyennes des déviations de tir selon les deux conditions ; méthode (avec et sans feedback) et expertise (grands et petits), nous avons effectué un test « t2way » étant donné que les données sont non-paramétriques.

Tab. 5: Tableau de la fonction "t2way" pour savoir si les données sont significatives

```
$Qa
[1] 0.06811769

$A.p.value
[1] 0.797

$df.A
[1] 1

$Qb
[1] 0.5334406

$B.p.value
[1] 0.473

$df.B
[1] 1

$Qab
[1] 3.755014e-05

$AB.p.value
[1] 0.996

$df.AB
[1] 1

$means
      [,1]      [,2]
[1,] -2.354073 -3.559579
[2,] -1.909448 -3.135353
```

Ce test ne montre aucune différence significative concernant la méthode d'entraînement, la catégorie d'âge des sujets et la méthode d'entraînement selon la catégorie d'âge des sujets. (p-value de Méthode = 0.797, p-value de l'expertise = 0.473 et p-value de la méthode selon l'expertise = 0.996)

Comparaisons multiples entre les différents groupes.

Malgré la non-significativité des données, des comparaisons multiples ont été faites. On voit que pour les deux groupes, il n'y a pas d'amélioration de la déviation du tir avec le feedback vidéo. Il y a même une tendance inverse de ce que l'on pensait trouver, ce sont les sujets sans feedback vidéo qui semblent avoir une amélioration de leur déviation de tirs.

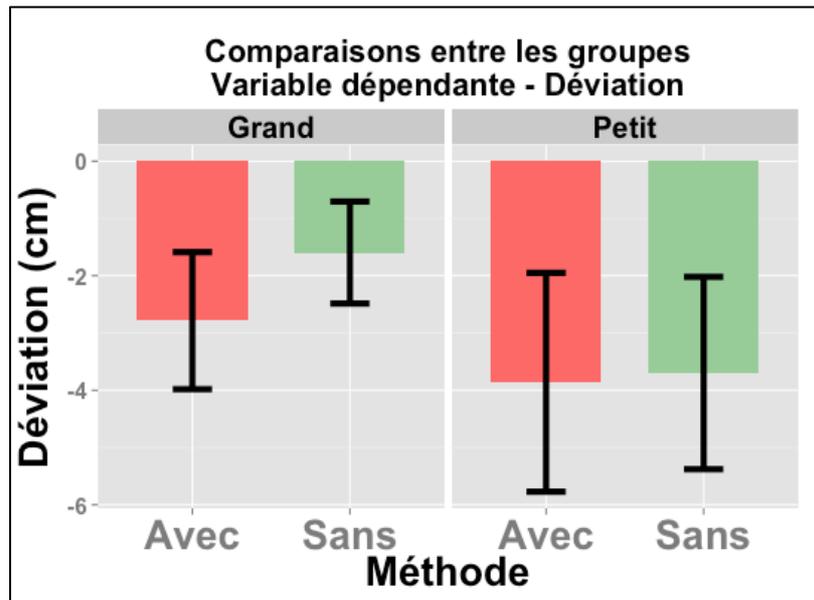


Fig. 18 : Barplot comparaison entre les groupes selon la V.D Déviation

Droite d'interaction entre la catégorie d'âge des sujets et la méthode d'entraînement malgré les résultats précédents non significatifs

Ci-dessous, on voit une interaction entre les variables indépendantes. Ceci montre que la méthode a tendance à ne pas avoir les mêmes effets chez les grands que chez les petits concernant la déviation des tirs. En effet, la méthode semble avoir une plus forte influence chez les grands que chez les petits, chez qui il semble indiqué presque aucune influence selon la méthode utilisée. Ici, l'effet de la méthode semble avoir un impact négatif pour l'amélioration de l'apprentissage

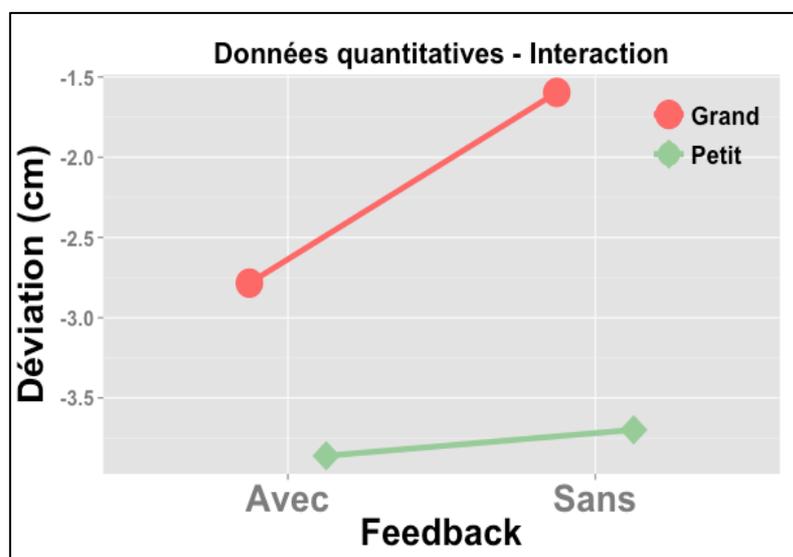


Fig. 19: Droites d'interaction entre les V.I selon la Déviation

4.2 Données qualitatives :

L'avancée du coude

Les résultats du critère pour l'avancée du coude de nos 64 sujets sont **non-paramétriques** (Annexe 8 page 83).

Pour déterminer s'il y a une différence significative entre les moyennes des déviations de tir selon les deux conditions ; méthode (avec et sans feedback) et expertise (grands et petits), nous avons effectué un test « t2way » étant donné que les données sont non-paramétriques.

Tab. 6: Tableau de la fonction "t2way" pour savoir si les données sont significatives

```
$Qa
[1] 0.7377226

$A.p.value
[1] 0.4

$df.A
[1] 1

$Qb
[1] 0.04610766

$B.p.value
[1] 0.833

$df.B
[1] 1

$Qab
[1] 2.593556

$AB.p.value
[1] 0.122

$df.AB
[1] 1

$means
      [,1] [,2]
[1,]  0.7 -0.6
[2,] -1.6  0.1
```

Ce test ne montre aucune différence significative (p-value de Méthode = 0.4, p-value de l'expertise = 0.833 et p-value de la méthode selon l'expertise = 0.122)

Comparaisons multiples entre les différents groupes.

Malgré la non-significativité des données, des comparaisons multiples ont été faites. On voit sur ce diagramme en barre un léger effet du feedback vidéo sur l'avancée du coude. Le groupe des grands sans feedback semble régresser entre le post-test et le pré-test en ce qui concerne l'avancée du coude.

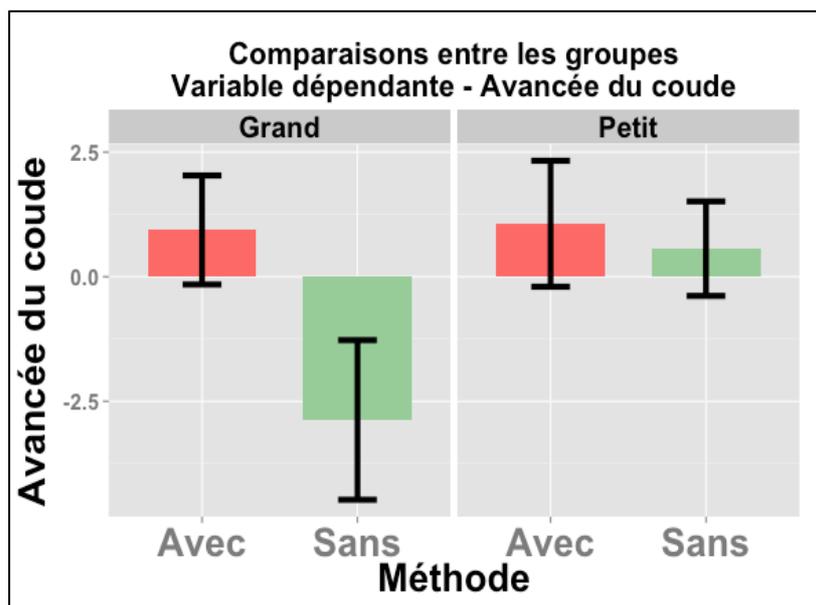


Fig. 20 : Barplot comparaison entre les groupes selon la V.D qualitative « avancée du coude »

Droite d'interaction entre la catégorie d'âge des sujets et la méthode d'entraînement malgré les résultats précédents non significatifs

Ci-dessous, on voit une interaction entre les variables indépendantes. Ce graphique montre que la méthode a tendance à ne pas avoir les mêmes effets chez les grands que chez les petits concernant l'avancée du coude. En effet, la méthode semble avoir une plus forte influence chez les grands que chez les petits, chez qui il semble indiquer presque aucune influence selon la méthode utilisée. Les petits semblent performants pour ce critère dans les deux situations d'entraînement. Les grands ont donc tendance à avoir une forte amélioration du critère qualitatif de l'avancée du coude avec feedback vidéo alors que la droite des petits montre une très légère amélioration dans la même condition.

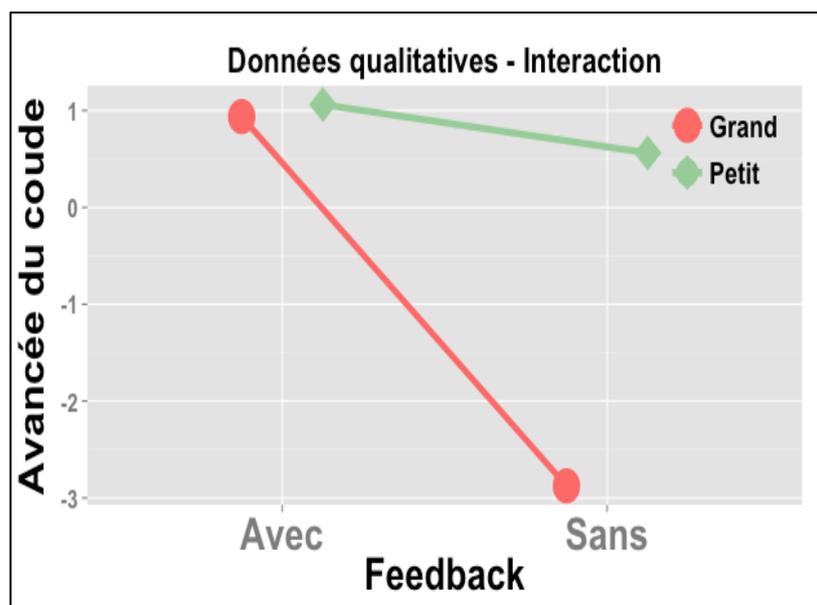


Fig. 21: Droites d'interaction entre les V.I selon l'avancée du coude

Le changement du plan des épaules

Les résultats du changement du plan des épaules pendant les tirs de nos 64 sujets sont **paramétriques** (Annexe 8 page 84).

Pour déterminer s'il y a une différence significative entre les moyennes du changement du plan des épaules lors des tirs selon les deux conditions ; méthode (avec et sans feedback) et expertise (grands et petits), nous avons effectué la fonction « *aov()* ».

Tab. 7: Tableau de la fonction "aov()" pour savoir si les données sont significatives

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Methode	1	272.3	272.25	9.058	0.00382	**
Expertise	1	1.6	1.56	0.052	0.82042	
Methode:Expertise	1	30.2	30.25	1.006	0.31978	
Residuals	60	1803.4	30.06			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Nous avons trouvé une différence significative (p-value = 0.00382) concernant la méthode. Il y a un effet significatif de la méthode d'apprentissage pour le critère du changement du plan des épaules. Par contre, nous ne savons pas encore si cette différence significative entre les deux méthodes d'entraînement se trouve chez les petits ou chez les grands, ce sont les comparaisons multiples de la page suivante qui vont nous l'indiquer. Sinon il n'y a pas de différence significative de l'effet de la méthode d'entraînement utilisée et l'âge des sujets (p-value = 0.31978) ni entre les deux différents groupes de sujets (p-value = 0.82042).

Comparaisons multiples entre les différents groupes.

L'analyse des comparaisons multiples a été faite avec le test « pairwise.t.test » ce qui prouve une différence significative de la méthode d'entraînement chez les grands (p -value = 0.037) pour le changement du plan des épaules (annexe 8 page 85). Effectivement, les grands ont une amélioration significative de ce critère d'observation lorsqu'ils s'entraînent avec feedback vidéo. On voit par contre aussi une tendance d'amélioration chez les petits avec feedback vidéo. Sans feedback vidéo, les deux groupes ont tendance à régresser entre le post-test et le pré-test

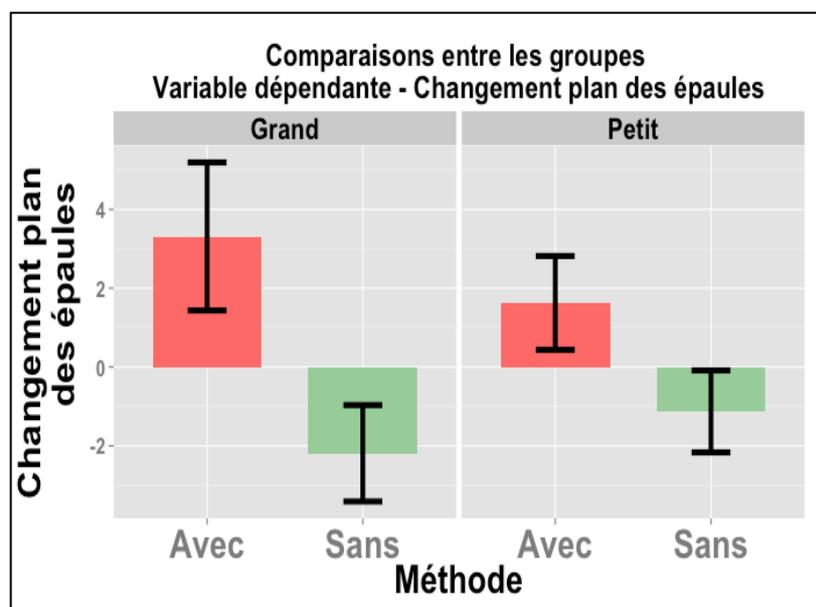


Fig. 22 : Barplot comparaison entre les groupes selon la V.D qualitative « changement du plan des épaules »

Droite d'interaction entre la catégorie d'âge des sujets et la méthode d'entraînement malgré les résultats précédents non significatifs

Ci-dessous, on voit une interaction entre les variables indépendantes. Ceci montre que la méthode a tendance à ne pas avoir les mêmes effets chez les grands que chez les petits concernant le critère qualitatif qui est le changement du plan des épaules. Il y a une influence significative de la méthode d'entraînement chez les grands. Chez les petits il y a aussi une influence mais qui n'est pas significative et légèrement moins forte.

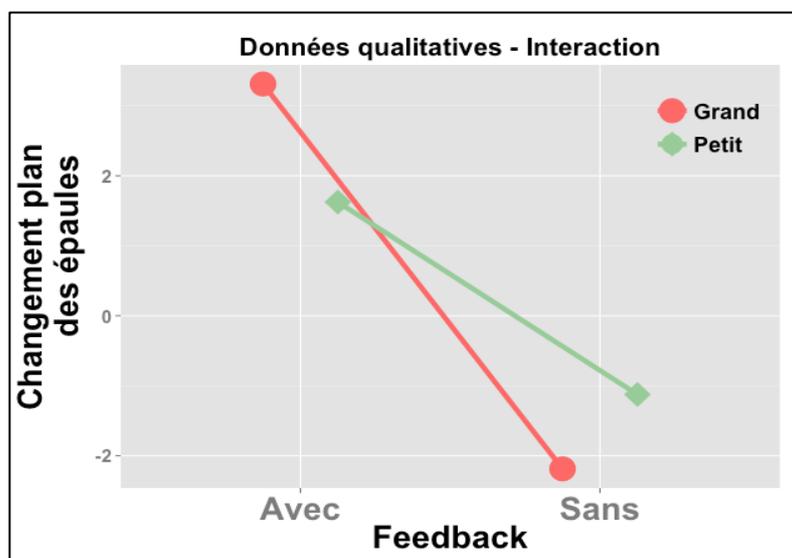


Fig. 23: Droites d'interaction entre les V.I selon le changement du plan des épaules

Position asymétrique entre la jambe et le bras de lancer

Les résultats du critère pour la position asymétrique entre la jambe et le bras de lancer de nos 64 sujets sont **non-paramétriques** (Annexe 8 page 86).

Pour déterminer s'il y a une différence significative entre les moyennes des déviations de tir selon les deux conditions ; méthode (avec et sans feedback) et expertise (grands et petits), nous avons effectué un test t2way étant donné que les données sont non-paramétriques.

Tab. 8: Tableau de la fonction "t2way" pour savoir si les données sont significatives

```
$Qa
[1] 0.6385799

$A.p.value
[1] 0.433

$Qab
[1] 0.7094814

$df.A
[1] 1

$AB.p.value
[1] 0.409

$Qb
[1] 0.07883127

$df.AB
[1] 1

$B.p.value
[1] 0.782

$means
      [,1] [,2]
[1,]  3.2  5.8
[2,]  3.3  2.0

$df.B
[1] 1
```

Ce test ne nous montre aucune différence significative pour chaque variable indépendante lorsque l'on mesure la position asymétrique de la jambe et du bras de lancer (p-value de Méthode = 0.433, p-value de l'expertise = 0.782 et p-value de la méthode selon l'expertise = 0.409)

Comparaisons multiples entre les différents groupes.

Malgré la non-significativité des données, des comparaisons multiples ont été faites. On voit sur ce diagramme en barre une tendance à un effet du feedback pour la position asymétrique de la jambe et du bras de lancer pour les deux groupes.

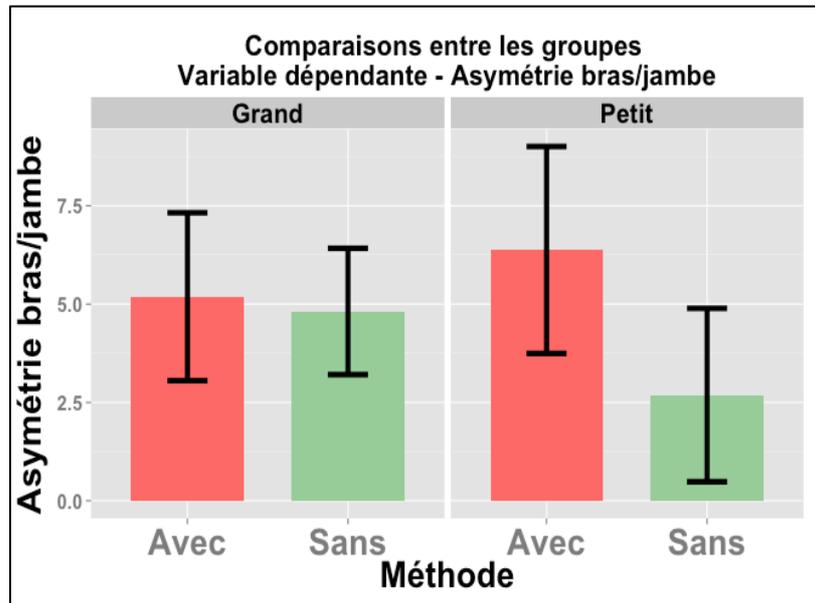


Fig. 24 : Barplot comparaison entre les groupes selon la V.D qualitative « position asymétrique de la jambe et du bras de lancer »

Droite d'interaction entre la catégorie d'âge des sujets et la méthode d'entraînement malgré les résultats précédents non significatifs

Ci-dessous, on voit une interaction entre les variables indépendantes. En effet, la méthode semble avoir une plus forte influence chez les petits que chez les grands. Les grands semblent performants pour ce critère dans les deux situations d'entraînement. Les petits ont donc tendance à avoir une forte amélioration du critère qualitatif de la position asymétrique de la jambe et du bras de lancer avec feedback vidéo alors que la droite des grands montre une très légère amélioration dans la même condition.

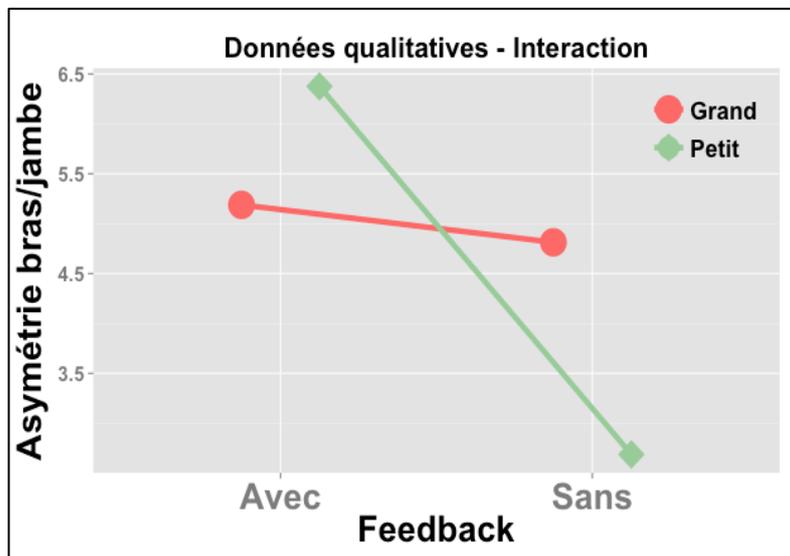


Fig. 25: Droites d'interaction entre les V.I selon la position asymétrique de la jambe et du bras de lancer

Le transfert du poids du corps

Les résultats du critère pour le transfert du poids du corps de nos 64 sujets sont **non-paramétriques** (Annexe 8 page 87).

Pour déterminer s'il y a une différence significative entre les moyennes des déviations de tir selon les deux conditions ; méthode (avec et sans feedback) et expertise (grands et petits), nous avons effectué un test t2way étant donné que les données sont non-paramétriques.

Tab. 9: Tableau de la fonction "t2way" pour savoir si les données sont significatives

```
$Qa
[1] 2.248959

$A.p.value
[1] 0.147

$df.A
[1] 1

$Qb
[1] 0.1876909

$B.p.value
[1] 0.669

$df.B
[1] 1

$Qab
[1] 0.1876909

$AB.p.value
[1] 0.669

$df.AB
[1] 1

$means
      [,1] [,2]
[1,]  2.5  1.2
[2,] -0.4 -0.4
```

Ce test ne nous montre aucune différence significative pour chaque variable indépendante lorsque l'on mesure le transfert du poids du corps (p-value de Méthode = 0.147, p-value de l'expertise = 0.669 et p-value de la méthode selon l'expertise = 0.669)

Comparaisons multiples entre les différents groupes.

Malgré la non-significativité des données, des comparaisons multiples ont été faites. On voit sur ce diagramme en barre une tendance à un effet du feedback vidéo lors de l'apprentissage. Les deux groupes ont une tendance à régresser lorsqu'ils ont été entraînés sans feedback pour ce critère d'observation qualitatif.

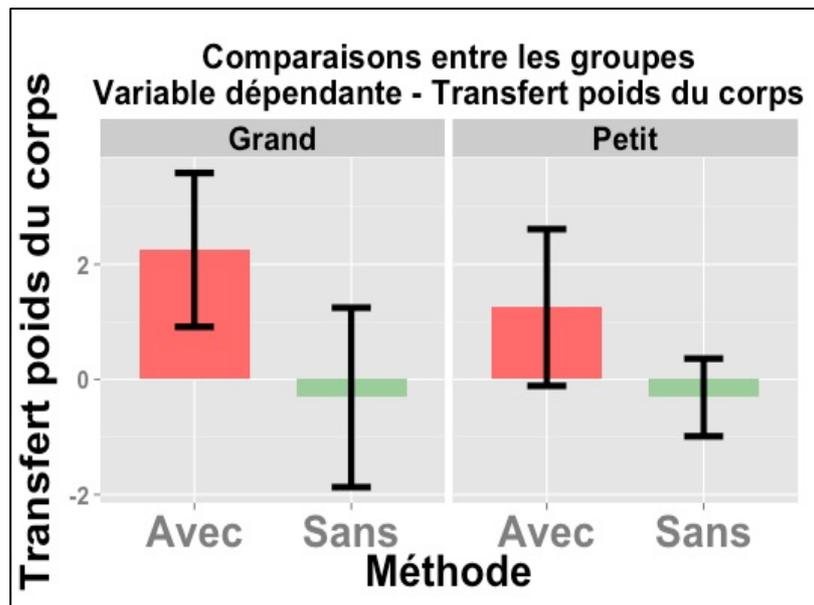


Fig. 26 : Barplot comparaison entre les groupes selon la V.D qualitative « Transfert poids du corps »

Droite d'interaction entre la catégorie d'âge des sujets et la méthode d'entraînement malgré les résultats précédents non significatifs

Ci-dessous, on voit une interaction entre les variables indépendantes. Ceci montre que la méthode a tendance à ne pas avoir les mêmes effets chez les grands que chez les petits concernant le critère qualitatif qui est le transfert du poids du corps. Malgré cette interaction, il semble avoir une plus grande influence de la méthode d'entraînement chez les grands. Pour les petits c'est pareil, mais cette tendance est légèrement moins forte.

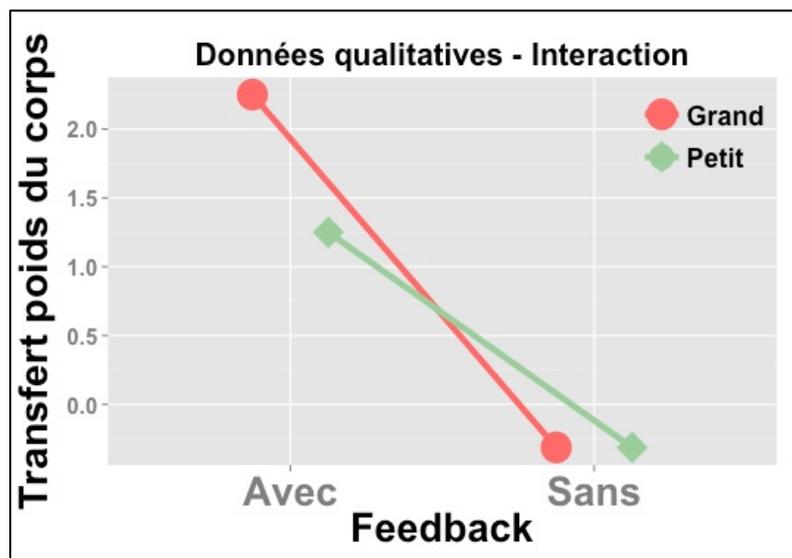


Fig. 27: Droites d'interaction entre les V.I selon le transfert du poids du corps

5. Discussion

Le feedback fait partie du processus d'enseignement. C'est un moyen d'aide pour favoriser l'apprentissage de l'élève en lui apportant une information de retour sur la tâche qu'il a effectuée (Leca & Billard 2005). On a utilisé cette définition très vaste du feedback comme base. Le type de feedback, la gestuelle étudiée ainsi que les sujets testés ont été choisis par la suite grâce à la littérature. Nous avons décidé d'étudier le feedback vidéo de type démonstration pour cette étude ce qui était totalement en adéquation pour un travail de master en sciences du mouvement et du sport option enseignement. En effet, l'essor et l'intégration des Technologies de l'Information et de la Communication dans le domaine de l'Enseignement (TICE) ont soulevé plusieurs problématiques qui ont amené à réaliser différentes études à ce sujet. Notamment celle de Quartacci, & Strahm, (2010) qui mentionne un avantage de l'apprentissage d'un geste nouveau et complexe lors de l'utilisation du contrôle visuel de sa propre action en éducation physique. Une seconde étude portait sur la comparaison de deux types spécifiques de feedbacks vidéo. Fonseca, & Guinand, (2012) ont comparé un feedback vidéo de leur propre mouvement avec un feedback vidéo de type démonstration d'une gestuelle de référence. Les résultats ont démontré un effet similaire de ces deux différents feedbacks vidéo. **Ainsi, un des objectifs principal de notre étude était de démontrer un effet du feedback vidéo de type démonstration sur l'apprentissage de la gestuelle du lancer de la balle selon 6 critères d'observations et de mesures du mouvement.** Ce premier objectif n'a pas été atteint, car nous n'avons trouvé aucune différence significative entre l'apprentissage par feedback vidéo et l'apprentissage sans feedback. Un seul résultat était significatif sur les six obtenus. Seul le critère d'observation qualitatif concernant le changement du plan des épaules a démontré une amélioration significative de l'apprentissage lors de l'utilisation de la vidéo (p -value = 0.00382). Ce résultat concernait uniquement les grands (p -value = 0.05). Ce résultat significatif concernait le critère le plus déterminant pour la réussite globale de la gestuelle du lancer de la balle. Effectivement, la pratique semble démontrer qu'en l'absence du changement du plan des épaules, la gestuelle obtenue est de très mauvaise qualité. De plus, c'est ce critère qui fait le plus souvent défaut lors de l'apprentissage du lancer de la balle. Les 5 autres résultats ne correspondent pas à ce qui a été annoncé et trouvé dans la littérature et les études concernant le feedback vidéo ainsi

que le feedback en générale. Par contre, les comparaisons multiples qui ont été faites malgré la non-significativité de nos résultats ont quand même tendance à montrer un effet positif du feedback vidéo sur l'apprentissage de la gestuelle du lancer chez les sujets avec feedback vidéo cette tendance a été observée pour 5 critères d'observations sur 6. Plusieurs études démontrent que le feedback vidéo en générale est beaucoup plus performant accompagné d'un feedback verbal (Merian & Baumberger, 2007; Adatte & Mentha, 2008). Une seule étude n'a pas trouvé de différence significative entre un feedback vidéo seul et un feedback vidéo accompagné d'une information verbale Joye, (2008). Pour notre étude, nous souhaitons justement réussir à prouver l'effet d'un feedback vidéo unique sans intervention d'autres types de feedback sur l'apprentissage du lancer chez les sujets. Ce que nous n'avons pas réussi à démontrer par nos résultats. Aucune étude ne démontre un effet négatif de l'apprentissage lors de l'utilisation du feedback vidéo (Baumberger, 2013). C'est aussi le cas dans notre étude pour la plupart des critères observés selon les comparaisons multiples. Un seul critère d'observation semble montrer un effet négatif de l'utilisation du feedback vidéo sur l'apprentissage dans notre étude. C'est le critère de déviation du tir qui a tendance à montrer que le feedback vidéo a un effet négatif sur les performances des sujets.

Le deuxième objectif de notre étude était de déterminer s'il y avait une différence de l'effet du feedback vidéo sur l'apprentissage selon la catégorie d'âge des sujets (10-13 ans et 6-8 ans). Grâce à nos recherches sur l'apprentissage chez l'enfant, on sait qu'il y a des périodes propices qui sont des périodes durant lesquelles l'enfant apprend avec une grande efficacité (Durand 2011). Selon Gagné, (1968) ; Magill, (1982) et Rarick, (1982), un enfant est capable d'apprendre un mouvement uniquement lorsqu'il maîtrise les prérequis de cette tâche et qu'il possède l'aptitude à les restructurer. D'autres études ont déjà comparé des groupes de sujets différents tel que les novices avec des experts. Ils ont testé l'effet du feedback vidéo selon le niveau de performance des sujets. Ils ont observé des progrès chez les novices pour l'apprentissage d'un mouvement, mais ces améliorations n'étaient pas significativement plus élevées que lors d'un entraînement classique (Van Wieringen et all. 1989). C'est à partir de ses différentes sources que nous avons défini le second but de notre étude. Notre étude prenait en considération les différents aspects de l'apprentissage chez l'enfant et avait des similitudes avec l'expérience de (Van Wieringen et all. 1989). À la place de comparer le niveau de

performance des sujets avec la méthode utilisée, nous avons comparé deux classes d'âges différentes. Les méthodes d'entraînements étaient aussi différentes. Nous avons un entraînement moteur qui était de répéter la gestuelle sans aucune information sur la gestuelle effectuée. La seconde méthode était un entraînement avec feedback vidéo uniquement. Pour cette seconde partie de l'étude, nous n'avons pas non plus réussi à atteindre notre objectif car nous n'avons trouvé aucun effet significatif entre la méthode d'entraînement utilisé et le type de sujets testés. Les comparaisons multiples qui ont tout de même été effectuées montrent un effet du feedback vidéo plus important chez les grands (pour 4 critères sur 6 observés). Pour les deux autres critères d'observation, les résultats sont différents. Pour le critère de la longueur du tir, il semble que la méthode d'entraînement ait les mêmes effets pour les deux catégories d'âges. Les seuls critères qui semblent avoir un effet plus important chez les petits que chez les grands est le critère de la position asymétrique de la jambe et du bras de lancer. Cette constatation peut être due au fait que les sujets plus jeunes n'ont pas encore passé au stade 3 sur les 5 stades de développements du lancer à bras cassé présenté par Wickstrom (1977) et Seefeldt (1979).

Un seul résultat significatif concerne l'âge des participants. Il a été trouvé (p -value = 0.0048). Effectivement, les grands avec feedback lancent significativement leurs balles plus loin que les petits sans feedback.

« Le sujet doit connaître les critères de réussite de la tâche pour qu'il puisse utiliser avec bénéfice la vidéo » (Adatte, G., Mentha, A., 2008). C'est de là que découle la limite principale de notre étude qui est la variabilité de nos résultats. C'est principalement à cause de cette variabilité que nos résultats ne sont pas significatifs. Cette variabilité découle du faite que nous n'avons pas donné d'objectifs précis au sujet lors de leurs lancers. Nous aurions dû donner un critère d'évaluation pour chaque mesure d'observation afin de diminuer la variabilité de nos données et cela pour les deux méthodes d'entraînements. Par exemple, lorsque l'on récoltait les données pour le critère de déviation du tir nous aurions dû donner la consigne suivante aux sujets : « lancez le plus droit possible ». Ceci n'a pas été fait, car nous voulions tellement isoler le feedback vidéo en donnant le moins possible de renseignements différents de la vidéo que ce point important a été omis dans notre protocole. La seconde limite relevée ici concerne l'intervalle de temps entre la fin du

mouvement effectué et le feedback vidéo. Pour cette étude nous avons pris en considération l'idée d'Ammons (1956) qui dit que plus le délai entre la fin du mouvement effectué et le feedback est long, moins l'élève s'améliore, ceci est dû au fait que les informations sensorielles du mouvement ne sont plus disponibles dans la mémoire de l'apprenant. Pour notre étude, on a donc donné le feedback vidéo rapidement après la tâche effectuée. A priori, c'est un élément positif de notre protocole. Par contre, durant les tests, les sujets allaient rechercher leurs balles avant de recevoir le feedback vidéo, ce qui a un effet négatif sur l'apprentissage selon deux autres auteurs George (1983) et Schmidt (1993), qui déclarent que le feedback doit intervenir assez rapidement après l'action pour éviter qu'une activité différente ne s'intercale entre le mouvement et le feedback et mobilise l'attention de l'élève. Cette information complémentaire a été lue à la suite de recherches supplémentaires lors de la rédaction de la partie théorique du travail et que les analyses pratiques étaient déjà terminées à ce moment-là. Il est aussi à noter que pour avoir des résultats plus significatifs, il aurait fallu faire l'entraînement supplémentaire prévu au départ dans notre protocole ce qui n'a pas été possible, car nous ne pouvions pas obtenir plus de temps dans l'horaire des classes étudiées. La motivation et les capacités de coordination des sujets sont aussi des éléments qui n'ont pas pu être contrôlés pour cette étude.

Il y a différents points positifs à relever de notre étude, notamment le fait de ne pas avoir choisi un geste nouveau pour l'étude. En effets, plusieurs chercheurs stipulent que lors d'un mouvement totalement nouveau, l'utilisation du feedback vidéo n'est pas appropriée, car aucune image mentale du geste n'est encore créée chez l'apprenant, il n'aura pas de points de comparaison pour sa prestation (Carroll, W., Bandura, A., 1982 ; 1987). C'est un élément qui a été pris en compte pour notre étude. Tous les sujets avaient déjà connaissance de la gestuelle du lancer. Mais pour ne pas favoriser certains sujets, ils ont dû effectuer la tâche avec leur main non préférentielle. Ainsi, tous les sujets se retrouvaient au même niveau de base au départ des tests et les conditions de test ont été les mêmes pour chaque groupe. Le nombre de sujets testés dans chaque classe était de 16 ce qui fait un total de 64 sujets. Ce nombre est satisfaisant concernant les critères de validité statistiques pour la taille d'un échantillon surtout lorsque l'on travaille avec des sujets de cette tranche d'âge. De plus, nous avons limité les biais en contrôlant le nombre de filles et de

garçons égaux dans les différents groupes, et les sujets étant tous droitiers. Le protocole ainsi que le matériel de test ont été longuement étudiés afin de les adapter au maximum à des sujets jeunes. C'est grâce à ce point que les tests et les mesures avec les sujets se sont très bien déroulés. En outre, les mesures récoltées étaient fiables, elles peuvent être répétées sans variations importantes dans les résultats.

6. Conclusion

Pour conclure, les deux hypothèses de départ n'ont pas pu être confirmées significativement par les résultats obtenus. Mise à part pour un critère d'observation (le changement du plan des épaules) les résultats ne montrent pas de différences significatives entre les performances des sujets avec feedback vidéo et les sujets sans feedback vidéo. On observe seulement une tendance positive de l'effet du feedback vidéo sur l'apprentissage des sujets. Pour finir, la méthode d'apprentissage n'a pas d'effet significativement différent selon la tranche d'âge des sujets. Mais nous avons aussi constaté que le feedback vidéo a tendance à avoir une influence plus importante chez les grands. Ces résultats sont probablement dus à une grande variabilité dans nos données. Ceci nous permet d'affirmer qu'il est nécessaire que tous les sujets aient au minimum connaissance d'un critère de réussite par mesure observée du mouvement dès le début de l'apprentissage pour que le visionnage du feedback vidéo soit bénéfique.

Une amélioration à faire dans la perspective d'un autre travail de master serait de tester les sujets 6 à 8 semaines après la fin des tests afin de mesurer le pourcentage de rétention après l'apprentissage. Dans le but de tester « l'oubli » de la tâche apprise selon la méthode d'apprentissage utilisée et la catégorie d'âge des sujets. En effet, il serait intéressant de déterminer si la rétention est complète (100%) les sujets n'auraient rien oublié de leur apprentissage, incomplète (légèrement inférieur par rapport à la fin de leur apprentissage) ou nul (0%) dans ce dernier cas, les sujets auraient déjà tout oublié de la tâche apprise auparavant (Marin & Danion, 2005).

Le thème du feedback vidéo qui correspond à un apprentissage autonome de la part des élèves est un thème particulièrement important pour les sportifs et notamment pour un enseignant de sport. En effet, la connaissance des possibilités et de l'impact de cette méthode d'apprentissage est un excellent soutien pour un maître de sport. La multitude de possibilités d'utilisation de la vidéo (filmer un mouvement puis le diffuser quelques secondes plus tard, filmer et regarder le mouvement au ralenti, passer en boucle une démonstration d'un mouvement, etc.) permet de décharger l'enseignant de certaines tâches afin qu'il puisse porter son attention sur d'autres aspects de l'enseignement. En plus de cela, la vidéo permet à l'enseignant de différencier son enseignement.

Une observation intéressante qui a été faite durant les tests de l'étude montre que les groupes avec feedback vidéo que ce soit les grands ou les petits de toutes les classes testées avaient une attitude différente face à la tâche par rapport aux groupes sans feedback. Ils étaient beaucoup plus concentrés, appliqués, motivés et axés sur la tâche à effectuer. On a constaté un réel engouement de ces groupes pour la tâche et une envie plus forte de progresser. De plus, ces groupes étaient beaucoup plus disciplinés et attentifs, effectivement, les sujets sans feedback qui avaient pour seule consigne d'attendre leur tour avant de lancer étaient beaucoup plus dissipés.

Ce travail a aussi permis de montrer qu'une leçon intégrant le feedback vidéo peut être mise en place avec des élèves très jeunes. Effectivement de nos jours les enfants ont de plus en plus l'habitude d'utiliser des iPad, iPhone et autres technologies, et cela de plus en plus tôt ce qui s'est ressenti lors des tests. Aucun élève n'a eu besoin d'aide pour mettre en marche la vidéo. De plus, nous avons surpris certains sujets qui tentaient même de faire des arrêts sur image et de mettre la vidéo sur ralenti ce qui était interdit.

Ce travail a également permis de montrer que cette méthode d'apprentissage est de moins en moins difficile à mettre en place durant une leçon d'éducation physique. De par cette facilité, il est important de l'utiliser à bon escient. Il faut qu'elle soit utilisée de façon méthodique et ciblée, dans une situation donnée, lors d'un mouvement précis et avec un objectif clair. Pour optimiser cette méthode d'apprentissage, différents paramètres doivent être respectés, il est donc essentiel que les enseignants qui l'utilisent aient acquis les compétences requises.

6. Bibliographie, annexes et remerciements

Livres, brochures et documents :

Adams, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111–49.

Bernstein, N. (1967). *The coordination and regulation of movement*, Pergamon press, London

Changeux, J.-P. (1983). *L'Homme neuronal*. Paris: Fayard.

Durand, M. (2011). *L'enfant et le sport*. Presses universitaires de France

Leca, R., & Billard, M. (2005). *L'enseignement des activités physiques, sportives et artistiques - Licences STAPS et éducateurs sportifs*. Ellipses

Marin, L., & Danion, F. (2005). *Neurosciences Contrôle et apprentissage moteur - Licences STAPS et éducateurs sportifs*. Ellipses

Mosston, M. (1981). *Teaching Physical Education*, 2^{ème} édition, Merrill, C., Collumbus

Mussen, P.H., Conger, J.J., Kagen, J. (1969). *Child development and personality*. New York, Harper & Row

Pfefferlé, P., & Liardet, I. (2011). *Enseigner le sport: de l'apprentissage à la performance*. PPUR Presses polytechniques

Rouvenaz, A., & Buchel, J.L. (2014), *CP ski/snowboard unifr 2014 – support de cours*, université de Fribourg

Schmidt, R. A. (1993). *Apprentissage moteur et performance*, Vigot, Paris

Sandmayr, A. (2002). *Klug & Fit: Das motorische Leistungsniveau der 11- bis 14jährigen Schülerinnen und 11- bis 14jährigen Schülerinnen und Schüler in Österreich*. Geisteswissenschaftlichen Departement. Salzburg

Scanff, C., & Bertsch, J. (1995). Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissages. Presses universitaires de France

Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (1999). Motor control and learning: A behavioral emphasis. Champaign, IL: Human Kinetics.

Vygotsky, L.S. (1985). Pensée et langage, Messidor/Edition sociales, (éd. Originale, 1934)

Weineck, J. (2004). Optimales Training: leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. Spitta Verlag GmbH & Co. KG

Zahner, L., Pühse, U., Stüssi, C., Schmid, J., & Dössegger, A. (2004). Enfance active-vie saine-manuel des professionnels. La Fondation de la Winterthur Assurances pour la prévention des sinistres ; L'Institut du sport et des sciences du sport de l'Université de Bâle ; L'Office fédéral du sport de Macolin

Références électroniques :

Lefèvre , T. (novembre 2014). La rapidité de l'innovation technologique. Consulté le 13 juin 2016. Disponible sur : <http://planeteviable.org/rapidite-innovation-technologique/>

Ruscher, S. (janvier 2010). Rétrospective 2000-2010 : 10 ans de high tech. Consulté le 13 juin 2016. Disponible sur : <http://www.clubic.com/article-318720-3-retrospective-2000-2010-decennie-high-tech.html>

Articles :

Adatte, G. & Mentha, A. (2008). Utilité et efficacité de la vidéo en EPS, mémoire professionnel non publié, Haute Ecole Pédagogique, Lausanne

Ammons, R. B. (1956). Effects of knowledge of performance: A survey and tentative theoretical formulation. In Journal of general psychology, n°54

Azemar, G. (1982). L'ontogenèse des comportements moteurs, in G. Azémar et H.

Ripoll, Neurobiologie des comportements moteurs, Paris, INSEP

Bilodeau E.A, Bilodeau I.M, Schumsky D.A. (1959). Some effects of introducing and withdrawing knowledge of results early and late in practice. In journal of Experimental Psychology n°58 :142-144

Brandt, K., Eggert, D. (1997). Untersuchungen zur Motorischen Entwicklung von Kindern im Grundschulalter in den Jahren 1985 un 1995. Praxis der Psychomotorik 22 : 101-107

Bildungsforschung. (1996). Verändert sich die Körperliche Leistungsfähigkeit von Kinder und Jugendlichen ? Eine Studie über de Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Kontaktbrief, München

Boyke, J., Driemeyer, J., Gaser, C., Büchel, C., May, A. (2008). Training-induced brain structures changes in the elderly, The journal of neuroscience, 28 (28), 7'031-7'035. doi : 10.1523/JNEUROSCI.0742-08.2008

Crossman E.R.F.W. (1959). A thery of the acquisition of speed skills. in Ergonomics n°2 : 153-156

Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. Child Development 17 (Part 1)

Dordel, S., Drees, C., et al. (2000). Motorische Auffälligkeiten in der Eingangsklasse der Grundschule. Haltung und Bewegung, 20 : 5-16.

Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., May, A. (2004). Changes in grey matter induced by training , Nature, 427, 311-312

Famose, J.P. (1993). Cognition et performance, INSEP Publication, Paris, 235-254

Gagné, R. M. (1968). Contributions of learning to human development. American Psychological Association, 75, 177–191.

George, C. (1983). Apprendre par l'action, PUF, Paris

Guadagnoli, M., Holcomb, W., Davis, M. (2002). The efficacy of video feedback for learning the golf swing. In *Journal of Sports Science* n°20 :615-622

Kernodle, M.W., & Carlton, L.G. (1992). Information feedback and the learning multiple-degree-of-freedom activities. *Journal of Motor Behaviour*, 24 :187-196

Kunz, T. (1993) Weniger Unfälle durch Bewegung – Mit Bewegungsspielen gegen Unfälle und Gesundheitlichen bei Kindergartenkindern. Reihe Motorik, Bd. 14. Hofmann, Schorndorf

Kunz, T. (1993) Spielerische Bewegungsförderung - ein optimales Mittel der Unfallverhütung und Gesundheitsprävention in Grundschule. *Sichere Schule* 1 : 4-8

Liebermann, D. G., Katz, L., Hughes, M. D., Bartlett, R. M., McClements, J., Franks, I. M. (2002). Advances in the application of information technology to sport performance, *Journal of Sports Sciences*, 20 : 755 - 769

MacIsaac, M., Estey, N., Rendell-MacDonald, S., & Casey, E. (1997), Comprendre les différents modes d'apprentissage, PEI Literacy/LRPALS, feuille ressources, 45

Magill, R.A. (1982). Critical periods: Relation to youth sport, in R.R Magill, M.Ash and F.Smoll. *Children in sport*, Champaign, Human Kinetics Publishers

Merian, T., Baumberger, B. (2007). Le feedback vidéo en éducation physique scolaire, *Staps*, 28 :107-120

Rarick G.L. Descriptive research and process oriented explanation of motor development of children, in J.A. Kelso and J.E. Clark, *The development of movement control and coordination*, New York, Wiley

Schmidt, R. (1975). A Schema Theory of Discrete Motor Skill Learning. *Psychological Review*, (4), 225–260.

Schott, N. (2000). Prognostizierbarkeit und Stabilität von sportlichen Leistungen über einen Zeitraum von 20 Jahren: Eine Nachuntersuchung bei 28 jährigen Erwachsenen. Fakultät für Geistes – und Sozialwissenschaften. Fridericiana – Universität, Karlsruhe

Singer, W. (2002). Was kann ein Mensch wann lernen? In : Die Zukunft der Bildung. N. Killius, J. Kluge und L. Reisch. Frankfurt am Main : 78-99

Taubert, M., Draganski, B., Anwander, A., Müller, K., Horstmann A., Villringer, A., Ragert, P. (2010). Dynamic properties of human brain structure : learning-related changes in cortical areas and associated fiber connections. *The journal of neuroscience*, 30 (35), 11'670-11'677.

«Utilise le ou perd-le !» The royal society. Brain waves module 2 – neurosciences : implication for education and long-life learning.

Walliser, Y., & Chevalley, K. (2012). Usage des MITICS en EPS :Quels niveaux de compétences motrices sont atteints lors d'un enseignement autonome basé sur les médias visuels ?, *Mémoire professionnel*, Lausanne

Wehrspaun, C., Wehrspaun M., et al. (1990). Kindheit im Individualisierungsprozess: Sozialer Wandel als Herausforderung der sozialökologischen Sozialisationsforschung. *Zeitschrift für Sozialisationsforschung und Erziehungssoziologie*, 10, 115-129.

Zanone, P. G., & Kelso, J. A. S. (1992). Evolution of Behavioral Attractors with Learning: Nonequilibrium Phase Transitions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 403–421

Zimmer, R. (2001). Identität und Selbstkonzept. Zur Bedeutung von Bewegungserfahrungen für die Persönlichkeitsentwicklung. In: Zimmer, R., I. Hunger (Hrsg). *Kindheit in Bewegung*. Hofmann, Schorndorf 2001: 13-23

Travaux non publiés :

Fonseca, B., & Guinand, A. (2011). *Le feedback vidéo en EPS, Les processus en jeu (Rapport de recherche non publié)*. Lausanne : Haute Ecole Pédagogique

Joye, C. (2008). *Auto-évaluation de sa performance motrice grâce au feedback vidéo pour des élèves du secondaire I (Rapport de recherche non publié)*. Lausanne : Haute Ecole Pédagogique

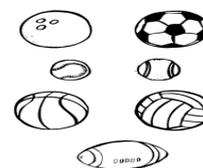
Quartacci, M., & Strahm, N. (2010). *Utilisation du contrôle visuel dans le cadre de l'apprentissage d'un geste nouveau ; le cas du lancer du disque (Rapport de recherche non publié)*. Lausanne : Haute Ecole Pédagogique

Annexes:

Annexe 1 : Circulaire d'autorisation des parents



UNIVERSITÉ DE FRIBOURG FACULTÉ DES SCIENCES
UNIVERSITÄT FREIBURG MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT



Concerne: travail de Master de Mme Laura Cornu

Chers parents,

Durant cette année scolaire, j'ai le plaisir de donner les collaborations pédagogiques en éducation physique et sportive (eps) dans la classe de votre enfant. J'interviens une fois par mois dans la classe et je collabore avec l'enseignante pour la branche eps.

Je souhaiterais avoir recours à ces classes pour terminer ma formation au sein de l'université de Fribourg. Je dois réaliser un travail de fin d'études qui consiste à analyser l'effet du feedback vidéo sur l'apprentissage de la gestuelle du lancer chez les jeunes de 2 catégories d'âges différentes.

Les enfants devront effectuer des lancers et j'observerai leur mouvement. Comme ils sont nombreux, je devrai les filmer afin de mieux analyser leur geste technique et d'obtenir des résultats significatifs. Les vidéos seront utilisées et visionnées uniquement à des fins personnelles.

Les enfants ne prennent **aucun risque** durant cette analyse. C'est une très bonne occasion pour eux d'améliorer leurs performances en lancer et d'acquérir de nouvelles compétences pendant leur leçon d'éducation physique.

Aucun changement d'horaire n'aura lieu, ils viendront à la gym comme d'habitude.

Une étude ne peut pas être menée sans participant. Je vous remercie d'avance de répondre positivement à ma demande et d'accepter que votre enfant participe à cette étude.

Pour tout complément d'information, vous pouvez me joindre au numéro ci-dessous ou par E-mail.

Veuillez recevoir, Madame, Monsieur, mes meilleures salutations



Laura Cornu
078/907.37.86
laura.cornu@unifr.ch



AUTORISATION

Nom : _____

Prénom : _____

J'accepte que mon fils ou ma fille participe au projet de Mme Laura Cornu :

OUI

NON

Remarques :

Date et lieu : _____ Signature : _____

Annexe 2 : Demande d'autorisation de la directrice de l'établissement ainsi que du responsable du sport



UNIVERSITÉ DE FRIBOURG FACULTÉ DES SCIENCES
UNIVERSITÄT FREIBURG MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT

Bonjour,

Je suis actuellement en dernière année de Master en sciences du mouvement et du sport, option enseignement à l'université de Fribourg et au sein de la Haute école fédérale de sport à Macolin.

Pour obtenir mon diplôme de fin d'études, je dois faire un travail de Master qui doit être en lien avec ma formation. Mon étude consiste à approfondir et développer un sujet dans le domaine du contrôle et de l'apprentissage moteur. Il s'agit de démontrer **l'effet du feedback vidéo sur l'apprentissage de la gestuelle du lancer chez les jeunes de 2 classes d'âge différentes.**

Pour ce travail je suis suivie par mon responsable Alain Rouvenaz maître de sport et enseignant à l'université, par Martin Keller doctorant et mon superviseur le Dr. Wolfgang Taube, directeur du master en sciences du sport à l'université de Fribourg.

Comme je suis actuellement engagée aux écoles primaires de la ville de Fribourg, je souhaiterais pouvoir profiter de certaines de mes classes pour pouvoir faire les tests indispensables à ma recherche. Je vous demande donc par la présente, l'autorisation d'utiliser quatre de mes classes pour ce travail.

Les tests se feront durant le cours d'éducation physique, les élèves n'auront donc aucun changement dans leur programme habituel. De plus, mon sujet de recherche est en relation avec les thèmes du programme d'éducation physique par exemple : « les fondamentaux du jeu », « perfectionner les aptitudes de base avec une balle » ou encore « lancer avec précision ». Ils auront l'occasion de travailler différemment et d'acquérir de nouvelles compétences dans ce domaine.

Cette expérimentation est non-invasive, les élèves ne risquent absolument rien d'y participer.

Les vidéos des élèves vont me servir uniquement après l'expérience pour l'évaluation des critères qualitatifs. Pour une question de temps je ne pourrai pas analyser précisément leur mouvement directement en salle de sport. Ces vidéos sont donc utilisées et visionnées uniquement à des fins personnelles.

J'ai discuté avec les différentes enseignantes qui ont toutes accepté de participer. Les classes concernées sont : la classe de 6H de Madame Dessarzin, la classe de 8H de Madame Salchli, la classe de 4H de Madame Corminboeuf et la classe de 3H de Madame Mauron.

Comme les enfants sont mineurs, je leur ai distribué une circulaire à me rendre signée des parents afin d'être certaine qu'ils aient l'autorisation de participer à mon projet. Vous trouvez cette demande en annexe (Annexe N°2) ainsi que le déroulement précis de mon test (Annexe N°1).

Je vous remercie d'avance

Meilleures Salutations

Laura Cornu

Annexe 3 : Feuille utilisées pour la récolte des données lors du pré-test et du post-test

Nom, Prénom :

Zone de lancer :

Classe :

Feedback : Avec Sans

Groupe :

1^{ère} semaine

	Longueur	Largeur
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8	Entraînement	
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15	Entraînement	
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22	Entraînement	
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29	Entraînement	
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36	Entraînement	
37		
38		
39		
40		
41		
42		

Pré-test

Nom, Prénom :

Zone de lancer :

Classe :

Feedback : Avec Sans

Groupe :

4^{ème} semaine

	Longueur	Largeur
1	Entraînement	
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8	Entraînement	
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15	Entraînement	
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22	Entraînement	
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29	Entraînement	
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		

} Post-test

Annexe 4 : Champ visuel des sujets lorsqu'ils effectuent la tâche

Cette paroi empêchait les sujets d'obtenir un feedback visuel de l'aboutissement de leurs tirs. Cette annexe permet de se rendre compte de la vision des sujets lors de leurs lancers.

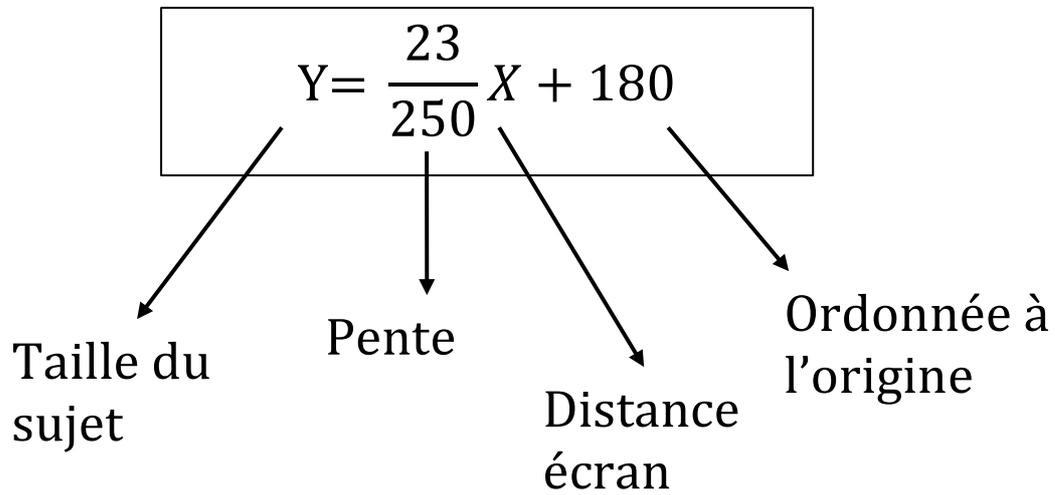


Annexe 5 : Les balles confectionnées pour les tests (82-84 grammes et 6 cm de diamètre)

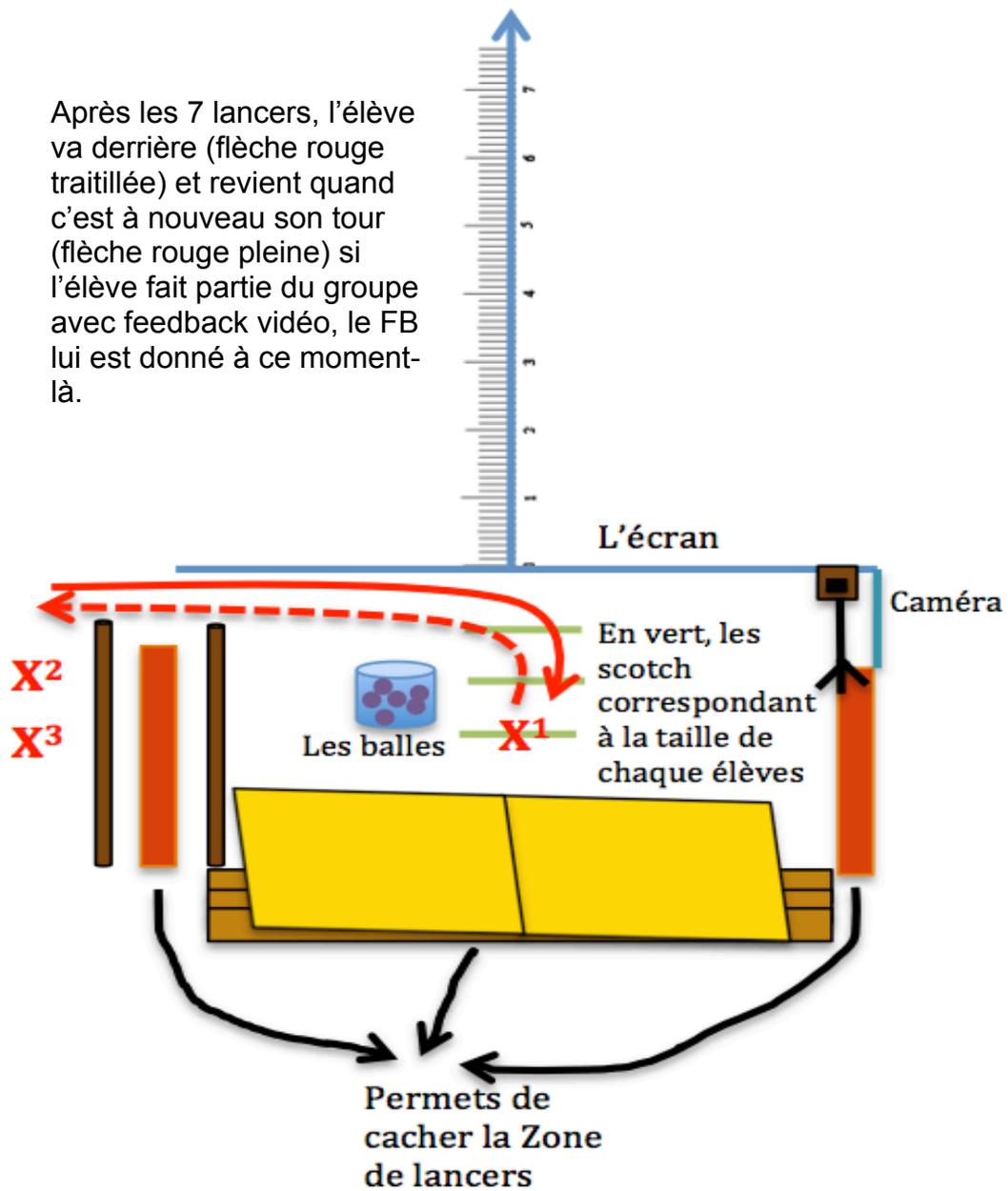


Annexe 6 : Détails de la formule

Cette formule permet de déterminer la distance à laquelle les sujets doivent se trouver pour tirer selon leur taille pour avoir un angle $\alpha = 5.43^\circ$



Annexe 7 : Illustration schématique du protocole mis en place



Annexe 8 : Analyses statistiques

Test paramétrique pour le critère d'observation de la longueur des tirs.

Mesure de la normalité par la fonction `stat.desc`

: Grand					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
129.2081146	132.0569411	25.3606259	54.0548946	10290.5815456	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
101.4425036	0.7681724	0.1913409	<u>0.1695360</u>	-0.7910456	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.3626075</u>	0.9835661	<u>0.9855249</u>			

: Petit					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
9.2364564	29.4407924	39.6231277	84.4546976	25119.8760326	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
158.4925110	5.3834322	0.1959749	<u>0.1736419</u>	-0.9864835	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.4521943</u>	0.9659620	<u>0.7697237</u>			

: Grand					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
7.257527e+01	9.993107e+01	3.695173e+01	7.876075e+01	2.184689e+04	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
1.478069e+02	1.479089e+00	1.023069e-01	<u>9.064819e-02</u>	-1.066028e+00	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-4.886568e-01</u>	9.747823e-01	<u>9.088435e-01</u>			

: Petit					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-1.325346e+01	-4.014853e+00	3.733338e+01	7.957421e+01	2.230049e+04	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
1.493335e+02	-3.719526e+01	-4.061823e-02	<u>-3.598944e-02</u>	-8.047565e-01	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-3.688925e-01</u>	9.825888e-01	<u>9.807469e-01</u>			

Toutes les données sont **normales**.

Levene test : pour tester l'homogénéité des variances :

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)			
group	Df	F value	Pr(>F)
3	60	0.6351	<u>0.5953</u>

Les variances sont **homogènes** (PR(>F) = 0.5953)

Les données de la longueur du tir concernant les 64 sujets sont **paramétriques**.

pairwise.t.test : pour faire des comparaisons multiples avec des données paramétriques :

```
Pairwise comparisons using t tests with pooled SD
data: myInterDF$Valeur and myInterDF$Condition

      Avec_Grand Avec_Petit Sans_Grand
Avec_Petit 0.21      -           -
Sans_Grand 1.00      0.49      -
Sans_Petit 0.05      1.00      0.21

P value adjustment method: holm
```

Test paramétrique pour le critère d'observation de la déviation des tirs.

Mesure de la normalité par la fonction `stat.desc`

: Grand					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-1.9829287	-2.7846556	1.1966111	2.5505163	22.9100512	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
4.7864445	-1.7188641	-0.8267656	<u>-0.7325485</u>	0.4805364	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>0.2202732</u>	0.9252257	<u>0.2046264</u>			

: Petit					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-3.6915809	-3.8604808	1.9112532	4.0737398	58.4462227	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
7.6450129	-1.9803266	-0.2015289	<u>-0.1785630</u>	-1.2356950	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.5664304</u>	0.9621518	<u>0.7009676</u>			

: Grand					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-1.20408557	-1.59615975	0.89113087	1.89940049	12.70582763	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
3.56452348	-2.23318717	0.75261612	<u>0.66684908</u>	0.33693776	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>0.15444895</u>	0.90467518	<u>0.09552218</u>			

: Petit					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-2.6642773	-3.6989014	1.6797321	3.5802642	45.1439972	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
6.7189283	-1.8164659	-0.3495095	<u>-0.3096799</u>	-0.8958280	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.4106387</u>	0.9731490	<u>0.8866727</u>			

Toutes les données sont **normales**.

Levene test : pour tester l'homogénéité des variances :

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)			
	Df	F value	Pr(>F)
group	3	3.7657	<u>0.01521</u> *
	60		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1			

Les variances ne sont **pas homogènes** (PR(>F) = 0.1521)

Les données de la déviation du tir concernant les 64 sujets ne sont **pas paramétriques**.

Test paramétrique pour le critère d'observation qualitatif de l'avancée du coude.

Mesure de la normalité par la fonction stat.desc

: Grand					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
0.5000000	0.9375000	1.0934226	2.3305750	19.1291667	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
4.3736903	4.6652696	0.4831802	<u>0.4281177</u>	0.8979939	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>0.4116316</u>	0.9379599	<u>0.3247713</u>			

: Petit					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-1.0000000	1.0625000	1.26315989	2.69236158	25.52916667	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
5.05263957	4.75542548	1.41348292	<u>1.25240445</u>	0.62307261	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>0.28561034</u>	0.73879821	<u>0.00046713</u>			

: Grand					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-1.0000000	-2.8750000	1.60175685	3.41406391	41.05000000	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
6.40702739	-2.22853127	-0.84145043	<u>-0.74555996</u>	-0.47638726	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.21837123</u>	0.90160816	<u>0.08528187</u>			

: Petit					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
0.0000000	0.5625000	0.94854604	2.02177802	14.39583333	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
3.79418415	6.74521626	0.97692111	<u>0.86559259</u>	1.32122722	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>0.60563754</u>	0.89659580	<u>0.07090484</u>			

Les données ne sont **pas** toutes normales.

Levene test : pour tester l'homogénéité des variances :

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)			
	Df	F value	Pr(>F)
group	3	1.0912	<u>0.3599</u>
	60		

Les variances sont **homogènes** (PR(>F) = 0.3599)

Les données de l'avancée du coude concernant les 64 sujets ne sont **pas** paramétriques.

Test paramétrique pour le critère d'observation qualitatif du changement du plan des épaules.

Mesure de la normalité par la fonction `stat.desc`

: Grand					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-1.50000000	-2.18750000	1.22208411	2.60481063	23.89583333	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
4.88833646	-2.23466810	0.06138478	<u>0.05438946</u>	-0.63211404	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.28975485</u>	0.98144388	<u>0.97398781</u>			

: Petit					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-1.00000000	-1.12500000	1.0403325	2.2174162	17.3166667	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
4.1613299	-3.6989599	-0.2554824	<u>-0.2263680</u>	-0.4829746	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.2213908</u>	0.9748648	<u>0.9099058</u>			

: Grand					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
2.00000000	3.31250000	1.8768741	4.0004624	56.3625000	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
7.5074963	2.2664140	0.1964347	<u>0.1740493</u>	-1.4777380	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.6773805</u>	0.9158713	<u>0.1447239</u>			

: Petit					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
2.00000000	1.62500000	1.18980040	2.53599953	22.65000000	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
4.75920161	2.92873945	-0.77283627	<u>-0.68476496</u>	-0.17122382	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.07848731</u>	0.91468598	<u>0.13849143</u>			

Toutes les données sont **normales**.

Levene test : pour tester l'homogénéité des variances :

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)			
	Df	F value	Pr(>F)
group	3	2.5886	<u>0.06119</u>
	60		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1			

Les variances sont **homogènes** (PR(>F) = 0.06119)

Les données du changement du plan des épaules concernant les 64 sujets sont **paramétriques**.

pairwise.t.test : pour faire des comparaisons multiples avec des données paramétriques :

```
Pairwise comparisons using t tests with pooled SD
data:  myInterDF$Valeur and myInterDF$Condition

      Avec_Grand Avec_Petit Sans_Grand
Avec_Petit 0.775      -          -
Sans_Grand 0.037    0.215      -
Sans_Petit 0.128    0.483    0.775

P value adjustment method: holm
```

Test paramétrique pour le critère d'observation qualitatif de la position asymétrique entre la jambe et le bras de lancer.

Mesure de la normalité par la fonction stat.desc

: Grand					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
0.50000000	5.18750000	2.13350016	4.54744794	72.82916667	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
8.53400062	1.64510855	0.76569816	<u>0.67844031</u>	-1.21906519	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.55880747</u>	0.78659050	<u>0.00181738</u>			

: Petit					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
1.00000000	6.37500000	2.62975759	5.60519563	110.65000000	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
10.51903037	1.65004398	0.20028778	<u>0.17746327</u>	-1.56550342	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.71761134</u>	0.87909875	<u>0.03757171</u>			

: Grand					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
3.00000000	4.81250000	1.60524855	3.42150630	41.22916667	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
6.42099421	1.33423256	0.89169734	<u>0.79008080</u>	-0.36118236	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>-0.16556244</u>	0.87018262	<u>0.02737112</u>			

: Petit					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
1.00000000	2.68750000	2.20363100	4.69692829	77.69583333	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
8.81452400	3.27982288	-0.61527127	<u>-0.54515585</u>	1.20022989	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
<u>0.55017356</u>	0.84940445	<u>0.01335231</u>			

Les données ne sont **pas** toutes normales.

Levene test : pour tester l'homogénéité des variances :

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)			
	Df	F value	Pr(>F)
group	3	1.0859	<u>0.362</u>
	60		

Les variances sont **homogènes** (PR(>F) = 0.362)

Les données de la position asymétrique de la jambe et du bras de lancer pour les 64 sujets sont **non-paramétriques**.

Test paramétrique pour le critère d'observation qualitatif du transfert du poids.

Mesure de la normalité par la fonction `stat.desc`

: Grand					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
2.00000000	2.25000000	1.33697420	2.84969304	28.60000000	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
5.34789678	2.37684301	-0.56881390	-0.50399269	0.13165241	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
0.06034817	0.95930043	0.64911065			

: Petit					
: Avec					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
1.00000000	1.25000000	1.36167789	2.90234771	29.66666667	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
5.44671155	4.35736924	-0.03945273	-0.03495675	-1.09988036	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
-0.50417432	0.97617890	0.92602777			

: Grand					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-0.50000000	-0.31250000	1.55916310	3.32327749	38.89583333	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
6.23665241	-19.95728772	0.02227642	0.01973783	-1.56569377	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
-0.71769860	0.94068621	0.35750442			

: Petit					
: Sans					
median	mean	SE.mean	CI.mean.0.95	var	
-0.50000000	-0.31250000	0.67527001	1.43930395	7.29583333	
std.dev	coef.var	skewness	skew.ZSE	kurtosis	
2.70108003	-8.64345610	0.08273211	0.07330408	-1.13150985	
kurt.ZSE	normtest.W	normtest.p			
-0.51867297	0.96672642	0.78320167			

Toutes les données sont **normales**.

Levene test : pour tester l'homogénéité des variances :

Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)			
	Df	F value	Pr(>F)
group	3	3.9859	0.01176 *
	60		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1			

Les variances ne sont **pas homogènes** (PR(>F) = 0.01176)

Les données du transfert du poids du corps pour les 64 sujets sont **non-paramétriques**.

Remerciements :

J'adresse mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail de master et qui ont permis son accomplissement.

En premier lieu, je remercie Alain Rouvenaz mon co-conseiller et enseignant de l'université de Fribourg, il m'a suivi, guidé, conseillé et corrigé durant toute la réalisation de ce travail.

Mme de Weck conseillère communale de la ville de Fribourg et directrice des écoles et des affaires sociales ainsi qu'à M. Wicht responsable de l'éducation physique et des sports des écoles primaires de Fribourg, qui m'ont donné l'autorisation officielle pour réaliser mon travail de master au sein de leur institution.

Mes collègues et étudiants Guillaume Maire, Gaëtan Mottier et Robin Dorsaz qui ont été des aides essentiels pour la récolte des résultats ainsi qu'au montage de la salle pour les tests.

Finalement, je remercie ma maman, pour les multiples relectures et corrections ainsi que pour son soutien et ses conseils.

Déclaration personnelle

« Je sous-signé certifie avoir réalisé le présent travail de façon autonome, sans aide illicite quelconque. Tout élément emprunté littéralement ou mutatis mutandis à des publications ou à des sources inconnues, a été rendu reconnaissable comme tel. »

Lieu et date :

Signature :

Droits d'auteur

« Je sous-signé reconnais que le présent travail est une partie constituante de la formation en Sciences du Mouvement et du Sport à l'Université de Fribourg. Je m'engage donc à céder entièrement les droits d'auteur, y compris les droits de publication et autres droits liés à des fins commerciales ou bénévoles – à l'Université de Fribourg.

La cession à tiers des droits d'auteurs par l'Université de Fribourg est soumise à l'accord du sous-signé uniquement.

Cet accord ne peut faire l'objet d'aucune rétribution financière. »

Date :

Signature :