



Université
de Toulouse

THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par *l'Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier)*

Discipline ou spécialité :

Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

Présentée et soutenue par Mathieu ANDRIEUX

Le mercredi 6 juillet 2011

AUTOCONTROLE ET ADAPTATION DE LA DIFFICULTE
DANS L'APPRENTISSAGE D'UNE HABILITE MOTRICE

JURY

Yannick BLANDIN
Marielle CADOPI
Paul FONTAYNE
Bernard THON
Pier-Giorgio ZANONE

Professeur, Université de Poitiers
Professeur, Université Montpellier I
Professeur, Université Paris-Ouest Nanterre
Professeur, Université Toulouse 3
Professeur, Université Toulouse 3

Rapporteur
Rapporteuse
Examineur
Directeur de thèse
Examineur

Ecole doctorale :

Comportement, Langage, Education, Socialisation, COgnition (CLESCO)

Unité de recherche :

*Programme de Recherche Interdisciplinaire en Sciences
du Sport et du Mouvement Humain (PRISSMH) – EA 4561*

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je ne remercierai jamais assez mon directeur de thèse, Bernard Thon, qui a su générer chez moi la curiosité scientifique et qui par son humanité est devenu au fil des années de thèse bien plus qu'un simple encadrant à mes yeux. Merci Chef !

La réalisation de ce travail ne serait pas complète sans les Professeurs Yannick Blandin et Marielle Cadopi qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'expertiser avec attention ce travail ainsi que Paul Fontayne et Pier-Giorgio Zanone qui ont accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Merci à Michèle Fourment et à Odile Franceschin qui par leur présence, leur bonne humeur et leur gentillesse ont permis de rendre bien plus agréables certaines démarches. Merci également à tous les membres du PRISSMH, les enseignants et les personnels que j'ai côtoyés lors de mon doctorat.

Vu le temps passé à leur côté, je ne peux pas oublier de remercier tous les volontaires qui ont su se rendre disponibles afin de participer aux expériences de ce travail de thèse.

Parmi les personnes qui m'ont accompagné lors de ces années, je ne saurais oublier de remercier les membres des associations au sein desquelles je me suis investi en parallèle.

Si la thèse est le fruit d'une réflexion scientifique poussée, elle n'en reste pas moins une aventure humaine car mes collègues doctorants sont devenus avec le temps de véritables amis à mes yeux. Merci à Sylvain Crémoux, Fabien Dal Maso, Philippe Dedieu, Laurent Solini et Yannick Wamain. J'ai une pensée toute particulière pour Jérémy Danna et Eric Poirier avec qui j'ai partagé tant de bons moments que je n'oublierai jamais.

Pour finir, je remercie du fond du cœur mes parents et ma *Chouchoune* qui ont su m'accompagner tout au long de ces années et m'apporter cet amour indispensable pour devenir un être épanoui.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	p 1
PARTIE I : PARTIE THEORIQUE	
CHAPITRE I : L'APPRENTISSAGE	p 5
I. Notion de Programme Moteur Généralisé	p 7
II. Schéma de rappel et schéma de reconnaissance	p 8
III. Le rôle de la formation des schémas dans l'apprentissage	p 9
CHAPITRE II : L'APPRENTISSAGE ET SES TERMES CLES	p 10
I. Le modèle tâche – activité – performance	p 10
1. La notion de tâche	p 10
2. La notion d'activité	p 11
3. La notion de performance	p 11
4. La notion d'habileté motrice	p 12
II. Conclusion	p 12
CHAPITRE III : LA DIFFICULTE, UNE NOTION COMPLEXE	p 13
I. Difficulté et engagement dans la tâche	p 14
1. Le modèle de Desharnais	p 14
1.1 Le niveau d'habileté	p 14
1.2 Le niveau de difficulté	p 15
2. Le modèle de Delignières	p 15
II. Difficulté et traitement de l'information : le cadre conceptuel proposé par Guadagnoli & Lee	p 16
1. Difficulté de la tâche et habileté	p 16
2. Difficulté de la tâche et information	p 18
3. Les « challenge points » optimaux	p 21
CHAPITRE IV : DE L'AUTOREGULATION A L'AUTOCONTROLE	p 25
I. Les prémices des études sur l'autorégulation	p 25
II. La triade de l'autorégulation : les buts, les métaconnaissances et les stratégies	p 27
1. La fixation de but	p 27
2. La métacognition	p 29
3. Les stratégies	p 31
III. L'autocontrôle : l'autorégulation appliquée à la motricité	p 33
1. L'autocontrôle du feedback	p 33

2. L'autocontrôle d'une aide physique	p 44
3. L'autocontrôle de l'observation d'un modèle	p 47
4. L'autocontrôle de l'organisation de la pratique	p 48
CHAPITRE V : L'ADAPTATION DE LA DIFFICULTE	p 54
I. Le rôle de la difficulté	p 54
II. La difficulté contrôlée par des règles	p 55
III. La difficulté contrôlée par l'apprenant	p 59
PARTIE II : PARTIE EXPERIMENTALE	
EXPERIENCE I : EFFET DE L'AUTOCONTROLE DE LA DIFFICULTE DE LA TACHE SUR L'APPRENTISSAGE D'UNE TACHE COMPLEXE D'ANTICIPATION-COINCIDENCE	p 63
I. Objectif	p 63
II. Méthode	p 64
1. Participants	p 64
2. Dispositif et tâche	p 65
3. Procédure	p 66
4. Analyse de données	p 68
III. Résultats	p 69
1. Acquisition	p 69
1.1 Erreur Absolue	p 69
1.2 Erreur Variable	p 70
1.3 Nombre de cibles interceptées	p 71
1.4 Variation de la largeur de la raquette en fonction du bloc d'essais pour les participants du groupe « <i>autocontrôle</i> »	p 72
1.5 Corrélation entre l'Erreur Absolue à l'essai n et le changement de largeur De raquette entre l'essai n et l'essai n+1 pour les participants du groupe « <i>autocontrôle</i> » durant la phase d'acquisition	p 73
2. Rétention	p 73
2.1 Erreur Absolue	p 74
2.2 Erreur Variable	p 74
2.3 Nombre de cibles interceptées	p 75
IV. Discussion	p 76
EXPERIENCE II : LA PERIODE DURANT LAQUELLE L'AUTOCONTROLE DE LA DIFFICULTE DE LA TACHE EST POSSIBLE A-T'ELLE UN EFFET SUR L'APPRENTISSAGE D'UNE TACHE COMPLEXE D'ANTICIPATION-COINCIDENCE	p 80
I. Objectif	p 80
II. Méthode	p 82
1. Participants	p 82
2. Dispositif et tâche	p 82
3. Procédure	p 82

4. Analyse de données	p 83
III. Résultats	p 84
1. Acquisition	p 84
1.1 Erreur Absolue	p 84
1.2 Erreur Variable	p 85
1.3 Nombre de cibles interceptées	p 87
1.4 Variation de la largeur de la raquette en fonction du bloc d'essais pour les participants des groupes « <i>autocontrôle début</i> » et « <i>autocontrôle fin</i> »	p 88
2. Rétention	p 88
2.1 Erreur Absolue	p 89
2.2 Erreur Variable	p 89
2.3 Nombre de cibles interceptées	p 89
IV. Discussion	p 90

EXPERIENCE III : ROLE DES CROYANCES ET EFFET DE L'ADAPTATION DE LA DIFFICULTE SELON DES REGLES SUR L'APPRENTISSAGE D'UNE TACHE COMPLEXE D'ANTICIPATION-COINCIDENCE

	p 94
I. Objectif	p 94
II. Méthode	p 96
1. Participants	p 96
2. Dispositif et tâche	p 97
3. Procédure	p 97
4. Analyse de données	p 98
III. Résultats	p 99
1. Acquisition	p 99
1.1 Erreur Absolue	p 99
1.2 Erreur Variable	p 100
1.3 Nombre de cibles interceptées	p 100
1.4 Variation de la largeur de la raquette en fonction du bloc d'essais pour les participants des groupes « <i>adaptation explicite</i> » et « <i>adaptation implicite</i> »	p 101
2. Rétention	p 102
2.1 Erreur Absolue	p 102
2.2 Erreur Variable	p 103
2.3 Nombre de cibles interceptées	p 103
IV. Discussion	p 103

SYNTHESE DES EXPERIENCES : ETUDE COMPARATIVE SUR LE ROLE DE L'ADAPTATION DE LA DIFFICULTE DANS L'APPRENTISSAGE D'UNE TACHE COMPLEXE D'ANTICIPATION-COINCIDENCE

	p 107
I. Objectif	p 107
II. Méthode	p 108
III. Résultats	p 108
1. Acquisition	p 108
1.1 Erreur Absolue	p 109

1.2 Erreur Variable	p 109
1.3 Nombre de cibles interceptées	p 110
2. Rétention	p 111
2.1 Erreur Absolue	p 111
2.2 Erreur Variable	p 112
2.3 Nombre de cibles interceptées	p 113
IV. Discussion	p 113
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	p 116
REFERENCES	p 120
ANNEXES	p 130

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : La théorie du schème moteur de Schmidt (1975)	p 7
Figure 2 : Le modèle tâche – activité – performance de Famose (1990)	p 10
Figure 3 : Illustration de l'interaction des différents facteurs de la difficulté	p 14
Figure 4 : Relation entre difficulté nominale de la tâche et performance attendue en fonction du niveau d'habileté de l'individu	p 17
Figure 5 : « Challenge points » optimaux pour l'apprentissage liés au niveau d'habileté, à la difficulté opérationnelle de la tâche et à l'information potentiellement disponible émanant de l'action	p 21
Figure 6 : Relation entre courbes d'apprentissage et de performance et les « challenge points » optimaux liés à différents niveaux de difficulté opérationnelle	p 22
Figure 7 : Relation entre courbes d'apprentissage et de performance et les « challenge points » optimaux liés à deux apprenants ayant des niveaux d'habileté différents	p 23
Figure 8 : Schéma de l'architecture du fonctionnement cognitif (Flavell, 1985)	p 30
Figure 9 : Score de forme moyen pour toutes les conditions en fonction des blocs d'essais en phase d'acquisition et de rétention	p 35
Figure 10 : Erreur Absolue temporelle des groupes « <i>autocontrôle</i> » et « <i>apparié</i> » lors des phases d'acquisition, de rétention et de transfert	p 37
Figure 11 : Scores de précision des groupes « <i>autocontrôle</i> » et « <i>apparié</i> » à l'essai 1, lors de la phase d'acquisition et au test de rétention	p 39
Figure 12 : Scores de précision en acquisition et en rétention des groupes demandant plus ou moins le feedback lors de la phase d'acquisition	p 40
Figure 13 : Scène visuelle durant un essai effectué avec un feedback concurrent	p 41
Figure 14 : Scores de performance pour chaque groupe lors du prétest, de la phase d'acquisition et du test de rétention	p 42
Figure 15 : Temps de vol à l'intérieur de la zone du plan de descente en fonction du groupe expérimental et de la phase de test	p 43
Figure 16 : Représentation schématique du simulateur de ski avec et sans bâtons	p 44

Figure 17 : Amplitude des mouvements des deux groupes lors des phases d'acquisition et de rétention	p 45
Figure 18 : Amplitude des mouvements et force relative pour les groupes « <i>autocontrôle</i> » et « <i>apparié</i> » lors des phases d'acquisition et de rétention	p 46
Figure 19 : Score de forme et de précision du mouvement pour les groupes « <i>autocontrôle</i> » et « <i>apparié</i> » lors des phases d'acquisition et de rétention	p 48
Figure 20 : Score de précision et de forme du mouvement pour les groupes « <i>autocontrôle</i> » et « <i>apparié</i> » lors des phases d'acquisition, de rétention à court et long terme	p 50
Figure 21 : Illustration des séquences à apprendre. Les quatre gammes dans la partie gauche de la figure représentent les patrons « faciles » alors que les gammes dans la partie droite représentent les patrons « difficiles »	p 51
Figure 22 : Temps de mouvement pour l'ensemble des groupes lors des phases d'acquisition et de rétention	p 52
Figure 23 : Performance moyenne et erreur standard de chacune des conditions pour les quatre tâches sur le test de rétention	p 58
Figure 24 : Photographie du matériel expérimental	p 65
Figure 25 : Illustration du déroulement d'un essai	p 66
Figure 26 : Représentation schématique d'une interception « réussie »	p 67
Figure 27 : Représentation schématique d'une interception « ratée », la raquette étant en retard sur la cible	p 67
Figure 28 : Représentation schématique d'une interception « ratée », la raquette étant en avance sur la cible	p 67
Figure 29 : Erreur Absolue moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 70
Figure 30 : Erreur Variable moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 71
Figure 31 : Nombre moyen de cibles interceptées en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 72
Figure 32 : Largeur de raquette moyenne demandée par les participants du groupe « <i>autocontrôle</i> » en fonction du bloc d'essais lors la phase d'acquisition. La ligne en pointillés correspond à la largeur de raquette utilisée lors des tests de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 73

Figure 33 : Tableau récapitulatif représentant les conditions de pratique des groupes « autocontrôle début » et « autocontrôle fin »	p 83
Figure 34 : Erreur Absolue moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 85
Figure 35 : Erreur Variable moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 86
Figure 36 : Nombre moyen de cibles interceptées en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 87
Figure 37 : Largeur de raquette moyenne demandée par les participants du groupe « autocontrôle début » lors des 50 premiers essais et par leurs compères du groupe « autocontrôle fin » lors des 50 derniers essais et ce en fonction du bloc d'essais lors la phase d'acquisition. La ligne en pointillés correspond à la largeur de raquette utilisée lors des tests de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 88
Figure 38 : Erreur Absolue moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 99
Figure 39 : Erreur Variable moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 100
Figure 40 : Nombre moyen de cibles interceptées en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 101
Figure 41 : Largeur de raquette moyenne imposée au groupe « difficulté constante » et adaptée à la performance des participants des groupes « adaptation explicite » et « adaptation implicite » en fonction du bloc d'essais lors la phase d'acquisition. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 102
Figure 42 : Erreur Absolue moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 109
Figure 43 : Erreur Variable moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 110
Figure 44 : Nombre moyen de cibles interceptées en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards	p 111

INTRODUCTION GENERALE

Depuis notre plus jeune âge, notre vie est jalonnée de situations inattendues auxquelles il faut s'adapter en adoptant un nouveau comportement approprié aux exigences de l'environnement. Cette faculté d'adaptation à de nouvelles situations est une des propriétés les plus remarquables des êtres vivants car elle implique, non seulement d'apprendre de nouveaux comportements, mais aussi de les retenir afin de pouvoir les reproduire dans des conditions parfois différentes. Or, il est communément admis que chaque expérience laisse une trace mnésique qui s'actualisera par une modification du comportement futur. C'est donc la mémoire, et plus particulièrement la mémoire motrice en ce qui nous concerne, qui rend possible la conservation de ces traces. Cette mémoire motrice a la particularité de conserver durablement en mémoire certaines traces mnésiques relatives à des activités continues (comme par exemple faire du vélo, nager,...) quand dans le même temps d'autres traces se détériorent plus ou moins rapidement au cours du temps (exemple du golf, tennis,...). C'est pourquoi la communauté scientifique s'est focalisée sur l'étude des facteurs qui permettent d'optimiser la rétention de l'information dans le temps et donc par définition l'apprentissage. Ce fut entre autre le cas des travaux précurseurs de Bilodeau, Bilodeau & Schumsky (1959) ou encore Shea & Morgan (1979) qui manipulèrent respectivement la connaissance du résultat et la variabilité de la pratique et qui par la même occasion amorcèrent de nombreux questionnements dans ce sens.

Une caractéristique commune qui émerge toutefois des différents paradigmes d'apprentissage qui s'en suivirent, est que l'expérimentateur ne choisit pas seulement l'habileté à apprendre mais qu'il façonne également l'environnement de pratique dans son intégralité. On se rend donc compte que, si théoriquement le processus d'apprentissage fait référence à une « voie à double sens » dans laquelle s'établissent des interactions entre l'instructeur et l'apprenant, en pratique le rôle actif de ce dernier dans son propre apprentissage est souvent négligé. Bien que les bénéfices de l'implication des individus dans leur processus d'apprentissage furent démontrés dans le domaine verbal et cognitif (Carver & Sheier, 1990 ; Paris & Winograd, 1990 ; Pinard, 1992 ; Zimmerman, 1989), il fallut encore

attendre avant que des chercheurs en activités physiques n'adaptent cette idée au domaine moteur. Depuis le milieu des années 90, un certain nombre d'études sur lesquelles nous reviendrons plus en détails par la suite, ont confirmé l'avantage de laisser les apprenants contrôler différents aspects de leur environnement de pratique. Ce fut le cas d'études sur le feedback ajouté (e.g. Chiviakowsky & Wulf, 2002, 2005, 2008 ; Janelle, Barba, Frehlich, Tennant, & Cauraugh, 1997 ; Janelle, Kim & Singer, 1995), les dispositifs d'aide physique (Wulf, Clauss, Shea & Whitacre, 2001 ; Wulf & Toole, 1999), l'observation d'un modèle (Wrisberg & Pein, 2002 ; Wulf, Raupach & Pfeiffer, 2005) et l'organisation de la pratique (Bund & Weimeyer, 2004 ; Keetch & Lee, 2007 ; Titzer, Shea & Romack, 1993). Ces chercheurs ont qualifié de pratique autocontrôlée, la liberté laissée à l'apprenant de contrôler des aspects de son environnement de pratique. Bien qu'elle n'ait été que peu étudiée en comparaison des autres variables (e.g. la connaissance du résultat), la difficulté de la tâche nous a semblé être un paramètre dont l'autocontrôle pouvait apporter des bénéfices à l'apprenant. L'objectif général qui a motivé ce travail de thèse est d'apporter des éléments nouveaux sur la compréhension des processus cognitifs impliqués lors de l'autocontrôle en donnant la possibilité à l'apprenant de moduler la difficulté de la tâche lors de la pratique.

Ce document s'articule en deux parties, l'une théorique dédiée à la présentation des fondements de notre démarche et l'autre expérimentale visant à tester les différentes hypothèses ayant motivées ce travail de recherche.

La première partie se compose de cinq chapitres. Dans le premier chapitre, nous aborderons l'apprentissage dans le cadre de la psychologie cognitive en présentant notamment la théorie du schéma de Schmidt (1975).

Dans le second chapitre, nous présenterons des notions clés de l'apprentissage moteur : la tâche, l'activité, la performance et l'habileté motrice, issues notamment des modèles développés par Famose (1990) dans le champ de la psychologie du sport.

Le troisième chapitre sera consacré à la présentation de la distinction entre les notions de difficulté et de complexité. Nous analyserons dans un premier temps le rôle motivationnel de la difficulté au travers des modèles de Desharnais (1971) et Delignières (1990). Puis dans un second temps, nous détaillerons le cadre conceptuel de Guadagnoli & Lee (2004) en montrant les relations existant entre information, niveau d'habileté et difficulté de la tâche.

Dans le quatrième chapitre, nous préciserons les notions d'autorégulation et d'autocontrôle. Ainsi, après avoir détaillé les trois composantes de l'autorégulation (les buts,

les métaconnaissances et les stratégies), nous effectuerons une revue de littérature pour montrer l'influence de l'autocontrôle sur l'apprentissage moteur.

Dans le cinquième chapitre, nous insisterons sur le rôle majeur de la difficulté dans l'apprentissage en montrant que cette dernière peut être adaptée selon des règles ou bien selon les choix de l'apprenant lui-même (autocontrôle). C'est bien évidemment ce dernier point qui retiendra principalement notre attention car cela constitue le cœur de nos expériences.

La seconde partie sera consacrée à la présentation d'une série d'expériences, au cours desquelles nous apporterons notre contribution à l'étude de l'effet de l'autocontrôle et de l'adaptation de la difficulté de la tâche sur l'apprentissage moteur.

Enfin, dans une conclusion générale, nous discuterons des principaux éléments recueillis lors des expériences ainsi que des perspectives de recherches futures.

PARTIE I :
PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : L'APPRENTISSAGE

Qu'est ce que l'apprentissage ? De nombreux psychologues se sont longtemps penchés sur la question et malgré la diversité des positions théoriques adoptées par les auteurs, le critère commun pour définir qu'il y a apprentissage est lorsqu'un organisme placé plusieurs fois dans la même situation modifie sa conduite de façon systématique et relativement durable (Reuchlin, 1977). Plus spécifiquement, l'apprentissage moteur est considéré comme un ensemble de processus associés à la pratique ou à l'expérience conduisant à des modifications adaptatives relativement permanentes du comportement habile (Schmidt, 1982a). Notre approche de l'apprentissage s'inscrivant dans le cadre de la psychologie cognitive, il nous semble indispensable de présenter les principes fondamentaux qui la sous-tendent et, en particulier, la théorie du schéma proposée par Schmidt en 1975.

Un des premiers emprunts de la psychologie cognitive a été fait à la théorie de l'information de Shannon et Weaver (1949) visant à modéliser le transfert d'information d'un émetteur à un récepteur le long d'un canal bruité. Ainsi, un des principaux postulats de l'approche cognitive est que le Système Nerveux Central (SNC) est un centre de réception d'informations provenant de l'environnement, qui traite ces informations, les mémorise, et les utilise pour élaborer des plans d'action et des programmes moteurs qui s'exécutent sous forme de commandes motrices envoyées aux effecteurs. Cette nouvelle conception a alors modifié les modèles antérieurs de l'apprentissage issus de l'approche béhavioriste considérant que les modifications du comportement résultent de la mise en place d'associations entre stimuli, réponses et renforcement, en inférant l'existence de différentes étapes de traitement de l'information entre la présentation d'un stimulus et l'émission d'une réponse motrice.

L'apport de l'approche cybernétique, ou théorie du contrôle des systèmes finalisés fondée par Wiener (1948), a permis de préciser les processus de contrôle du mouvement. Ainsi, un mouvement destiné à atteindre un but dans l'environnement pourrait être contrôlé en boucle « fermée » (contrôle rétroactif), par la comparaison, en cours d'exécution, des informations

sensorielles reçues et des informations sensorielles « attendues » comme étant celle du mouvement « correct », ou en boucle « ouverte » (contrôle proactif) par la mise en place d'un programme préalablement à son exécution, qui s'exécute ensuite sans prise en compte des informations sensorielles. La mise en œuvre de l'un ou l'autre de ces deux processus serait déterminée par les exigences de précision (privilégiant un contrôle rétroactif) ou de vitesse d'exécution (privilégiant un contrôle proactif) du mouvement. L'approche cognitive postule donc que les relations entre la perception d'un stimulus et l'action motrice sont médiées par des structures prescriptives (programme moteur ou représentation des conséquences sensorielles attendues) élaborées temporairement et/ou stockées au niveau central. Ces conceptions ont longtemps guidé les études du contrôle moteur (Keele, Fitts,...) et sont à la base de l'une des premières théories spécifiquement dédiée à la formalisation de l'apprentissage des habiletés motrices, proposée par Adams (1971). Celui-ci considère que la pratique d'une tâche motrice conduit à la construction progressive, par essais et par erreurs, d'une représentation du mouvement sous la forme de ses conséquences sensorielles, grâce à la mise en relation, à chaque essai, des informations générées par le mouvement (feedback intrinsèque) et la connaissance du résultat (feedback ajouté ou extrinsèque).

La théorie des schémas a été élaborée par Schmidt (1975) en réponse aux limites rencontrées par les conceptions dominantes et conflictuelles de la fin des années 60, à savoir les modèles en boucle ouverte et les modèles en boucle fermée (cf Figure 1). Que ce soit un modèle ou l'autre certains problèmes théoriques se posent.

Le premier concerne la difficulté à expliquer comment le SNC peut stocker toutes ces représentations puisqu'il devrait exister autant de représentations que de mouvements produits (problème du stockage).

Le second problème concernant la capacité d'un individu à produire un mouvement qu'il n'a jamais réalisé auparavant et dont une représentation ne peut pas exister à priori (problème de la nouveauté). Une réponse à ces divers problèmes a été développée par Schmidt dans sa théorie des schémas car non seulement elle intègre les idées des deux conceptions conflictuelles de l'époque (contrôle central et périphérique) mais elle propose les deux notions clés de programme moteur généralisé (PMG) et de schéma.

Figure 1 : La théorie du schème moteur de Schmidt (1975)

I. Notion de Programme Moteur Généralisé

Le concept de programme moteur, à la base des théories en boucle ouverte, avance l'idée que les mouvements sont structurés et guidés centralement et que des portions substantielles du mouvement peuvent se dérouler sans l'assistance de feedbacks sensoriels (Keele, 1968). Plus précisément, un programme moteur est une structure abstraite en mémoire qui est préparée avant le début du mouvement. Le résultat de son exécution est la contraction et la relaxation des muscles en jeu dans le mouvement sans l'engagement des feedbacks dans la correction des erreurs de sélection (Schmidt 1975, 1982b). Compte tenu de la capacité de stockage limitée du SNC, Schmidt suppose qu'un programme moteur ne contient pas les instructions détaillées d'un mouvement particulier, mais plutôt des instructions générales communes à une classe donnée de mouvement, appelée PMG. Un PMG est défini par des structures invariantes définissant une classe donnée de mouvement. Afin de générer un programme moteur particulier, des valeurs spécifiques doivent être assignées au cas par cas aux paramètres variables du PMG tels que ceux spécifiant la durée totale du mouvement, sa vitesse, son amplitude, les forces développées,... La spécification des valeurs pour les paramètres variables d'un PMG est prise en charge par des représentations mnésiques abstraites, appelées schémas, la deuxième notion clé apportée par Schmidt dans sa théorie.

II. Schéma de rappel et schéma de reconnaissance

Afin d'éviter toute confusion nous ferons tout au long de cette partie la distinction entre PMG et programme moteur. Si un PMG représente une classe de mouvement (donc par extension avec des paramètres non définis), le programme moteur est, quant à lui, une version spécifique du PMG (et donc avec des paramètres définis). Adapté au domaine du mouvement (notion introduite par Head, 1926, et développée par Bartlett, 1932, cité par Schmidt, 1975), le schéma est envisagé comme étant une abstraction des relations entre les résultats de l'exécution d'un programme moteur et les paramètres choisis pour sa réalisation. Comme nous l'avons signalé précédemment, son rôle est d'assigner aux paramètres variables d'un PMG des valeurs particulières pour former un programme moteur spécifique. La similarité de la théorie de Schmidt (1975) avec celle de la boucle fermée d'Adams (1971) réside dans l'utilisation de ces deux processus.

Le premier, le schéma de rappel, est impliquée dans la production d'une réponse motrice. Pour ce faire, en fonction du résultat désiré dans l'environnement et des conditions initiales de la situation, le schéma de rappel détermine la valeur des paramètres variables nécessaires à l'exécution du PMG. Ce schéma n'est pas simplement restreint à l'initiation du mouvement, son rôle est surtout de spécifier les caractéristiques du programme moteur qui prendra en charge l'exécution du mouvement.

Le second, le schéma de reconnaissance, spécifie les conséquences sensorielles attendues lors de l'exécution du mouvement. Elles représentent un gabarit auquel sont comparés les feedbacks sensoriels générés au cours de l'action. Il devient alors possible de détecter et de corriger les erreurs. Puisque le traitement des informations sensorielles nécessite du temps, l'évaluation et la correction du mouvement ne peuvent se faire durant le mouvement que si celui-ci est effectué à vitesse relativement lente. Dans le cas d'une réponse motrice exécutée à grande vitesse, son évaluation sur la base des feedbacks générés pendant son exécution ne peut se réaliser qu'après la fin de son exécution, et autorise ainsi la détection des erreurs.

Par cette brève présentation théorique nous pouvons constater que le double jeu des schémas de rappel et de reconnaissance implique les contrôles en boucle ouverte et fermée dans un même modèle. Ainsi la production de mouvements rapides est sous le contrôle du schéma de rappel (fonctionnement en boucle ouverte) tandis que celle de mouvements lents sous le contrôle du schéma de reconnaissance (fonctionnement en boucle fermée).

De la capacité des schémas à paramétrer un PMG dépendra la bonne réalisation d'un mouvement (en fonction des demandes de la tâche). Selon la théorie, l'apprentissage correspond à la formation d'un PMG représentatif d'une catégorie de mouvements, et à la mise en place d'opérations de paramétrisation de plus en plus précises permettant de produire des programmes moteurs plus nombreux, élaborés et de mieux en mieux adaptés aux exigences de la situation.

III. Le rôle de la formation des schémas dans l'apprentissage

Dans la perspective de la théorie des schémas, l'apprentissage ne correspond pas à l'acquisition de mouvements particuliers, mais plutôt à l'acquisition de règles (Schmidt, 1988). Ces règles ou schémas s'élaborent par la mise en relation de quatre sources d'informations stockées temporairement (Schmidt, 1975, 1982b) :

- ✓ Les conditions initiales correspondant aux positions des membres et du corps dans l'espace ainsi que de l'état de l'environnement issu des informations proprioceptives, auditives et visuelles.
- ✓ Les paramètres assignés au PMG représentant les valeurs des paramètres utilisées lorsque le mouvement a été exécuté.
- ✓ Les conséquences sensorielles produites par la réponse (afférences sensorielles).
- ✓ Les résultats de la réponse issus de l'évaluation de la réponse produite en comparaison au but désiré de la tâche en d'autres termes la connaissance du résultat (CR).

CHAPITRE II : L'APPRENTISSAGE ET SES TERMES CLES

Dans ce chapitre, nous allons voir certains termes clés de la motricité qui selon le contexte dans lequel ils sont employés peuvent avoir des significations différentes. Aussi il nous semble essentiel de clarifier ces possibles ambiguïtés afin de mieux comprendre les notions abordées dans ce travail de thèse.

I. Le modèle tâche – activité – performance

Famose (1990) considère que les notions de tâche, activité et performance sont reliées suivant la chaîne séquentielle suivante.

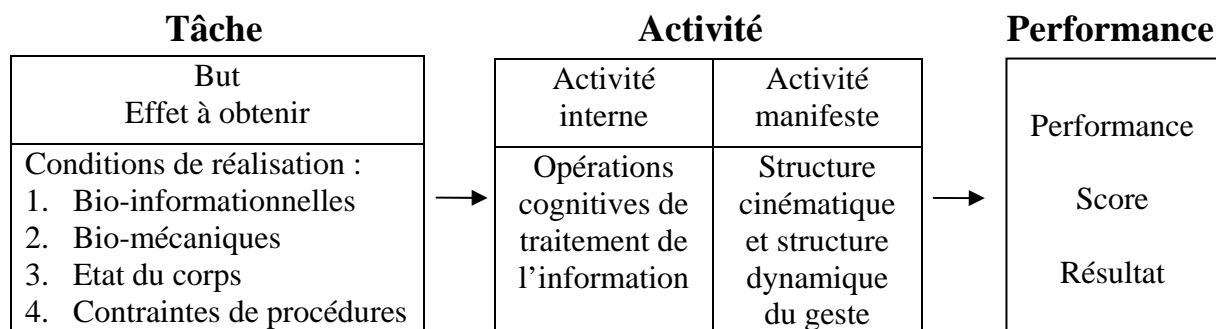


Figure 2 : Le modèle tâche – activité – performance de Famose (1990)

1. La notion de tâche

Nous nous centrerons donc tout d'abord sur la notion de tâche qui de manière générale peut se définir comme un travail déterminé que l'on s'impose ou imposé par autrui et qu'on a l'obligation de faire. A cette définition un peu généraliste, Leplat et Hoc (1983) ajoutent que la tâche peut se définir comme un but donné dans une situation déterminée. Selon Famose (1990), cette notion de tâche représente ce qui est potentiellement capable de déclencher et d'organiser l'activité orientée vers un but. Pour ce faire, elle doit posséder certaines caractéristiques et plus précisément :

- ✓ Un but, explicite ou implicite, qui spécifie au pratiquant l'état ou la condition à atteindre comme résultat de l'activité.
- ✓ Des conditions environnementales ou aménagement du milieu : ce sont toutes les conditions qui accompagnent la réalisation du but restreignant ainsi les degrés de liberté de mouvement du pratiquant.
- ✓ Des procédures à respecter : ce sont les consignes concernant les procédures gestuelles à mettre en œuvre pour atteindre un but, aussi appelées critères de réalisation.

2. La notion d'activité

La notion d'activité peut se résumer à ce que l'individu effectue pour satisfaire aux exigences de la tâche. Selon Famose (1990), afin de réaliser la tâche, c'est-à-dire atteindre un but donné dans des conditions déterminées, l'activité motrice du sujet va être à la fois de nature :

- ✓ Interne : les opérations cognitives du SNC (modèle de Schmidt) et qui précèdent l'activité motrice
- ✓ Externe : c'est l'activité physique observable

3. La notion de performance

Pour résumer ce que nous venons de voir la tâche indique ce qui est à faire, l'activité ce qui se fait. La notion de tâche est souvent liée à une prescription, sinon à une obligation. La notion d'activité renvoie, elle, à ce qui est mis en jeu par le sujet pour exécuter ces prescriptions, pour remplir ces obligations. Ainsi, on comprend dans quelle mesure ces deux notions (tâche et activité) sont intimement liées, la performance étant le résultat de l'activité de l'individu dans la tâche demandée. Ce résultat obtenu est comparé au but de la tâche, aussi appelé résultat désiré. Il peut être exprimé de manière quantitative sous forme de score ou bien de manière qualitative en termes de réussite ou d'échec par exemple.

La performance reflètera donc l'écart entre le niveau d'habileté de l'individu et les exigences de la tâche, l'apprentissage ayant pour objectif de réduire la discrédance éventuelle entre les deux.

A titre d'exemple, dans la situation que nous avons utilisée dans nos expériences, la tâche à effectuer était une tâche d'anticipation-coïncidence nécessitant de la part du participant une précision spatio-temporelle importante afin d'intercepter plusieurs cibles en des points précis

de l'espace (Belisle, 1963). L'activité des apprenants consistait à déplacer une raquette horizontalement à l'écran grâce aux mouvements horizontaux d'un stylet sur une tablette graphique. La performance pour chaque cible était évaluée par la précision de l'interception c'est-à-dire l'écart entre le centre de la cible et le centre de la raquette au moment où la cible dépassait la ligne d'interception.

4. La notion d'habileté motrice

Selon Guthrie (1957), l'habileté motrice est la capacité acquise par apprentissage à atteindre des résultats fixés à l'avance avec un maximum de réussite et souvent un minimum de temps et/ou d'énergie. Cette définition souligne clairement le caractère appris de l'habileté motrice, produit d'un apprentissage moteur. L'habileté motrice possède différentes caractéristiques :

- ✓ Elle se définit par rapport au but à atteindre et reflète donc la capacité d'un individu à atteindre un objectif de manière coordonnée, efficace et efficiente.
- ✓ Elle est hiérarchiquement organisée, le but principal pouvant se décomposer en sous-buts et donc mettre en jeu des sous-habilités élémentaires comme c'est le cas lors de l'apprentissage de la conduite et plus particulièrement du changement de vitesse (Keele, 1982).
- ✓ Elle est adaptative, les mouvements étant à la fois régulés par le pratiquant et par l'environnement.

II. Conclusion

La tâche demandée aux participants présente donc des caractéristiques « objectives » qui permettent de les classer, au sein d'une même catégorie, selon leur niveau de complexité. L'activité du sujet dépendra de son expérience dans la tâche, ou du type de tâche proposée, qui l'a conduit à un certain niveau d'habileté. La performance réalisée sera alors déterminée par les relations entre complexité de la tâche d'une part, et niveau d'habileté de l'individu d'autre part. On peut aussi logiquement penser que l'apprentissage dépendra des modifications des performances et du niveau d'habileté de l'apprenant au cours de la pratique. Nous verrons dans la partie suivante les travaux qui ont été conduits dans cette problématique, et les modèles qui ont été proposés.

CHAPITRE III : LA DIFFICULTE, UNE NOTION COMPLEXE

Il nous paraît important dans ce troisième chapitre de faire une distinction entre la complexité de la tâche d'une part et sa difficulté d'autre part. Notre point de vue à ce sujet rejoint celui d'Alain et Salmela (1980) qui dissocient ces deux notions : « *sur le plan de l'intervention pédagogique, il est possible de modifier la complexité d'une tâche en ajoutant ou en enlevant une ou plusieurs conditions qui doivent absolument être rencontrées pour réussir la tâche. Par ailleurs, il est possible de maintenir constante la complexité de la tâche et d'en changer la difficulté en augmentant ou en réduisant la grandeur de l'erreur, d'ordre spatial ou d'ordre temporel en deçà de laquelle la tâche est jugée comme étant réussie* ».

Meister (1976) puis Billing (1980) ont associé d'une part la *complexité* à la *difficulté objective* de la tâche et d'autre part la *difficulté* à la *difficulté relative* qui tient compte de l'habileté de l'apprenant dans la tâche. Ainsi à l'image de la difficulté objective, la complexité aurait pour effet d'augmenter la probabilité d'erreur et par la même une diminution de la performance.

Ainsi dans nos expériences, la tâche est considérée comme complexe car au-delà des contraintes spatio-temporelles élevées, l'interception des trois cibles est réalisée par des mouvements nécessitant des changements de direction rapides. Toutefois, il serait par exemple possible d'augmenter ou de diminuer la *complexité* de cette tâche en ajoutant ou en retirant une ou plusieurs cibles à intercepter. La *difficulté* de la tâche pourrait être, quant à elle, modulée par la largeur de la raquette qui détermine la vitesse et la précision requise pour intercepter toutes les cibles.

Nous allons dans la partie suivante aborder la notion de difficulté dans sa globalité en analysant dans un premier temps les modèles de Desharnais (1971) et Delignières (1990) qui, privilégiant le versant motivationnel de l'apprentissage, considèrent que l'engagement et l'investissement de l'individu dans la tâche jouent un rôle majeur. Dans un second temps, nous aborderons le cadre conceptuel de Guadagnoli & Lee (2004) qui aborde le problème de la difficulté d'un point de vue informationnel.

I. Difficulté et engagement dans la tâche

1. Le modèle de Desharnais (1971)

Desharnais suppose que le degré de difficulté de la tâche est principalement le produit de l'interaction de deux facteurs de base. Le premier se rapporte au niveau de complexité de la tâche et le second au niveau d'habileté de l'individu. L'interaction de ces deux facteurs déterminerait le niveau de difficulté pour un sujet particulier face à une tâche spécifique.

1.1 Le niveau d'habileté

Le niveau d'habileté serait le produit de l'interaction de deux facteurs généraux, d'une part le potentiel, ou composants héréditaires d'ordre morphologique, organique ou psychologique comme les aptitudes par exemple, et d'autre part l'apprentissage correspondant aux conditions et à la quantité de pratique. Ces deux éléments généraux représentent les moyens dont dispose l'individu pour répondre au mieux aux exigences de la tâche. Ces moyens peuvent différer d'un individu à un autre selon les stratégies mises en place.

L'importance du niveau d'habileté dans la détermination du niveau de difficulté de la tâche vient de la mise en jeu des différences interindividuelles par rapport à une tâche à effectuer. Ainsi à niveau de complexité égal, un individu possédant un niveau d'habileté élevé trouvera la tâche simple car la difficulté est diminuée par rapport à un individu dont le niveau d'habileté est plus faible.

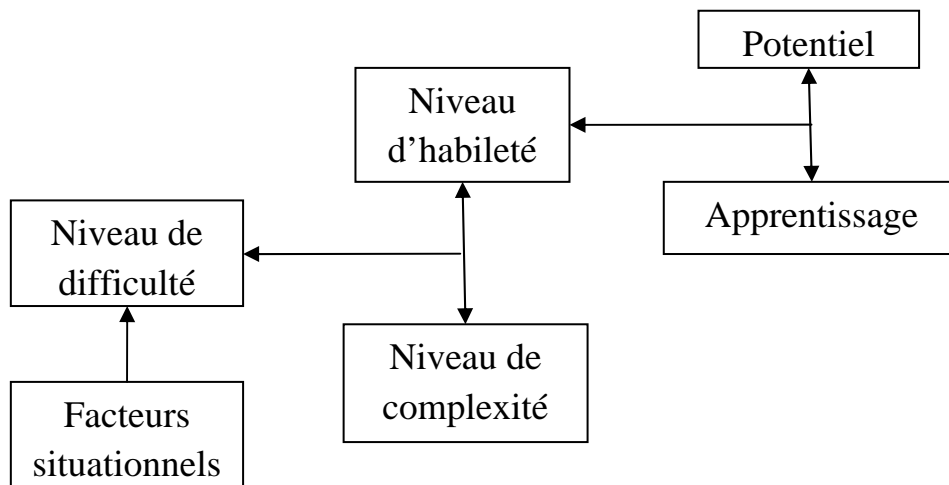


Figure 3 : Illustration de l'interaction des différents facteurs de la difficulté

1.2 Le niveau de difficulté

Le niveau de difficulté est donc le résultat de l'interaction entre le niveau de complexité et le niveau d'habileté. Desharnais insiste sur le rôle majeur du niveau de complexité dans la détermination du niveau de difficulté car il limite les variations provoquées par le niveau d'habileté. En effet, dans une activité sportive possédant un niveau de complexité élevé, le niveau de difficulté restera malgré tout élevé même si l'athlète améliore son niveau d'habileté avec la pratique. Ainsi même si le niveau de difficulté peut varier à long terme grâce aux fluctuations du niveau d'habileté, il peut également subir des modifications plus ou moins sensibles à court terme du fait des facteurs situationnels comme dans notre cas l'attention et la fatigue physique par exemple.

2. Le modèle de Delignières (1990)

Le modèle de Delignières propose pour sa part plusieurs niveaux d'analyse du concept de difficulté et approfondit celui de Desharnais. Tout d'abord, il appelle *difficulté objective* l'architecture de la tâche c'est-à-dire ses exigences. Ainsi, comme son nom l'indique, la difficulté objective est indépendante de l'activité de l'individu et de son niveau d'habileté. La difficulté objective dans ce modèle correspond à la complexité présentée par Desharnais. Dès lors que l'on fait intervenir le niveau d'habileté de l'individu, on parle alors de *difficulté relative*. Ainsi, pour une même tâche les chances de succès seront fortement augmentées si l'individu possède un niveau d'habileté élevé alors qu'un individu débutant sera probablement en échec sur cette même tâche. Pour continuer le parallèle entre les deux modèles présentés dans cette partie, la notion de difficulté relative introduite par Delignières correspond à la notion de difficulté présente dans le modèle de Desharnais.

Le second niveau de ce modèle aborde la notion de *difficulté subjective*, qui prend en compte les représentations du sujet concernant la tâche. Ici le participant évalue les demandes de la tâche afin d'optimiser sa performance tout en tenant compte de la perception de son propre niveau d'habileté. Delignières considère d'ailleurs que si l'évaluation de la difficulté précède la performance, on parle alors de difficulté estimée, alors que si l'évaluation accompagne ou suit la performance, on parle de difficulté perçue. Dans nos expériences, cette difficulté sera tour à tour estimée puis perçue de part l'enchaînement des essais effectuées par les participants. Ce point nous intéresse d'autant plus que c'est cette difficulté subjective,

fondée sur les jugements métacognitifs de l'individu, qui va certainement intervenir pour déterminer les choix de difficulté effectués par les participants de nos expériences.

II. Difficulté et traitement de l'information : le cadre conceptuel proposé par Guadagnoli & Lee (2004)

Pour Guadagnoli & Lee (2004), le potentiel d'apprentissage est intimement lié à la quantité d'information disponible et interprétable en situation de performance, qui dépend elle-même du niveau d'habileté de l'apprenant et des conditions de pratique. De ce constat émergent trois conditions :

- ✓ L'apprentissage ne peut se produire en l'absence d'information
- ✓ L'apprentissage sera ralenti s'il y a trop ou pas assez d'information à traiter
- ✓ Pour qu'il y ait apprentissage, il existe une quantité optimale d'information qui dépend du niveau d'habileté de l'individu et de la difficulté de la tâche à apprendre. Cette difficulté optimale correspond à ce que les auteurs qualifient de « challenge point ».

1. Difficulté de la tâche et habileté

Plutôt que de proposer une définition globale de la difficulté qui ne conviendrait pas à toutes les études (chacune ayant ses propres définitions selon les variables mesurées), Guadagnoli & Lee pensent que toutes ces définitions peuvent être divisées en deux grandes catégories : la difficulté *nominale* de la tâche (qui se rapproche de la notion de *complexité* développée chez Desharnais ou *difficulté objective* chez Delignières) et la difficulté *opérationnelle* de la tâche. Elle est aussi appelée *difficulté* chez Desharnais (1971) ou *difficulté relative* chez Delignières (1990) ou *difficulté fonctionnelle* chez Guadagnoli & Lee (2004).

La *difficulté nominale* de la tâche inclut uniquement les caractéristiques de la tâche, sans que, ni le niveau de compétence de la personne, ni les conditions dans lesquelles elle est réalisée ne soient pris en compte. Prenons l'exemple d'un golfeur situé à 60 mètres du green devant frapper sa balle tout en franchissant un obstacle d'eau. En considérant l'éventail de coups possibles en golf, cette tâche est considérée comme ayant une difficulté nominale intermédiaire.

La *difficulté opérationnelle* de la tâche prend en compte le niveau de compétences de la personne qui réalise mais également des conditions dans lesquelles elle se déroule. Si l'on

reprend la situation de notre exemple cité précédemment, la tâche n'aura pas la même difficulté opérationnelle pour un professionnel que pour un joueur occasionnel. Supposons maintenant que ce coup doive être effectué avec un fort vent de face, cela obligera donc le joueur à frapper plus fort afin d'éviter que sa balle ne tombe dans le lac. Un coup relativement ordinaire va alors devenir, opérationnellement parlant, beaucoup plus difficile du fait des conditions météorologiques, qui vont donc davantage gêner le novice que l'expert.

Comme nous avons pu le voir dans le cadre conceptuel proposé par ces deux auteurs, la difficulté nominale, aussi abordée sous le nom de complexité ou difficulté objective par d'autres auteurs, est un élément clé constitutif de la difficulté opérationnelle (aussi appelée difficulté relative ou difficulté). Guadagnoli & Lee (2004) supposent que pour une tâche ayant un niveau de difficulté nominale donné, un individu connaissant son niveau de compétence aura une performance prévisible. La figure 4 illustre comment le niveau de difficulté nominale et le niveau de pratique peuvent affecter le niveau de performance présumé. Par exemple, un débutant aura de fortes chances de succès dans une tâche ayant une difficulté nominale faible.

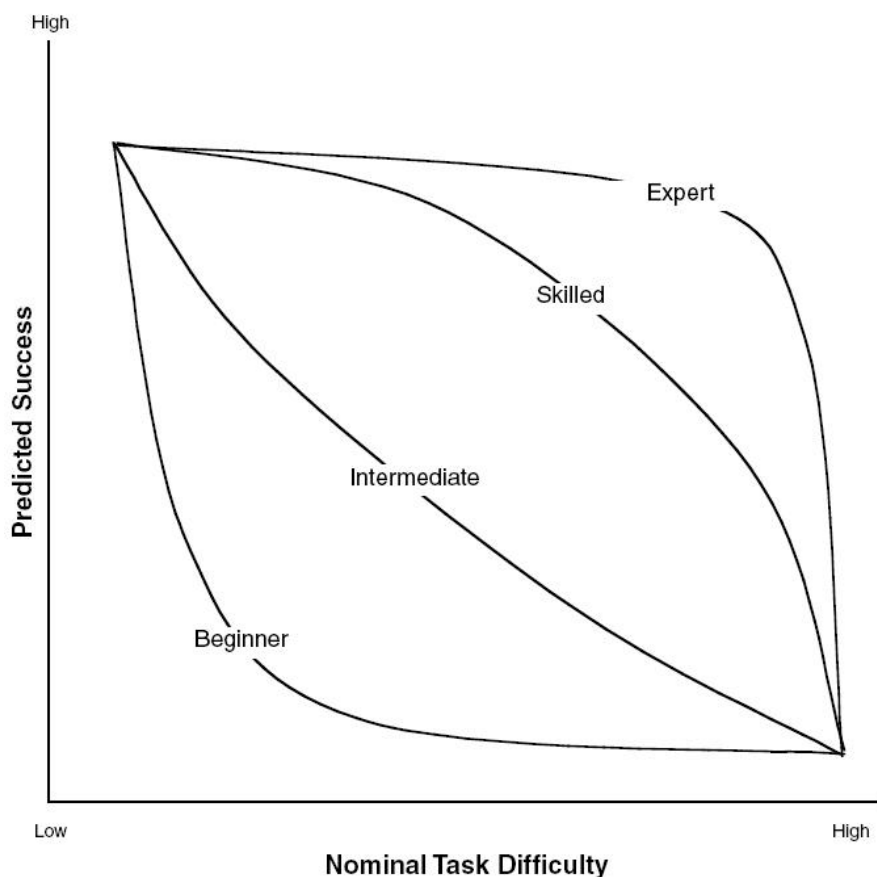


Figure 4 : Relation entre difficulté nominale de la tâche et performance attendue en fonction du niveau d'habileté de l'individu.

Comme nous pouvons le voir sur la figure ci-dessus, dans le coin en haut à gauche, la tâche est si simple que n'importe qui est censé avoir de grandes chances de la réussir. Quand le niveau de difficulté nominale de la tâche augmente, le niveau de réussite des débutants chute brutalement jusqu'à atteindre un seuil pour un niveau relativement faible de difficulté nominale. Pour les joueurs intermédiaires et entraînés, la performance chute mais moins rapidement quand la difficulté nominale augmente. En revanche pour les experts, seule une difficulté nominale très élevée leur pose problème.

2. Difficulté de la tâche et information

Guadagnoli & Lee (2004) avancent que l'apprentissage est un processus de résolution de problèmes dans lequel le but d'une action représente le problème à résoudre et l'évolution de la configuration du mouvement représente la tentative de l'apprenant de résoudre ce problème (Miller, Galanter & Pribram, 1960). Comme nous venons de le voir, l'apprentissage ne peut se produire en l'absence d'information. Ces informations, disponibles avant, pendant et après chaque tentative de résolution de problème, sont mises en mémoire et sont à la base de l'apprentissage. Ces informations peuvent avoir deux sources principales : le plan d'action et les feedbacks. En effet le degré d'amélioration de l'apprentissage est déterminé par la quantité d'information traitée avant (planification de la réponse), pendant (feedback intrinsèque) et après (feedback extrinsèque) l'exécution de la réponse (Magill, 1993; Schmidt & Lee, 2005; Swinnen, 1996).

Le concept de plan d'action développé par Miller & coll (1960) est considéré comme une construction mettant en jeu l'intention de l'acteur, et dont le but est de produire une configuration spécifique de mouvements aboutissant à une performance donnée. On attribue fréquemment au plan d'action une fonction prédictive pouvant permettre une anticipation des feedbacks intrinsèques. Le feedback représente quant à lui deux sources d'information :

- ✓ Les informations intrinsèques c'est-à-dire disponibles pendant et après l'exécution du mouvement comme par exemple les feedbacks visuels et kinesthésiques.
- ✓ Les informations extrinsèques c'est-à-dire les informations qui ne sont pas disponibles directement mais pouvant être ajoutées par une source externe comme par exemple le résultat de l'action (si celui-ci n'est pas directement perceptible par le sujet), les commentaires d'un instructeur ou bien une vidéo de l'action réalisée.

Le plan d'action et les feedbacks représentent les moyens par lesquels l'information peut être transmise. La sélection d'un plan d'action, censée résoudre un problème moteur particulier, permet de prédire certains résultats à différents niveaux d'analyse :

- ✓ D'un point de vue observable, un lancer de balle dans une corbeille réussi doit produire une certaine trajectoire de balle. On peut prédire qu'il y a davantage de chance de réussir ce genre de lancer si la corbeille se trouve juste devant nous que si elle se trouve à l'autre bout de la pièce. Lorsque la corbeille est juste devant nous les probabilités de réussite sont extrêmement élevées. Ainsi, si la balle entre dans la corbeille, cet événement fournira très peu d'information. Dans ce cas, en effet, il y a très peu d'incertitude sur le résultat à venir avant que le lancer soit effectué. Un échec à une telle distance serait toutefois très intéressant d'un point de vue informationnel car cela ne correspond pas aux fortes probabilités de réussite prévues. En revanche, un lancer vers une corbeille à l'autre bout de la pièce induit un scénario complètement différent. Ainsi dans le cas présent, le résultat du plan d'action a de faibles chances de succès, et donc que la balle rate ou non la cible, le point de chute de la balle fournira une quantité d'information utile à l'apprenti lanceur.
- ✓ D'un point de vue interne, le cerveau est considéré comme un système de traitement de l'information convertissant des « entrées » sensorielles en « sorties » motrices. Ainsi lors d'un lancer de balle, une comparaison interne entre les sensations attendues et les sensations produites par le mouvement réduit l'incertitude et permet la réception d'une information (Shannon & Weaver, 1949). Le plan d'action dépend donc du niveau d'habileté de l'individu et des informations qui sont à sa disposition avant l'exécution de l'action. En fonction du résultat de l'action, ce plan d'action sera réajusté ou tout simplement remplacé afin d'optimiser les chances de réussite.

La difficulté nominale de la tâche affecte donc la performance présumée et par conséquent l'information potentielle qui sera fournie par cette performance. Le fait d'avoir la corbeille devant soi induit une tâche plus simple que lorsque la corbeille est située à l'autre bout de la pièce. D'autre part, si l'on compare les performances d'un expert en lancer avec celles d'un novice, on constate que le faible niveau de difficulté nominale induira chez l'un comme l'autre une faible quantité d'information potentiellement disponible. Si au contraire la corbeille est située à l'autre bout de la pièce, alors cela constituera une difficulté opérationnelle plus élevée pour le novice que pour l'expert. Le novice ne sachant pas si le plan d'action produira un tir précis recevra des feedbacks qui réduiront l'incertitude quel que

soit le résultat obtenu. En revanche, le plan d'action d'un expert faisant face à cette tâche de faible difficulté opérationnelle a de grandes chances d'aboutir à un succès et la confirmation par le feedback ne produira alors que peu ou pas d'informations.

Les tâches d'une difficulté nominale identifiable réalisées par un individu d'un niveau habileté donné définissent partiellement la difficulté opérationnelle de la tâche. En effet, le niveau d'habileté ne résume pas à lui seul la difficulté opérationnelle car les conditions de pratique peuvent également contribuer à diminuer ou augmenter cette difficulté. Par exemple, il n'est pas rare de nos jours de voir des clubs de golf équipés de repères pouvant être assimilés à des aides physiques dont le but est de faciliter la réalisation du swing. Une tâche de difficulté nominale élevée réalisée dans des conditions de pratique prévues pour rendre la tâche plus simple diminuera la difficulté opérationnelle de la tâche.

Les conditions de pratique (par exemple la pratique aléatoire) peuvent également contribuer à rendre une tâche plus difficile à réaliser (Battig, 1966 ; Shea & Morgan, 1979) de part l'interférence contextuelle. Il faut donc bien comprendre que les conditions de pratique et le niveau d'habileté de l'apprenant ne peuvent pas à eux seuls définir la difficulté opérationnelle de la tâche mais plutôt qu'ils constituent un cadre permettant de déterminer la quantité d'information optimale à l'apprentissage.

Le cadre conceptuel de Guadagnoli & Lee (2004) rejoint l'idée développée par Marteniuk (1976) selon laquelle la pratique amène une forme de redondance diminuant alors l'incertitude et réduisant par la même la quantité d'information à traiter. Aussi plus la pratique améliore l'estimation et moins il y a d'information à traiter. Cette relation entre la difficulté opérationnelle de la tâche et la quantité d'information potentiellement disponible lors de la réalisation d'une performance est représentée dans la figure ci-dessus. Alors que la figure 4 représente la performance prévue, la figure 5 représente l'information potentiellement disponible pour l'apprentissage.

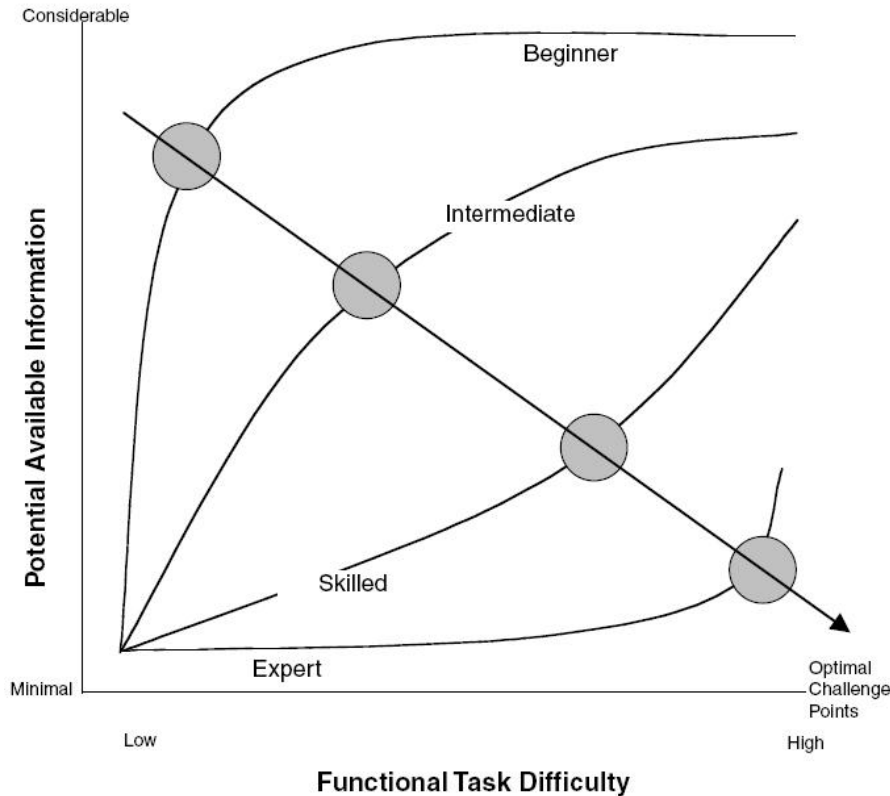


Figure 5 : « Challenge points » optimaux pour l'apprentissage liés au niveau d'habileté, à la difficulté opérationnelle de la tâche et à l'information potentiellement disponible émanant de l'action.

3. Les « challenge points » optimaux

Comme l'illustre la figure 5, une augmentation de la difficulté de la tâche est accompagnée d'une augmentation de l'information potentielle. Toutefois, cette information potentielle est liée à la difficulté nominale de la tâche alors que l'information interprétable est quant à elle liée à la difficulté opérationnelle de la tâche. Ainsi, lorsque la difficulté opérationnelle de la tâche augmente, il en est de même pour l'information potentiellement disponible comme cela est illustré dans la figure 5. Toutefois, il y a une limite dans laquelle l'information potentielle est interprétable. On suppose en effet que cette limite est gouvernée par les capacités de traitement de l'information propres à chaque individu et que ces capacités évoluent avec la pratique (Marteniuk, 1976). Ces points hypothétiques propres à chaque niveau d'habileté représentent la quantité optimale d'information potentiellement interprétable par l'individu et sont appelés les « challenge points » optimaux (cf figure 5). Afin de conserver au fil de la pratique une sorte de challenge pour l'apprentissage, il faut augmenter la quantité d'information mise à disposition de l'individu et cette information ne peut venir que d'une augmentation de la difficulté opérationnelle de la tâche.

D'autre part, on constate que comme il existe une relation inverse entre la difficulté de la tâche et le niveau de performance, il y a alors un paradoxe apprentissage-performance. Selon le niveau d'habileté de l'individu, une augmentation de la difficulté opérationnelle de la tâche induira une diminution des chances de réussite mais également une augmentation de l'information potentiellement disponible. Les « challenge points » optimaux représentent le niveau de difficulté opérationnelle de la tâche dont un individu d'une habileté donnée a besoin pour optimiser son apprentissage. La figure 6 illustre comment la quantité d'information potentielle influe à la fois sur la performance et sur les « challenge points ». La ligne pleine représente l'effet de la difficulté opérationnelle de la tâche sur la performance lors de la pratique. La ligne en pointillés représente quant à elle les effets de la difficulté opérationnelle de la tâche sur l'apprentissage potentiel pouvant survenir lors de la pratique. Lorsque la difficulté opérationnelle augmente et atteint le « challenge point », cela entraîne une augmentation de l'information interprétable ce qui fournit des bénéfices potentiels sur l'apprentissage. En revanche on constate qu'au-delà du « challenge point » de l'individu, la difficulté opérationnelle devient trop grande et entraîne alors une diminution brutale de la performance et donc des bénéfices potentiels sur l'apprentissage.

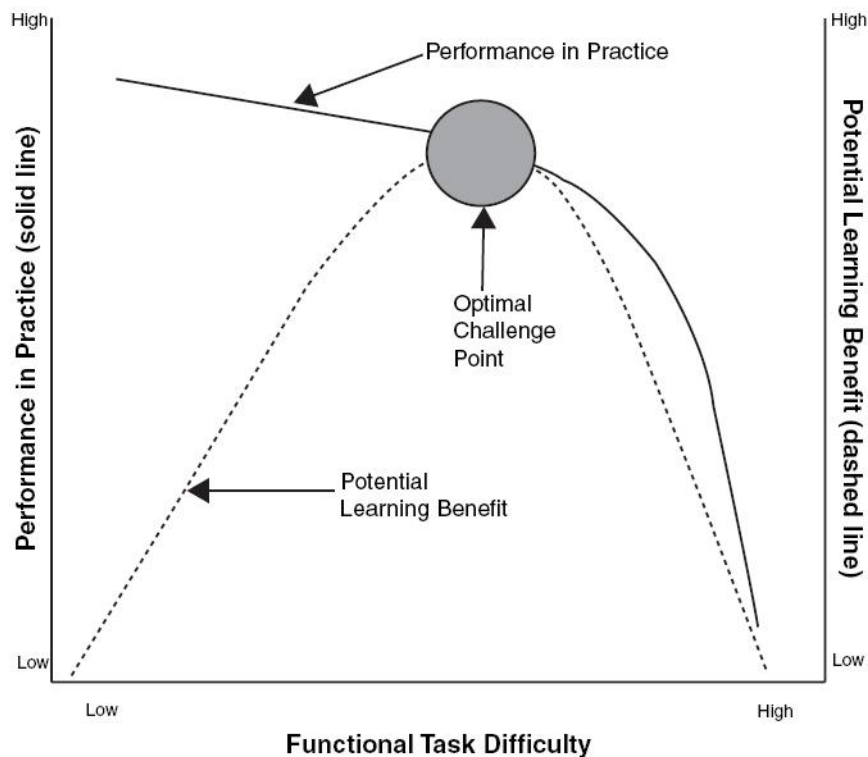


Figure 6 : Relation entre courbes d'apprentissage et de performance et les « challenge points » optimaux liés à différents niveaux de difficulté opérationnelle. Le niveau de difficulté opérationnelle pour lequel l'apprentissage est optimisé n'est pas le niveau auquel la performance est optimale.

Selon Marteniuk (1976), au-delà d'une certaine limite, la quantité d'information devient trop importante pour être efficacement traitée car elle dépasserait la capacité de traitement de l'information de l'individu ce qui diminuerait les bénéfices potentiels sur l'apprentissage. En d'autres termes même si la quantité d'information disponible augmente, la quantité d'information interprétable reste fixe car liée au niveau d'habileté de l'individu. Une quantité d'information disponible trop importante surcharge le système de traitement de l'information ce qui se traduit négativement à la fois sur la performance dans l'immédiat et sur l'apprentissage à plus long terme.

Au final, alors que dans la figure 6 nous pouvons observer l'effet de la difficulté opérationnelle de la tâche sur les bénéfices potentiels sur l'apprentissage pour tous les individus quel que soit leur niveau d'habileté, la figure 7 présente ces mêmes indicateurs chez un même individu dont le niveau d'habileté s'améliore au fil de la pratique. En effet, étant donné que les capacités de traitement de l'information d'un individu évoluent avec la pratique, les « challenge points » évoluent de la même façon.

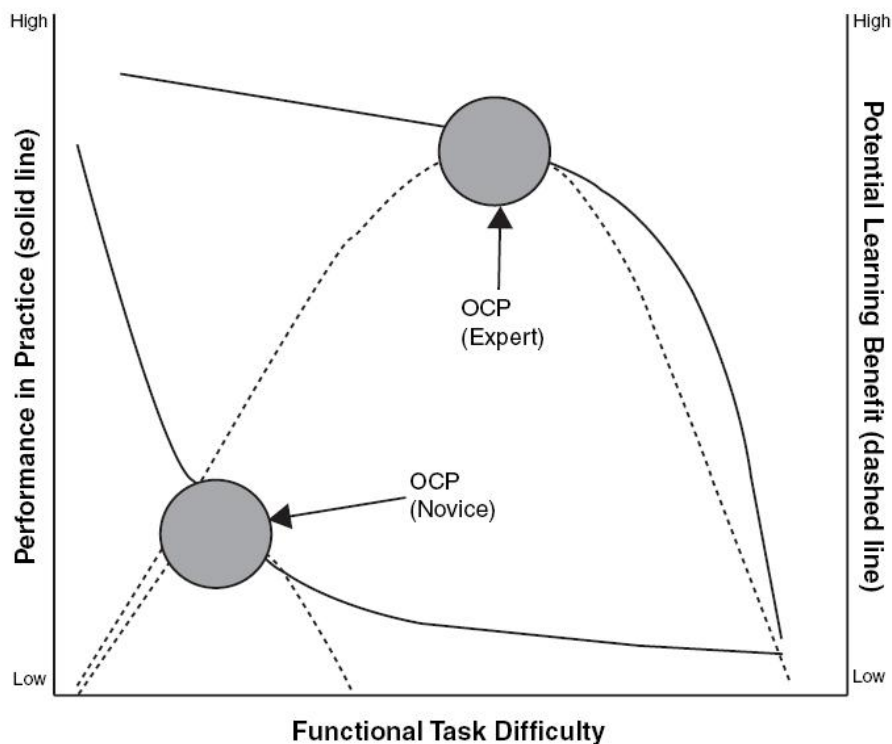


Figure 7 : Relation entre courbes d'apprentissage et de performance et les « challenge points » optimaux liés à deux apprenants ayant des niveaux d'habileté différents.

La figure 7 permet de comprendre qu'une difficulté opérationnelle adaptée à un novice, c'est-à-dire lui permettant d'atteindre son « challenge point », sera en revanche jugée trop faible par un expert. Ainsi même si la difficulté opérationnelle augmente avec la pratique, la difficulté subjective ou difficulté perçue reste constante. Ce point nous intéresse d'autant plus que lors de notre première expérience les participants dans la condition « *autocontrôle* » modulent la difficulté opérationnelle de la tâche afin de maintenir constante cette difficulté subjective et donc d'être en permanence confronté à une difficulté optimale.

Ces « challenge points » optimaux sont similaires au concept introduit par Bjork (1998) sous le nom de difficultés désirables dans la performance. Un des rôles les plus importants des variables de pratique est d'influencer la performance et par conséquent le potentiel d'apprentissage. Pour n'importe quel individu de niveau d'habileté donné, chaque tâche possède un niveau de difficulté nominale donné et donc une quantité d'information disponible pour l'apprentissage. Les conditions dans lesquelles sera pratiquée la tâche rendront celle-ci plus ou moins difficile à réaliser, définissant ainsi le niveau de difficulté opérationnelle de la tâche. Selon le niveau d'habileté de l'individu, la difficulté opérationnelle de la tâche sera optimale ou plus ou moins adaptée du point de vue de son influence sur la performance et l'apprentissage.

Il semble donc exister un réel intérêt dans le fait d'adapter la difficulté au niveau d'habileté de l'apprenant afin de créer un optimum en termes d'information interprétable et ainsi optimiser l'apprentissage potentiel pouvant en découler. La difficulté de la tâche peut toutefois être adaptée selon différents modes :

- ✓ Adaptive training : adapter « automatiquement » la difficulté à la performance de l'individu.
- ✓ Autocontrôle de la difficulté : la difficulté est modulée par le participant mettant en jeu des processus d'autorégulation que nous détaillerons dans le chapitre suivant.

CHAPITRE IV : DE L'AUTOREGULATION A L'AUTOCONTROLE

Nombreux sont les travaux ayant étudiés l'apprentissage en manipulant par exemple l'organisation de la pratique ou encore la nature du feedback ajouté. La caractéristique commune à ces différents paradigmes d'apprentissage est que l'expérimentateur ou l'instructeur n'indiquait pas uniquement comment l'habileté devait être effectuée mais il façonnait également l'environnement de pratique dans son intégralité. Comme nous l'avons vu préalablement en introduction, l'apprentissage est communément comparé à une voie à double sens entre l'apprenant et son instructeur. La recherche sur l'acquisition de compétences s'est donc d'abord focalisée sur la compréhension de l'apprentissage des habiletés au détriment de la compréhension du rôle de l'apprenant dans la pratique. De tels environnements de pratique laissaient donc de côté l'implication de l'apprenant dans son apprentissage. Les paradigmes expérimentaux se résumeraient donc au final davantage à une voie à sens unique ayant pour but de mieux comprendre comment l'être humain acquière des habiletés motrices.

I. Les prémices des études sur l'autorégulation

Dans le domaine de l'éducation, de nombreux bénéfices ont été apportés par le fait d'impliquer les étudiants dans la structuration de leur processus d'apprentissage et ce concept est résumé sous le nom d'apprentissage autorégulé. Un des tout premiers à notre connaissance, à avoir manipulé les processus d'autorégulation est Whilden (1955) qui dans une tâche de basket-ball avait comparé une classe dominée par les élèves (i.e. dans laquelle les élèves devaient planifier leur propre jeu et signaler leurs fautes, l'enseignant intervenant uniquement à la demande des élèves de manière consultative) à une classe dominée par l'enseignant. Les résultats ont montré que les élèves ayant pu s'autoréguler avaient amélioré

leur connaissance des règles ainsi que leur performance collective, ces derniers ayant gagné les trois quart des matches les opposant aux élèves coachés par l'enseignant.

Selon Schunk & Zimmerman (1994), l'autorégulation peut se définir comme le degré d'implication métacognitif, motivationnel et comportemental des apprenants dans leur processus d'apprentissage. En d'autres termes, cela signifie qu'autoriser les apprenants à participer au « design » de leur processus d'apprentissage et à la structuration de l'environnement et des conditions de pratique peut les motiver et les inciter à élaborer des stratégies d'apprentissage.

De manière anecdotique, l'apprentissage autorégulé est ancré dans les théories de Benjamin Franklin et Thomas Edison. En effet, ces derniers ont souligné le rôle d'expériences de lectures auto dirigées accompagnées d'efforts personnels dans l'application de connaissances pour leur développement intellectuel (Schunk & Zimmerman, 1994). De manière expérimentale, l'étude de l'autorégulation a été l'objet d'une préoccupation nationale suite aux mauvais résultats universitaires des étudiants américains. Plutôt que de s'intéresser aux raisons de l'échec chez certains étudiants, les chercheurs se sont plutôt interrogés sur les clefs de la réussite chez ceux qui avaient de bons résultats. Wibrowski (1992) mais également Caplan, Choy & Whitmore (1992) ont découvert que malgré la « barrière de la langue », les disparités dans les lieux de scolarisation et les difficultés économiques, les étudiants étrangers et ceux des quartiers défavorisés avaient toujours une chance de réussir leurs cursus. Malgré ces limites environnementales, ces étudiants réussissaient dans leurs études car ils s'appuyaient sur des processus d'autorégulation dans leur l'apprentissage, comme le développement de stratégies d'apprentissage individuelles, la réattribution de buts et l'auto-efficacité. L'auto-efficacité ou sentiment d'efficacité personnelle est un concept développé par Bandura (1977, 1993). Contrairement à l'efficacité qui est la capacité à atteindre réellement un objectif, l'auto-efficacité est la croyance selon laquelle il est possible d'atteindre cet objectif. Ce processus d'autorégulation, pouvant être assimilé à la confiance en soi, joue un rôle motivationnel prépondérant dans la réalisation d'un objectif.

Les bénéfices apportés par l'autorégulation ne sont pas sans rappeler la théorie de la pratique délibérée d'Ericsson, Krampe & Tesch-Romer (1993) selon laquelle la performance atteinte par les experts est le fruit d'efforts prolongés en dehors des entraînements « classiques et imposés ». En effet, lors de séances de pratique délibérée, des tâches spécifiques sont élaborées afin d'éliminer les points faibles et la performance est

scrupuleusement analysée afin de prélever les indices permettant d'améliorer la performance. Paradoxalement, même si à court terme cette pratique n'est pas forcément très attrayante car elle requière de nombreux efforts à la fois physiques, psychologiques mais également financiers (dus par exemple au coût d'un entraîneur et d'une structure adaptée), elle peut permettre d'améliorer significativement à long terme son niveau de performance.

II. La triade de l'autorégulation : les buts, les métaconnaissances et les stratégies

D'un point de vue cognitiviste, l'autorégulation, considérée comme la capacité à contrôler et à modifier sa propre activité cognitive, est représentée par l'articulation de trois composantes : les buts, les métaconnaissances et les stratégies (Flavell, 1981 ; Nisbet & Schuncksmith, 1986). Comme nous allons le voir dans la suite de ce chapitre, le fait de traiter ces trois composantes de l'autorégulation séparément ne doit pas faire oublier qu'ils sont en permanente interaction.

1. La fixation de but

L'idée fondamentale sur laquelle repose la théorie de la fixation de buts est que le comportement humain est régulé par un but à atteindre et donc orienté vers le futur (Famose, 2001). L'autorégulation consiste alors à chercher à réduire volontairement l'écart entre un état initial et un état souhaité (Károly, 1993 ; Famose, 2001). La notion de fixation de buts fut introduite par Locke (1968). Par la suite, de nombreuses études empiriques (pour une revue, voir Locke & Latham, 1990) ont confirmé les bénéfices de la fixation de but sur la performance, et ainsi conforté ce que l'on nomme désormais la théorie de fixation de buts.

Parmi les bénéfices apportés par l'utilisation de la fixation de buts sur la performance, trois composantes ont été identifiées comme ayant le rôle le plus prépondérant dans cette efficacité : la spécificité, la difficulté et le degré de contrôle.

Il a tout d'abord été montré de manière répétée (Locke & Latham, 1990) que des buts spécifiques (i.e. exprimés en durée, distance ou encore en précision en ce qui nous concerne dans ce travail de thèse) conduisaient à de meilleures performances qu'une absence de buts ou que des buts vagues du type « faites de votre mieux » ou aucun but du tout. Par ailleurs, les résultats ont également confirmé l'hypothèse selon laquelle la difficulté du but et la

performance sont reliées de manière linéaire et positive (Locke, 1968, 1997). Autrement dit, plus les buts sont difficiles et meilleure est la performance. Cette relation est toutefois assujettie à certaines conditions limites :

- ✓ L'individu doit avoir des connaissances et des capacités suffisantes pour atteindre le but.
- ✓ L'individu doit accepter et demeurer engagé à atteindre le but.
- ✓ L'individu doit disposer d'un feedback qui le renseigne sur la distance le séparant du but fixé (e.g. Locke, 1997).

Ces deux composantes de la théorie de fixation de buts ont d'ailleurs fait l'objet d'une étude de Sarrazin & Famose (2005) dans le domaine sportif. Ainsi dans une tâche d'escalade, ces auteurs ont essayé de montrer que des buts spécifiques et difficiles conduisaient à de meilleures performances que des buts faciles, ou vagues (e.g. Locke & Latham, 1990 ; Locke, 1997), même si de nombreux travaux antérieurs avaient trouvé peu de différences entre les groupes assignés à des buts spécifiques et difficiles et le groupe contrôle (pour une synthèse voir Hall & Kerr, 2001 ; Weinberg & Weigand, 1993). Pour cela, Sarrazin & Famose (2005) avaient répartis aléatoirement les participants dans une des quatre conditions : but difficile (« faites l'ascension en 15s »), but moyen (« faites l'ascension en 45s »), but facile (« faites l'ascension en 90s ») et groupe contrôle (« faites de votre mieux »). Les résultats de cette recherche ont corroboré l'hypothèse initiale, à savoir que les participants assignés à un but difficile ou moyen étaient significativement plus performants dès le premier jour de pratique que leurs homologues des groupes but facile et contrôle. Par ailleurs, le groupe assigné à un but difficile s'est distingué du groupe but moyen lors du second jour de pratique en diminuant encore plus le temps mis pour réaliser l'ascension.

Enfin le degré de contrôle que l'individu a sur la situation d'apprentissage joue un rôle sur la performance. Ainsi plus l'individu a de contrôle sur le but fixé et meilleure sera sa performance (Steers & Porter, 1974). Il convient toutefois de prêter attention au fait que le contrôle accroît la possibilité de laisser l'apprenant se fixer des buts plus faciles. Aussi les bénéfices potentiellement apportés par le degré de contrôle ne doivent être considérés qu'en relation avec la difficulté du but. Les trois composantes présentées précédemment seront abordées dans les différentes expériences constituant ce travail de thèse.

2. La métacognition

Le concept de métacognition, fondé par J.H. Flavell au début des années 1970 « se réfère aux connaissances du sujet sur ses propres processus et produits cognitifs. (...) Il renvoie aussi au contrôle actif, à la régulation et à l'orchestration de ces processus ». La métacognition comporte selon plusieurs auteurs (Lafortune, Jacob et Hébert, 2000 ; Flavell, 1985) deux dimensions.

D'une part, les habiletés métacognitives renvoient à la gestion, à la régulation et au contrôle que l'individu peut exercer sur ses ressources c'est-à-dire le « comment procédural ». Ces habiletés dont dispose l'individu pour gérer ses activités cognitives reposent sur ses connaissances ou ses croyances de ses propres processus et de ceux d'autrui.

D'autre part, les métaconnaissances renvoient aux connaissances que possède l'individu sur ses ressources cognitives c'est-à-dire le « quoi déclaratif » et elles recouvrent :

- ✓ Les connaissances sur les tâches cognitives : connaissances permettant à l'apprenant d'identifier le type de tâche et d'adopter la stratégie pour la réaliser. Ce sont des connaissances relatives aux difficultés qu'une tâche pose à l'activité cognitive de l'individu.
- ✓ Les connaissances personnelles ou réflexives : connaissances sur les propriétés de fonctionnement cognitif chez l'être humain et sur les variations entre les individus. Ce sont les connaissances de soi, de ses propres motivations, de sa propre efficacité, de ses points faibles et points forts.
- ✓ Les connaissances stratégiques : connaissances des stratégies (cognitives, d'apprentissage, de raisonnement ou de résolution de problèmes) permettant dans un premier temps de choisir la plus pertinente en termes d'efficacité et d'effort compte tenu du but à réaliser puis de rendre compte de l'efficacité ou non de la stratégie cognitive retenue afin de contrôler les progrès cognitifs accomplis lors d'une tâche.

Ces connaissances permettent une autorégulation du fonctionnement cognitif pour s'adapter aux contraintes d'un problème afin de le résoudre (Figure 8).

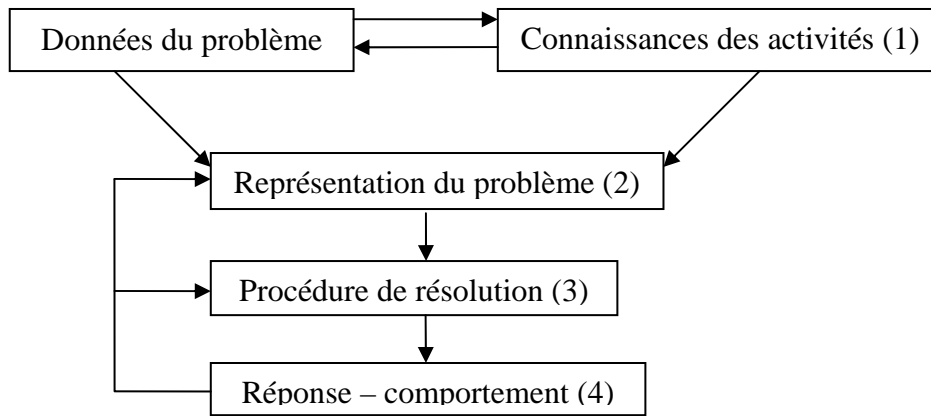


Figure 8 : Schéma de l'architecture du fonctionnement cognitif (Flavell, 1985)

- (1) Les connaissances correspondent aux informations stockées par l'individu au cours de sa vie, conservées dans la « mémoire à long terme » ou mémoire permanente. Celles-ci peuvent être construites par différents modes. Deux principaux types de connaissances :
- ✓ Les connaissances déclaratives : informations verbalisables constituant le savoir théorique de l'individu.
 - ✓ Les connaissances procédurales : informations renvoyant aux capacités perceptivo-cognitives et perceptivo-motrices. Elles ne sont pas ou très difficilement verbalisables (e.g. faire ses lacets) car elles sont fortement automatisées et reposent sur des systèmes d'association plus ou moins complexes entre des stimuli, des comportements et des états mentaux.
- (2) Les représentations sont des constructions mentales circonstanciées c'est-à-dire élaborées par quelqu'un à des fins spécifiques et dans une situation pratique donnée. Se représenter un problème, c'est l'intérioriser, l'interpréter en attribuant une signification personnelle aux éléments qui composent le problème. Cette étape est centrale car c'est en fonction des représentations de la difficulté du problème que le sujet peut effectuer une stratégie particulière ou proposer une solution qu'il estimera adaptée.
- (3) La procédure désigne la suite ordonnée d'actions permettant d'atteindre le but. Elle renvoie au développement temporel d'une activité, au plan et à la réalisation d'une action chez l'individu.
- (4) La réponse correspond au comportement observable, moteur ou verbal émis par l'individu au cours de la résolution du problème.

3. Les stratégies

Si les stratégies désignent, en psychologie, une grande diversité de faits et de processus (Viau, 1997), le construit de stratégie d'apprentissage peut se définir, d'une part à partir des caractéristiques générales du concept de stratégie, d'autre part à partir de la spécificité de l'expression « stratégie d'apprentissage ». Les caractéristiques du concept de stratégie sont bien identifiées par Fayol & Monteil (1994). Les stratégies sont orientées vers un but. Ce but peut être identifié comme une tâche, un processus (apprendre), ou une performance, un résultat mesuré et référé à une norme (Romainville, 1993). Une stratégie correspond à un ensemble de moyens, organisés par ce but, assurant l'activation et la gestion des processus élémentaires de traitement de l'information (Weinstein & Mayer, 1986 ; Romainville, 1993). Cette gestion passe par la mobilisation de processus supérieurs (Resnick, 1981), qui peuvent être assimilés à des règles de gestion de l'activité cognitive élémentaire (Georges, 1990). En cela, les stratégies sont une forme particulière de connaissance procédurale (Hoc, 1990), un « savoir comment faire ».

Selon Kermarrec (2004), le concept de stratégie désignerait un ensemble de règles qui dirigent l'activité du sujet en fonction d'un but afin de mobiliser préférentiellement certains processus élémentaires de traitement de l'information. Pour certains auteurs, les stratégies correspondent à des activités dans lesquelles le sujet s'engage de manière consciente, leur sélection étant réfléchie, intentionnelle, volontaire. Elles sont alors qualifiées de stratégies autorégulées (Zimmerman, 1990 ; Romainville, 1993 ; Bouffard & Dunn, 1993). Ainsi, des sujets peuvent utiliser « consciemment et systématiquement des stratégies d'apprentissage parce qu'ils en assument la responsabilité » (Thill, 1999, p 152). L'utilisation volontaire des stratégies mobiliserait l'administrateur central, sorte de « superviseur » de l'activité cognitive en mémoire de travail (Mellier & Vom Hofe, 1996), ce qui entraînerait un surcoût cognitif dans la tâche et limiterait leur utilisation ou leur réinvestissement (Chartier & Lautrey, 1992).

Pour d'autres auteurs, les stratégies peuvent être activées explicitement ou implicitement (Reber, 1989 ; Masters, 1992). L'utilisation automatique de stratégies est alors conçue comme le résultat de l'activation directe par le contexte de connaissances en mémoire à long terme (Gaonac'h & Larigauderie, 2000). Cette reconnaissance des « effets des contextes » (Richard, 1996) traduit une évolution dans l'approche cognitive du contrôle de l'activité. L'autorégulation passe bien par l'activation d'une base de connaissances, mais celle-ci peut

être activée par le sujet ou par la situation (notion de contrôle descendant interne et de contrôle ascendant externe, chez Richard, 1996).

Pour résumer, en tant que connaissances procédurales, stockées en mémoire (Anderson, 1983), les stratégies peuvent être accessibles à la conscience et potentiellement explicites (Romainville, 1993). Elles peuvent également être activées directement par le contexte, et fonctionner avec l'habitude, de façon relativement automatique, ou être mobilisées de façon volontaire dans des contextes nouveaux ou accidentels (Davidson & Stenberg, 1985).

Dans le domaine du sport et l'éducation physique, les situations d'apprentissage par l'action et les situations d'adaptation sensori-motrices sont très fréquentes. Les situations sportives nécessitent de passer à l'action, c'est-à-dire de quitter un état initial en vue d'atteindre un état final, à l'aide de procédures particulières (Richard, 1998). Ce passage à l'action permet une évaluation de l'écart au but visé et stimule en retour l'activation d'une boucle de rétroaction, ce qui fait de la situation d'apprentissage en sport une situation particulièrement favorable à l'autorégulation (Hardy & Nelson, 1988 ; Singer, 2000). Par exemple, Kirschenbaum (1984) décline en cinq étapes, un modèle de l'autorégulation, dont le but est d'améliorer les performances sportives :

- ✓ Préciser ses buts
- ✓ S'engager à changer
- ✓ Adapter son environnement physique et social pour faciliter l'atteinte des buts
- ✓ Réaliser les opérations d'autorégulation en vue d'atteindre les buts (auto-guidage ; auto-évaluation ; auto-remédiation)
- ✓ Essayer de généraliser le changement d'attitude en recherchant en permanence l'autorégulation

Plus particulièrement, les stratégies d'apprentissage peuvent être considérées comme un moyen de matérialiser cette boucle d'autorégulation. Les stratégies d'apprentissage permettraient donc de sélectionner les informations importantes dans la situation et de récupérer, en mémoire à long terme, des informations associées à des situations proches afin d'élaborer la solution au problème (Singer & Cauraugh, 1985). L'acquisition d'habiletés sportives consisterait alors à construire, récupérer et associer des connaissances permettant la compréhension de la situation, la planification et le contrôle de l'action (Marteniuk, 1986 ; Richard, 1998).

Conformément à cette idée, Chen et Singer (1992) ont indiqué que le degré auquel l'apprentissage est contrôlé par une tierce personne (un instructeur par exemple) ou par soi-même déterminera comment et pourquoi une personne utilisera une stratégie d'apprentissage particulière afin d'améliorer l'apprentissage. Bien que les informations stratégiques délivrées par les instructeurs ou les entraîneurs soient nécessaires pour l'apprentissage, le processus d'apprentissage sera par la suite facilité par l'utilisation de stratégies autorégulées dans des situations variées. Par ailleurs, il a été démontré que les individus utilisant des stratégies cognitives ou comportementales auto-générées et auto-régulées améliorent leur apprentissage et leur performance (Schneider & Pressley, 1989 ; Seigler, 1991). McCombs (1989) postule que les stratégies d'autorégulation contribuent à la perception de contrôle et donc que cela peut affecter l'efficacité potentielle d'une stratégie d'apprentissage. Cette notion est confirmée par les résultats d'une étude de Watkins (1984) qui montrent que les apprenants sont plus enclins à utiliser des stratégies de traitement de l'information plus poussées s'ils ressentent une forme de possibilité de contrôle sur l'apprentissage.

III. L'autocontrôle : l'autorégulation appliquée à la motricité

On constate dans la littérature un certain flou entourant les termes d'autorégulation et d'autocontrôle, l'autorégulation faisant référence aux processus cognitifs sollicités par un environnement de pratique autorisant un autocontrôle. Par ailleurs, cette confusion sémantique vient en partie du fait que l'autorégulation a particulièrement été étudiée dans le domaine de l'apprentissage verbal et cognitif et fait référence à des processus cognitifs permettant d'améliorer l'apprentissage. Ce n'est qu'à partir du milieu des années 90 que l'autocontrôle, c'est-à-dire l'autorégulation appliquée au domaine de la motricité, fut testé avec différentes variables comme :

- ✓ Le feedback
- ✓ L'aide physique
- ✓ L'observation d'un modèle
- ✓ L'organisation de la pratique

1. L'autocontrôle du feedback

L'autocontrôle du feedback est une information ajoutée concernant le résultat de son action (Connaissance du Résultat ou de la Performance) que l'apprenant choisit de recevoir ou

non après chaque essai. L'apprenant en situation d'autocontrôle a donc un rôle actif dans son apprentissage contrairement aux participants pour lesquels les conditions sont prescrites par un instructeur ou un coach.

A ce sujet là, Janelle, Kim & Singer (1995) ont manipulé la Connaissance de la Performance (CP) dans une tâche de lancer de balle vers une cible formée de cercles concentriques. Leur hypothèse était de savoir si le fait de donner le choix de recevoir ou non la CP après chaque essai améliorerait la performance des participants et leur apprentissage. Les participants étaient répartis aléatoirement dans un des groupes suivants :

- ✓ Le groupe « *performance résumée* » recevant la CP tous les 5 essais
- ✓ Le groupe « *50%* » recevant la CP dans 50% des essais
- ✓ Le groupe « *autocontrôle* » recevant la CP aux essais désirés
- ✓ Le groupe « *apparié* » (yoked) dans lequel chaque individu recevait la CP aux mêmes essais qu'un individu du groupe « *autocontrôle* » auquel il était rattaché
- ✓ Le groupe « *contrôle* » ne recevant aucune CP

Le premier résultat intéressant concernait le faible nombre d'essais (7%) auxquels les participants du groupe « *autocontrôle* » demandaient la CP. Ce constat apporte un éclairage nouveau à l'hypothèse du guidage introduite par Schmidt (1982) et Salmoni, Schmidt & Walter (1984) selon laquelle une fréquence élevée de feedbacks guide l'individu vers le mouvement correct mais induit une dépendance nuisible à l'apprentissage dû à un manque d'autoévaluation des erreurs basé sur ses informations proprioceptives (Salmoni & coll, 1984). En effet malgré une faible quantité de feedback fourni lors de l'acquisition aux groupes « *autocontrôle* » et « *apparié* », leurs performances étaient équivalentes à celles des groupes « *50%* » et « *performance résumée* » ayant pourtant une quantité supérieure de feedbacks. D'autre part, les résultats en rétention ont montré que le groupe « *autocontrôle* » effectuait significativement moins d'erreurs que les autres groupes y compris le groupe « *apparié* ». Ce constat permettait ainsi de confirmer l'hypothèse de Watkins (1984) selon laquelle les individus ayant un contrôle sur la tâche à apprendre se lançaient dans un traitement plus poussé de l'information que des individus évoluant dans des conditions figées et prescrites par un tiers (e.g. un instructeur).

Ces résultats, novateurs pour l'époque, ont été approfondis par une étude de Janelle, Barba, Frehlich, Tennant & Cauraugh (1997) dont le but était de réaliser un lancer de balle

avec la main gauche en se focalisant sur la forme du mouvement. Les participants de cette étude, tous droitiers et non ambidextres, étaient répartis aléatoirement dans les différents groupes :

- ✓ Le groupe « *summary* » recevant la CP tous les 5 essais
- ✓ Le groupe autocontrôle « *self* » recevant la CP aux essais désirés
- ✓ Le groupe « *yoke* » dans lequel chaque individu recevait la CP aux mêmes essais qu'un individu du groupe « autocontrôle » auquel il était associé
- ✓ Le groupe « *KR* » recevant uniquement la CR

Les groupes pour lesquels la CP était délivrée, recevaient également systématiquement la CR sachant que le but de l'étude était d'améliorer le geste du lancer. Les résultats en rétention (cf figure 9) ont montré que les participants du groupe « *KR* » recevant uniquement la CR avaient une meilleure précision que les autres groupes alors que le but était d'améliorer la forme du mouvement. D'autre part, les apprenants des groupes recevant la CP amélioraient la forme de leur mouvement contrairement aux participants du groupe « *KR* ». De plus, les participants du groupe « *self* » avaient en rétention une forme de mouvement significativement meilleure que leurs homologues recevant la CP de manière imposée car ces premiers devaient mieux traiter et retenir l'information. L'autocontrôle semblerait donc avoir des effets bénéfiques en termes de motivation. De plus, un apprentissage autorégulé pourrait mener à développer des stratégies plus efficaces personnalisées induisant un meilleur traitement de l'information (Chen & Singer, 1992).

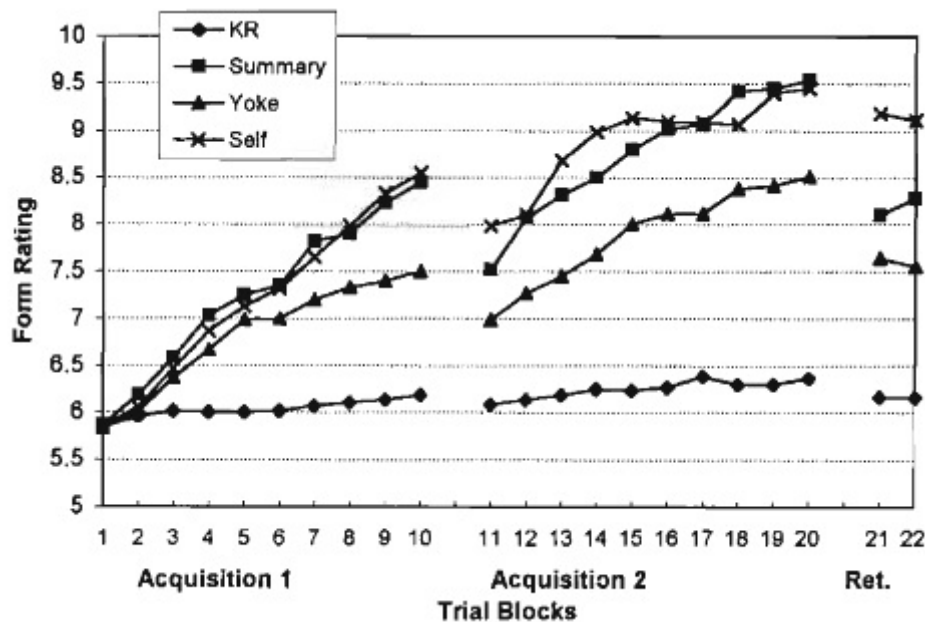


Figure 9 : Score de forme moyen pour toutes les conditions en fonction des blocs d'essais en phase d'acquisition et de rétention.

Chen, Hendrick & Lidor (2002) ont également manipulé l'autocontrôle de la CR dans une tâche de timing séquentiel. Les participants de cette étude étaient aléatoirement répartis en quatre groupes :

- ✓ Le groupe « *Self Initiated-KR* » avaient après chaque essai trois secondes pour appuyer sur un bouton afin d'obtenir la CR.
- ✓ Le groupe « *Experimenter Induced-KR* » recevait un message à la fin de chaque essai pour leur rappeler qu'ils pouvaient avoir la CR. Ils disposaient alors comme les participants du groupe précédent de trois secondes pour appuyer sur les touches Y et N afin de respectivement accepter ou refuser de recevoir la CR.
- ✓ Le groupe « *SI-Yoked* » dans lequel chaque individu recevait la CR aux mêmes essais qu'un individu du groupe « *SI-KR* » auquel il était associé.
- ✓ Le groupe « *EI-Yoked* » dans lequel chaque individu recevait la CR aux mêmes essais qu'un individu du groupe « *EI-KR* » auquel il était associé.

Les résultats de cette étude ont confirmé l'hypothèse de départ selon laquelle un environnement de pratique contrôlé par l'apprenant lui-même est plus bénéfique à l'apprentissage que s'il était contrôlé par un tiers. Contrairement à l'étude de Janelle & coll (1997) dans laquelle les apprenants du groupe « *self* » ne demandaient la CP que dans 15,15% des cas, les participants des groupes « *SI-KR* » et « *EI-KR* » sollicitaient la CR respectivement dans 95 et 99% des essais d'acquisition car ils étaient toujours dans une phase précoce d'apprentissage (Fitts, 1964 ; Proctor & Dutta, 1995). Cette CR quasi systématique après chaque essai a permis de comprendre que la supériorité en termes de performances des deux groupes autocontrôle sur leurs homologues appariés résidait certainement d'une part dans une autonomie accrue et d'autre part dans une motivation intrinsèque améliorée ayant eu un effet bénéfique sur les processus cognitifs (Janelle & coll, 1997 ; Woolfolk, 1998).

Dans une étude de Chiviawski & Wulf publiée en 2002, les participants étaient répartis en deux groupes et devaient réaliser une tâche de timing séquentiel. Se basant sur la théorie du guidage selon laquelle la mise à disposition systématique du feedback permet d'améliorer la performance immédiate mais entraîne à terme une dépendance envers cette source d'information, ces auteurs se sont demandés s'il ne valait pas mieux donner la possibilité à l'apprenant de choisir les essais auxquels il désirait recevoir le feedback afin de développer chez lui des stratégies d'autoévaluation des erreurs par exemple. Ainsi les participants du premier groupe appelé « *self* » avaient le choix de recevoir le feedback concernant leur

performance dès qu'ils le désiraient tandis que chaque participant du second groupe appelé « yoked » recevait ses feedback aux mêmes essais que ceux choisis par un des participants du groupe autocontrôle auquel il était apparié. Les résultats dans un test de transfert (cf Figure 10) ont montré que les apprenants en situation d'autocontrôle avaient des performances significativement meilleures en termes d'erreur absolue que leurs homologues appariés.

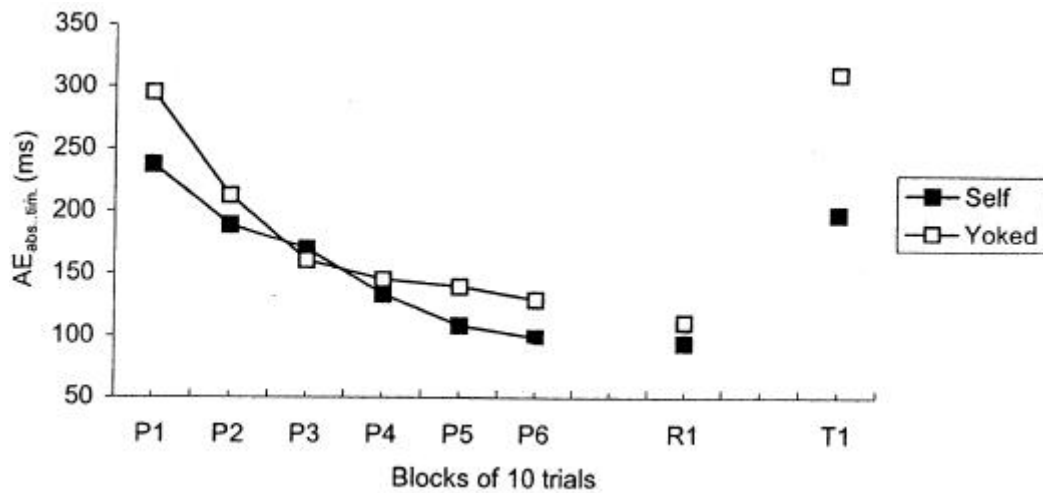


Figure 10 : Erreur Absolue temporelle des groupes « autocontrôle » et « apparié » lors des phases d'acquisition (P), de rétention (R) et de transfert (T).

D'autre part ces auteurs se sont également rendu compte, grâce à un questionnaire, que les participants en condition autocontrôle demandaient le feedback aux essais qu'ils considéraient comme « réussis ». L'hypothèse avancée pour justifier ce choix était que l'apprenant qui pense avoir raté son essai n'a pas besoin d'une confirmation car cela entraînerait une redondance de l'information et pourrait également avoir un effet néfaste sur sa motivation. En revanche lorsqu'un essai était supposé être réussi, les participants réclamaient le feedback pour affiner leur système d'auto-détection des erreurs, ce que les participants du groupe apparié ne pouvaient pas faire. Cette absence de choix et donc d'investissement pouvait donc expliquer les différences de performance entre les deux groupes de cette étude.

Cette hypothèse fut par ailleurs confirmée dans une étude de Chiviowski & Wulf en 2005 dans laquelle le groupe qui recevait le feedback après les essais ratés (groupe « *KR poor* ») avait une performance moins bonne qu'un autre groupe qui recevait cette information après les essais réussis (« *KR good* »). Une raison pour expliquer ce phénomène est que les individus ayant la CR après de bons essais sont incités à répéter ces mouvements favorisant ainsi un apprentissage implicite contrairement aux participants qui obtiennent la CR après les

essais ratés induisant chez eux des ajustements importants et donc un mode de contrôle explicite. De nombreuses études ayant montré qu'un apprentissage implicite était plus efficace qu'un apprentissage explicite (Berry & Broadbent, 1988 ; Green & Flowers, 1991 ; Reber, 1976 ; Reber, Kassin, Lewis & Cantor, 1980 ; Shea, Wulf, Whitacre & Park, 2001), cela expliquerait les bénéfices obtenus en rétention.

Chiviacowky & Wulf ont publié en 2005 une autre étude basée sur la même tâche que celle employée en 2002 concernant l'autocontrôle du feedback. Etant donné l'avantage de l'autocontrôle du feedback sur l'apprentissage d'une habileté motrice, ces auteurs ont cette fois-ci comparé deux groupes pouvant choisir, mais à des moments différents, les essais auxquels le feedback leur serait délivré. Le premier groupe appelé « *self-after* » correspondait en tout point au groupe autocontrôle de leur étude de 2002. Dans le second groupe appelé « *self-before* », chaque apprenant devait décider avant chaque essai s'il recevrait ou non le feedback concernant sa performance une fois l'essai réalisé. Les résultats du test de transfert ont révélé de meilleures performances du groupe « *self-after* » tant au niveau de l'erreur absolue que relative. Les deux groupes ayant le même degré de contrôle sur la tâche, l'avantage du groupe effectuant son choix une fois l'essai réalisé ne proviendrait pas uniquement d'une motivation accrue mais également d'une amélioration de l'estimation des erreurs. En effet, le fait que les apprenants du groupe « *self-after* » aient pu se baser sur leur feedback intrinsèque avant de le comparer éventuellement avec le feedback extrinsèque a permis d'améliorer leur estimation des erreurs et donc de diminuer leur dépendance à cette source d'information extrinsèque (e.g. Guadagnoli & Kohl, 2001 ; Swinnen, 1988 ; Swinnen, Schmidt, Nicholson & Shapiro, 1990 ; voir également Salmoni, Schmidt & Walter, 1984 ; Schmidt, 1991). Cette hypothèse fut par ailleurs récemment confirmée par Fairbrother, Meisterjahn & Jensen (2010) qui ont montré dans une tâche de lancer de balle les yeux bandés, que les groupes « *autocontrôle du feedback* » d'une part et « *estimation des erreurs* » d'autre part avaient des performances meilleures en rétention et en transfert que le groupe apparié. Il semblerait donc que les bénéfices de l'autocontrôle sur l'apprentissage soient en partie dus à l'auto-évaluation.

Les observations de l'étude de Chiviacowsky & Wulf (2005) furent répliquées et complétées par une étude Hartman (2006) qui en plus de tester les groupes « *self-before* » et « *self-after* », compléta son protocole par un groupe « *yoked* » (i.e. apparié), un groupe « *traditional bandwidth* » qui recevait le feedback pour les essais dont la performance

dépassait une certaine limite de précision et enfin un groupe « *reverse-bandwidth* » recevant le feedback aux essais dont la performance se situait dans un certain pourcentage de précision. Les résultats obtenus dans une tâche d'anticipation-coïncidence permirent à Hartman de répondre à ses trois hypothèses de départ. Premièrement, les participants du groupe « *autocontrôle* » semblent adopter une stratégie pour solliciter le feedback. Deuxièmement, la condition autocontrôle favorise l'apprentissage car ses apprenants peuvent se baser sur le feedback intrinsèque de leur performance avant de choisir de recevoir ou non le feedback extrinsèque. Troisièmement, un feedback fourni par une source externe est efficace si ce dernier est délivré après les essais appropriés c'est-à-dire aux essais réussis (Chiviacowsky & Wulf, 2002).

Les effets bénéfiques de l'autocontrôle ont été répliqués dans une tâche de lancer chez des enfants de 10 ans dans une étude Chiviacowsky, Wulf, de Medeiros, Kaefer & Tani publiée en 2008. Bien que les enfants diffèrent des adultes dans de nombreux domaines, incluant le traitement de l'information, ces auteurs ont montré que l'autocontrôle du feedback améliorait l'apprentissage. En effet, les activités supplémentaires de traitement de l'information dues à la condition autocontrôle n'ont pas entravé l'apprentissage chez les enfants, bien au contraire car les enfants dans la condition autocontrôle avaient de meilleures performances que leurs homologues appariés à la fois lors de la phase d'acquisition et lors de la phase de rétention (cf Figure 11).

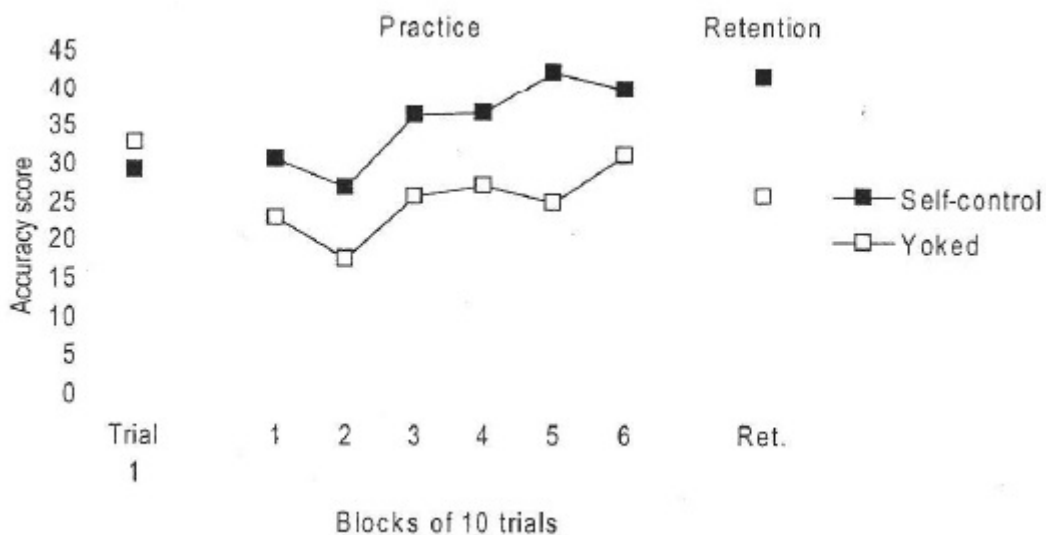


Figure 11 : Scores de précision des groupes autocontrôle et apparié à l'essai 1, lors de la phase d'acquisition et au test de rétention.

A l'image des adultes, les enfants demandaient davantage le feedback suite à des essais « réussis » (Chiviawsky & Wulf, 2002, 2005) ce qui indiquait une bonne capacité d'autoévaluation grâce à leur feedback intrinsèque. D'autre part, de la même manière que leur aînés, les enfants ne demandaient la CR que pour seulement 27,6% des essais en moyenne (Chiviawsky & Wulf, 2002, Janelle & coll, 1995, 1997). Il semblerait donc que demander la CR moins fréquemment aiderait à développer des mécanismes d'autoévaluation et de traitement de l'information plus poussés. Toutefois, il semblerait exister une fréquence de CR en dessous de laquelle, l'apprentissage serait dégradé et ce notamment chez les enfants.

Cette hypothèse fut l'objet d'une nouvelle étude de Chiviawsky, Wulf, de Medeiros, Kaefer & Wally (2008) au cours de laquelle les enfants étaient confrontés à la même tâche que la précédente étude. La particularité de ce protocole est que les participants étaient répartis dans les deux groupes en fonction de la fréquence à laquelle ils demandaient la CR. Ainsi les enfants qui faisaient le moins appel au feedback (en moyenne 8,4%) faisaient partie du groupe « *less KR* » alors que les autres (en moyenne 39,3%) étaient placés dans le groupe « *more KR* ».

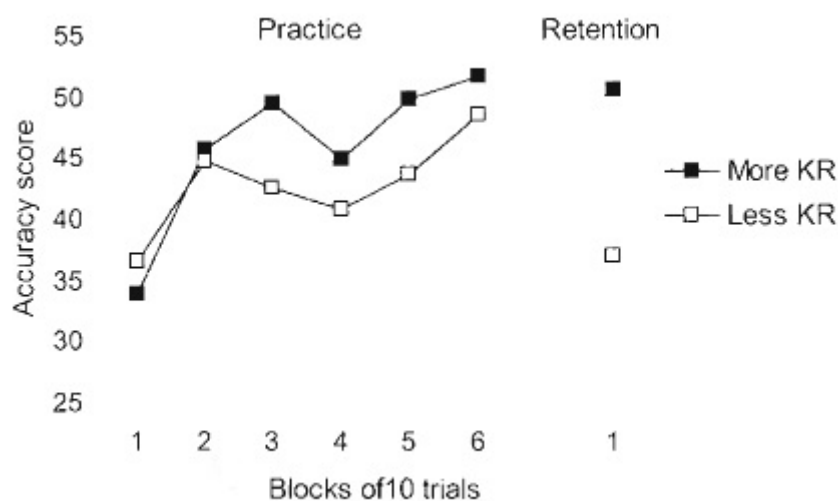


Figure 12 : Scores de précision en acquisition et en rétention des groupes demandant plus (M = 39,3% des essais) ou moins (M = 8,4% des essais) le feedback lors de la phase d'acquisition.

Les résultats en rétention (cf Figure 12) ont montré que les participants du groupe « *more KR* » obtenaient des performances significativement meilleures que ceux du groupe « *less KR* ». Il semblerait que l'apprentissage requière le développement de mécanismes d'autoévaluation et d'autocorrection des erreurs ce qui demande à l'apprenant de comparer le feedback intrinsèque avec un feedback extrinsèque tel que la CR. Or, les enfants ayant par

définition une expérience plus restreinte que les adultes, un feedback plus fréquent faciliterait le processus d'ajustement comparé à un feedback moins fréquent. Il est également acquis que la capacité de traitement de l'information des enfants est inférieure à celle d'un adulte (Badan, Hauert & Mounoud, 2000 ; Lambert & Bard, 2005) ce qui peut expliquer pourquoi une fréquence élevée de CR améliore l'apprentissage. Un feedback plus fréquent semble malgré tout apporter des bénéfices et même atténuer les effets négatifs du guidage pour les tâches relativement difficiles. Un feedback fréquent peut également être bénéfique pour des individus jeunes ou inexpérimentés pour lesquels la tâche pourrait sembler difficile alors que dans le même temps des adultes expérimentés pourraient la trouver facile.

Récemment Huet, Camachon, Fernandez, Jacobs & Montagne (2009) ont pour leur part étudié l'autocontrôle du feedback concurrent c'est-à-dire le fait de pouvoir recevoir ou non pendant le déroulement de l'action une information relative à sa performance. Dans cette tâche, les participants devaient marcher dans un couloir virtuel sur un tapis roulant en ajustant leur vitesse de marche afin de passer à travers des portes s'ouvrant et se fermant à une fréquence de 1 Hz. Au cours de cette étude les participants étaient répartis en quatre groupes :

- ✓ Le groupe autocontrôle « *Gauge* » (i.e. jauge) pour lequel le feedback concurrent était délivré sous forme de jauge (cf Figure 13A)
- ✓ Le groupe autocontrôle « *Ghost doors* » (i.e. portes fantômes) recevait sur demande le feedback concurrent sous forme de portes placées avant l'objectif afin d'ajuster leur vitesse de marche (cf Figure 13B)
- ✓ Le groupe apparié « *Yoked* » dont chaque participant recevait le feedback aux mêmes essais que ceux choisis par son homologue du groupe autocontrôle jauge
- ✓ Le groupe « *Control* » ne recevant pas de feedback concurrent

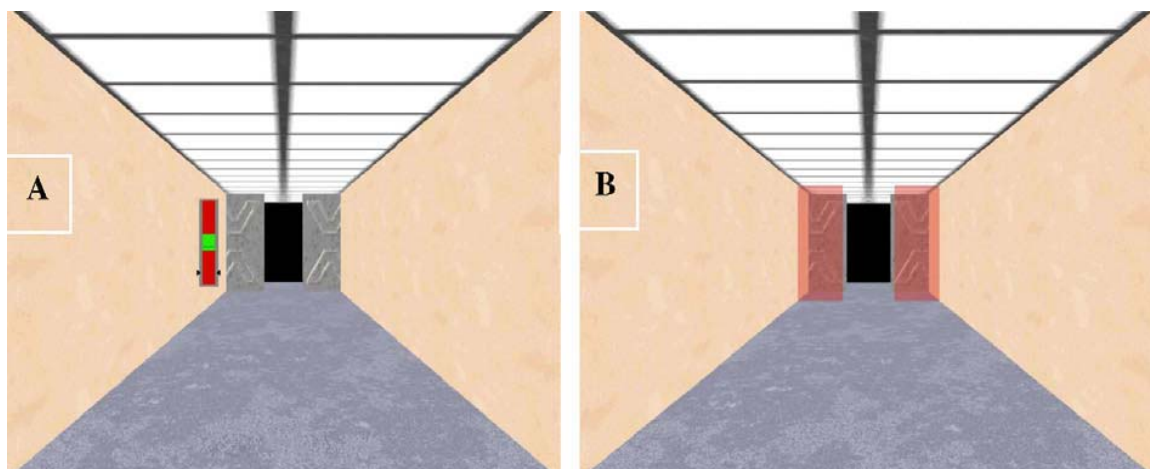


Figure 13 : Scène visuelle durant un essai effectué avec un feedback concurrent. Le feedback était matérialisé sous la forme d'une jauge (A) ou de portes fantômes (B).

Les résultats (cf Figure 14) ont permis d'observer une amélioration plus importante des performances entre le prétest et le test de rétention pour le groupe « *jauge* » (de 26% à 76%) que pour les groupes « *apparié* » (32% à 52%) et « *contrôle* » (30% à 56%).

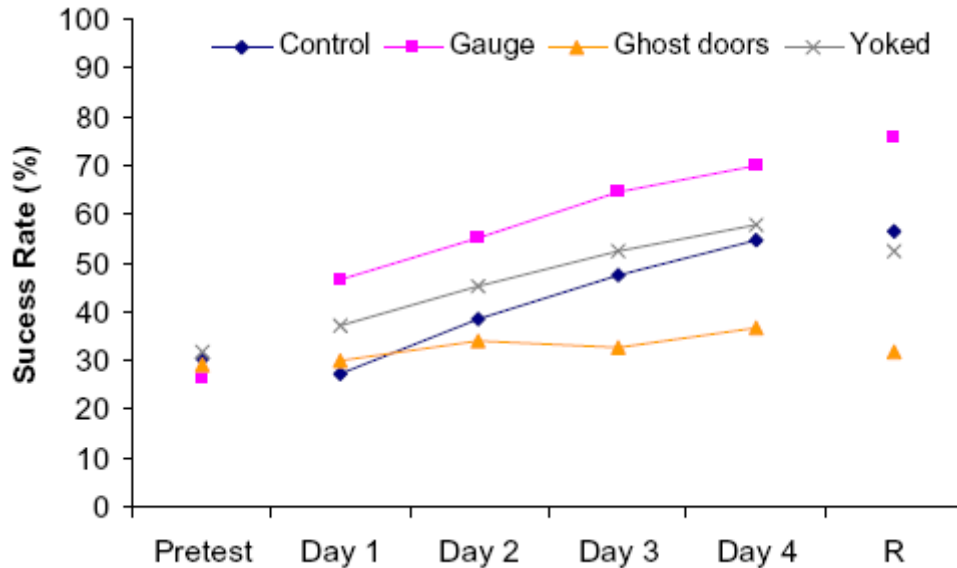


Figure 14 : Scores de performance pour chaque groupe lors du prétest, de la phase d'acquisition (Days 1-4) et du test de rétention (R).

Toutefois, il est important de noter que les participants du groupe « *portes fantômes* » n'avaient montré aucune amélioration de leur performance au fil de l'expérience et étaient significativement plus faibles que les autres groupes, y compris le groupe « *contrôle* ». Aussi il semblerait que l'autocontrôle du feedback concurrent soit bénéfique pour l'apprentissage mais seulement dans une forme interprétable (sous forme de jauge) et complémentaire aux feedbacks intrinsèques reçus par l'individu. En effet, le groupe « *portes fantômes* » recevait une information qui était vraisemblablement mal interprétée par ses participants et qui se focalisaient davantage sur les portes fantômes que sur les « vraies » comme en témoigne le pourcentage élevé de franchissements en avance. Par ailleurs, le feedback concurrent manquait de précision notamment en début d'essai lorsque les participants étaient à l'autre bout du couloir virtuel et qu'ils ne pouvaient pas bien discerner les portes fantômes contrairement à la jauge du groupe « *jauge* ».

La méthodologie développée dans l'étude précédente fut ensuite appliquée à une tâche d'atterrissage réalisée sur un simulateur de vol (Huet, Jacobs, Camachon, Goulon & Montagne, 2009). Dans cette expérience, les participants réalisaient des atterrissages successifs et disposaient lorsqu'ils le souhaitaient pendant la réalisation de l'essai, d'un

feedback les informant sur la position effective de l'avion par rapport à l'angle d'approche réglementaire. Les participants étaient aléatoirement répartis en trois groupes :

- ✓ Le groupe « *contrôle* » ne disposant pas de feedback concurrent
- ✓ Le groupe « *autocontrôle* » pouvant en cours d'essai afficher le feedback concurrent autant de fois que voulu
- ✓ Le groupe « *apparié* » disposant du feedback imposé correspondant aux modalités de présentation du feedback concurrent utilisées par les différents participants du groupe autocontrôle

Les résultats (cf Figure 15) en termes de temps passé dans le cône de descente ont montré que le groupe « *autocontrôle* » était significativement plus performant que les autres groupes en rétention. Lors des tests de transfert, alors que la suppression du cockpit entraînait une baisse du niveau de performance chez tous les membres du groupe « *autocontrôle* », les manipulations de la largeur de la piste (ratio) et du gradient de texture de la piste donnaient lieu à des effets différents selon les sujets. Il semblerait donc que le feedback concurrent soit en étroite relation avec le besoin exprimé par les apprenants, renforçant par la même le rôle actif de l'apprenant dans le processus d'apprentissage.

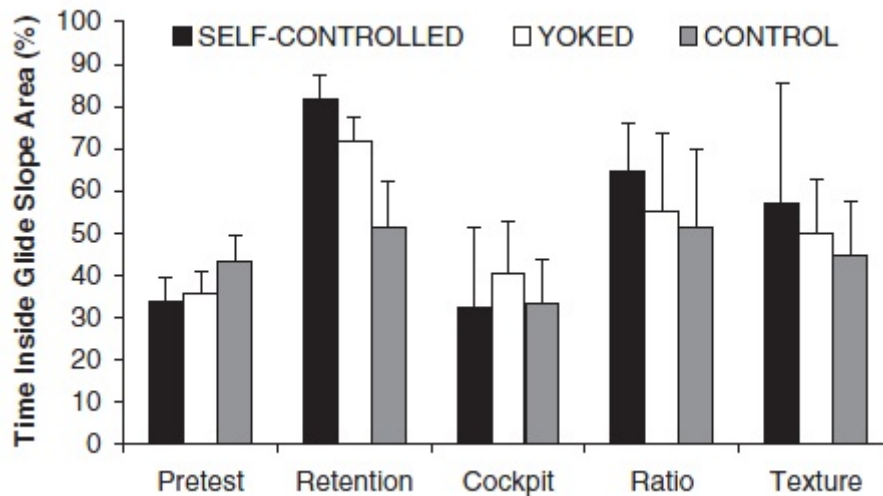


Figure 15 : Temps de vol à l'intérieur de la zone du plan de descente en fonction du groupe expérimental et de la phase de test

A ce sujet, les aspects motivationnels de l'autocontrôle du feedback furent étudiés par Post, Laughlin & Fairbrother (2010) qui, dans une tâche de timing séquentiel, firent passer en complément aux participants un questionnaire sur la motivation intrinsèque (Ryan, 1982 ; McAuley, Duncan & Tammen, 1989). Aucune différence n'est apparue entre le groupe « *autocontrôle* » et le groupe « *apparié* » car selon les auteurs, les participants de cette étude

recrutés parmi une promotion d'étudiants en psychologie étaient uniquement intéressés par le fait d'obtenir leurs crédits d'enseignement dédiés à la participation à des protocoles de recherche. Toutefois, le questionnaire a confirmé que les apprenants du groupe « *autocontrôle* » demandaient plus souvent le feedback après les essais « réussis » quand dans le même temps les apprenants du groupe « *apparié* » recevaient plus souvent le feedback après les essais « ratés ». Les deux groupes ont par ailleurs mentionné le moment auquel ils préféraient recevoir ce feedback (après les essais « réussis » ou « ratés ») et les résultats étaient en accord avec le moment auquel ils le recevaient en pratique. Ainsi, on peut penser que les aspects motivationnels ne seraient pas aussi majeurs que cela dans l'autocontrôle du feedback mais que d'autres facteurs encore non étudiés pourraient expliquer les avantages de l'autocontrôle non répliqués dans cette étude.

2. L'autocontrôle d'une aide physique

Dans une étude de Wulf & Toole (1999), l'autocontrôle a été étudié en manipulant l'aide physique sur un simulateur de ski (cf Figure 16). En effet, partant du constat que l'aide physique est fréquemment utilisée en rééducation mais également dans le domaine de l'apprentissage pour faciliter l'acquisition d'habiletés motrices comme par exemple les brassards ou les roulettes pour respectivement apprendre à nager ou encore à faire du vélo, les auteurs se sont demandés si son utilité ne serait pas optimisée si elle était uniquement disponible sur demande.

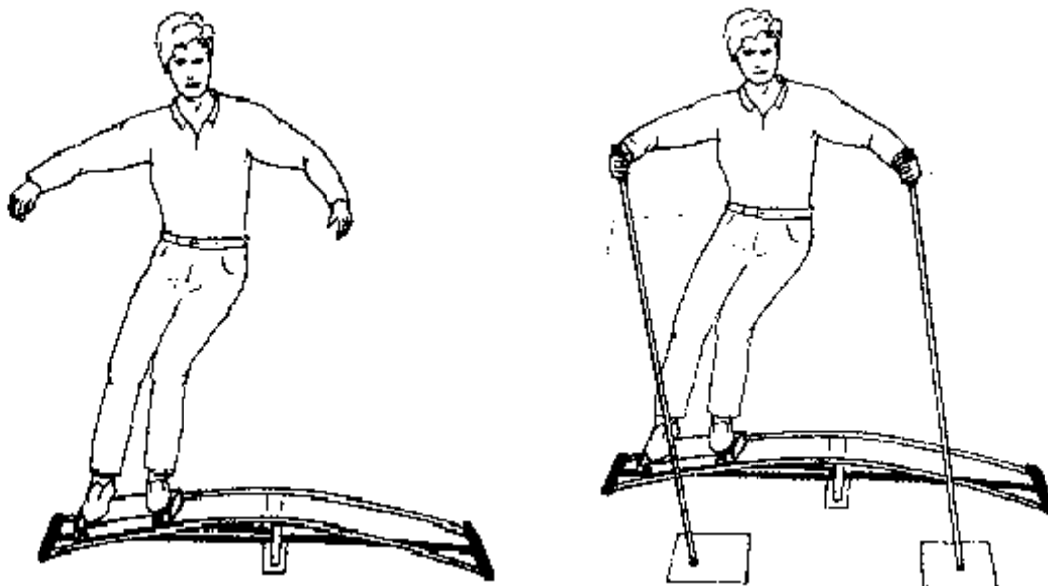


Figure 16 : Représentation schématique du simulateur de ski sans bâtons (image de gauche) et avec bâtons (image de droite).

Pour cela les participants étaient répartis aléatoirement soit dans le groupe autocontrôle appelé « *self-control* » soit dans le groupe apparié appelé « *yoked* ». Le but était de produire les plus grandes amplitudes de mouvement. Les participants du groupe autocontrôle pouvaient choisir de disposer ou non des bâtons de ski afin d'améliorer leur performance. Parallèlement à cela les participants du groupe « *apparié* » pouvaient se servir des bâtons de ski aux mêmes essais que ceux choisis par un participant du groupe « *autocontrôle* » auquel il était associé. Les résultats ont tout d'abord permis de voir que le pourcentage d'essais, pour lesquels les participants du groupe « *autocontrôle* » utilisaient les bâtons de ski, diminuait au fur et à mesure des essais passant 92% à 54% le premier jour d'acquisition et de 85% à 25% le second jour. Comme nous pouvons le constater dans la figure 17, l'amplitude de mouvement lors du test de rétention était significativement plus importante pour le groupe autocontrôle (48 cm) que pour celui apparié (42,5 cm). Les avantages de la condition « *autocontrôle* » pourraient provenir du fait que les apprenants peuvent varier les techniques afin de produire de plus larges amplitudes (Vereijken, 1991) ou de meilleures forces relatives permettant ainsi de mieux explorer l'espace de travail perceptivo-moteur (Newell, 1991).

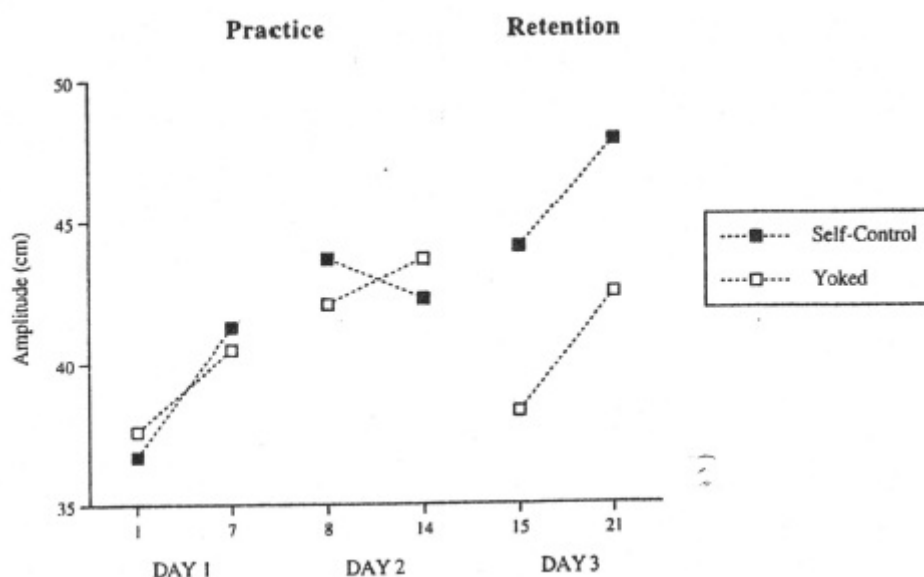


Figure 17 : Amplitude des mouvements des deux groupes lors des phases d'acquisition (Day 1 et 2) et de rétention (Day 3).

Wulf, Clauss, Shea & Whitacre (2001) ont réutilisé la même tâche et les mêmes groupes que ceux utilisés par Wulf & Toole (1999) mais cette fois-ci les participants pratiquaient en binôme. Ainsi pendant qu'un participant du groupe « *autocontrôle* » réalisait la tâche, son homologue « *apparié* » l'observait et vice versa. Les résultats de cette étude ont permis de constater que le fait d'observer son homologue pendant les moments de repos entre les essais annulait les effets bénéfiques amenés par l'autocontrôle mais uniquement pour les paramètres

observables comme l'amplitude ou la fréquence (cf Figure 18). En effet, en ce qui concerne les paramètres plus subtils du mouvement comme la force relative, les participants du groupe « *autocontrôle* » avaient des performances significativement meilleures en rétention que leurs partenaires du groupe « *apparié* ».

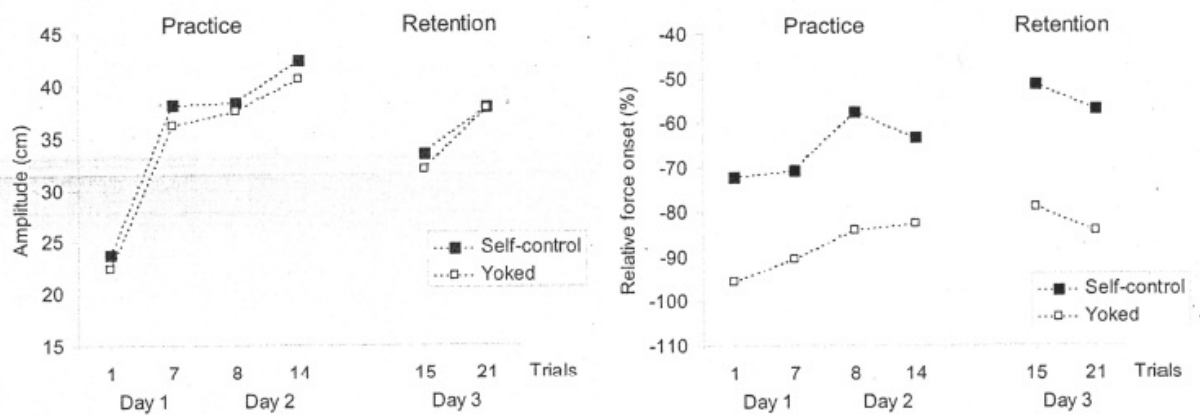


Figure 18 : Amplitude des mouvements (image de gauche) et force relative (image de droite) pour les groupes « *autocontrôle* » et « *apparié* » lors des phases d'acquisition (Days 1 et 2) et de rétention (Day 3).

Encore une fois les participants du groupe « *autocontrôle* » devaient être plus motivés pour utiliser les bâtons de ski afin d'essayer différentes stratégies, de les tester sans les bâtons de ski puis selon leur efficacité, de les modifier ou de les remanier à nouveau avec les bâtons de ski. Il faut également noter qu'à aucun moment les participants n'avaient reçu l'ordre d'effectuer la tâche de manière efficace ou encore qu'une technique efficace était liée au timing du changement d'appui d'une jambe sur l'autre.

Une récente étude de Hartman (2007) effectuée sur un stabilomètre donnait la possibilité à un groupe d'individus de décider des essais auxquels ils souhaitaient utiliser des bâtons de ski comme dans les travaux de Wulf & coll (1999, 2001) afin de compenser les déséquilibres pendant la tâche. Pour comparer les effets amenés par la condition « *autocontrôle* », un groupe « *apparié* » était testé dans les mêmes conditions que celles des études précédemment présentées. Les résultats ont confirmé que l'apprentissage était significativement amélioré par la condition « *autocontrôle* » par rapport au groupe « *apparié* » (21s passées sur le stabilomètre sur les 30s pour le premier contre seulement 16s pour le second). Un questionnaire a permis de constater que les apprenants de la condition « *autocontrôle* » utilisaient les bâtons afin de tenter une nouvelle stratégie. Ainsi, contrairement au prétest au cours duquel Hartman n'avait trouvé aucun avantage dans l'utilisation des bâtons par rapport

à la condition sans bâtons, les résultats en rétention ont révélé que le fait de simplement contrôler la possibilité d'avoir ou non une assistance physique est bénéfique pour l'apprentissage même si cette aide est en elle-même relativement inefficace.

3. L'autocontrôle de l'observation d'un modèle

Dans une tâche de service long au badminton, Wrisberg & Pein (2002) ont donné l'opportunité à des apprenants de contrôler la fréquence de présentation d'un modèle durant la phase d'acquisition (groupe « *autocontrôle* »). La performance de ce groupe était comparée à celle d'un groupe « 100% » ayant la présentation du modèle après chaque essai et à celle d'un groupe « *contrôle* » ne voyant jamais ce modèle évoluer. Les résultats en acquisition ont révélé que le groupe « *autocontrôle* » regardait le modèle avant 9,8% des essais et même essentiellement dans la première partie des essais du premier jour (82%). Le fait que le groupe « *autocontrôle* » choisissait de voir le modèle notamment en début de pratique suggère que ces individus utilisaient la démonstration du modèle afin de se faire une idée globale du mouvement désiré ou bien afin d'ajuster leur mouvement suite à une mauvaise performance. Les résultats en rétention ont montré que le groupe « *autocontrôle* » atteignait un niveau de forme de mouvement équivalent à celui du groupe « 100% » et significativement supérieur à celui du groupe « *contrôle* ». Cette étude a permis de constater que le fait d'autoriser les apprenants à contrôler la fréquence à laquelle ils reçoivent l'aide d'apprentissage améliorait l'efficacité des instructions.

Wulf, Raupach & Pfeiffer (2005) ont pour leur part étudié le rôle de l'autocontrôle de l'observation dans l'apprentissage d'un « shoot » en basketball. Comme dans les autres études concernant le domaine de l'autocontrôle deux groupes de participants étaient comparés : un groupe « *autocontrôle* » et un groupe « *apparié* ». Dans la condition « *autocontrôle* » les participants pouvaient visualiser une démonstration de shoot d'un expert sous différents angles de vue aussi souvent qu'ils le désiraient. Dans le même temps, les participants du groupe « *apparié* » voyaient les démonstrations aux essais décidés par leurs partenaires du groupe « *autocontrôle* ». Les variables dépendantes qui étaient mesurées dans cette étude étaient le score de précision et le score de forme (cf Figure 19). Comme cela a pu être le cas dans l'étude de Wulf, Clauss, Shea & Whitacre (2001), l'observation d'un modèle semble affecter la forme du mouvement ce qui peut expliquer l'absence de différences entre les deux groupes concernant la précision du mouvement.

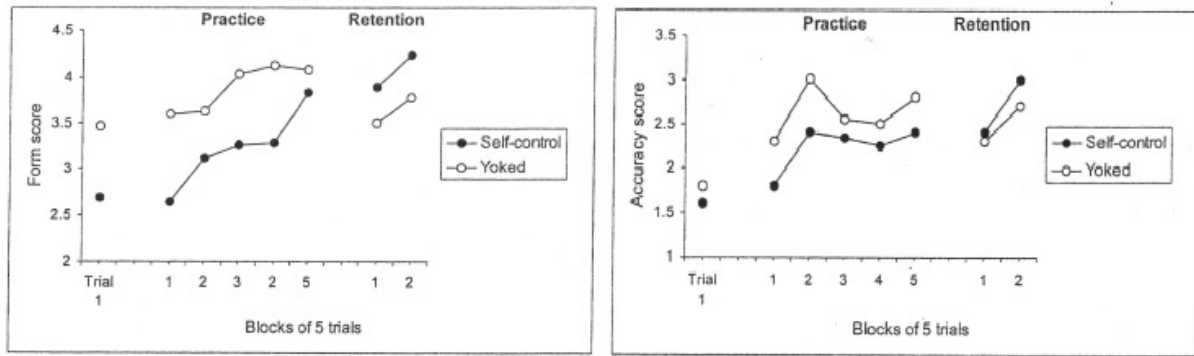


Figure 19 : Score de forme du mouvement (image de gauche) et score de précision du mouvement (image de droite) pour les groupes « *autocontrôle* » et « *apparié* » lors des phases d'acquisition et de rétention.

En revanche, les participants du groupe « *autocontrôle* » doivent extraire des informations de plus en plus pertinentes du modèle lorsqu'ils en requièrent la présentation contrairement à une condition dans laquelle cette présentation est imposée. Les apprenants du groupe « *autocontrôle* » font peut être par exemple davantage attention à des aspects du mouvement pour lesquels ils sont incertains afin soit de confirmer que leurs mouvements sont corrects, soit d'identifier leurs erreurs. Les participants du groupe « *apparié* » sont donc peut être moins enclins à s'engager dans de telles activités de traitement de l'information du fait de l'imprévisibilité de la présentation du modèle.

4. L'autocontrôle de l'organisation de la pratique

L'étude de Titzer, Shea & Romack (1993) fut la première à examiner les effets de l'autocontrôle de l'organisation de la pratique sur apprentissage. Les différentes versions de la tâche testées dans cette expérience nécessitaient de toucher des barrières selon une séquence bien définie aussi vite que possible. Cette tâche n'est pas sans rappeler celle utilisée dans l'étude de Shea & Morgan (1979) ayant comparé les performances de deux groupes dans la réalisation de trois séquences temporelles. Pour cela un groupe de sujets pratiquait les tâches en bloc c'est-à-dire que toute la pratique de la tâche A se faisait avant de passer à la tâche B, qui était elle-même pratiquée jusqu'à complétion avant d'en venir à la tâche C. Un autre groupe s'entraînait dans un ordre aléatoire, où les essais des trois tâches étaient mélangés au hasard. Les deux groupes recevaient la même quantité de pratique sur les tâches A, B et C, et ne différaient que par l'ordre dans lequel ces tâches étaient présentées. Les résultats de cette étude ont montré que pendant la phase d'acquisition la condition de « *pratique bloquée* » se révélait beaucoup plus efficace en termes de performance (temps de mouvement plus rapides)

que la condition de « *pratique aléatoire* ». Ce constat s'inversait lors des tests de rétention au cours desquels la performance était significativement meilleure pour les individus ayant pratiqué en condition aléatoire. Des études plus tardives (Magill & Hall, 1990 ; Magill, 1992) ont confirmé qu'une forte interférence contextuelle (une « *pratique aléatoire* ») rendait les conditions de pratique plus difficiles en acquisition mais aboutissait à de meilleurs résultats en rétention qu'une faible interférence contextuelle (une « *pratique bloquée* »). Les résultats de l'étude de Titzer & coll amenèrent un éclairage nouveau sur l'intérêt de l'autocontrôle comparé à des conditions de « *pratique aléatoire* » et de « *pratique bloquée* ». Ainsi les apprenants pouvant choisir l'ordre dans lequel ils pratiquaient les différentes versions de la tâche demandée, avaient une performance identique au groupe en « *pratique bloquée* » en acquisition et identique au groupe en « *pratique aléatoire* » en rétention. De plus, les groupes « *autocontrôle* » et « *pratique aléatoire* » commettaient même moins d'erreurs en rétention que le groupe en « *pratique bloquée* ». Une limite à cette étude est l'absence de groupe « *apparié* » car on ne peut pas savoir si les bénéfices apportés par l'autocontrôle sont dus aux processus d'autorégulation en général ou bien à l'organisation de la pratique spécifique choisie par ces apprenants.

L'étude de Bund & Wiemeyer (2004) a la particularité d'avoir manipulé dans son protocole de recherche l'autocontrôle de deux variables, à savoir l'observation d'un modèle et l'organisation de la pratique. Dans le cas présent, les participants devaient effectuer une tâche de coup droit lifté au tennis de table en essayant d'améliorer à la fois la précision et la forme de leur mouvement. Suite à un questionnaire permettant de recenser les préférences globales des participants en termes de conditions autocontrôlées, ces derniers étaient aléatoirement répartis en quatre groupes :

- ✓ Un groupe autocontrôle préférentiel « *SC+* » ayant la possibilité avant chaque essai de voir la vidéo d'un modèle démontrant le geste à effectuer.
- ✓ Un groupe autocontrôle non préférentiel « *SC-* » pouvant choisir la variabilité de la pratique c'est-à-dire la direction et la longueur des balles envoyées par la machine.
- ✓ Un groupe apparié préférentiel « *YO+* » dans lequel chaque participant recevait la même séquence de démonstrations vidéo qu'un participant du groupe « *SC+* » auquel il était rattaché.
- ✓ Un groupe apparié non préférentiel « *YO-* » dans lequel chaque participant subissait les mêmes changements de conditions de pratique qu'un participant du groupe « *SC-* » auquel il était rattaché.

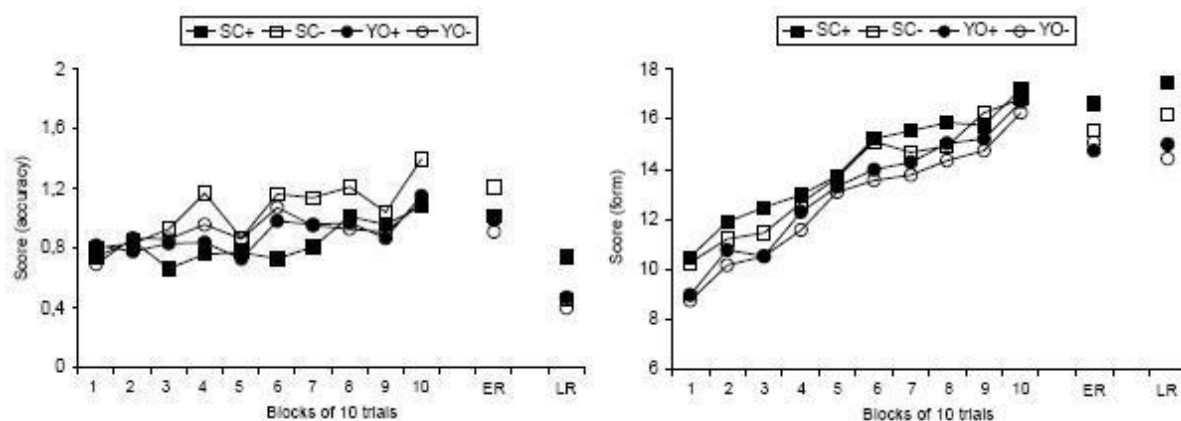


Figure 20 : Score de précision (image de gauche) et de forme du mouvement (image de droite) pour les groupes « *autocontrôle* » et « *apparié* » lors des phases d'acquisition, de rétention à court terme (ER) et de rétention à long terme (LR).

Les résultats lors des tests de rétention (cf Figure 20) ont permis de confirmer l'avantage pour l'apprentissage d'une condition autocontrôlée (i.e. « *SC+* » et « *SC-* ») sur une condition appariée (i.e. « *YO+* » et « *YO-* »). Les participants qui pouvaient contrôler l'organisation de la pratique qu'elle soit préférentielle (« *SC+* ») ou non (« *SC-* ») avaient un score de forme du mouvement significativement supérieur à ceux pour qui ces séquences étaient imposées. Etant donné les conditions expérimentales, l'autocontrôle en lui-même est plus important que la variable à laquelle il s'applique. Bien que le sentiment d'auto-efficacité ait été mis en évidence pour son impact positif sur la performance motrice et l'apprentissage (e.g. Bund, 2001 ; Moritz, Felz, Fahrbach & Macke, 2000), aucune étude précédente sur l'autocontrôle n'avait tenté de mesurer ce facteur tout comme les autres variables psychologiques. Aussi, grâce à une échelle d'auto-efficacité complétée par l'ensemble des participants avant chaque phase de test, Bund & Wiemeyer ont montré que les participants des groupes en condition autocontrôlée présentaient des croyances d'auto-efficacité plus élevées que leurs homologues des groupes appariés. Puisque l'auto-efficacité est un facteur motivant, il est possible que l'augmentation de l'auto-efficacité lors de la phase d'acquisition soit un des mécanismes responsables de l'avantage de l'autocontrôle.

Dans une tâche de pointage séquentiel, Keetch & Lee (2007) ont manipulé la difficulté de la situation avec d'une part des patrons simples effectués avec la main dominante (quatre séquences de gauche) et d'autre part des patrons complexes effectués avec la main non dominante (quatre séquences de droite). La séquence à reproduire était guidée par les mouvements d'une souris d'ordinateur suivant une ligne noire reliant des carrés adjacents. La difficulté résidait dans l'enchaînement de clics gauches lorsque le curseur était sur un carré

blanc et de clics droits lorsqu'il s'agissait d'un carré noir (cf Figure 21). Dans cette expérience les participants étaient répartis en quatre groupes :

- ✓ Le groupe en « *pratique bloquée* » effectuait les 32 essais de chaque patron avant de passer au suivant
- ✓ Le groupe en « *pratique aléatoire* » effectuait des blocs de 16 essais dans lesquels les 4 patrons apparaissaient 4 fois chacun dans un ordre aléatoire
- ✓ Le groupe « *autocontrôle* » pratiquait les patrons dans l'ordre de leur choix
- ✓ Le groupe « *apparié* » dans lequel chaque individu subissait les choix d'un participant du même sexe auquel il était apparié

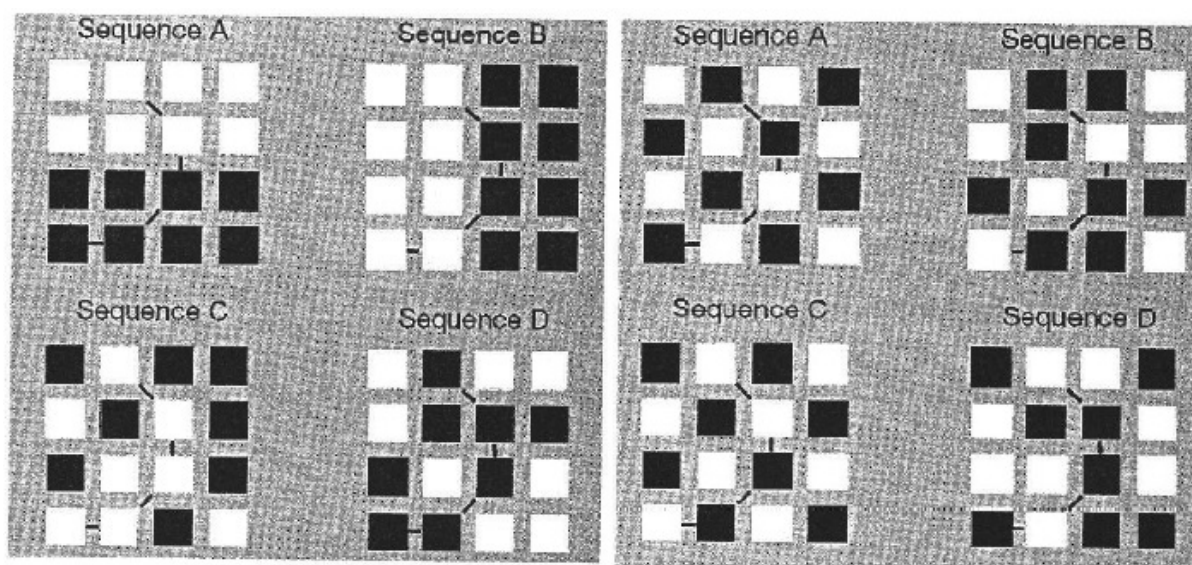


Figure 21 : Illustration des séquences à apprendre. Les quatre gammes dans la partie gauche de la figure représentent les patrons « faciles » alors que les quatre gammes dans la partie droite représentent les patrons « difficiles ».

Les résultats ont permis de voir que contrairement aux autres groupes, les individus du groupe « *autocontrôle* » s'amélioreraient significativement tout au long de l'acquisition et même après un délai de 24h à la fois dans le temps de mouvement et dans la précision du curseur (cf Figure 22). L'avantage de l'autocontrôle a pourtant mis du temps à se dessiner car en acquisition la performance de ce groupe était inférieure à celles des autres groupes. D'autre part, des effets bénéfiques de l'autorégulation émergeaient quelles que soient les stratégies employées pour les tâches de différentes difficultés. Par exemple, ceux qui pratiquaient les tâches simples changeaient plus fréquemment durant la pratique que ceux qui pratiquaient les tâches difficiles. Concernant la difficulté de la tâche, aucune différence entre les différents groupes n'est apparue dans les tâches simples excepté que le groupe « *autocontrôle* » était significativement plus lent que le groupe « *apparié* ». Le groupe « *autocontrôle* » a

probablement fait contrairement aux autres groupes de plus grands efforts cognitifs en tentant de prendre continuellement des décisions sur la structuration de la pratique. Lors des tâches difficiles, le groupe en « *pratique bloquée* » avait une performance significativement supérieure aux autres groupes en termes de temps de mouvement. Cette supériorité en acquisition n'est pas surprenante étant donné qu'il s'agit de l'argument majeur de l'interférence contextuelle. Lors du test de rétention, le fait que le groupe en « *pratique bloquée* » soit le plus lent est en accord avec l'effet de l'interférence contextuelle (Titzer & coll, 1993). Au final, on constate dans cette expérience que même si la performance des participants du groupe « *autocontrôle* » n'est pas significativement différente de celle des autres groupes testés, cette condition améliore probablement l'apprentissage moteur par des processus d'autorégulation induits par le contrôle d'un aspect du contexte d'apprentissage.

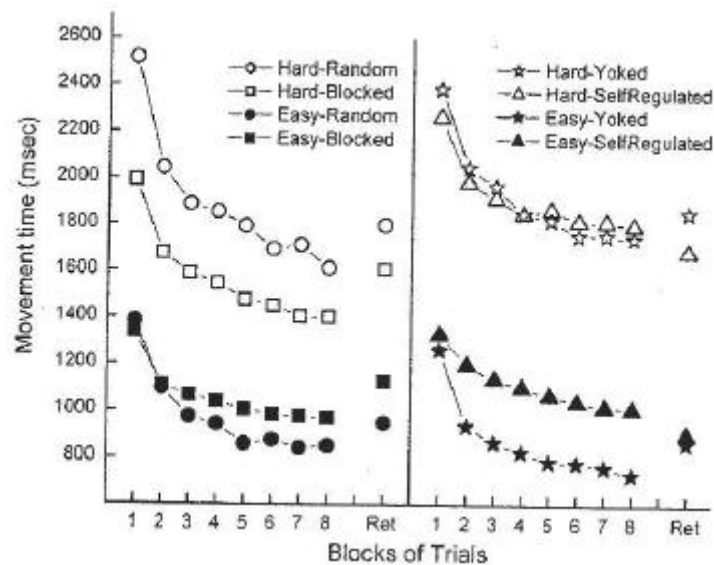


Figure 22 : Temps de mouvement pour l'ensemble des groupes lors des phases d'acquisition et de rétention

Très récemment, Wu & Magill (2010) ont manipulé l'organisation de la pratique dans une tâche de timing séquentiel possédant trois structures temporelles relatives différentes afin d'étudier le rôle des processus d'autorégulation au sein d'apprentissage autocontrôlé. Les participants de cette étude étaient aléatoirement assignés soit à une condition « *autocontrôle* » classique soit à une condition « *autocontrôle avant* » dans laquelle les participants devaient choisir l'organisation de la pratique avant d'avoir débuté l'expérience. Les résultats en transfert ayant révélé un avantage du groupe « *autocontrôle* » sur son homologue « *autocontrôle avant* » soutiennent l'importance des processus d'autorégulation pour expliquer les avantages de l'autocontrôle sur l'apprentissage moteur.

De tous les paramètres pouvant être adaptés à la performance de l'apprenant durant la pratique, la complexité de la tâche et plus particulièrement la difficulté de la tâche semble être un des plus importants (Albaret & Thon, 1998 ; Choi, Qi, Gordon, & Schweighofer, 2008; Famose, 1990; Wulf & Shea, 2002; Wulf, Töllner, & Shea, 2007). Cette adaptation de la difficulté aux choix de l'apprenant fera l'objet de la dernière partie de ce cadre théorique et constituera le cœur de ce travail de thèse.

CHAPITRE V : L'ADAPTATION DE LA DIFFICULTE

I. Le rôle clé de la difficulté

Une notion essentielle pour qu'il y ait apprentissage est que le sujet doit être confronté à un problème moteur c'est-à-dire une tâche motrice qu'il n'est pas encore capable de réaliser. Pour tenter d'optimiser l'apprentissage dans ces situations de résolution de problèmes, de nombreux facteurs ont été manipulés, y compris la difficulté de la situation qui semble influencer sur l'interférence contextuelle. L'effet de la difficulté nominale aussi appelée « complexité » sur l'interférence contextuelle fut l'objet d'une étude d'Albaret & Thon (1998) dans une tâche de dessin de patrons géométriques sur une tablette graphique. La complexité du patron géométrique était modulée selon le nombre de segments à reproduire (2, 3 ou 4). Les résultats ont permis de voir que pour des tâches simples (patrons de 2 et 3 segments), l'interférence contextuelle créée par la condition aléatoire avait un effet bénéfique sur l'apprentissage en termes d'erreur spatiale comparée à une pratique bloquée. En revanche pour la tâche la plus complexe (patron de 4 segments), aucune différence n'était observée entre les deux groupes de participants. Il semble donc que la pratique aléatoire induisait chez les apprenants un effort cognitif supplémentaire comparé à la pratique bloquée. Selon certaines hypothèses (Shea & Morgan, 1979 ; Shea & Zimny, 1983, 1988), une forte interférence contextuelle induirait un traitement de l'information plus poussé ce qui permettrait une représentation plus élaborée et distincte des tâches à apprendre comparé à une situation ayant une faible interférence contextuelle (Wright, Li & Whitacre, 1992). Lee & Magill (1983, 1985) postulèrent pour leur part qu'une pratique aléatoire induit une détérioration de l'information liée au mouvement précédent lorsqu'il y a une variation de la tâche au mouvement suivant. A l'inverse, dans le cas d'une pratique bloquée, l'information liée à une tâche donnée peut être conservée en mémoire de travail pendant plusieurs essais pour lesquels la tâche reste inchangée. Une forte interférence contextuelle inter-tâches obligerait alors les apprenants à faire davantage appel à leur mémoire à long terme afin de reconstruire partiellement ou intégralement leur plan d'action au début de chaque essai. En revanche Albaret & Thon ont pu constater qu'une tâche

suffisamment complexe créait une interférence intra-tâche obligeant les apprenants à reconstruire un nouveau plan d'action même si le mouvement requis n'avait pas changé. La complexité de la tâche demanderait donc, quelle que soit l'organisation de la pratique, des processus de contrôle plus profonds des informations, laissant ainsi moins de place pour l'influence de l'interférence contextuelle sur la rétention et le transfert. A ce sujet là, Guadagnoli & Lee (2004) ont suggéré qu'une pratique bloquée pouvait être préférable dans des tâches de difficultés nominales élevées alors qu'une pratique aléatoire apporterait davantage de bénéfices dans des tâches dont la difficulté nominale est plus faible. Ils ajoutèrent également que des individus débutants apprendraient mieux avec une pratique bloquée alors que des individus plus entraînés progresseraient mieux pour leur part dans le cadre d'une pratique aléatoire. Les résultats de l'expérience de Keetch & Lee (2007) vont aussi dans ce sens en montrant un bénéfice de la pratique bloquée pour l'apprentissage des séquences difficiles et un effet facilitateur de la pratique aléatoire pour l'apprentissage des séquences faciles. De même, Wulf & Shea (2002) considèrent que les principes qui s'appliquent à l'apprentissage de tâches simples ne se généralisent pas nécessairement à l'apprentissage de tâches plus complexes. Au final, le cadre conceptuel du Challenge Point suggère que le niveau de maîtrise de la tâche par l'individu doit être considéré comme un facteur important pour optimiser les conditions d'apprentissage.

Comme nous venons de le voir, la difficulté de la situation manipulée en créant une interférence contextuelle peut jouer un rôle primordial dans l'apprentissage. Mais ce paramètre ne doit pas nécessairement être imposé au participant par l'expérimentateur comme dans la majorité des protocoles d'études mais plutôt être adapté à la performance de l'apprenant pour optimiser l'apprentissage. Finalement, on constate qu'il existe deux méthodes d'adaptation de la difficulté :

- ✓ Difficulté contrôlée par des règles
- ✓ Difficulté contrôlée par l'apprenant aussi appelée autocontrôle de la difficulté

II. La difficulté contrôlée par des règles

Kelley en 1969 fut un des premiers à introduire le concept d'apprentissage adapté qui se définit comme l'apprentissage dans lequel le problème, le stimulus ou la tâche varie selon la performance de l'apprenant. Dans la méthode d'apprentissage adapté, le système d'entraînement contrôle et évalue la performance du participant. Suite à cette évaluation, un

nouveau niveau de difficulté de la tâche est déterminé pour la pratique afin de maintenir des conditions d'apprentissage optimales pour l'apprenant. L'apprentissage adapté est donc un système en boucle fermé dans lequel le feedback issu de la performance est utilisé pour ajuster la difficulté de la tâche. Cette adaptation automatique contrôlée par ordinateur se base sur trois éléments :

- ✓ Une mesure de la performance : une variable de la tâche reflétant le niveau d'habileté de l'apprenant
- ✓ Un paramètre ajustable de la tâche qui détermine la difficulté de la tâche
- ✓ Une logique d'adaptation : un algorithme qui détermine une nouvelle valeur du paramètre ajustable en fonction des variations de la performance mesurée

Caro en 1969 proposait d'utiliser la vitesse d'exécution de la tâche comme une variable paramétrable. L'argument, en référence à la théorie de Shannon & Weaver (1949) était que le fait de réduire cette vitesse conduirait à diminuer la quantité d'information à traiter par unité de temps et laisserait alors à l'individu plus de temps pour apprendre la tâche. L'hypothèse développée dans cet exemple était que la compétence à acquérir dans une tâche ralentie serait la même que celle requise pour l'exécution d'une tâche à la vitesse finale. Il semblerait que l'apprentissage qui résulte de la transition d'une version lente à une version rapide soit meilleur que celui correspondant à une pratique de durée constante de la version difficile de la tâche. Cet argument rejoint les propos de Guadagnoli & Lee (2004) selon lesquels les tâches ne doivent pas être trop simples car elles n'entraîneraient pas ou peu de changements dans la performance et n'induiraient donc pas la réorganisation corticale produite par la maîtrise de tâches ardues (Kleim, Barbay, Cooper, Hogg, Reidel, Rempel & coll, 2002 ; Nudo, Wise, SiFuentes & Milliken, 1996 ; Plautz, Milliken & Nudo, 2000). A l'inverse des difficultés nominales et opérationnelles élevées entraînent des erreurs importantes pouvant faire échouer l'apprentissage. La difficulté de la tâche devrait donc être adaptée au niveau d'habileté de l'apprenant. Pour cela Vygotsky (1978) proposait de maintenir la difficulté de la tâche autour de la notion de « just right challenge » introduite par Ayres (1972) et ce afin d'optimiser l'apprentissage.

Une autre étude de French, Rink, Rikard, Mays & Werner (1991) effectuée en volleyball chez des joueurs débutants et débrouillés a également manipulé l'adaptation de la difficulté à la performance de l'apprenant. Ainsi dans des tâches de service et de passe haute, les performances de 4 groupes étaient comparées :

- ✓ Un groupe « *test final* » pratiquant tout au long de l'acquisition les tests de service et de passe haute dans les difficultés maximales (niveau 4).
- ✓ Un groupe « *progression* » pratiquant un nombre fixe d'essais à chaque niveau de difficulté.
- ✓ Un groupe « *critère* » dont chaque participant voyait la difficulté de la tâche augmenter s'il obtenait une réussite de 80% dans le premier et le second niveau de difficulté.
- ✓ Un groupe « *contrôle* » ne pratiquant pas les tâches de volleyball durant toute la durée de l'étude.

Les résultats en termes de précision et de forme du mouvement ont permis de constater l'avantage des conditions pour lesquelles la difficulté progressait lors de la pratique notamment pour les joueurs débrouillés. La motivation fut un premier élément pouvant expliquer l'avantage d'une difficulté évolutive. En effet, contrairement aux groupes à difficulté progressive, le groupe qui pratiquait en permanence la même tâche a probablement été lassé par cette répétition, comme en atteste la diminution de leur performance après trois jours d'amélioration. D'autre part, cette évolution de la difficulté a probablement aidé les apprenants à se focaliser sur les éléments les plus pertinents du geste ce qui est susceptible d'avoir facilité l'assimilation du mouvement en forçant les joueurs à résoudre des problèmes dans des contextes de mouvement différents. En effet, le fait de changer le but ou les conditions d'exécution du mouvement a peut être amélioré le développement du schème de rappel (Schmidt, 1975) en mettant en avant certaines caractéristiques importantes du mouvement correct. Cette réduction de la complexité qui a probablement amélioré la motivation des joueurs et les a forcé à effectuer un traitement plus poussé du mouvement peut expliquer la meilleure performance en rétention. Toutefois, ces travaux ont montré leur limite car autant l'évolution progressive de la difficulté s'est montrée efficace chez des joueurs débrouillés, autant elle fut presque inefficace au-delà du deuxième niveau de difficulté chez des joueurs novices.

Cette adaptation automatique de la difficulté à la performance de l'apprenant fut l'objet d'une étude de Choi, Qi, Gordon & Schweighofer (2008). Pour cela les auteurs ont testé deux algorithmes adaptant la difficulté nominale et le nombre d'essais pour chacune des quatre tâches de cette expérience afin que la performance des participants reste relativement

constante. La difficulté était modulée en manipulant le temps alloué au mouvement. Les participants de cette étude étaient répartis en 4 groupes :

- ✓ Un groupe « *Fix* » pour lequel les tâches étaient aléatoirement pratiquées dans des blocs de 4 essais et pour lequel la difficulté était maintenue constante à 0,6 secondes pour le temps alloué au mouvement.
- ✓ Un groupe « *adapTr* » pour lequel le nombre d'essais dans chaque tâche était ajusté selon la performance de l'apprenant. Toutefois afin d'éviter qu'une tâche monopolise l'intégralité des essais ou qu'à l'inverse elle ne soit presque pas pratiquée, chaque tâche devait avoir été pratiquée au minimum 15 essais et maximum 75 essais. Dans ce groupe la difficulté était maintenue fixe à 0,6 s.
- ✓ Un groupe « *adapDif* » pour lequel la durée du temps de mouvement alloué à chaque essai variait selon les performances détectées par l'algorithme de difficulté. Les tâches étaient aléatoirement pratiquées comme pour le groupe « *Fix* ».
- ✓ Un groupe « *adapTrDif* » pour lequel la difficulté était adaptée comme dans le groupe « *adapDif* » et pour lequel le nombre d'essais dans chaque tâche était ajusté comme dans le groupe « *adapTr* ».

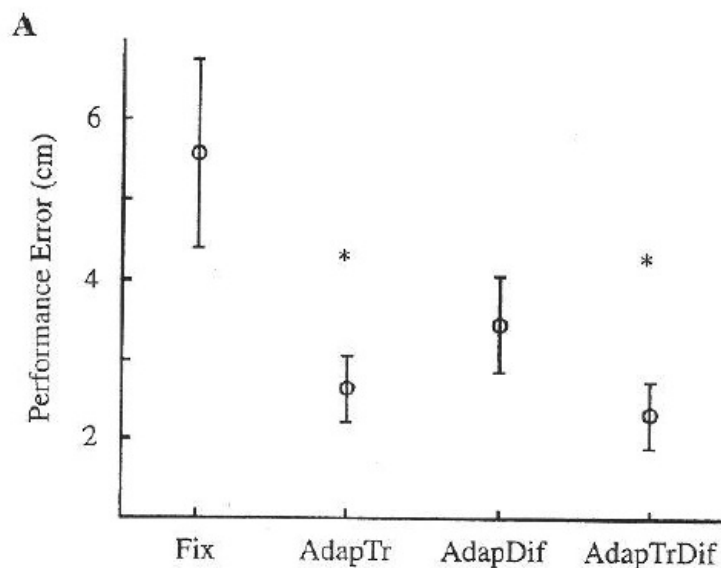


Figure 23 : Performance moyenne et erreur standard de chacune des conditions pour les quatre tâches sur le test de rétention. Les astérisques indiquent des erreurs significativement plus faibles que dans la condition « *Fix* ».

Les résultats ont permis de constater que le fait d'adapter le nombre d'essais en fonction de la performance améliorait significativement l'apprentissage comparé à une condition « *Fix* » (cf Figure 23). Le fait de varier la difficulté améliorait également l'apprentissage mais dans une moindre mesure. D'autre part, la performance du groupe « *adapTrDif* » bien que

significativement supérieure en rétention à celle du groupe « *Fix* », ne l'était pas par rapport au groupe « *adapTr* » probablement à cause d'un effet plancher. De manière générale, pour les groupes dont les conditions s'adaptaient aux performances des participants, la performance dans toutes les tâches s'est améliorée. Les effets des conditions adaptatives étaient finalement les plus bénéfiques pour des tâches de difficulté intermédiaire, leur effet pour des tâches simples étant minimisé par un effet plancher en terme d'erreur. Pour les tâches les plus difficiles, l'effet des conditions adaptatives était limité du fait d'un rythme d'apprentissage lent pour la condition « *adapDif* » ou du fait du nombre limité d'essais possible dans la condition « *adapTr* ». La particularité de l'adaptation automatique de la difficulté contrôlée par ordinateur est que l'évolution ne dépend pas des jugements métacognitifs et évolue selon la méthode succès-amélioration/échec-régression proche de celle de Simon, Cullen & Lee (2002). On peut donc se demander si une évolution de la difficulté contrôlée par l'apprenant ne permettrait pas d'individualiser l'apprentissage plutôt que de faire évoluer la difficulté selon un algorithme au fonctionnement rigide.

III. La difficulté contrôlée par l'apprenant

Comme nous avons pu le voir dans le chapitre précédent, la considération de l'individu comme un élément actif du processus d'apprentissage est une notion relativement récente. Quelques études se sont concentrées sur le rôle actif de l'apprenant en donnant notamment la possibilité aux apprenants de contrôler le feedback (Chiviakowsky & Wulf, 2002, 2005 ; Chiviakowsky & coll, 2008a, 2008b ; Huet & coll, 2009a, 2009b ; Janelle & coll, 1995, 1997), l'aide physique (Wulf & Toole, 1999 ; Wulf & coll, 2001), l'observation d'un modèle (Wrisberg & Pein, 2002 ; Wulf & coll, 2005) et l'organisation de la pratique (Bund & Weimeyer, 2004 ; Keetch & Lee, 2007 ; Titzer, Shea & Romack, 1993).

Toutefois très peu d'études ont manipulé la difficulté de la tâche selon les choix de l'apprenant. A ce sujet, Williges & Williges (1977) ont été des précurseurs dans la manipulation de la difficulté de la tâche. Dans une tâche de poursuite bidimensionnelle dont la difficulté était liée à la fréquence de déplacement de la cible, trois conditions de pratique étaient comparées :

- ✓ Groupe à « *difficulté fixe* » : la difficulté restait constante (0,55 Hz) ce qui fait que la performance des étudiants augmentait au fur et à mesure.

- ✓ Groupe à « *difficulté automatiquement adaptée* » : la difficulté s'adaptait aux performances du participant afin de maintenir constant le niveau de performance.
- ✓ Groupe à « *difficulté contrôlée* » : les apprenants dans cette condition pouvaient augmenter ou diminuer la difficulté pendant l'acquisition.

Durant la tâche de transfert, le niveau de difficulté changeait de manière aléatoire après chaque minute de poursuite et pour cela trois niveaux de difficulté étaient présentés (0,65 Hz, 0,55 Hz et 0,45 Hz). Bien qu'aucune différence ne soit apparue en acquisition, les participants des groupes dont la difficulté était « *contrôlée* » ou « *automatiquement adaptée* » ont commis moins d'erreurs en transfert que le groupe à « *difficulté fixe* ». Toutefois de cette étude se dégagèrent deux limites importantes qui pourraient nuancer les résultats. D'une part, le protocole ne comportait que six participants de chaque sexe dans chaque condition ce qui semble faible pour généraliser ces résultats à l'ensemble de la population. D'autre part, l'absence de groupe « *apparié* » ne permettait pas de distinguer le rôle spécifique de la condition autocontrôle. En effet, pour mettre en évidence un effet éventuel de l'autocontrôle sur l'apprentissage de la tâche, il est nécessaire de comparer les performances en acquisition, rétention et/ou transfert de participants qui peuvent choisir les valeurs du paramètre contrôlé avec celles de participants subissant les choix de leur homologue auquel chacun d'eux est apparié. Ainsi, l'évolution du paramètre au cours de la pratique initiale est identique, en moyenne, dans les deux groupes qui ne se différencient que sur la possibilité ou non de choisir les valeurs de ce paramètre.

Plus récemment dans une étude présentée en 2004, Wu & Magill ont manipulé la difficulté de la tâche en variant les distances de putt (3, 4,5 et 6 pieds) dans une situation de putting en golf. Pour cela les participants étaient répartis de manière aléatoire soit dans le groupe « *autocontrôle* », soit dans le groupe « *apparié* ». Les participants du groupe « *autocontrôle* » pouvaient choisir la distance de putt pour chaque essai durant la phase d'acquisition pendant que les participants du groupe « *apparié* » se voyaient imposer ces distances par les choix de leurs homologues. Les résultats en tests de transfert ont montré que les participants du groupe « *autocontrôle* » avaient des performances significativement meilleures que ceux du groupe « *apparié* ». Ainsi, le fait d'impliquer activement les apprenants durant l'acquisition en leur donnant la possibilité de structurer l'organisation des essais d'acquisition peut produire des traitements d'information pouvant améliorer l'apprentissage d'habiletés motrices. Ce constat fut répliqué dans une étude de Wu, Magill &

Foto (2005) dans laquelle trois séquences de frappes sur le clavier ayant des structures temporelles différentes étaient testées sur des groupes « *autocontrôle* » et « *apparié* ». Même si les participants du groupe « *autocontrôle* » avaient des scores d'erreur absolue inférieurs au groupe « *apparié* » en test de transfert, cette différence n'était malgré tout pas significative. On peut noter que durant l'acquisition les participants du groupe « *autocontrôle* » choisissaient les tâches selon un ordre qui se rapprochait d'une pratique bloquée.

Au final, on constate que même lorsque la difficulté de la tâche est contrôlée par les apprenants, le paramètre contrôlant l'évolution de la difficulté ne peut correspondre qu'à un faible nombre des valeurs prédéterminées par l'expérimentateur ce qui réduit les possibilités de personnaliser les conditions d'apprentissage. Aussi, on peut supposer que le fait de laisser le choix à l'apprenant de moduler la difficulté selon son niveau d'habileté permettrait de maintenir une difficulté optimale c'est-à-dire d'avoir à traiter une quantité d'information correspondant au challenge point de Guadagnoli & Lee (2004).

PARTIE II :
PARTIE EXPERIMENTALE

EXPERIENCE I : EFFET DE L'AUTOCONTROLE DE LA DIFFICULTE DE LA TACHE SUR L'APPRENTISSAGE D'UNE TACHE COMPLEXE D'ANTICIPATION- COINCIDENCE

I. Objectif

Cette première expérience a pour objectif d'apporter des données supplémentaires sur le rôle de l'autocontrôle dans le champ de l'apprentissage moteur. Comme nous l'avons vu dans la partie théorique, de nombreux travaux ont montré que donner la possibilité à l'apprenant de contrôler un paramètre de la tâche améliore l'apprentissage moteur. Par exemple quand les participants décident des essais auxquels le feedback leur est présenté, ils réalisent de meilleures performances que leurs homologues appariés mais également que ceux qui reçoivent le feedback à chaque essai (Chiviawsky & Wulf, 2002, 2005 ; Chiviawsky & coll, 2008a ; Chiviawsky & coll, 2008b). De la même manière, l'apprentissage moteur est amélioré lorsque les participants peuvent visionner une démonstration de l'habileté (Wrisberg & Pein, 2002; Wulf, Raupach, & Pfeiffer, 2005), avoir une aide physique (Wulf & coll, 2001 ; Wulf & Toole, 1999), avoir un feedback concurrent lors de la tâche (Huet & coll, 2009a ; Huet & coll, 2009b) ou encore intervenir sur l'organisation temporelle des tâches à apprendre (Bund & Wiemeyer, 2004 ; Keetch & Lee, 2007 ; Titzer & coll, 1993).

Notre revue de la littérature nous laisse penser que, de tous les paramètres pouvant être changés durant la pratique afin d'être adaptés aux besoins de l'apprenant, le niveau de difficulté de la tâche semble être un des plus importants (Albaret & Thon, 1998 ; Choi & coll, 2008 ; Famose, 1990 ; Wulf & Shea, 2002 ; Wulf, Töllner, & Shea, 2007). Comme cela a pu être souligné par de nombreux auteurs (French, et coll, 1991 ; Guadagnoli & Lee, 2004 ; Kelley, 1969 ; Lintern & Gopher, 1978 ; Williges & Williges, 1977), le niveau de difficulté doit être adapté au niveau d'habileté de l'apprenant pour atteindre un optimum correspondant

à un « challenge point » (Guadagnoli & Lee, 2004) afin de promouvoir l'acquisition de l'habileté : ainsi si la difficulté de la tâche est trop faible ou trop élevée, l'apprentissage sera détérioré car la tâche sera respectivement trop simple ou trop difficile. Le niveau de difficulté peut être adapté durant la pratique en fonction de la performance de l'apprenant (Choi & coll, 2008, Kelley, 1969 ; Mané, Adams & Donchin, 1989), ou bien librement ajusté par l'apprenant selon une condition autocontrôle.

Le but de notre étude est de déterminer l'effet de l'autocontrôle de la difficulté de la tâche sur l'apprentissage moteur. Selon l'hypothèse du challenge point (Guadagnoli & Lee, 2004), la quantité d'information interprétable devrait être continuellement adaptée aux progrès de l'apprenant afin d'atteindre une difficulté opérationnelle optimale facilitant l'apprentissage. De plus, de précédents résultats expérimentaux ont montré que l'apprenant serait le plus à même de déterminer le niveau de difficulté de la tâche optimal à un essai donné selon sa capacité à réussir ou non la tâche. Par conséquent, nous supposons qu'une condition de pratique, dans laquelle les participants pourraient ajuster le niveau de difficulté de la tâche, serait plus bénéfique pour l'apprentissage qu'une condition dans laquelle ce paramètre est imposé. Pour cela, nous utilisons une tâche complexe d'anticipation-coïncidence dans laquelle les participants doivent intercepter trois cibles chutant verticalement sur un écran d'ordinateur en déplaçant horizontalement une raquette virtuelle. Le niveau de difficulté de la tâche était déterminé par la largeur de la raquette virtuelle et pouvait être soit choisi par l'apprenant au début de chaque essai soit imposé au participant selon les choix fait par un homologue auquel il était apparié. L'apprentissage était mesuré lors de deux tests de rétention effectués quinze minutes après la fin de l'acquisition pour le premier et un jour plus tard pour le second.

II. Méthode

1. Participants

Trente-huit volontaires droitiers (douze femmes et vingt-six hommes dont la moyenne d'âge est de 23,3 ans : Ecart type = 1,6) ayant une vision normale ou parfaitement corrigée ont participé à cette expérience. Tous les participants ont donné leur consentement éclairé avant leur participation à cette étude. Aucun d'entre eux n'avait une pratique intensive des jeux vidéos et n'avait effectué d'expériences préalables sur le matériel de recherche ainsi que sur les hypothèses testées dans cette expérience.

2. Dispositif et tâche

Un ordinateur (PC), un clavier, un écran couleur (19 pouces : 38,4 cm de large x 28,8 cm de haut) et une tablette graphique (Wacom Intuos3 A3) étaient placés sur une table standard (Figure 24). La résolution d'écran était en SXGA (Super eXtended Graphic Array soit 1280 x 1024) de telle sorte que la taille d'un pixel soit de 0,3 mm x 0,281 mm. Les participants devaient s'asseoir sur une chaise en face de l'écran, à une distance d'environ 80 cm afin de pouvoir correctement utiliser le stylet avec leur main droite sur la tablette graphique. L'expérience était contrôlée dans son intégralité par un programme développé sous Visual Basic (Microsoft VB.net).

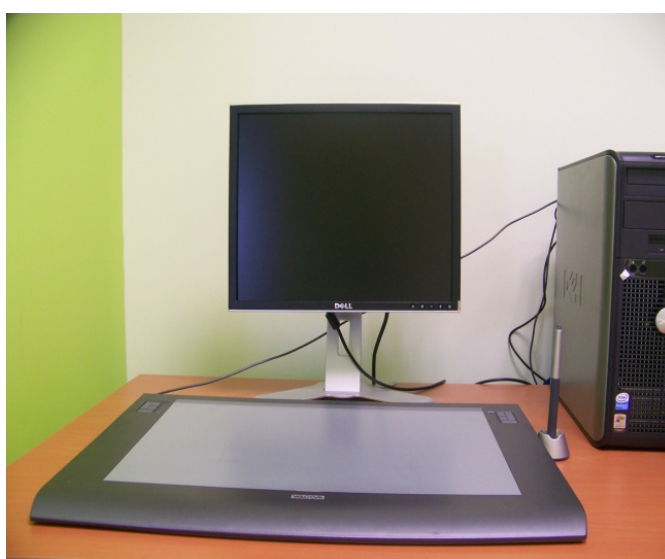


Figure 24 : Photographie du matériel expérimental

La tâche consistait à intercepter trois cibles (représentées par des carrés de couleurs différentes de 4,5 mm de côté ou 15 pixels) chutant verticalement de manière rectiligne d'une hauteur de 203,725 mm ou 725 pixels (Figure 25). L'interception était réalisée en déplaçant une raquette virtuelle (de largeur variable et de 2,25 mm ou 8 pixels de hauteur) sur une ligne d'interception située à 22,48 mm ou 80 pixels du bas de l'écran suivant les déplacements du stylet sur la tablette graphique. Les trois cibles étaient organisées de façon à ce que le participant doive intercepter dans un premier temps la cible de droite (située à 255 mm ou 850 pixels du bord gauche) puis celle de gauche (à 45 mm ou 150 pixels du bord gauche) et enfin celle du milieu (à 150 mm ou 500 pixels du bord gauche). La vitesse des trois cibles était respectivement de 900, 600 et 450 pixels/s ou 253, 168,6 et 112,4 mm/s, de telle sorte qu'elles atteignaient la ligne d'interception distante de 645 pixels respectivement en 694, 1042 et 1562 ms. Les participants devaient donc déplacer la raquette de la gauche vers la droite pour

intercepter la première cible (la plus à droite), puis repartir vers la gauche pour intercepter la seconde cible (la plus à gauche) et enfin inverser encore le sens de mouvement pour repartir à droite intercepter la troisième cible (celle du milieu). La fréquence d'échantillonnage était de 100 Hertz (Hz) c'est-à-dire que la position de la raquette (sur l'axe x) et celle des cibles à l'écran (sur l'axe y) était actualisée et enregistrée toutes les 10 ms.

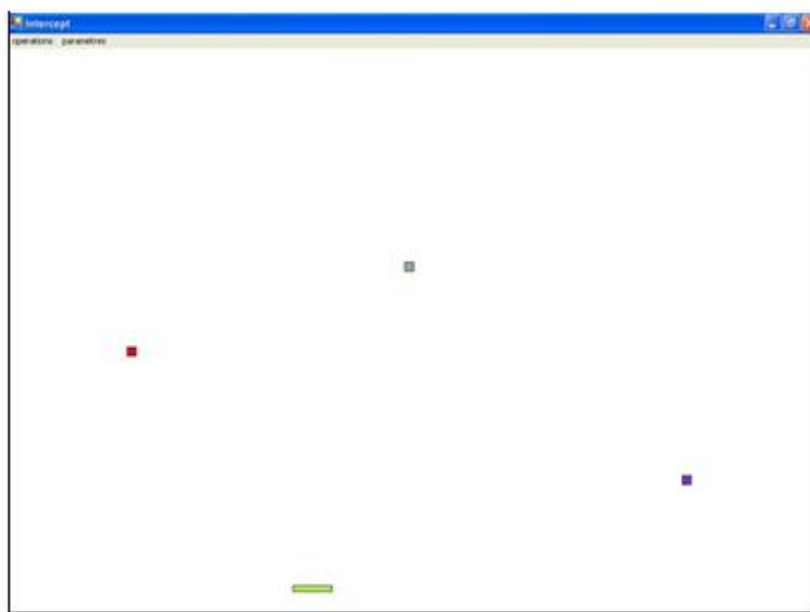


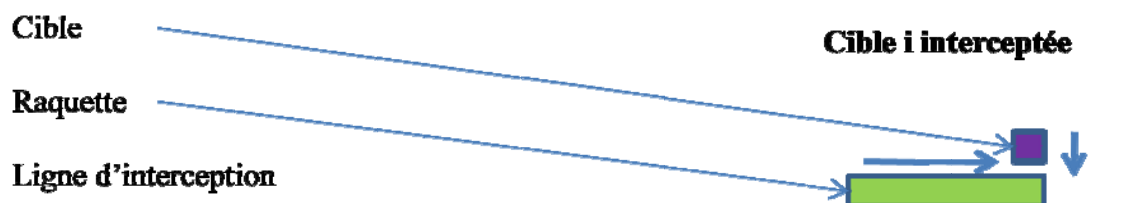
Figure 25 : Illustration du déroulement d'un essai. Les trois cibles se déplacent verticalement à des vitesses différentes. Elles doivent être interceptées en déplaçant la raquette (en vert) sur l'axe horizontal.

3. Procédure

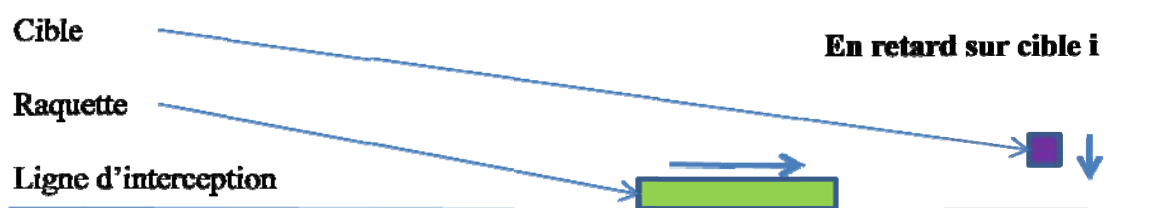
Au début de chaque essai, les trois cibles apparaissaient dans leurs positions de départ respectives et un message demandait au participant de déplacer le stylet afin de placer la raquette contre le bord gauche de l'écran. Le participant pouvait décider de lancer l'essai lorsqu'il ou elle se considérait prêt(e) en appuyant sur le bouton du stylet. Puis, sans délai, le message disparaissait et les trois cibles chutaient à leurs vitesses respectives, et le participant devait déplacer la raquette pour les intercepter. Le participant pouvait aisément vérifier si la cible était interceptée étant donné qu'une cible interceptée disparaissait alors qu'une cible ratée continuait à être visible après qu'elle ait franchit la ligne d'interception située au bas de l'écran. Durant l'intégralité de l'étude, l'expérimentateur vérifiait que le stylet reste en permanence en contact avec la tablette pour éviter que toute forme de pointage qui pourrait biaiser les résultats. Toute variation de position du stylet sur l'axe des ordonnées n'entraînait

pas de changement correspondant à l'écran, la raquette ne se déplaçant que sur une dimension (horizontale).

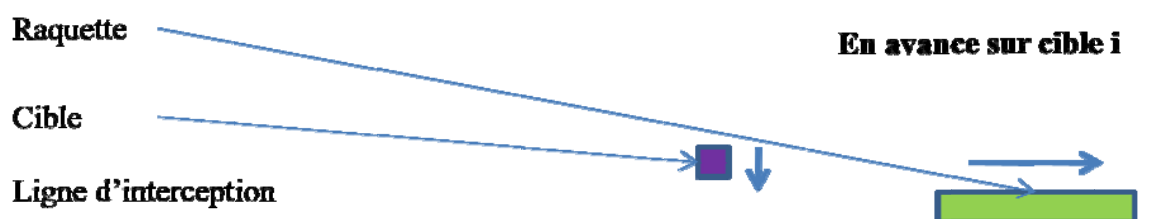
A la fin de chaque essai, un message apparaissait au centre de l'écran pour donner la CR pour chaque cible. Si la raquette touchait la cible avant qu'elle n'ait franchit la ligne d'interception (cf Figure 26), l'information était donnée sous la forme « cible i interceptée ».



Si la raquette se déplaçait vers le point de chute de la cible quand celle-ci franchissait la ligne d'interception (cf Figure 27), l'information délivrée était « en retard sur la cible i ».



Enfin si la raquette avait dépassé la cible quand cette dernière dépassait la ligne d'interception (cf Figure 28), l'information était « en avance sur la cible i ».



La session d'acquisition comprenait 100 essais dont le premier était réalisé avec une largeur de raquette de dix pixels (3 mm). Les participants de l'expérience étaient informés que la largeur de raquette rencontrée au premier essai constituerait le niveau de difficulté auquel ils seraient confrontés lors des tests de rétention. Chaque participant avait donc 99 essais pour s'entraîner dans cette tâche d'interception selon les modalités de sa condition avant d'être testé en rétention. Suite à la phase d'acquisition, les participants disposaient d'une pause de quinze minutes après laquelle ils effectuaient vingt essais de rétention immédiate. Pour

terminer le protocole, ils revenaient le lendemain pour être testés lors de vingt essais de rétention avec délai. Lors des tests de rétention, la CR n'était plus délivrée et la largeur de la raquette (10 pixels ou 3 mm) était identique pour tous les individus quelle que soit leur condition de départ.

Chaque participant de cette étude était aléatoirement assigné soit au groupe « *autocontrôle* », soit au groupe « *apparié* » de telle sorte que chaque groupe comporte six femmes et treize hommes. Lors de la phase d'acquisition, chaque participant du groupe « *autocontrôle* » devait, avant de lancer l'essai, choisir la largeur de la raquette pour l'essai à venir sauf pour le premier essai au cours duquel la difficulté était imposée à 10 pixels (3 mm) et communes à tous les participants. L'expérimentateur entrait alors la valeur choisie par le participant sur le pavé numérique du clavier. Chaque séquence de largeur de raquette choisie par un participant du groupe « *autocontrôle* » était réutilisée pour un participant du groupe « *apparié* » du même sexe de telle sorte que ce dernier ait exactement la même évolution de la difficulté sans pour autant en avoir eu le choix. Les participants du groupe « *apparié* » étaient informés que la largeur de la raquette évoluerait de manière aléatoire d'un essai à l'autre.

4. Analyse de données

Pour chaque essai et chaque cible nous avons mesuré la distance entre le centre de la raquette et le centre de la balle au moment où elle franchissait la ligne d'interception. Si le participant était « en retard » alors une valeur négative était assignée à la distance mesurée (Erreur Constante ou EC). A l'inverse, si le participant était « en avance » alors une valeur positive était assignée à la distance mesurée. Il est important de préciser que le mode de calcul de l'EC était identique pour les balles 1 et 3, le déplacement de la raquette se faisant de la gauche vers la droite dans les deux cas et opposé pour la balle 2, le déplacement se faisant de la droite vers la gauche. L'Erreur Absolue (EA) était donc calculée en faisant la moyenne de la valeur absolue de l'Erreur Constante de chacune des cibles. Si la valeur absolue était appliquée après avoir fait la moyenne de l'EC des trois cibles, on parlerait alors d'Erreur Constante Absolue (Magill, 2011). Nous avons fait le choix de prendre l'EA plutôt que l'ECA comme mesure de la précision. L'inconvénient de l'ECA est que l'appréciation de la précision peut être biaisée par la compensation entre des erreurs négatives et positives. Prenons par exemple le cas d'un individu qui effectue à un essai donné des erreurs en pixels de 30, -40 et 10 respectivement aux cibles 1, 2 et 3 et comparons les résultats obtenus en EA et ECA.

$$EA = \frac{|30|+|-40|+|10|}{3} = \frac{80}{3} \approx 26,6 \quad \text{alors que} \quad ECA = \left| \frac{30-40+10}{3} \right| = 0$$

Ainsi la précision correspond à l'EA c'est-à-dire la valeur absolue de l'EC et sa variabilité est calculée sous le nom d'Erreur Variable (EV) en utilisant l'écart type de l'EA. La performance était également évaluée grâce au nombre de cibles interceptées (de zéro à trois) pour chaque essai. Nous avons également enregistré les largeurs de raquette choisies par les participants afin d'analyser la variation de la difficulté de la tâche durant la phase d'acquisition. Toutes les données préalablement citées étaient moyennées par blocs de cinq essais en acquisition et en rétention. Enfin pour chaque groupe, nous avons calculé la corrélation entre la moyenne de l'EA à l'essai n et le changement de largeur de raquette à l'essai n+1. Cette corrélation est un bon indicateur de la stratégie adoptée par les participants pour contrôler le niveau de difficulté de la tâche en rapport avec leur performance à l'essai précédent.

III. Résultats

1. Acquisition

Pour la phase d'acquisition les données d'EA, d'EV et du nombre de cibles interceptées ont été analysées grâce à une ANOVA de 2 (Groupes : « *autocontrôle* » ; « *apparié* ») x 20 (Blocs d'essais) à mesures répétées sur le dernier facteur.

1.1. Erreur Absolue

L'effet groupe est significatif, $F(1,36) = 6,63$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,16$. Les participants du groupe « *autocontrôle* » étaient plus précis (EA moyenne = 10,27 mm ; ES = 0,6 mm) que leurs compères du groupe « *apparié* » (EA moyenne = 14,02 mm ; ES = 1,3 mm). Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(19,684) = 46,44$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,56$. Les participants des deux groupes devenaient de plus en plus précis au fil des essais. L'interaction n'est pas significative, $F(19,684) = 1,24$; NS.

La différence entre les deux groupes étant apparue très tôt lors de l'acquisition, nous pouvions penser que le groupe « *apparié* » était tout simplement moins habile dès le départ que le groupe « *autocontrôle* ». Toutefois une analyse essai par essai (t de student) a permis

de révéler que la différence significative entre les deux groupes n'apparaissait qu'au huitième essai. D'autre part, lorsque l'on sait que le premier essai était effectué au niveau de difficulté maximal, nous pouvons l'assimiler à un essai de familiarisation et ce d'autant plus qu'une majeure partie des participants bougeait à peine la raquette car surpris par la vitesse de chute des cibles. Nous pouvons donc considérer qu'il n'existait aucune différence entre les deux groupes dès le début de l'étude.

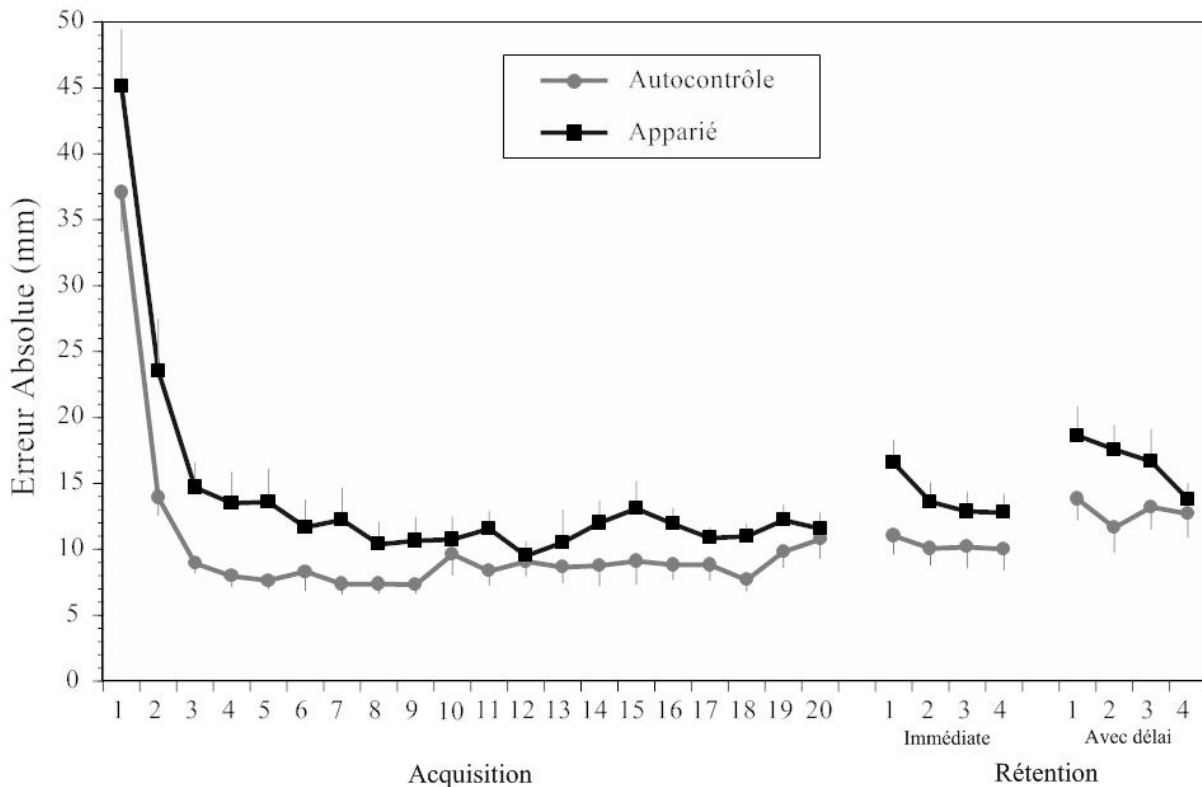


Figure 29 : Erreur Absolue moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

1.2. Erreur Variable

L'effet groupe est significatif, $F(1,36) = 6,21$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,15$. Les participants du groupe « *autocontrôle* » étaient plus réguliers (EV moyenne = 7,89 mm ; ES = 0,56 mm) que leurs compères du groupe « *apparié* » (EV moyenne = 11,52 mm ; ES = 1,34 mm). Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(19,684) = 28,36$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,44$. Les participants des deux groupes devenaient plus réguliers au fil des essais. Toutefois l'interaction n'est pas significative, $F(19,684) = 1,31$; NS.

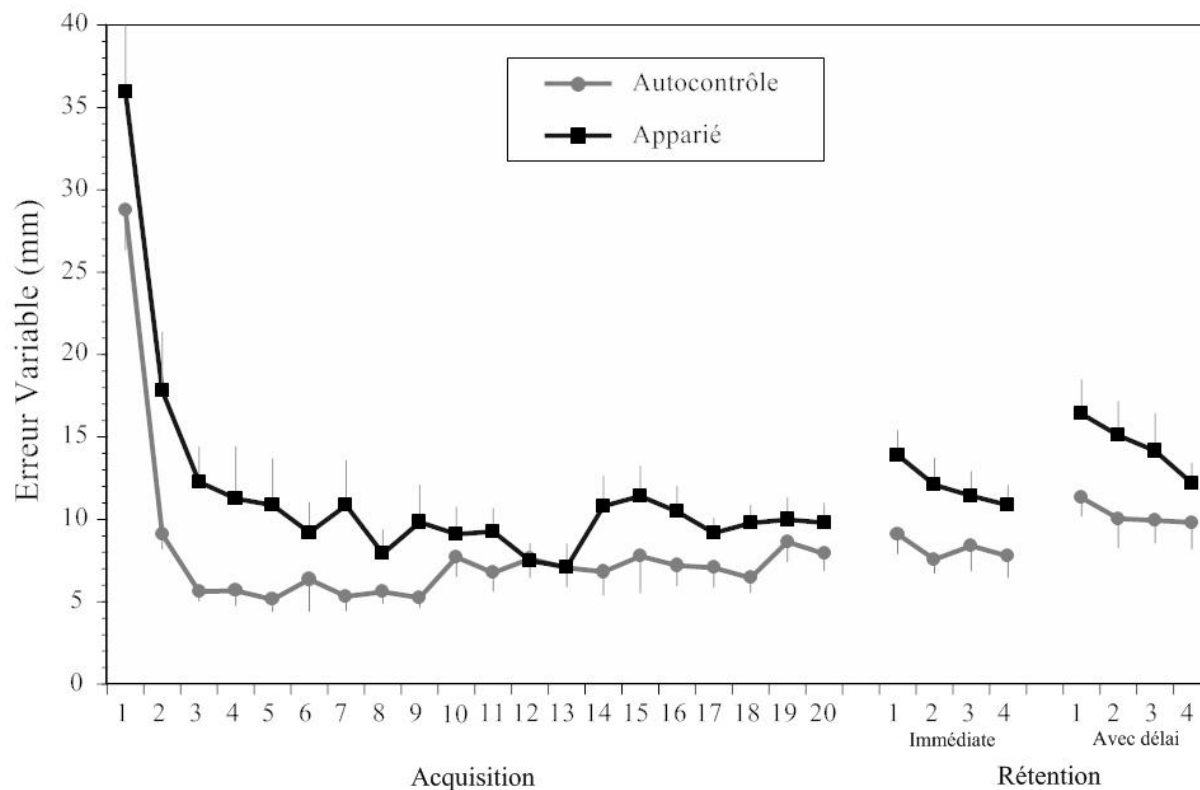


Figure 30 : Erreur Variable moyenne en fonction du bloc d'essais des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

1.3. Nombre de cibles interceptées

Le nombre de cibles interceptées variait de manière significative au fil des essais, $F(19,684) = 19,24$; $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,35$. Comme nous pouvons le constater sur la Figure 31, le nombre de cibles interceptées augmentait d'un coup entre le premier et le troisième bloc puis diminuait régulièrement au cours de la phase d'acquisition. Toutefois, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes $F(1,36) = 2,67$; NS. L'interaction n'est pas significative $F < 1$.

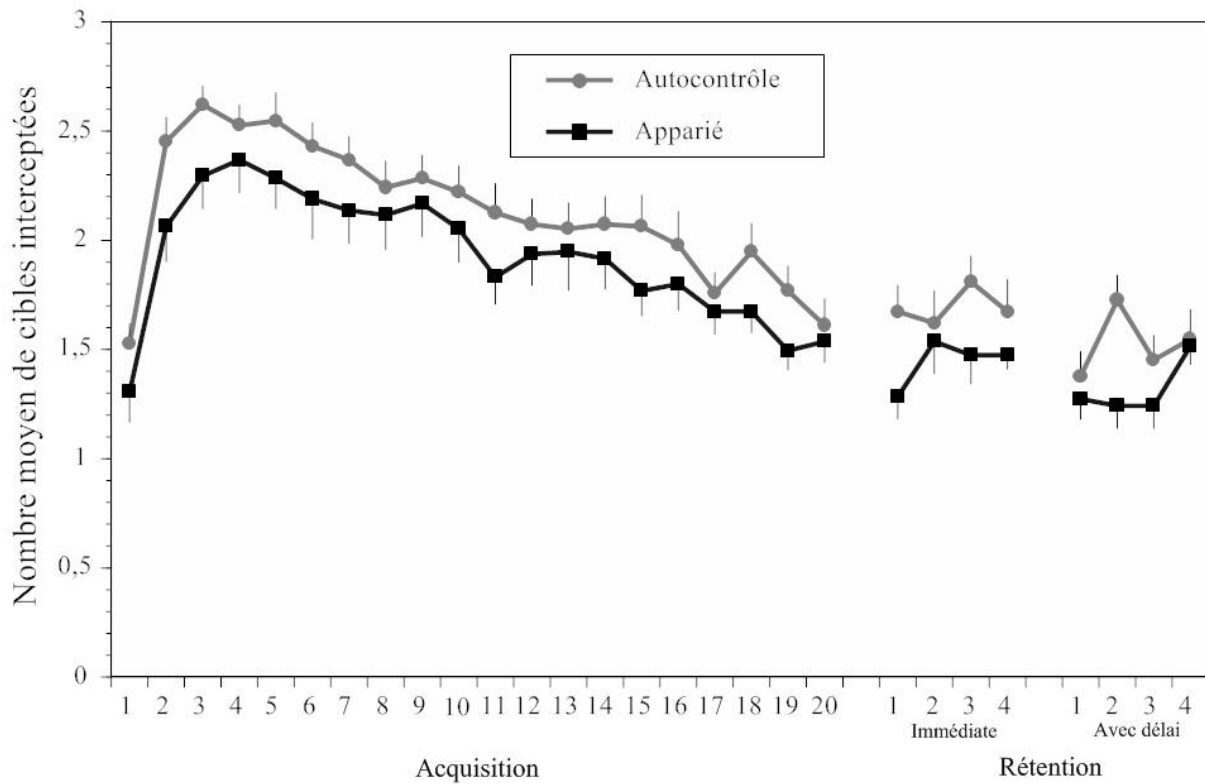


Figure 31 : Nombre de cibles interceptées en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

1.4 Variation de la largeur de la raquette en fonction du bloc d'essais pour les participants du groupe « *autocontrôle* »

Comme nous pouvons l'observer dans la Figure 32, la largeur de raquette moyenne choisie par les participants du groupe « *autocontrôle* » diminuait régulièrement au fil des blocs d'essais, mettant en évidence la tendance des participants à augmenter le niveau de difficulté de la tâche au fur et à mesure de la phase d'acquisition. Par ailleurs, la largeur moyenne de la raquette lors du dernier bloc d'essais (3,36 mm ou 11,2 pixels) était presque identique à la largeur de raquette avec laquelle les participants étaient confrontés lors des tests de rétention (3 mm ou 10 pixels).

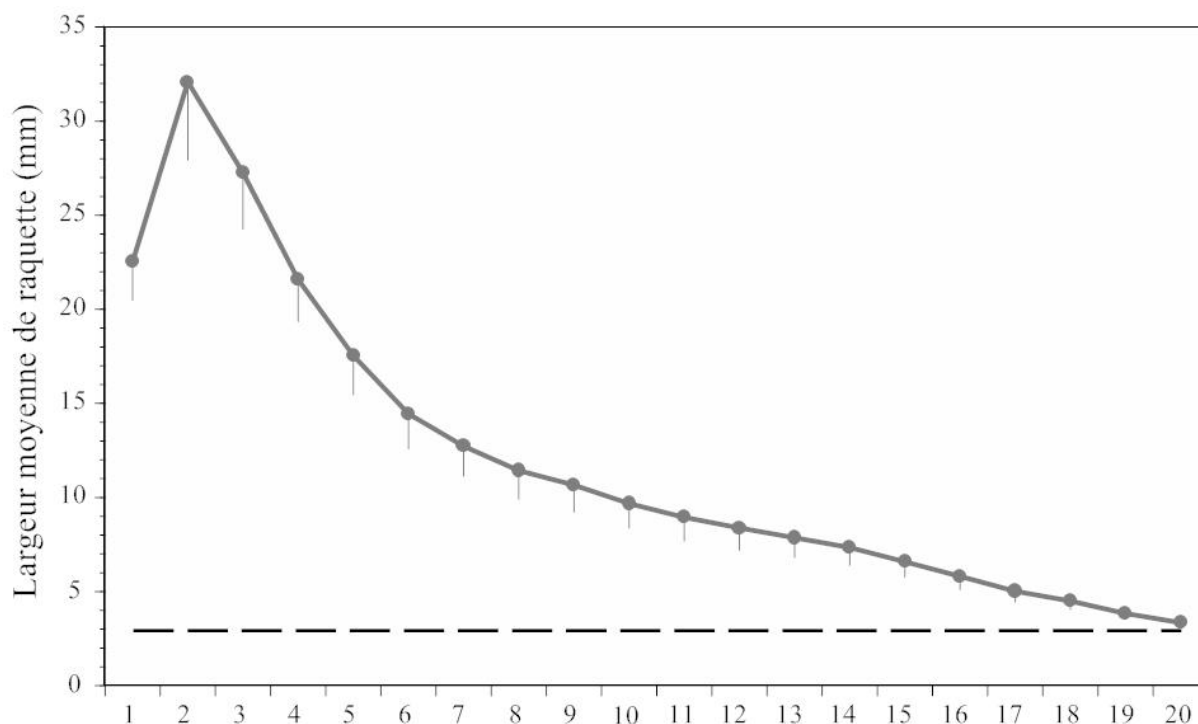


Figure 32 : Largeur de raquette moyenne demandée par les participants du groupe « *autocontrôle* » en fonction du bloc d'essais lors la phase d'acquisition. La ligne en pointillés correspond à la largeur de raquette utilisée lors des tests de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

1.5 Corrélation entre l'Erreur Absolue à l'essai n et le changement de largeur de raquette entre l'essai n et l'essai n+1 pour les participants du groupe « *autocontrôle* » durant la phase d'acquisition

Pour tous les participants du groupe « *autocontrôle* », une corrélation significative existe entre l'EA moyenne à l'essai n et le changement de largeur de raquette demandé à l'essai n+1. Les coefficients de corrélation vont de 0,21 à 0,87. La valeur moyenne de la transformée de Fisher (z) des corrélations individuelles (r) est de 0,58 (ES = 0,06), correspondant à un coefficient égal à 0,52. Le même calcul pour le groupe « *apparié* » a donné un coefficient égal à 0,18. Les participants du groupe « *autocontrôle* » ont donc tendance à choisir la largeur de la raquette en fonction de leur performance à l'essai précédent.

2. Rétention

Pour les tests de rétention, une ANOVA de 2 (Groupes : « *autocontrôle* », « *apparié* ») x 2 (Sessions : rétention immédiate, rétention avec délai) x 4 (Blocs d'essais) à mesures répétées sur les deux derniers facteurs était effectuée en utilisant l'EA, l'EV et le nombre de cibles interceptées comme variables dépendantes. Par ailleurs, afin de diminuer un possible

effet de réapprentissage dû à un trop grand nombre d'essais pratiqués lors des tests de rétention (i.e. 20 essais), nous avons conduit une analyse complémentaire sur les deux premiers blocs d'essais de chaque test de rétention.

2.1. Erreur Absolue

L'effet groupe est significatif, $F(1,36) = 5,47$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,13$. Les participants du groupe « *autocontrôle* » restaient plus précis (EA moyenne = 11,58 mm ; ES = 1,04 mm) que leurs compères du groupe « *apparié* » (EA moyenne = 15,31 mm ; ES = 1,01 mm) dans les deux tests. L'effet de la session est significatif, $F(1,36) = 10,65$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,13$. Les participants étaient moins précis lors du test de rétention avec délai (EA moyenne = 14,75 mm ; ES = 1,06 mm) que lors du test de rétention immédiate (EA moyenne = 12,14 mm, ES = 0,79 mm). L'interaction groupe x délai n'est pas significative, $F < 1$. Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(3,108) = 2,88$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,07$. Les participants continuaient d'améliorer leur précision du premier bloc d'essais (EA moyenne = 15,01 mm ; ES = 1,02 mm) au dernier (EA moyenne = 12,33 mm ; ES = 0,92 mm).

Pour le test de rétention immédiate, l'effet groupe est significatif, $F(1,36) = 6,06$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,14$. Les participants du groupe « *autocontrôle* » restaient plus précis (EA moyenne = 10,32 mm ; ES = 1,08 mm) que leurs homologues appariés (EA moyenne = 13,95 mm, ES = 1,01 mm) après une pause de quinze minutes. L'effet bloc n'est pas significatif, $F(3,108) = 1,63$; NS. L'interaction n'est pas significative, $F(3,108) < 1$. Une analyse complémentaire effectuée sur les deux premiers blocs d'essais confirme la différence significative entre les deux groupes, $F(1,36) = 6,81$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,16$.

Pour le test de rétention avec délai, l'effet groupe, l'effet bloc et l'interaction ne sont pas significatifs. Une analyse complémentaire effectuée sur les deux premiers blocs d'essais révèle une différence significative entre les deux groupes, $F(1,36) = 4,85$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,12$. Les participants du groupe « *autocontrôle* » étaient significativement plus précis (EA moyenne = 12,73 mm ; ES = 1,57 mm) que leurs homologues du groupe « *apparié* » (EA moyenne = 18,1 mm ; ES = 1,87 mm) après un délai de 24h.

2.2. Erreur Variable

L'effet groupe est significatif, $F(1,36) = 6,19$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,15$. Les participants du groupe « *autocontrôle* » étaient plus réguliers (EV moyenne = 9,24 mm ; ES = 1,03 mm) que leurs compères du groupe « *apparié* » (EV moyenne = 13,27 mm ; ES = 1,08 mm). Il y a un effet significatif du délai, $F(1,36) = 10,19$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,11$. Les participants étaient moins réguliers en rétention avec délai (EV moyenne = 12,37 mm ; ES = 1,02 mm) qu'en rétention immédiate (EV moyenne = 10,14 mm ; ES = 0,73 mm). De plus, l'interaction groupe x délai n'est pas significative, $F < 1$. Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(3,108) = 3,5$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,11$. L'EV tend à diminuer de manière régulière du premier bloc d'essais (EV moyenne = 12,68 mm ; ES = 0,87 mm) au dernier (EV moyenne = 10,16 mm ; ES = 0,8 mm).

Pour le test de rétention immédiate, l'effet groupe est significatif, $F(1,36) = 8,43$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,19$. Les participants du groupe « *autocontrôle* » restaient plus réguliers (EV moyenne = 8,21 mm ; ES = 0,91 mm) que leurs homologues appariés (EV moyenne = 12,07 mm ; ES = 0,97 mm) après une pause de quinze minutes. L'effet bloc n'est pas significatif, $F(3,108) = 1,4$; NS. L'interaction n'est pas significative, $F(3,108) < 1$. Une analyse complémentaire effectuée sur les deux premiers blocs d'essais confirme la différence significative entre les deux groupes, $F(1,36) = 9,11$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,2$.

Pour le test de rétention avec délai, l'effet groupe est significatif, $F(1,36) = 4,61$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,11$. Les participants du groupe « *autocontrôle* » étaient significativement plus réguliers (EV moyenne = 10,28 mm ; ES = 1,27 mm) que leurs homologues du groupe « *apparié* » (EV moyenne = 14,46 mm ; ES = 1,48 mm) après un délai de 24h. L'effet bloc n'est pas significatif, $F(3,108) = 1,88$; NS. L'interaction n'est pas significative, $F(3,108) < 1$. Une analyse complémentaire effectuée sur les deux premiers blocs d'essais confirme une différence significative entre les deux groupes, $F(1,36) = 4,78$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,12$.

2.3. Nombre de cibles interceptées

L'effet groupe est significatif, $F(1,36) = 4,8$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,12$. Les participants du groupe « *autocontrôle* » interceptaient en moyenne plus de cibles (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,61 ; ES = 0,08) que ceux du groupe « *apparié* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,38 ; ES = 0,06). L'effet délai est également significatif, $F(1,36) = 5,49$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,07$. Le nombre moyen de cibles interceptées tendait à diminuer entre le test de

rétenion immédiate (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,57 ; ES = 0,01) et celui de rétenion avec délai (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,42 ; ES = 0,02). L'interaction groupe x délai n'est pas significative, $F < 1$. L'effet bloc n'est également pas significatif, $F(3,108) = 1,6$; NS.

Pour le test de rétenion immédiate, l'effet groupe n'est pas significatif, $F(1,36) = 4,02$, $p = 0,052$; NS. L'effet bloc n'est pas significatif, $F(3,108) < 1$, tout comme l'interaction, $F(3,108) < 1$. Une analyse complémentaire effectuée sur les deux premiers blocs d'essais n'a pas révélé de différence significative entre les deux groupes, $F(1,36) = 2,26$; NS.

Pour le test de rétenion avec délai, l'effet groupe n'est pas significatif, $F(1,36) = 3,09$; NS. L'effet bloc est significatif, $F(3,108) = 3,16$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,08$. L'interaction est significative, $F(3,108) = 3,05$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,08$. Une analyse complémentaire effectuée sur les deux premiers blocs d'essais n'a pas révélé de différence significative entre les deux groupes, $F(1,36) = 5,15$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,13$. Les participants du groupe « *autocontrôle* » interceptaient plus de cibles (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,55 ; ES = 0,1) que ceux du groupe « *apparié* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,26 ; ES = 0,08) après un délai de 24h.

IV. Discussion

L'objectif de cette étude était de déterminer si l'autocontrôle de la difficulté de la tâche est bénéfique pour l'apprentissage moteur. Dans cette situation d'apprentissage, le niveau de difficulté de la tâche était soit choisi par le participant au début de chaque essai soit imposé au participant selon les choix effectués par un homologue auquel il était apparié. Les résultats ont confirmé l'hypothèse de départ concernant l'avantage de l'autocontrôle à la fois lors de la phase d'acquisition et lors des tests de rétenion. Durant l'acquisition, les apprenants du groupe « *autocontrôle* » étaient significativement plus précis et réguliers que ceux du groupe « *apparié* ». De plus, lors des tests de rétenion immédiate et avec délai, la performance du groupe « *autocontrôle* » restait significativement meilleure que celle du groupe « *apparié* », même si le choix de la difficulté de la tâche n'était plus autorisé. Compte tenu du fait que tous les participants pratiquaient la tâche dans les mêmes conditions durant les tests de rétenion, nous avons mené une analyse complémentaire sur les deux premiers blocs d'essais pour chaque variable dépendante afin de diminuer une possible contamination de nos données à

cause d'un nombre trop important d'essais pratiqués en rétention. Ces analyses ont révélé un net avantage de l'autocontrôle de la difficulté de la tâche comparé à une condition appariée, notamment pour le test de rétention avec délai. Ces résultats apportent de nouveaux éléments pour avancer que l'apprentissage d'une habileté motrice est amélioré lorsque l'apprenant peut ajuster librement la valeur d'un paramètre de la situation d'apprentissage. Plus précisément, les résultats confirment le rôle bénéfique de l'autocontrôle de la difficulté de la tâche suggéré par de précédents travaux (Williges & Williges, 1977 ; Wu & Magill, 2004; Wu, Magill & Foto, 2005). Toutefois, l'absence d'interaction groupe x bloc lors de l'acquisition pouvait suggérer que les deux groupes avaient des niveaux de performance différents avant même de pratiquer la tâche. Même si cette hypothèse ne peut pas définitivement être écartée, une analyse détaillée des résultats a révélé que les performances des apprenants des deux groupes en termes d'EA étaient identiques pour le premier bloc d'essais puis commençaient à diverger à partir du huitième essai d'acquisition. Cela semble donc suggérer que les différences de performance entre les deux groupes observées lors des tests de rétention ne peuvent pas entièrement être attribuées à un niveau d'habileté initialement différent.

Ces résultats sont en accord avec l'hypothèse du challenge point (Guadagnoli & Lee, 2004) qui considère que le potentiel d'apprentissage pouvant être acquis à un essai donné est déterminé par la quantité d'information traitée avant (plan d'action), pendant (feedback intrinsèque) et après (feedback extrinsèque) l'exécution de la réponse (Magill, 2011 ; Schmidt & Lee, 2005 ; Swinnen, 1996). Cette quantité d'information est liée entre autre à la difficulté de la tâche à apprendre (Albaret & Thon, 1998; Choi & coll, 2008; Guadagnoli & Lee, 2004; Keetch & Lee, 2007; Martin & Anshel, 1995 ; Wulf & Shea, 2002). Ainsi, si la tâche est trop facile au regard du niveau d'habileté de l'apprenant, la probabilité de succès est élevée et la quantité d'information fournie par son exécution est faible et ne contribue donc que très peu à améliorer l'apprentissage. A l'inverse, si la tâche est trop difficile, les probabilités de succès sont faibles et donc la quantité d'information liée à la tâche est trop importante pour être traitée efficacement. Par conséquent, une difficulté de la tâche optimale aurait tendance à promouvoir le traitement de l'information. Nos résultats indiquent que le participant serait le plus à même de déterminer le niveau de difficulté correspondant à une quantité optimale d'information interprétable en cours de pratique. Cette affirmation est soutenue par l'analyse de la corrélation entre les performances des participants du groupe « *autocontrôle* » et les changements de largeur de raquette demandés par ces derniers.

La performance du groupe « *autocontrôle* », en termes de nombre de cibles interceptées en fonction du bloc d'essais, n'était ni parfaite ni complètement nulle, suggérant que le choix de la largeur de raquette était effectué de manière à maintenir un *challenge* pour progresser d'un essai à l'autre. L'engagement des participants du groupe « *autocontrôle* » a aussi été révélé par la corrélation positive entre l'EA à un essai donné et le changement de largeur de raquette demandé au début de l'essai suivant. La largeur de raquette n'était donc pas choisie de manière aléatoire par ces participants mais plutôt en fonction de la performance atteinte à l'essai précédent. Un autre indicateur de l'implication des participants dans leur processus d'apprentissage est la réduction progressive de la largeur de raquette au fil des essais jusqu'à ce qu'elle rejoigne la valeur utilisée lors des tests de rétention. La stratégie des participants du groupe « *autocontrôle* » était d'adapter la difficulté de la tâche de telle sorte qu'elle s'approche du niveau requis lors des tests de rétention, même si cette adaptation s'accompagnait d'une diminution du nombre de cibles interceptées. Il faut mentionner que cette diminution du nombre de cibles interceptées était également le cas pour les participants du groupe « *apparié* » pour lesquels la largeur de raquette diminuait de la même façon. La performance du groupe « *apparié* » en termes de nombre moyen de cibles interceptées était équivalente à celle du groupe « *autocontrôle* » durant la phase d'acquisition. De plus, l'évolution de la difficulté de la tâche étant identique pour les deux groupes lors de la phase d'acquisition, la supériorité des participants du groupe « *autocontrôle* » lors des tests de rétention ne pouvait être attribuée qu'à leur capacité à déterminer librement la difficulté à laquelle ils voulaient être confrontés lors des essais d'acquisition. A l'inverse, les participants du groupe « *apparié* » ne pouvaient pas adapter la difficulté de la tâche d'un essai à l'autre selon leurs besoins perçus : une réduction de la largeur de raquette pouvait survenir après un essai raté et inversement, une augmentation de la largeur de raquette pouvant même survenir après un essai réussi. Au final, même si les changements de difficulté de la tâche étaient dans l'ensemble équivalents lors de l'acquisition pour les deux groupes, ils pouvaient s'effectuer de manière incohérente pour les participants du groupe « *apparié* ».

Il est communément admis que le fait de donner un contrôle sur le régime de pratique est un élément de motivation important pour la performance et l'apprentissage du fait d'un sentiment d'auto-efficacité accru (Bandura, 1993 ; Boekaerts, 1996 ; Lefcourt, 1966 ; Sarrazin, Roberts, Cury, Biddle & Famose, 2002). Le fait de donner aux apprenants une responsabilité dans leur processus d'apprentissage les a probablement incités à tenter différentes stratégies et par la même d'en sélectionner une selon leurs progrès perçus vers le

but de la tâche. En revanche, les participants du groupe « *apparié* » qui n'avaient aucun contrôle sur les conditions de pratique ont probablement été découragés de s'engager dans des activités nécessitant autant d'efforts, pourtant connues pour améliorer l'apprentissage (Lee, Swinnen & Serrien, 1994 ; Schmidt & Bjork, 1992). En effet, comme Chiviacowsky & Wulf (2005) ont pu le démontrer, la possibilité de contrôler un paramètre de la situation d'apprentissage n'améliore l'apprentissage que si l'apprenant choisit les conditions optimales de traitement de l'information (spécialement les feedbacks intrinsèques et extrinsèques) en fonction de ses besoins perçus. Les possibles disparités d'engagement dans la réalisation de la tâche selon le groupe auquel l'apprenant était rattaché est en accord avec la théorie du locus de contrôle (Rotter, 1966) se rapportant aux raisons d'un succès ou d'un échec dans une situation donnée. Par exemple, les personnes croyant que leur performance dépend surtout d'elles-mêmes auraient un locus de contrôle dit interne alors que celles qui sont persuadées que leur performance est avant tout déterminée par des facteurs extérieurs auraient un locus de contrôle dit externe. L'absence de choix dans leur environnement de pratique a probablement amené les participants du groupe « *apparié* » à attribuer leur échec à une cause externe, ce qui, selon Hardy & Nelson (1988), serait la source d'une diminution de la motivation et des efforts investis dans l'apprentissage chez les apprenants et pourrait donc expliquer la supériorité du groupe « *autocontrôle* ».

Cette étude apporte de nouveaux résultats contribuant à améliorer la compréhension des processus impliqués dans l'apprentissage moteur d'un point de vue théorique. Plus spécifiquement, nos résultats confirment que l'hypothèse du *challenge point* est un cadre conceptuel général pouvant nous permettre de mieux appréhender la relation entre difficulté de la tâche et apprentissage moteur. Cela conforte également le rôle bénéfique de l'implication de l'apprenant sur l'apprentissage moteur dans une situation d'autocontrôle. De plus, les principes généraux qui émergent de ce champ d'étude devraient davantage être pris en compte par les éducateurs sportifs afin d'améliorer l'acquisition d'habiletés motrices en autorisant le participant à intervenir dans son environnement de pratique. Plus précisément, la possibilité de déterminer le niveau de difficulté de la tâche lors de l'acquisition en fonction des progrès effectués semble apporter des bénéfices significatifs. Pour conclure, les erreurs étant plus importantes en début de pratique, nous pouvons supposer que si l'autocontrôle ne pouvait pas être disponible en permanence, il serait plus bénéfique durant cette phase plutôt qu'en fin de pratique au cours de laquelle les apprenants sont davantage capables de s'adapter.

EXPERIENCE II : LA PERIODE DURANT LAQUELLE L'AUTOCONTROLE DE LA DIFFICULTE EST POSSIBLE A-T'ELLE UN EFFET SUR L'APPRENTISSAGE D'UNE TACHE COMPLEXE D'ANTICIPATION-COINCIDENCE

I. Objectif

Cette seconde expérience a pour objectif d'approfondir les données apportées par notre première expérience sur le rôle de l'autocontrôle dans le champ de l'apprentissage moteur. En effet, comme nous avons pu le montrer lors des parties précédentes, nombreuses sont les études ayant montré les bénéfices apportés par une condition autocontrôle sur l'apprentissage moteur en proposant aux apprenants de contrôler diverses informations comme la réception sur demande d'un type de feedback (Chiviakowsky & Wulf, 2002, 2005 ; Chiviakowsky & coll, 2008a, 2008b ; Huet & coll, 2009a, 2009b ; Janelle & coll, 1995, 1997), la mise à disposition d'une aide physique (Wulf & coll, 2001 ; Wulf & Toole, 1999) ou encore l'observation d'un modèle (Wrisberg & Pein, 2002 ; Wulf, Raupach, & Pfeiffer, 2005). Le point commun de l'ensemble des études basées sur l'autocontrôle, y compris la notre, est que les apprenants du groupe en condition autocontrôle peuvent adapter un paramètre à leurs besoins durant l'intégralité de la phase d'acquisition alors qu'un autre groupe subit leur choix.

Dans les études basées sur l'autocontrôle, l'évolution des performances des apprenants lors de la phase d'acquisition est relativement similaire avec dans un premier temps une phase de découverte ou stade verbal-cognitif (Schmidt & Wrisberg, 2004) suivie d'une phase de perfectionnement ou stade moteur (Schmidt & Wrisberg, 2004). En effet, si l'on scinde en deux parties la phase d'acquisition du groupe autocontrôle de notre première expérience, on se rend compte qu'en début de pratique l'autocontrôle de la difficulté permet d'ajuster le niveau d'exigence de la tâche en termes d'information disponible au niveau d'habileté de

l'individu. Cette adaptation au moment où l'individu commet des erreurs ayant les plus grandes amplitudes, semble bénéfique tant du point de vue informationnel (Guadagnoli & Lee, 2004) que motivationnel (Bandura, 1993 ; Boekaerts, 1996 ; Ferrari, 1996 ; McCombs, 1989). Ainsi une difficulté mal ajustée lors de cette phase de découverte de la tâche pourrait diminuer à court terme la performance et donc ralentir à plus long terme l'apprentissage. En revanche en fin de pratique, lorsque l'amplitude des erreurs commises se révèle être moins importante, l'individu semblerait mieux préparé à faire face à des difficultés plus importantes voire même incohérentes. Aussi au cas où l'autocontrôle ne serait pas disponible durant l'intégralité de la phase d'acquisition on est en droit de se demander si l'autocontrôle de la difficulté serait plus bénéfique en début ou en fin d'acquisition. Cette hypothèse n'est pas sans rappeler l'étude de Maxwell, Masters, Kerr & Weedon (2001) sur les bénéfices de l'apprentissage sans erreurs. En effet, selon l'hypothèse du challenge point, la quantité d'information interprétable doit constamment être adaptée au niveau de l'apprenant afin d'avoir une difficulté opérationnelle optimale susceptible d'optimiser l'apprentissage. Or, comme Maxwell & coll (2001) ont pu le montrer, la performance de golfeurs dans une tâche de putting était significativement meilleure en rétention et en transfert pour ceux ayant systématiquement putté en augmentant progressivement la distance de putt et donc la difficulté opérationnelle (groupe sans erreurs ou « *errorless* ») comparé à ceux ayant vu la distance de putt diminuer au fur et à mesure (groupe avec erreurs ou « *errorfull* »). Le fait de réduire les erreurs lors de la pratique (comme pour le premier cité) favorise un mode d'apprentissage implicite (Berry & Broadbent, 1988) alors que des conditions de pratique induisant des erreurs relativement élevées (comme c'est le cas pour le second groupe) induit un mode d'apprentissage plus explicite.

Conformément à ces observations et au fait que l'apprenant n'ait pas un contrôle permanent sur ce paramètre, nous avons supposé que le fait de laisser l'apprenant contrôler la difficulté de la tâche en début d'acquisition serait plus bénéfique pour l'apprentissage qu'une condition autocontrôle lui permettant de moduler la difficulté en fin d'acquisition. Nous avons pour cela utilisé la même tâche que celle employée dans notre précédente étude sachant que le niveau de difficulté de la tâche était déterminé par la largeur de la raquette virtuelle. La difficulté de la tâche était donc choisie par certains participants en début d'acquisition puis elle leur était imposée par la suite alors que cette organisation était inversée pour leurs homologues. L'apprentissage était mesuré lors de deux tests de rétention immédiate et avec délai.

Méthode

1. Participants

Vingt quatre volontaires droitiers (douze femmes et douze hommes dont la moyenne d'âge est de 24,7 ans : Ecart type = 1,4) ayant une vision normale ou parfaitement corrigée ont participé à cette expérience. Tous les participants ont donné leur consentement éclairé avant leur participation à cette étude. Aucun d'entre eux n'avait une pratique intensive des jeux vidéos et n'avait participé à notre première étude. Aucun participant n'avait effectué d'expériences préalables sur le matériel de recherche ainsi que sur les hypothèses testées dans cette expérience.

2. Dispositif et tâche

Cette expérience était effectuée avec le même matériel que celui utilisé dans l'expérience précédente, à savoir un ordinateur, un clavier, un écran couleur et une tablette graphique. L'expérience dans son intégralité était contrôlée par un programme développé sous Visual Basic (Microsoft VB.net).

Comme dans l'expérience précédente, la tâche consistait à intercepter trois cibles chutant verticalement de manière rectiligne en déplaçant une raquette virtuelle sur une ligne d'interception suivant les déplacements du stylet sur la tablette graphique. Les participants devaient donc déplacer la raquette de la gauche vers la droite pour intercepter la première cible, puis repartir vers la gauche pour intercepter la seconde cible et enfin inverser encore le sens de mouvement pour repartir vers la droite intercepter la troisième cible.

3. Procédure

La tâche à effectuer étant strictement identique à celle présentée lors l'expérience précédente, nous n'avons pas jugé nécessaire de reporter ces informations à nouveau. La session d'acquisition comprenait 100 essais. Suite à la phase d'acquisition, les participants disposaient d'une pause de quinze minutes après laquelle ils effectuaient uniquement dix essais de rétention immédiate pour diminuer les risques de réapprentissage observés lors de la première expérience. Pour terminer le protocole, ils revenaient le lendemain afin d'être testés lors de dix essais de rétention avec délai.

Chaque participant de cette étude était aléatoirement assigné au groupe « *autocontrôle début* » ou au groupe « *autocontrôle fin* » de telle sorte que chaque groupe comporte douze participants avec autant d'hommes que de femmes. Chaque participant du groupe « *autocontrôle début* » devait, avant chaque essai de la première moitié de la phase d'acquisition (essais 1 à 50 inclus), déterminer une largeur de la raquette pour l'essai à venir et l'expérimentateur entrait alors la valeur choisie par le participant sur le pavé numérique du clavier. Lors de la seconde moitié de la phase d'acquisition (essais 51 à 100 inclus), les participants de ce même groupe étaient appariés aux choix effectués par une personne du même sexe du groupe « *autocontrôle* » de notre première étude. Chaque participant du groupe « *autocontrôle fin* » était, lors de la première moitié de la phase d'acquisition (essais 1 à 50 inclus), apparié aux choix effectués par une personne du même sexe du groupe « *autocontrôle* » de notre première étude. Lors de la seconde moitié de la phase d'acquisition (essais 51 à 100 inclus), les participants de ce même groupe pouvaient, avant chaque essai, choisir la largeur de raquette et donc la difficulté à laquelle ils souhaitaient être confrontés.

Au final chaque séquence de largeur de raquette choisie par un participant du groupe « *autocontrôle* » de notre première étude était réutilisée lors de la première moitié de la phase d'acquisition pour un participant du même sexe du groupe « *autocontrôle début* » et lors de la seconde moitié de la phase d'acquisition pour un participant du même sexe du groupe « *autocontrôle fin* » (cf Figure 33). Lors des essais en condition appariée, les participants des deux groupes étaient informés que la largeur de la raquette évoluerait de manière aléatoire d'un essai à l'autre.

Essais d'acquisition	1	50	100
Groupe « <i>autocontrôle début</i> »	50 essais « <i>autocontrôle</i> »		50 essais « <i>apparié</i> »
Groupe « <i>autocontrôle fin</i> »	50 essais « <i>apparié</i> »		50 essais « <i>autocontrôle</i> »

Figure 33 : Tableau récapitulatif représentant les conditions de pratique des groupes « *autocontrôle début* » et « *autocontrôle fin* ».

4. Analyse de données

Comme dans l'expérience précédente, pour chaque essai et chaque cible nous avons mesuré la distance entre le centre de la raquette et le centre de la balle au moment où elle franchissait la ligne d'interception. Si le participant était « en retard » alors une valeur négative était assignée à la distance mesurée (Erreur Constante ou EC). A l'inverse si le

participant était « en avance » alors une valeur positive était assignée à la distance mesurée. L'Erreur Absolue (EA) est donc calculée en faisant la moyenne de la valeur absolue de l'EC de chacune des cibles. Si en revanche la valeur absolue était appliquée après avoir fait la moyenne de l'erreur des trois cibles alors on parlerait d'Erreur Constante Absolue (ECA). Pour les raisons évoquées dans notre première expérience nous avons fait le choix de prendre l'EA plutôt que l'ECA ou encore l'EC comme mesure de la précision. Ainsi la précision correspond à la valeur absolue de l'EC et sa variabilité est calculée sous le nom d'Erreur Variable (EV) en utilisant l'écart type de l'EA. Nous avons également calculé le nombre de cibles interceptées par essai (de zéro à trois), et enregistré les largeurs de raquette choisies par les participants afin d'analyser la variation de la difficulté de la tâche durant la phase d'acquisition. Toutes les données étaient moyennées par blocs de dix essais en acquisition et en rétention afin de faciliter la lecture des résultats notamment lors des tests de rétention.

II. Résultats

1. Acquisition

Pour la phase d'acquisition les données d'EA, d'EV et du nombre de cibles interceptées ont été analysés trois fois :

- ✓ Une analyse globale a été effectuée grâce à une ANOVA de 2 (Groupes : « *autocontrôle début* » ; « *autocontrôle fin* ») x 10 (Blocs d'essais) à mesures répétées sur le dernier facteur.
- ✓ Deux analyses partielles ont été effectuées sur les 50 premiers et les 50 derniers essais d'acquisition grâce à deux ANOVA de 2 (Groupes : « *autocontrôle début* » ; « *autocontrôle fin* ») x 5 (Blocs d'essais) à mesures répétées sur le dernier facteur.

1.1 Erreur Absolue

L'effet groupe est significatif, $F(1,22) = 7,77$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,26$. Les participants du « *autocontrôle début* » étaient plus précis (EA moyenne = 9,22 mm ; ES = 0,84 mm) que leurs homologues du groupe « *autocontrôle fin* » (EA moyenne = 12,43 mm ; ES = 0,79 mm). Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(9,198) = 70,72$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,76$. Les participants des deux groupes devenaient de plus en plus précis au fil des essais. L'interaction n'est pas significative, $F(9,198) = 1,49$; NS.

Pour la première moitié de la phase d'acquisition, l'effet groupe est significatif, $F(1,22) = 7,45$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,25$. Les participants du groupe « *autocontrôle début* » étaient plus précis (EA moyenne = 11,6 mm ; ES = 1,04 mm) que ceux du groupe « *autocontrôle fin* » (EA moyenne = 15,53 mm ; ES = 0,99 mm). Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(4,88) = 78,63$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,78$. Les participants des deux groupes devenaient de plus en plus précis au fil des essais. L'interaction n'est pas significative, $F(4,88) = 1,24$; NS.

Pour la seconde moitié de la phase d'acquisition, l'effet groupe est significatif, $F(1,22) = 5,94$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,21$. Les participants du groupe « *autocontrôle début* » demeuraient plus précis (EA moyenne = 6,84 mm ; ES = 0,7 mm) que ceux du groupe « *autocontrôle fin* » (EA moyenne = 9,32 mm ; ES = 0,74 mm). Il n'y a plus d'effet significatif du bloc d'essais, $F(4,88) < 1$. L'interaction n'est pas significative, $F(4,88) = 2,02$; NS.

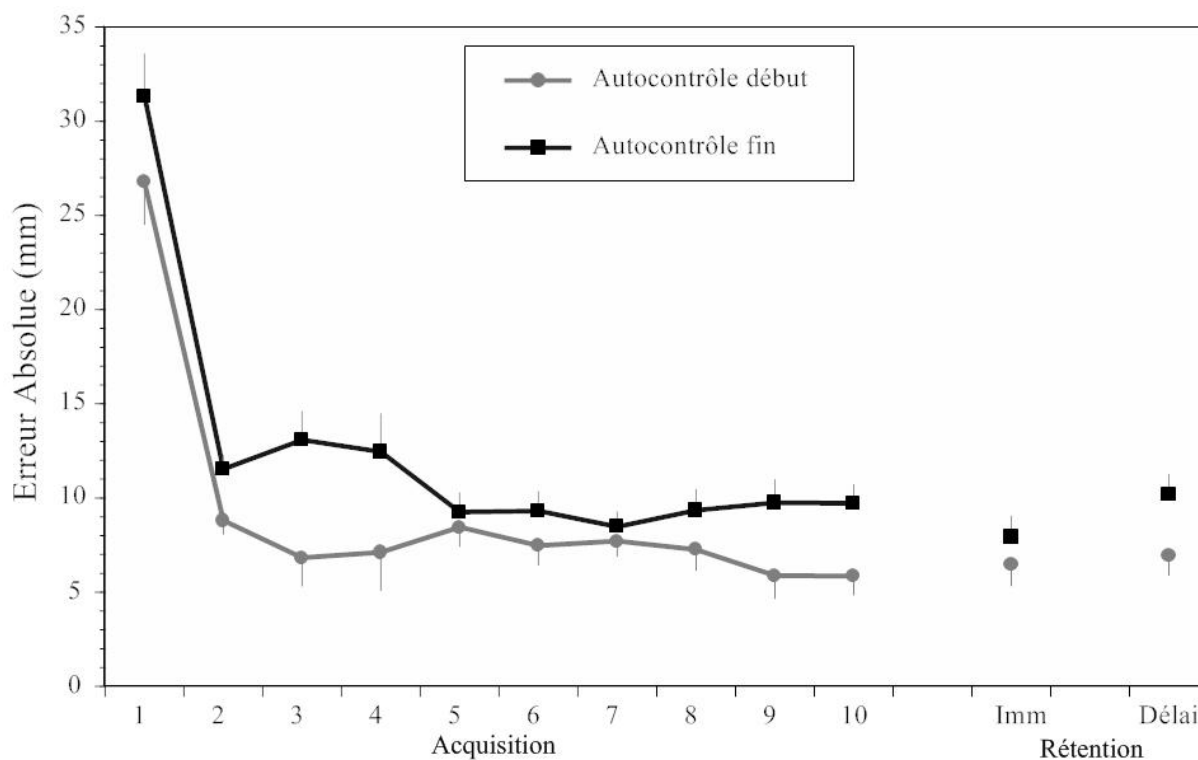


Figure 34 : Erreur Absolue moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

1.2 Erreur Variable

L'effet groupe est significatif, $F(1,22) = 9,83$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,31$. Les participants du groupe « *autocontrôle début* » étaient plus réguliers (EV moyenne = 7,01 mm ; ES = 0,64 mm) que leurs homologues du groupe « *autocontrôle fin* » (EV moyenne = 10,13 mm ; ES

= 0,76 mm). Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(9,198) = 38,68$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,64$. Les participants des deux groupes devenaient plus réguliers au fil des essais. Toutefois, l'interaction n'est pas significative, $F(9,198) = 1,25$; NS.

Pour la première moitié de la phase d'acquisition, l'effet groupe est significatif, $F(1,22) = 7,97$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,27$. Les participants du groupe « *autocontrôle début* » étaient plus réguliers (EV moyenne = 8,71 mm ; ES = 0,78 mm) que leurs homologues du groupe « *autocontrôle fin* » (EV moyenne = 12,3 mm ; ES = 1 mm). Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(4,88) = 47,37$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,68$. Les participants des deux groupes devenaient de plus en plus réguliers au fil des essais. L'interaction n'est pas significative, $F(4,88) < 1$; NS.

Pour la seconde moitié de la phase d'acquisition, l'effet groupe est significatif, $F(1,22) = 7,65$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,26$. Les participants du groupe « *autocontrôle début* » demeuraient plus réguliers (EV moyenne = 5,31 mm ; ES = 0,57 mm) que leurs homologues du groupe « *autocontrôle fin* » (EV moyenne = 7,96 mm ; ES = 0,77 mm). Il n'y a plus d'effet significatif du bloc d'essais, $F(4,88) < 1$. L'interaction est significative, $F(4,88) = 2,8$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,11$.

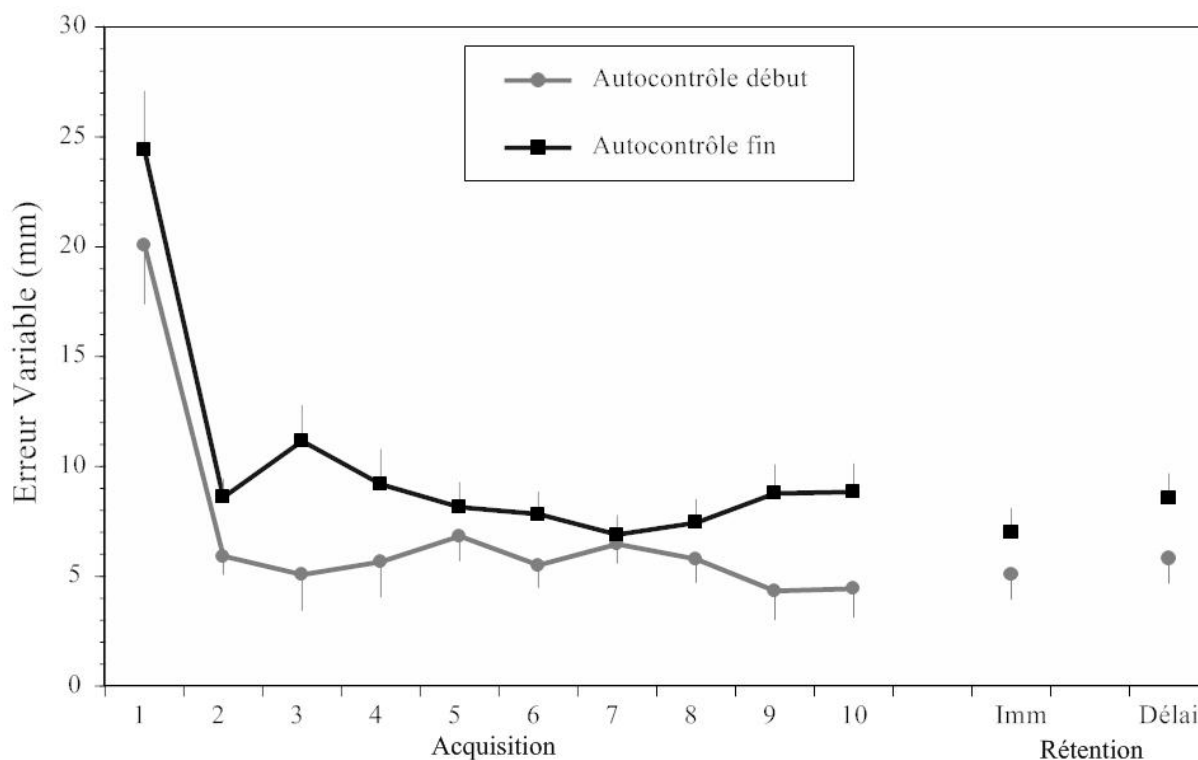


Figure 35 : Erreur Variable moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards

1.3 Nombre de cibles interceptées

Le nombre moyen de cibles interceptées variait de manière significative au fil des essais, $F(9,198) = 6,01$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,21$. Toutefois il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes, $F(1,22) = 2,56$; NS. L'interaction n'est pas significative, $F(9,198) = 1,72$; NS.

Pour la première moitié de la phase d'acquisition, le nombre moyen de cibles interceptées variait de manière significative au fil des essais, $F(4,88) = 7,94$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,27$. Toutefois il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes $F(1,22) = 2,6$; NS. L'interaction est significative, $F(4,88) = 2,75$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,11$.

Pour la seconde moitié de la phase d'acquisition, le nombre moyen de cibles interceptées ne variait plus de manière significative au fil des essais, $F(4,88) = 2,21$; NS. De plus, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes, $F(1,22) = 1,8$; NS. L'interaction n'est pas significative, $F(4,88) = 1,83$; NS.

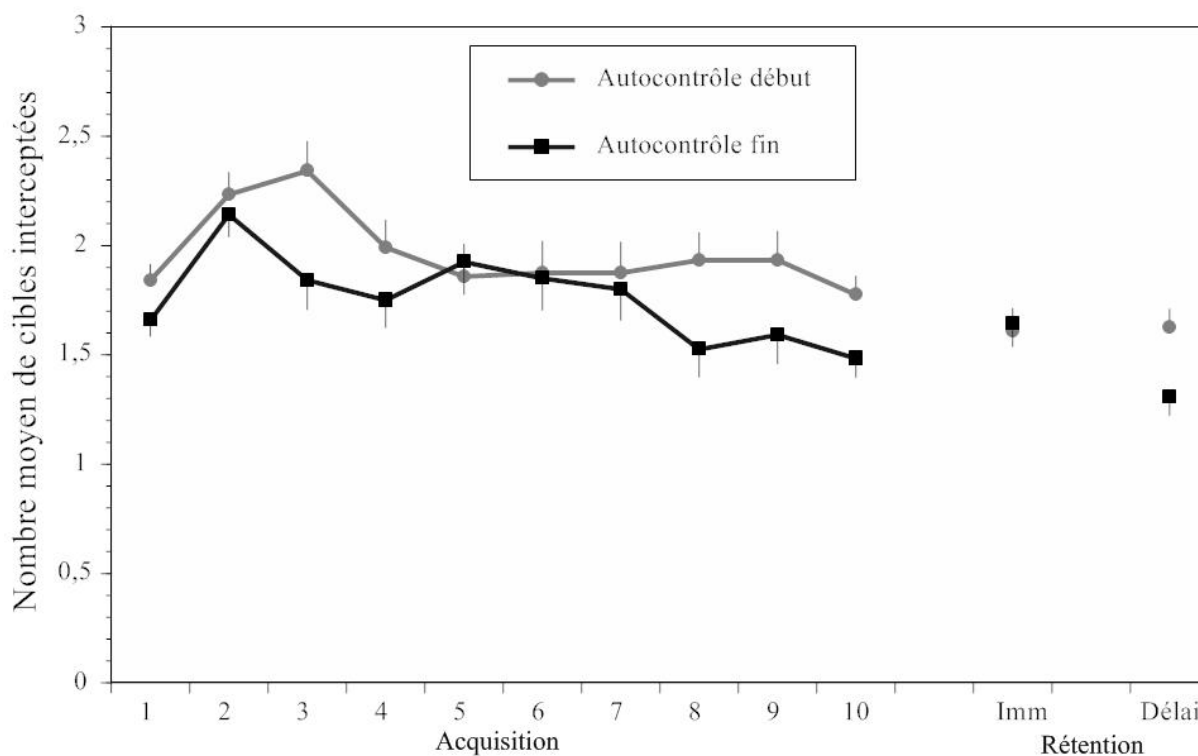


Figure 36 : Nombre moyen de cibles interceptées en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards

1.4 Variation de la largeur de la raquette en fonction du bloc d'essais pour les participants des groupes « *autocontrôle début* » et « *autocontrôle fin* »

Comme nous pouvons l'observer dans la Figure 37, la largeur de raquette moyenne choisie par les participants des deux groupes autocontrôle diminuait régulièrement au fil des blocs d'essais ce qui prouve la tendance des participants à augmenter le niveau de difficulté de la tâche au fur et à mesure de la phase d'acquisition lorsqu'ils en avaient la possibilité. Par ailleurs, la largeur moyenne de la raquette choisie par les participants du groupe « *autocontrôle fin* » lors du dernier bloc d'essais (3,29 mm ou 10,98 pixels) était quasiment identique à celle imposée au même moment au groupe « *autocontrôle début* » (3,59 mm ou 11,96 pixels). La difficulté pratiquée par les participants des deux groupes lors des derniers essais était donc très proche de celle utilisée lors des tests de rétention (3 mm ou 10 pixels).

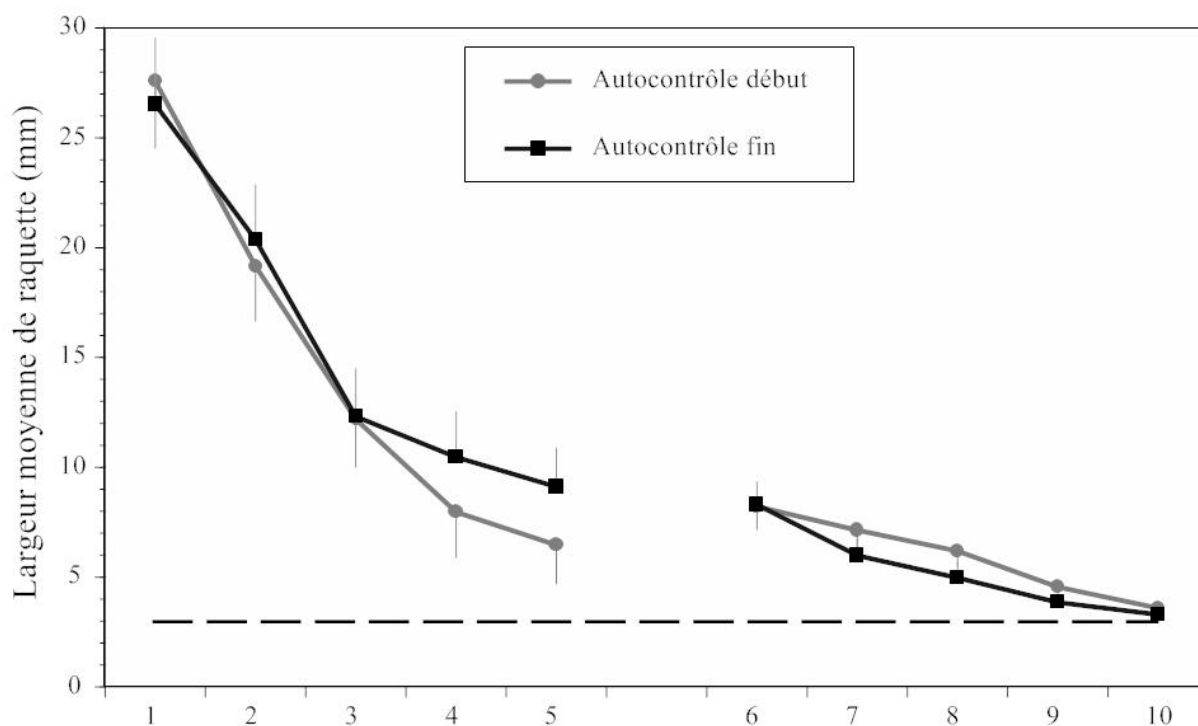


Figure 37 : Largeur de raquette moyenne demandée par les participants du groupe « *autocontrôle début* » lors des 50 premiers essais et par leurs compères du groupe « *autocontrôle fin* » lors des 50 derniers essais et ce en fonction du bloc d'essais lors la phase d'acquisition. La ligne en pointillés correspond à la largeur de raquette utilisée lors des tests de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

2. Rétention

Pour les tests de rétention, une ANOVA de 2 (Groupes : « *autocontrôle début* », « *autocontrôle fin* ») x 2 (Sessions : rétention immédiate, rétention avec délai) à mesures

répétées sur le dernier facteur était effectuée en utilisant l'EA, l'EV et le nombre de cibles interceptées comme variables dépendantes.

2.1 Erreur Absolue

L'effet groupe est significatif, $F(1,22) = 4,66$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,17$. Les participants du groupe « *autocontrôle début* » restaient plus précis (EA moyenne = 6,71 mm ; ES = 0,56 mm) que leurs homologues du groupe « *autocontrôle fin* » (EA moyenne = 9,05 mm ; ES = 0,93 mm) dans les deux tests de rétention. L'effet du délai n'est pas significatif, $F(1,22) = 4,21$, $p = 0,052$; NS. L'interaction groupe x délai n'est également pas significative, $F(1,22) = 1,68$; NS. En rétention immédiate, on constate que l'effet groupe n'est pas significatif, $F(1,22) = 1,44$, NS. En rétention avec délai, l'effet groupe est significatif, $F(1,22) = 5,85$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,21$. Les participants du groupe « *autocontrôle début* » étaient plus précis (EA moyenne = 6,97 mm ; ES = 0,78 mm) que leurs homologues du groupe « *autocontrôle fin* » (EA moyenne = 10,18 mm ; ES = 1,08 mm).

2.2 Erreur Variable

L'effet groupe est significatif, $F(1,22) = 4,68$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,18$. Les participants du groupe « *autocontrôle début* » restaient plus réguliers (EV moyenne = 5,44 mm ; ES = 0,47 mm) que ceux du groupe « *autocontrôle fin* » (EV moyenne = 7,76 mm ; ES = 0,96 mm) lors des tests de rétention. Il n'y a pas d'effet significatif du délai, $F(1,22) = 2,82$; NS. L'interaction groupe x délai n'est également pas significative, $F < 1$. En rétention immédiate, on constate que l'effet groupe n'est pas significatif, $F(1,22) = 2,69$; NS. En rétention avec délai, l'effet groupe n'est pas significatif, $F(1,22) = 3,84$, $p = 0,06$; NS.

2.3 Nombre de cibles interceptées

L'effet groupe n'est pas significatif, $F(1,22) = 1,1$; NS. L'effet délai est significatif, $F(1,22) = 6,54$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,23$. L'interaction est significative, $F(1,22) = 7,99$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,27$. En rétention immédiate, on constate que l'effet groupe n'est pas significatif, $F < 1$. En rétention avec délai, l'effet groupe est significatif, $F(1,22) = 5,11$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,19$. Les participants du groupe « *autocontrôle début* » interceptaient en moyenne plus de cibles

(Nombre moyen de cibles interceptées = 1,63 ; ES = 0,11) que ceux du groupe « *autocontrôle fin* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,31 ; ES = 0,08) après un délai de 24h.

III. Discussion

L'objectif de cette étude était de déterminer si l'autocontrôle de la difficulté de la tâche pouvait être plus bénéfique pour l'apprentissage moteur si ce paramètre était contrôlé en début d'acquisition plutôt qu'en fin. Dans cette situation d'apprentissage, le niveau de difficulté de la tâche était soit choisi par le participant en début d'acquisition puis imposé en fin selon les choix d'un homologue apparié soit imposé au début puis adapté aux choix de l'apprenant en fin d'acquisition. Les résultats ont permis de mettre en évidence l'avantage de l'autocontrôle de la difficulté en début de pratique. Ainsi dès la phase d'acquisition, les apprenants du groupe « *autocontrôle début* » étaient significativement plus précis et réguliers que ceux du groupe « *autocontrôle fin* ». De plus, lors du test de rétention avec délai, la performance du groupe « *autocontrôle début* » restait significativement meilleure que celle du groupe « *autocontrôle fin* » en termes d'EA et de nombre moyen de cibles interceptées, même si la difficulté de la tâche était cette fois-ci imposée, maximale (10 pixels ou 3 mm) et identique pour les deux groupes. Ces résultats complètent donc ceux apportés par notre première expérience et démontrent que l'apprentissage d'une habileté motrice n'est pas amélioré de la même façon selon que l'apprenant peut adapter la difficulté de la tâche à son niveau d'habileté en début ou en fin d'acquisition.

Contrairement aux autres travaux dans le domaine de l'autocontrôle pour lesquels l'autocontrôle d'un paramètre est disponible durant toute la durée de la phase d'acquisition (pour une revue, voir Chiviacowsky & coll, 2008), la particularité de cette étude résidait dans le fait que l'autocontrôle du paramètre était disponible soit en début soit en fin d'acquisition. Aussi, chaque groupe de cette expérience ayant le choix de moduler la difficulté de la tâche à différents moments de la phase d'acquisition, nous pouvions penser que l'un comme l'autre surpasserait son homologue en termes de performance au moment où il adaptait la difficulté de la tâche à ses propres besoins. Or, ce n'est pas le cas car comme le montrent nos résultats obtenus lors des analyses partielles effectuées sur les cinq premiers et les cinq derniers blocs d'essais, le groupe « *autocontrôle début* » se révèle à chaque fois meilleur que le groupe « *autocontrôle fin* ».

Nombreuses sont les études ayant montré que la difficulté de la tâche influait sur la quantité d'information disponible (Albaret & Thon, 1998; Choi & coll, 2008; Guadagnoli & Lee, 2004; Keetch & Lee, 2007; Martin & Anshel, 1995 ; Wulf & Shea, 2002). Marteniuk (1976) a par ailleurs montré que les capacités de traitement de l'information propres à chaque individu évoluent avec la pratique et dépendent donc de son niveau d'habileté. Aussi, conformément à l'hypothèse du challenge point (Guadagnoli & Lee, 2004), nous pouvons penser que le potentiel d'apprentissage à acquérir est plus important lorsque l'individu peut adapter la difficulté en début de pratique car c'est à ce moment là que l'individu a une capacité de traitement de l'information la plus limitée et qu'il nécessite alors une difficulté optimale. En effet, c'est durant cette phase de découverte, au cours de laquelle les erreurs commises sont théoriquement les plus élevées, que les participants du groupe « *autocontrôle fin* » avaient le plus de chances d'être appariés à des participants ayant choisis des difficultés incohérentes avec leur performance et leur stratégie. Cette hypothèse est confirmée par nos résultats car que ce soit lors de la première comme lors de la seconde moitié de la phase d'acquisition, les participants du groupe « *autocontrôle début* » ont démontré une meilleure précision et une meilleure régularité que ceux du groupe « *autocontrôle fin* ». On peut donc supposer que la difficulté choisie dès le début de la phase d'acquisition par les participants du groupe « *autocontrôle début* » leur a certainement permis d'atteindre rapidement un optimum en termes d'information interprétable. A l'inverse, les participants du groupe « *autocontrôle fin* » ont probablement été confrontés dès le début à des difficultés inadaptées au regard de leur habileté ce qui a pu ralentir leur progression. Par exemple, en phase de découverte, si la tâche à exécuter était trop difficile, la quantité d'information disponible fournie lors de son exécution excédait la capacité de traitement de l'information de l'apprenant ce qui en retour diminuait sa performance. En revanche, en fin de pratique, lors de la phase de perfectionnement, même si le choix de la difficulté était cette fois-ci disponible pour les participants du groupe « *autocontrôle fin* », cet avantage s'est révélait être moins déterminant car l'amplitude des erreurs commises à ce stade de pratique et les variations de largeur de raquette étaient plus faibles qu'en première phase. Comme nous avons pu le montrer dans l'expérience précédente, le participant serait donc le plus à même de déterminer le niveau de difficulté correspondant à une quantité optimale d'information interprétable et cet avantage serait donc encore plus important lorsque les apprenants peuvent moduler ce paramètre dès le début de l'acquisition. En effet, les résultats du test de rétention avec délai ont révélé que le groupe « *autocontrôle début* » avait tendance à être plus régulier et maintenait une précision significativement supérieure à celle du groupe « *autocontrôle fin* » après un délai de 24h. Or,

étant donné que les deux groupes autocontrôle de cette expérience ont eu la même proportion d'essais en condition de difficulté autocontrôlée, les raisons de la supériorité du groupe « *autocontrôle début* » lors de la phase de rétention en termes de performance proviendraient vraisemblablement de l'impact de la période sur les stratégies et la motivation de l'individu.

La performance de deux groupes autocontrôles en termes de nombre de cibles interceptées en fonction du bloc d'essais est intéressante à plusieurs égards. Tout d'abord, on constate que lorsque les participants du groupe « *autocontrôle début* » pouvaient moduler la largeur de raquette selon leurs besoins, ils atteignaient au cinquième bloc d'essais une performance (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,86) qui n'était ni parfaite (trois) ni complètement ratée (zéro), suggérant ainsi que le choix de la largeur de raquette était effectué de manière à maintenir un *challenge* pour progresser d'un essai à l'autre. Dans le même temps les apprenants du groupe « *autocontrôle fin* » atteignaient une moyenne à peine supérieure (1,92) alors que l'évolution moyenne de la largeur de raquette qui leur était imposée à ce moment là était bien moins exigeante (Largeur de raquette moyenne = 9,11 mm) que celle choisie par les participants du groupe « *autocontrôle début* » (6,5 mm). D'autre part, lors de la seconde phase de l'acquisition, même lorsque les participants du groupe « *autocontrôle début* » n'avaient plus le choix de moduler la difficulté de la tâche, ils interceptaient en moyenne plus de cibles (1,88) que leurs compères du groupe « *autocontrôle fin* » ayant cette fois-ci la possibilité d'adapter la difficulté à leurs besoins (1,65). Cette supériorité du groupe « *autocontrôle début* » lors de la seconde moitié de la phase d'acquisition provient probablement de la difficulté optimale à laquelle ses participants se sont confrontés lors de la première phase alors que dans le même temps, leurs homologues du groupe « *autocontrôle fin* » subissaient des difficultés imposées. Ainsi un apprenant du groupe « *autocontrôle début* » pouvait adapter la difficulté à son niveau d'habileté mais également mettre en place des stratégies afin de progresser rapidement quand dans le même temps un individu du groupe « *apparié* » subissait une évolution imprévisible et parfois incohérente de la largeur de raquette compte tenu de sa performance.

De nombreux travaux ont récemment montré que le fait de donner à l'apprenant le contrôle d'un paramètre de son environnement de pratique était un élément de motivation important pour la performance et l'apprentissage du fait d'une confiance en soi accrue (Bandura, 1993 ; Boekaerts, 1996 ; Lefcourt, 1966 ; Sarrazin, Roberts, Cury, Biddle & Famose, 2002). Aussi, le fait de donner aux apprenants du groupe « *autocontrôle début* » une responsabilité dans leur processus d'apprentissage dès le début de l'acquisition les a

probablement incités à tenter différentes stratégies et par la même d'en sélectionner une selon leurs progrès perçus vers le but de la tâche. En revanche, les participants du groupe « *autocontrôle fin* » qui au même moment n'avaient aucun contrôle sur les conditions de pratique ont probablement été découragés de s'engager dans des activités nécessitant autant d'efforts, pourtant connues pour améliorer l'apprentissage (Lee, Swinnen & Serrien, 1994 ; Schmidt & Bjork, 1992). De plus, même si à partir de la seconde moitié de la phase d'acquisition, les participants du groupe « *autocontrôle début* » n'avaient plus le choix d'ajuster le niveau de difficulté de la tâche à leurs besoins, les sentiments d'auto-efficacité engendrés lors de la première partie grâce au choix de la difficulté de la tâche (Bund & Wiemeyer, 2004) leur ont probablement permis de conserver un niveau de performance supérieur à leurs homologues du groupe « *autocontrôle fin* ». Enfin, en début de pratique et conformément à l'hypothèse du locus de contrôle (Rotter, 1966), les participants du groupe « *autocontrôle fin* » étaient certainement amenés à attribuer un éventuel échec à des causes externes (i.e. une difficulté non adaptée) ce qui, a probablement diminué leur motivation (Hardy & Nelson, 1988) et par la même leur investissement dans le processus d'apprentissage.

Notre étude confirme l'intérêt de l'autocontrôle dans l'apprentissage d'une habileté motrice et apporte de nouveaux éléments contribuant à une meilleure compréhension des processus sous-jacents de l'apprentissage moteur. Plus particulièrement ces résultats permettent de faire le lien entre les bénéfices apportés par une pratique en condition autocontrôle et une éventuelle disponibilité partielle du choix de la difficulté. Pour conclure, il serait intéressant de comparer l'impact sur l'apprentissage d'une adaptation explicite de la difficulté selon des règles avec une adaptation du même type mais pour laquelle l'apprenant n'est pas informé.

EXPERIENCE III : ROLE DES CROYANCES ET EFFET DE L'ADAPTATION DE LA DIFFICULTE SELON DES REGLES SUR L'APPRENTISSAGE MOTEUR D'UNE TACHE COMPLEXE D'ANTICIPATION-COINCIDENCE

I. Objectif

Cette troisième expérience a été réalisée dans le but d'enrichir les données apportées par nos précédentes expériences sur le rôle majeur de l'adaptation de la difficulté à la performance de l'apprenant dans l'apprentissage d'une habileté motrice complexe. Comme nous avons pu le voir dans la première expérience, l'autocontrôle de la difficulté de la tâche est une condition de pratique permettant d'améliorer l'apprentissage. En effet, le fait de laisser la possibilité aux apprenants de choisir la largeur de raquette dans une tâche d'interception induirait des bénéfices à la fois sur le versant informationnel et motivationnel. Ainsi, le fait que le participant puisse adapter la difficulté de la tâche à son niveau d'habileté permet d'atteindre un optimum en termes d'information interprétable aussi appelé challenge point (Guadagnoli & Lee, 2004). Cette implication de l'apprenant dans son propre processus d'apprentissage induirait également des effets positifs sur l'apprentissage d'un point de vue motivationnel. En effet, le sentiment d'avoir une possibilité de contrôle sur la tâche est un facteur favorisant la performance et l'apprentissage (Bandura, 1997 ; Boekaerts, 1996). Conformément au concept du locus de contrôle (Rotter, 1966), un apprenant acteur de son propre apprentissage aura davantage tendance à attribuer ses échecs à des causes internes favorisant ainsi l'amélioration de ses performances. A contrario, si le locus de contrôle est externe, la tâche sera alors moins motivante intrinsèquement (Hardy & Nelson, 1988) ce qui réduira probablement l'effort investi dans l'apprentissage.

Par ailleurs, le rôle des croyances sur la motivation et la performance des apprenants a été l'objet de nombreuses réflexions (Cimpian, Arce, Markman & Dweck, 2007 ; Dweck &

Leggett, 1988 ; Mangels, Butterfield, Lamb, Good & Dweck, 2006 ; Wulf & Lewthwaite, 2009). Il semblerait, en effet, que les conceptions que l'individu se fait de ses habiletés soient le fruit de ses expériences passées et pourraient être façonnées dès son plus jeune âge (Wulf & Lewthwaite, 2009). Ainsi, les adultes auraient tendance à croire que leurs habiletés sont soit stables et déterminées, soit perfectibles et malléables. Par exemple, dans une tâche d'équilibre effectuée sur un stabilomètre, Wulf & Lewthwaite (2009) ont montré que la perception que les apprenants ont de leur habileté est un élément clé de l'apprentissage moteur. Pour cela trois groupes ont été formés parmi lesquels un groupe « *habileté innée* » (on leur indiquait que l'équilibration est une aptitude naturelle), un groupe « *habileté acquise* » (on leur indiquait que l'équilibration, comme d'autres habiletés est perfectible par la pratique) et un groupe « *contrôle* » (qui ne recevait aucune instruction). Les résultats ont notamment révélé que les apprenants du groupe « *habileté acquise* » avaient une performance significativement meilleure que leurs homologues du groupe « *habileté innée* ». Ces auteurs ont supposé que les apprenants du groupe « *habileté acquise* » abordaient vraisemblablement la situation d'apprentissage avec moins d'appréhension que leurs homologues du groupe « *habileté innée* ».

De plus, le rôle des instructions données à l'apprenant semblent influencer sur l'apprentissage d'une habileté motrice (Butler, Reeve & Fischman, 1996). Dans une tâche de tapping séquentiel, ces auteurs ont utilisé une marge d'erreur (*bandwidth*) tenant compte de la performance du participant pour délivrer la CR. Ainsi lorsque les erreurs commises par le participant étaient trop importantes (i.e. la performance excédait une certaine marge d'erreur) une CR quantitative était fournie. A contrario, si les erreurs étaient faibles (i.e. la performance était inférieure à la marge d'erreur), la CR n'était pas délivrée. Ces auteurs ont comparé un groupe « *traditional bandwidth feedback* » qui était informé en début d'expérience que l'absence de CR signifiait que la performance était essentiellement correcte (Sherwood, 1988) avec un groupe « *modified bandwidth feedback* » qui ne recevait pas d'instructions sur l'absence de feedback après certains essais. Les résultats ont permis de constater que les participants n'étant pas prévenus que l'absence de CR était synonyme d'essai réussi, avaient un apprentissage significativement inférieur à celui de leurs homologues pouvant interpréter cette absence comme un signe de réussite.

Aussi, afin d'examiner les éventuels effets de la motivation et des croyances sur l'apprentissage d'une habileté motrice, nous nous devons de conserver identiques les aspects informationnels en adaptant la difficulté non plus selon les choix de l'apprenant mais selon

des critères de performance plus objectifs. En effet, selon Choi & coll (2008), le fait d'adapter la difficulté de la tâche au niveau d'habileté de l'apprenant, tant en début de pratique qu'au fil des progrès réalisés, est supposé améliorer l'apprentissage. Ce type d'adaptation basée sur des règles objectives, préétablies par l'expérimentateur, permettrait de maintenir la difficulté proche du « just-right challenge » (Ayres, 1972) tout en permettant d'induire certaines croyances sur l'évolution de la difficulté selon les groupes de participants.

Nous avons donc d'une part tenté de répliquer les bénéfices de l'adaptation de la difficulté (Choi & coll, 2008; Kelley, 1969; Mané, Adams, & Donchin, 1989) en comparant cette condition avec une difficulté constante se caractérisant par la répétition d'une tâche possédant les mêmes caractéristiques tout au long des essais d'acquisition. D'autre part, au sein même des groupes adaptation de la difficulté, nous avons manipulé le rôle des instructions et plus précisément de la connaissance de cette règle auprès de l'apprenant afin de voir si cela avait un impact sur l'apprentissage d'une tâche complexe d'anticipation-coïncidence. Ainsi, nous avons postulé que les participants avertis que la difficulté de la tâche évoluait selon leur performance seraient plus motivés et concernés par leur apprentissage que leurs homologues non avertis de cette logique d'adaptation. En effet, ces derniers pouvaient avoir le sentiment de changements arbitraires dans la situation ce qui pourrait diminuer leur motivation et leur engagement dans la tâche. L'apprentissage était mesuré lors de deux tests de rétention similaires à la seconde expérience.

II. Méthode

1. Participants

Quarante-cinq volontaires droitiers (douze femmes et trente-trois hommes dont la moyenne d'âge est de 21 ans : Ecart type = 1,4) ayant une vision normale ou parfaitement corrigée ont participé à cette expérience. Tous les participants ont donné leur consentement éclairé avant leur participation à cette étude. Aucun d'entre eux n'avait une pratique intensive des jeux vidéos et n'avait participé à nos précédentes études. Aucun participant n'avait effectué d'expériences préalables sur le matériel de recherche ainsi que sur les hypothèses testées dans cette expérience.

2. Dispositif et tâche

Cette expérience était effectuée avec le même matériel que celui utilisé dans les expériences précédentes, à savoir un ordinateur, un clavier, un écran couleur et une tablette graphique. L'expérience dans son intégralité était contrôlée par un programme développé sous Visual Basic (Microsoft VB.net).

Comme dans l'expérience précédente, la tâche consistait à intercepter trois cibles chutant verticalement de manière rectiligne en déplaçant une raquette virtuelle sur une ligne d'interception suivant les déplacements du stylet sur la tablette graphique. Les participants devaient donc déplacer la raquette de la gauche vers la droite pour intercepter la première cible, puis repartir vers la gauche pour intercepter la seconde cible et enfin inverser encore le sens de mouvement pour repartir à droite intercepter la troisième cible.

3. Procédure

La session d'acquisition comprenait comme les expériences précédentes 100 essais au cours desquels chaque participant réalisait la tâche d'anticipation-coïncidence conformément à la procédure du groupe auquel il était rattaché. Suite à la phase d'acquisition, les participants disposaient d'une pause de quinze minutes, puis ils effectuaient dix essais de rétention immédiate pour les raisons évoquées dans la seconde expérience. Pour finir, ils revenaient le lendemain pour être testés lors de dix essais de rétention avec délai. Lors des tests de rétention, la CR n'était plus délivrée et la largeur de la raquette (10 pixels ou 3 mm) était identique pour tous les individus quelle que soit leur condition de départ.

Chaque participant était aléatoirement assigné à l'un des trois groupes de cette étude de telle sorte que chaque groupe comporte quinze participants dont quatre femmes et onze hommes. Pour chaque individu du groupe « *difficulté constante* », la largeur de raquette était fixe tout au long de la phase d'acquisition et correspondait à la difficulté de la tâche qu'ils seraient amenés à rencontrer lors des tests de rétention. Dans les conditions de difficulté adaptée, nous avons tenté de maintenir une difficulté optimale tout au long de la phase d'acquisition en manipulant la largeur de raquette comme suit : si la performance en cours excédait une référence d'erreur alors la difficulté de la tâche était trop élevée et nous augmentions la largeur de la raquette. Si en revanche la performance effectuée était en dessous de la référence d'erreur alors la difficulté de la tâche était trop faible et nous diminuions la largeur de la raquette. Afin de réajuster le niveau de difficulté de la tâche, nous

avons mis en place une règle d'ajustement de l'erreur d'un essai à l'autre dans laquelle le changement de difficulté était basé sur la moyenne de l'EA de la distance entre le centre de chaque cible et celui de la raquette. Si, par exemple à l'essai n-1, la largeur de raquette était de 30 pixels (9 mm) et que les erreurs du participant à cet essai là pour les cibles n°1, 2 et 3 étaient respectivement de 20, -10 et 6 pixels alors la largeur de raquette à l'essai n était diminuée et réajustée suivant cette logique :

$$EA = \frac{|20|+|-10|+|6|}{3} = \frac{36}{3} = 12 \text{ pixels ou } 3,6 \text{ mm.}$$

A noter que l'adaptation de la difficulté de la tâche ne pouvait pas excéder celle utilisée lors des tests de rétention c'est-à-dire descendre en dessous d'une largeur de raquette de 10 pixels ou 3 mm. Chaque participant du groupe « *adaptation explicite* » était informé avant le début de l'expérience que la largeur de raquette à l'essai n serait adaptée à la performance effectuée à l'essai n-1 lors des essais d'acquisition, excepté lors de l'essai n°1 au cours duquel la largeur de raquette rencontrée constituait le niveau de difficulté auquel les apprenants seraient confrontés lors des tests de rétention (10 pixels ou 3 mm). A contrario, les apprenants du groupe « *adaptation implicite* » n'étaient pour leur part pas informés par l'expérimentateur que la largeur de raquette était adaptée à leur performance lors des essais d'acquisition.

4. Analyse de données

Comme dans les expériences précédentes, pour chaque essai et chaque cible nous avons mesuré la distance entre le centre de la raquette et le centre de la balle au moment où elle franchissait la ligne d'interception. Si le participant était « en retard » alors une valeur négative était assignée à la distance mesurée (Erreur Constante ou EC). A l'inverse si le participant était « en avance » alors une valeur positive était assignée à la distance mesurée. L'Erreur Absolue (EA) est donc calculée en faisant la moyenne de la valeur absolue de l'Erreur Constante de chacune des cibles. En revanche, lorsque la valeur absolue était appliquée après avoir fait la moyenne de l'erreur des trois balles alors on parle alors d'Erreur Constante Absolue (ECA). Pour les raisons évoquées dans la même section de notre première expérience, nous avons fait le choix de prendre l'EA plutôt que l'ECA comme mesure de la précision. Ainsi la précision correspond à la valeur absolue de l'EC et sa variabilité est calculée sous le nom d'Erreur Variable (EV) en utilisant l'écart type de l'EA. Nous avons également calculé le nombre de balles interceptées par essai (de zéro à trois), et enregistré l'évolution de la largeur de raquette adaptée selon des règles à la performance de l'individu

afin d'analyser l'évolution de la difficulté de la tâche durant la phase d'acquisition. Toutes les données préalablement citées étaient moyennées par blocs de dix essais en acquisition et en rétention.

III. Résultats

1. Acquisition

Pour les essais d'acquisition, une ANOVA de 3 (Groupes : « *difficulté constante* », « *adaptation explicite* », « *adaptation implicite* ») x 10 (Blocs d'essais) à mesures répétées sur le dernier facteur était effectuée en utilisant l'EA, l'EV et le nombre de cibles interceptées comme variables dépendantes.

1.1 Erreur Absolue

L'effet groupe n'est pas significatif, $F(2,42) = 2,81$, $p = 0,07$. En revanche, il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(9,378) = 103,56$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,71$. Les participants des trois groupes devenaient de plus en plus précis au fil des essais. L'interaction n'est pas significative, $F(18,378) = 1,2$; NS.

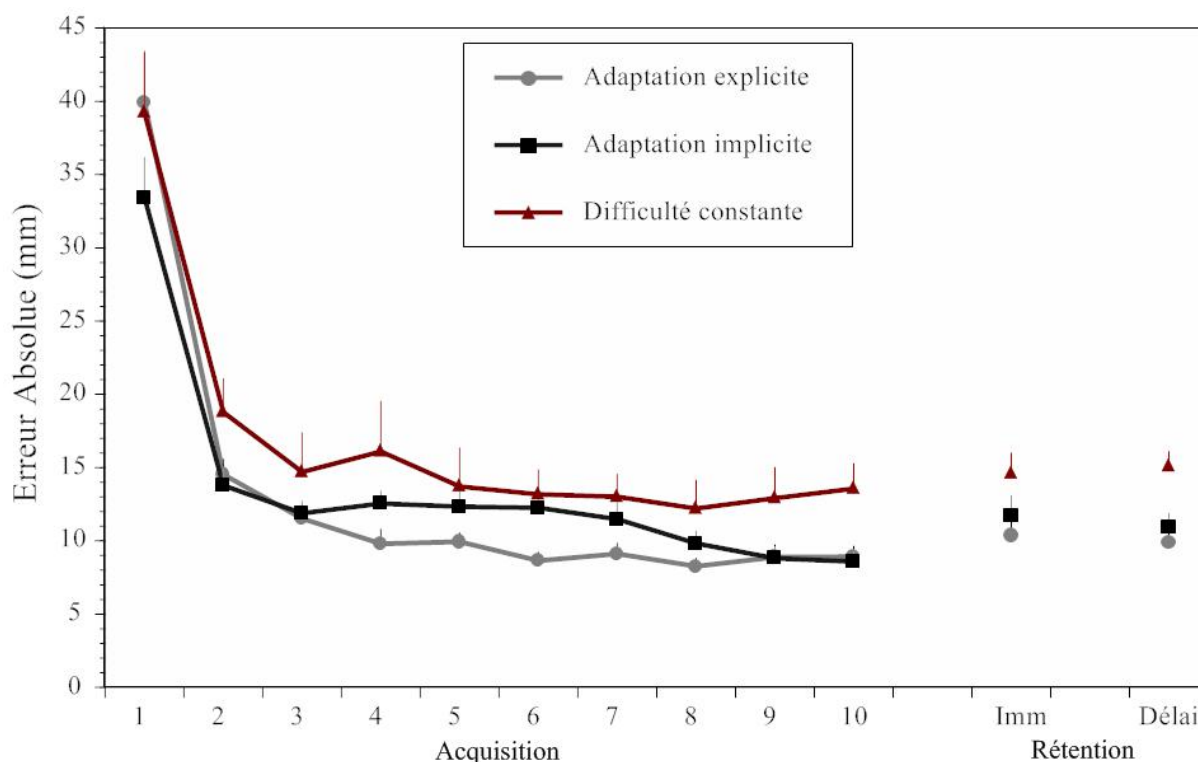


Figure 38 : Erreur Absolue moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

1.2 Erreur Variable

L'effet groupe est significatif, $F(2,42) = 3,85$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,15$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que les participants du groupe « *difficulté constante* » étaient significativement moins réguliers (EV moyenne = 14,66 mm ; ES = 2,02 mm) que leurs homologues des groupes en « *adaptation explicite* » (EV moyenne = 9,69 mm ; ES = 0,67 mm) et « *adaptation implicite* » (EV moyenne = 10,89 mm ; ES = 0,83 mm). Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(9,378) = 82,24$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,66$. Les participants des trois groupes devenaient plus réguliers au fil des essais. L'interaction n'est pas significative, $F(18,378) < 1$; NS.

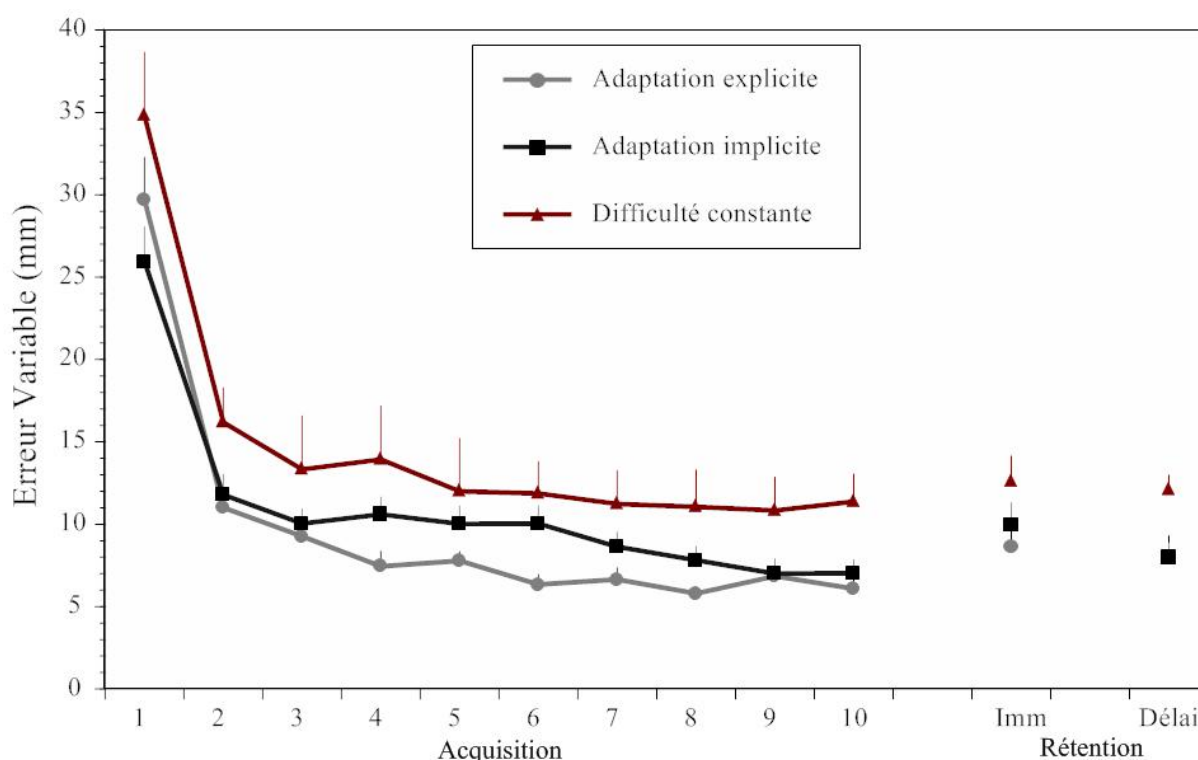


Figure 39 : Erreur Variable moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

1.3 Nombre de cibles interceptées

L'effet groupe est significatif, $F(2,42) = 17,24$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,45$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que les participants du groupe « *difficulté constante* » interceptaient significativement moins de cibles (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,37, ES = 0,07) que leurs homologues des groupes en « *adaptation explicite* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,68 ; ES = 0,03) et « *adaptation implicite* » (Nombre moyen

de cibles interceptées = 1,76 ; ES = 0,04). Le nombre de balles interceptées variait de manière significative au fil des essais, $F(9,378) = 18,59$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,31$. Comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessous, le nombre de cibles interceptées augmentait entre le premier et le troisième bloc pour ensuite atteindre un palier. L'interaction n'est pas significative, $F(18,378) < 1$; NS.

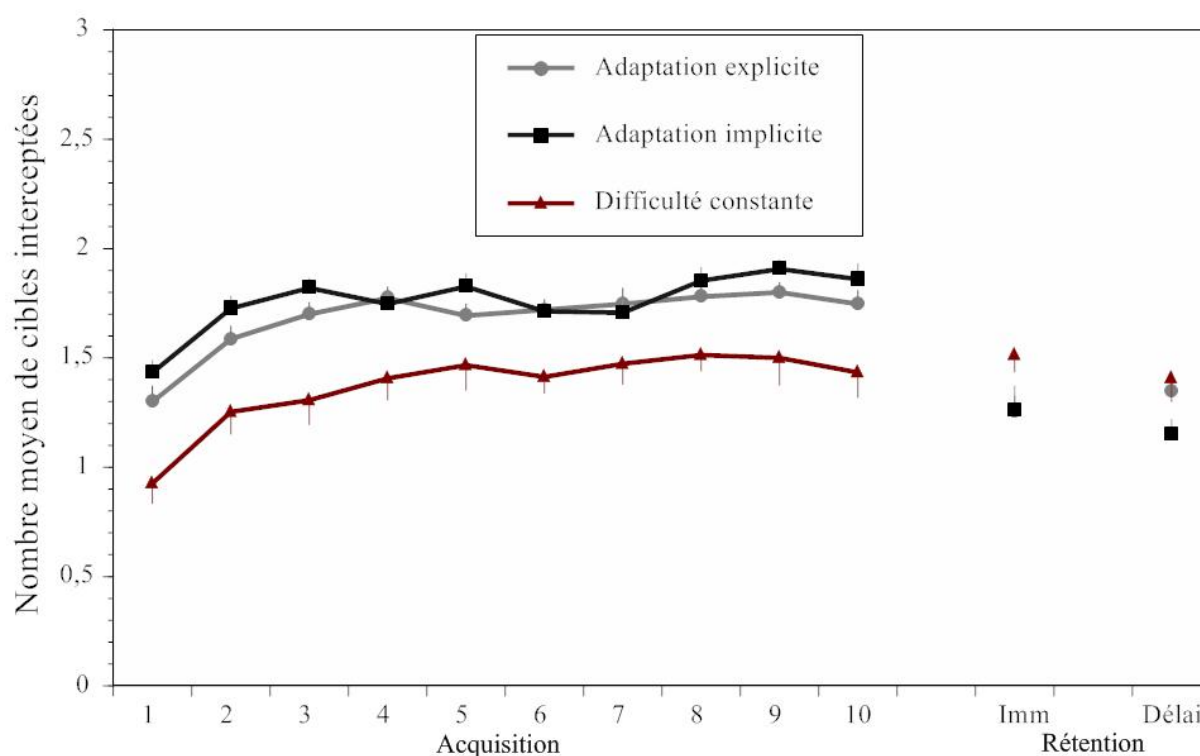


Figure 40 : Nombre de cibles interceptées en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

1.4 Variation de la largeur de la raquette en fonction du bloc d'essais pour les participants des groupes « *adaptation explicite* » et « *adaptation implicite* »

Comme nous pouvons l'observer dans la figure 41, la largeur de raquette moyenne évoluait de manière relativement similaire pour les participants des deux groupes dont la difficulté était adaptée selon des règles, à savoir une chute rapide entre le premier et le troisième bloc d'essais pour ensuite ne subir qu'une faible diminution jusqu'à la fin de la phase d'acquisition. Il faut noter que la largeur moyenne de raquette adaptée selon la performance des participants des groupes « *adaptation explicite* » (Largeur de raquette moyenne = 9,02 mm) et « *adaptation implicite* » (Largeur de raquette moyenne = 8,43 mm) était bien éloignée de celle imposée lors des tests de rétention (3 mm).

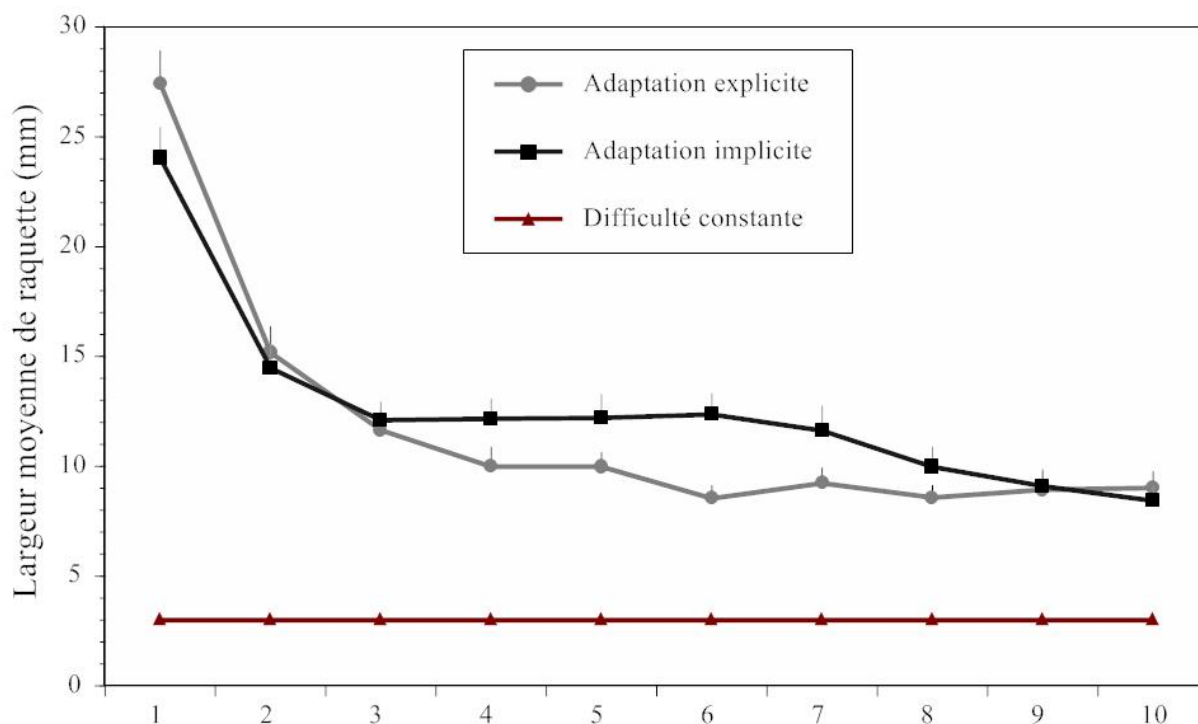


Figure 41 : Largeur de raquette moyenne imposée au groupe « difficulté constante » et adaptée à la performance des participants des groupes « adaptation explicite » et « adaptation implicite » en fonction du bloc d'essais lors la phase d'acquisition. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

2. Rétention

Pour les tests de rétention, une ANOVA de 3 (Groupes : « difficulté constante », « adaptation explicite », « adaptation implicite ») x 2 (Sessions : rétention immédiate, rétention avec délai) à mesures répétées sur le dernier facteur était effectuée en utilisant l'EA, l'EV et le nombre de cibles interceptées comme variables dépendantes.

2.1 Erreur Absolue

L'effet groupe est significatif, $F(2,42) = 5,49$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,21$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que le groupe « difficulté constante » était significativement moins précis (EA moyenne = 14,84 mm ; ES = 1,09 mm) que les deux autres groupes en « adaptation explicite » (EA moyenne = 10,14 mm ; ES = 1,02 mm) et « adaptation implicite » (EA moyenne = 11,32 mm ; ES = 1,03 mm). L'effet du délai n'est pas significatif, $F(1,42) < 1$; NS, tout comme l'interaction groupe x délai, $F(2,42) < 1$; NS. On constate que l'effet groupe n'est pas significatif en rétention immédiate, $F(2,42) = 2,66$, $p = 0,08$. L'effet groupe devient significatif en rétention avec délai, $F(2,42) = 6,95$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,25$. Une

analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que le groupe « *difficulté constante* » était significativement moins précis en rétention avec délai (EA moyenne = 15,09 mm ; ES = 1,03 mm) que les deux autres groupes en « *adaptation explicite* » (EA moyenne = 9,91 mm ; ES = 1,11 mm) et « *adaptation implicite* » (EA moyenne = 10,93 mm ; ES = 0,97 mm).

2.2 Erreur Variable

L'effet groupe est significatif, $F(2,42) = 3,7$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,15$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que le groupe « *difficulté constante* » était significativement moins régulier (EV moyenne = 12,34 mm ; ES = 1,09 mm) que les deux autres groupes en « *adaptation explicite* » (EV moyenne = 8,31 mm ; ES = 1,26 mm) et « *adaptation implicite* » (EV moyenne = 8,95 mm ; ES = 1,02 mm). L'effet du délai n'est pas significatif, $F(1,42) = 2,22$; NS, tout comme l'interaction groupe x délai, $F(2,42) < 1$; NS. On constate que l'effet groupe n'est pas significatif en rétention immédiate, $F(2,42) = 1,95$; NS. L'effet groupe devient significatif en rétention avec délai, $F(2,42) = 5,02$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,19$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que le groupe « *difficulté constante* » était significativement moins régulier en rétention avec délai (EV moyenne = 12,09 mm ; ES = 0,92 mm) que les deux autres groupes en « *adaptation explicite* » (EV moyenne = 8,01 mm ; ES = 1,31 mm) et « *adaptation implicite* » (EV moyenne = 7,98 mm ; ES = 0,89 mm).

2.3 Nombre de cibles interceptées

L'effet groupe n'est pas significatif, $F(2,42) = 2,64$, $p = 0,08$; NS. L'effet du délai n'est pas significatif, $F(1,42) < 1$; NS. L'interaction n'est pas significative, $F(2,42) = 1,82$; NS. On constate que l'effet groupe n'est pas significatif en rétention immédiate, $F(2,42) = 2,7$, $p = 0,08$; NS. L'effet groupe n'est pas significatif en rétention avec délai, $F(2,42) = 2,18$; NS.

IV. Discussion

L'objectif de cette étude était double car d'une part nous souhaitions répliquer les bénéfices d'une adaptation de la difficulté à la performance de l'apprenant comparée à une difficulté constante et d'autre part nous voulions savoir s'il existait un impact des croyances de l'apprenant concernant cette adaptation sur l'apprentissage d'une tâche complexe d'anticipation-coïncidence. Dans cette situation d'apprentissage, le niveau de difficulté était

soit fixe pour le groupe « *difficulté constante* » soit adapté d'un essai sur l'autre selon la performance réalisée par chaque apprenant des groupes « *adaptation implicite* » et « *adaptation explicite* ». Nous avons pu constater que dès la phase d'acquisition, les participants des groupes en adaptation de la difficulté contrôlée par des règles avaient tendance à être plus précis et étaient significativement plus réguliers que les apprenants du groupe « *difficulté constante* ». Ce constat a été notamment renforcé par les résultats lors du test de rétention avec délai. En effet, bien qu'à ce stade tous les participants étaient testés dans les mêmes conditions, les apprenants du groupe « *difficulté constante* » demeuraient malgré tout significativement moins précis et réguliers que leurs homologues des groupes ayant bénéficié d'une difficulté adaptée à leur performance lors des essais d'acquisition. D'une part, ces résultats confirment les données apportées par nos précédentes expériences selon lesquelles l'adaptation de la difficulté au niveau d'habileté de l'apprenant est un facteur bénéfique à l'apprentissage des habiletés motrices comparé à une condition de difficulté constante. D'autre part, la connaissance de la logique d'adaptation de la difficulté ne semble avoir aucune incidence sur l'apprentissage étant donné l'absence de différence significative entre les groupes « *adaptation implicite* » et « *adaptation explicite* » quelle que soit la phase de test.

D'un point de vue informationnel, nombreuses sont les études ayant mis en évidence le lien existant entre difficulté de la tâche et quantité d'information (Albaret & Thon, 1998; Choi & coll, 2008; Keetch & Lee, 2007; Martin & Anshel, 1995 ; Wulf & Shea, 2002). Selon l'hypothèse du challenge point (Guadagnoli & Lee, 2004), la quantité d'information extraite de la tâche dépendrait à la fois de la difficulté nominale de la tâche et du niveau d'habileté de l'apprenant. L'individu possédant des capacités de traitement limitées notamment en début de pratique, il semblerait que, conformément à notre seconde expérience, le fait d'adapter la difficulté au niveau de l'apprenant dès la phase de découverte permettrait d'optimiser l'apprentissage. Aussi les participants en difficulté adaptée selon des règles ont probablement pu bénéficier d'une difficulté de la tâche adaptée à leur niveau d'habileté tout au long de la phase d'acquisition et ce notamment en début d'acquisition ce qui a potentiellement optimisé leur apprentissage. A contrario, dès le début de la phase d'acquisition, les apprenants en « *difficulté constante* » ont fait face à une difficulté fixe et maximale et ont donc vraisemblablement été amenés à effectuer la tâche dans des conditions de pratique inadaptées à leur niveau d'habileté. Selon Sanger (2004), une difficulté trop importante est supposée générer chez les apprenants d'importantes erreurs pouvant parasiter l'apprentissage du fait de

l'absence de situations d'apprentissage adaptées. Par ailleurs lorsque l'on observe plus attentivement l'évolution de la largeur de raquette chez les groupes ayant une difficulté réajustée d'un essai à l'autre en fonction de leur performance, on constate la présence d'un élément qui a probablement atténué leur performance. En effet, on peut voir que la largeur moyenne de raquette atteinte en fin d'acquisition par les participants des groupes « *adaptation implicite* » et « *adaptation explicite* » était équivalente au triple (Largeur moyenne de raquette en acquisition = 8,72 mm) de celle à laquelle ils étaient confrontés en tests de rétention (Largeur moyenne de raquette en acquisition = 3 mm). Ainsi, même si les apprenants de ces groupes ont eu une difficulté adaptée tout au long de la phase d'acquisition, le fait qu'ils n'aient pas atteint un niveau de difficulté proche de celui requis lors des tests de rétention pourrait expliquer une régression de leurs performances lors des tests de rétention. Par ailleurs lors des tests de rétention nous pouvons constater que le groupe « *difficulté constante* » a maintenu une performance équivalente à celle de la phase d'acquisition quand dans le même temps celle des groupes « *adaptation implicite* » et « *adaptation explicite* » avait subi une dégradation partielle. Les résultats observés pour le premier groupe tempèrent ceux de la littérature selon lesquels une pratique répétitive est généralement plus efficace que le fait de pratiquer plusieurs tâches (Catalano & Kleiner, 1984 ; Schmidt & Bjork, 1992). En effet même si la performance de ce groupe s'est stabilisée entre la phase d'acquisition et celle de rétention, elle n'en reste pas moins significativement inférieure à celle de ses homologues bien que les participants deux autres groupes n'aient été confrontés que ponctuellement à une largeur de raquette maximale. Il semblerait donc que l'adaptation de la difficulté induise non seulement des bénéfices en termes d'information interprétable mais également sur le plan motivationnel du fait que la difficulté s'adapte selon le comportement moteur de l'apprenant dans la tâche à effectuer.

Le concept de difficulté optimale a également été étudié d'un point de vue motivationnel et notamment relié à la motivation intrinsèque. La motivation intrinsèque reflèterait la propension de l'individu à s'engager dans la réalisation d'une tâche de son propre chef et donc à maintenir des challenges en accord avec le niveau d'habileté de l'individu (Deci & Ryan, 1985 ; Hebb, 1955 ; White, 1959). Aussi, le fait que la difficulté soit réajustée à la performance de l'apprenant a probablement permis de maintenir la motivation à un certain niveau ce qui n'est probablement pas le cas du groupe « *difficulté constante* ». En outre, on peut supposer que lors de la phase d'acquisition le groupe « *adaptation explicite* » pouvait se fixer ses propres buts tout en sachant qu'une éventuelle erreur entraînerait un réajustement de

la largeur de la raquette. Ces derniers pouvaient également tester différentes stratégies (Wulf & Toole, 1999) en explorant l'espace de travail perceptivo-moteur (Newell, 1991) afin de sélectionner la plus efficace à leurs yeux et ainsi optimiser la tâche d'interception. Toutefois, contrairement à l'étude de Wulf & Lewthwaite (2009), l'absence de supériorité du groupe en « *adaptation explicite* » laisse penser que l'aspect informationnel, à savoir l'adaptation de la difficulté est plus important pour l'apprentissage de cette tâche que les croyances induites par la connaissance de cette règle. Par ailleurs, l'absence de différence entre les deux groupes dont la difficulté est adaptée selon des règles peut également provenir du fait qu'un tiers des participants du groupe « *adaptation implicite* » (5 participants sur 15) ont indiqué à l'expérimentateur avoir l'impression que la largeur de raquette évoluait selon leur performance ce qui a probablement évité une baisse d'investissement et une éventuelle démotivation de leur part. En ce qui les concerne, les participants du groupe « *difficulté constante* » ont été mis en échec par la difficulté maximale rencontrée dès le début de la phase d'acquisition ce qui les a probablement découragés de s'engager dans des activités cognitivement coûteuses (Lee, Swinnen & Serrien, 1994 ; Schmidt & Bjork, 1992). De plus, ces mêmes participants ont peut être adopté une attitude externaliste (Rotter, 1966), attribuant d'éventuels échecs à une absence totale de contrôle sur la tâche. Le fait d'attribuer leur échec à des causes externes a donc probablement diminué leur motivation (Hardy & Nelson, 1988) et par conséquent leur investissement dans le processus d'apprentissage.

La présente étude conforte les bienfaits de l'adaptation de la difficulté selon des règles (Choi & coll, 2008; Kelley, 1969; Mané, Adams, & Donchin, 1989) mais apporte de nouveaux éléments sur les bénéfices de l'adaptation de la difficulté. Premièrement, il semblerait que l'aspect informationnel soit prépondérant pour expliquer les bienfaits de l'adaptation de la difficulté. Deuxièmement, l'aspect motivationnel n'influerait pas dans les mêmes proportions lorsque la difficulté est adaptée « automatiquement » que lorsqu'elle est autocontrôlée par l'apprenant comme en témoigne l'absence de différence entre le groupe averti que la difficulté va évoluer selon sa performance et le groupe l'ignorant. Pour conclure, il serait intéressant de comparer les différents groupes de nos précédentes expériences afin de voir quelle condition optimiserait l'apprentissage.

SYNTHESE DES EXPERIENCES : ETUDE COMPARATIVE SUR LE ROLE DE L'ADAPTATION DE LA DIFFICULTE DANS L'APPRENTISSAGE D'UNE HABILETE MOTRICE

I. Objectif

Les résultats des précédentes expériences nous ont permis de constater une amélioration de l'apprentissage lorsque la difficulté de la tâche était adaptée au niveau d'habileté de l'apprenant en phase d'acquisition. Ainsi, dans un premier temps nous avons montré que les performances des participants pouvant moduler la difficulté de la tâche lors de la phase d'acquisition surpassaient celles de leurs homologues pour qui ce paramètre était imposé. Dans un second temps, nous avons montré qu'une difficulté « automatiquement » adaptée à la performance de l'apprenant suivant des règles préenregistrées par l'expérimentateur améliorait davantage l'apprentissage qu'une condition de pratique dans laquelle la difficulté était maximale et constante.

Dans la mesure où le plan expérimental est identique pour l'ensemble de nos études (100 essais d'acquisition suivis d'un test de rétention immédiat et d'un test de rétention différé), il nous a paru intéressant d'effectuer une analyse globale afin de voir quelle condition d'adaptation de la difficulté induisait la meilleure performance en rétention et serait donc la plus bénéfique à l'apprentissage. En effet, dans le cas du groupe « *autocontrôle* », la possibilité d'adapter un paramètre à ses besoins serait plus motivant (Bandura, 1993 ; Boekaerts, 1996) et induirait chez l'apprenant un traitement approfondi de l'information (McCombs, 1989 ; Watkins, 1984 ; voir également Chen & Singer, 1992). Pour ce qui est du groupe « *adaptation explicite* », le fait de faire correspondre la difficulté de la tâche au niveau d'habileté de l'apprenant tant au début de la pratique qu'au fur et à mesure qu'il progresse, a le potentiel d'améliorer l'apprentissage (Choi & coll, 2008). Ainsi, nous avons postulé que les participants du groupe « *autocontrôle* » surpasseraient leurs homologues en « *adaptation explicite* » dans la mesure où l'autocontrôle leur permettait d'élaborer des stratégies

considérées comme un composant essentiel du processus d'autorégulation (Lefebvre-Pinard & Pinard, 1985 ; Nisbet & Schucksmith, 1986 ; Zimmerman, 1989, 1990 ; Schunck & Zimmerman, 1996 ; Singer, 2000). Ainsi le processus d'autorégulation serait affecté dans ce cas précis par les métaconnaissances de l'individu c'est à dire les connaissances de ses propres connaissances ce qui lui permettrait d'élaborer une séquence d'apprentissage conforme à ses besoins. L'apprentissage était mesuré lors de deux tests de rétention similaires aux précédentes expériences.

II. Méthode

Les participants de cette étude comparative appartenaient à l'un des quatre groupes suivants :

- ✓ Groupe « *autocontrôle* » au sein duquel chaque participant pouvait choisir la largeur de raquette au fil des essais d'acquisition.
- ✓ Groupe « *apparié* » pour lequel chaque séquence de largeur de raquette choisie par un participant du groupe « *autocontrôle* » était réutilisée pour un participant du groupe « *apparié* » de même sexe de telle sorte que ce dernier ait exactement la même évolution de la difficulté sans pour autant en avoir eu le choix.
- ✓ Groupe « *adaptation explicite* » pour lequel la largeur de raquette à l'essai n serait adaptée à la performance effectuée à l'essai n-1 lors des essais d'acquisition, excepté lors de l'essai n°1 au cours duquel la largeur de raquette rencontrée constituait le niveau de difficulté auquel les apprenants seraient confrontés lors des tests de rétention (10 pixels ou 3 mm).
- ✓ Groupe « *difficulté constante* » dont la largeur de raquette était fixe tout au long de la phase d'acquisition et correspondait à la difficulté de la tâche qu'ils seraient amenés à rencontrer lors des tests de rétention.

III. Résultats

1. Acquisition

Pour la phase d'acquisition les données d'EA, d'EV et du nombre de balles interceptées ont été analysés grâce à une ANOVA de 4 (Groupes : « *autocontrôle* » ; « *apparié* » ;

« adaptation explicite » ; « difficulté constante ») x 10 (Blocs d'essais) à mesures répétées sur le dernier facteur.

1.1 Erreur Absolue

L'effet groupe est significatif, $F(3,56) = 5,3$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,22$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que les participants du groupe « difficulté constante » étaient significativement moins précis (EA moyenne = 16,74 mm ; ES = 1,77 mm) que leurs homologues des groupes « adaptation explicite » (EA moyenne = 12,96 mm ; ES = 0,76 mm), « autocontrôle » (moyenne = 10,47 mm ; ES = 0,66 mm) et « apparié » (EA moyenne = 13,44 mm ; ES = 0,94 mm). Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(9,504) = 106,22$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,65$. Les participants des quatre groupes devenaient de plus en plus précis au fil des essais. L'interaction groupe x bloc est significative, $F(27,504) = 2,19$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,1$.

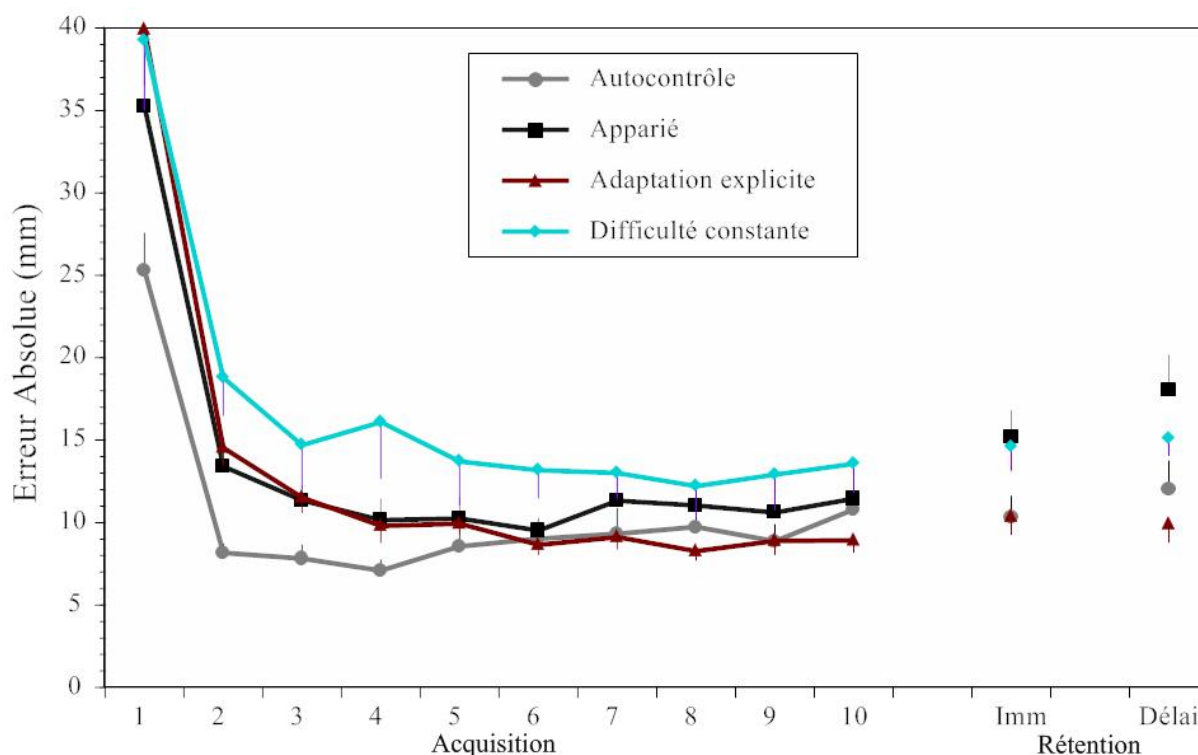


Figure 42 : Erreur Absolue moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

1.2 Erreur Variable

L'effet groupe n'est pas significatif, $F(3,56) = 2,69$, $p = 0,054$. Il y a un effet significatif du bloc d'essais, $F(9,504) = 76,81$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,58$. Les participants des quatre groupes

devenaient plus réguliers au fil des essais. L'interaction groupe x bloc est significative, $F(27,504) = 1,87, p < 0,05, \eta^2_p = 0,09$.

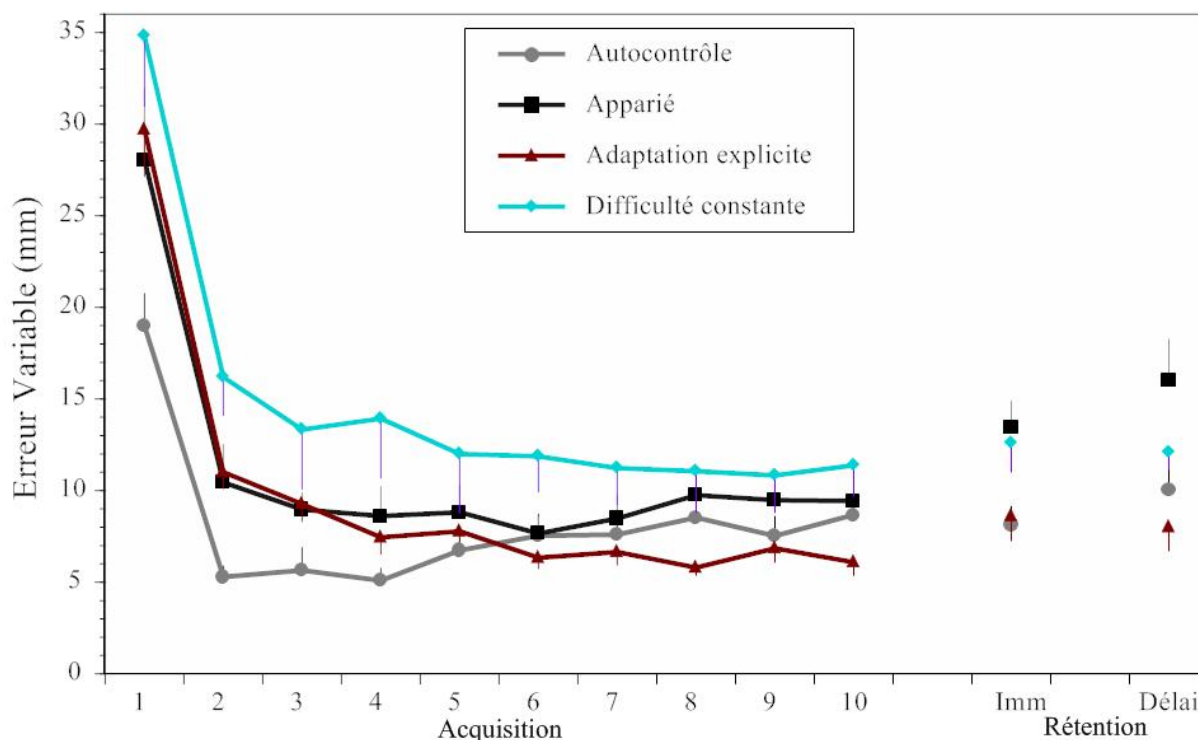


Figure 43 : Erreur Variable moyenne en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

1.3 Nombre de cibles interceptées

L'effet groupe est significatif, $F(3,56) = 16,89, p < 0,001, \eta^2_p = 0,47$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré d'une part que les participants du groupe « *difficulté constante* » interceptaient significativement moins de cibles (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,37 ; ES = 0,07) que leurs homologues des groupes « *autocontrôle* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 2,12 ; ES = 0,09), « *apparié* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,96 ; ES = 0,11) et « *adaptation explicite* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,68 ; ES = 0,03) et d'autre part que les participants du groupe « *adaptation explicite* » interceptaient significativement plus de cibles que les participants du groupe « *difficulté constante* » et significativement moins que leurs homologues des groupes « *autocontrôle* » et « *apparié* ». L'effet bloc est significatif, $F(9,504) = 15,52, p < 0,001, \eta^2_p = 0,22$. Comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessous, le nombre de cibles interceptées augmentait entre le premier et le troisième bloc puis diminuait progressivement

au fil des blocs d'essais. L'interaction est significative, $F(27,504) = 6,55$, $p < 0,001$, $\eta^2_p = 0,26$. Les performances en termes de nombre de cibles interceptées évoluaient de manière relativement similaire au fil des essais pour les groupes « *autocontrôle* » et « *apparié* » d'une part et pour les groupes « *difficulté constante* » et « *adaptation explicite* » d'autre part.

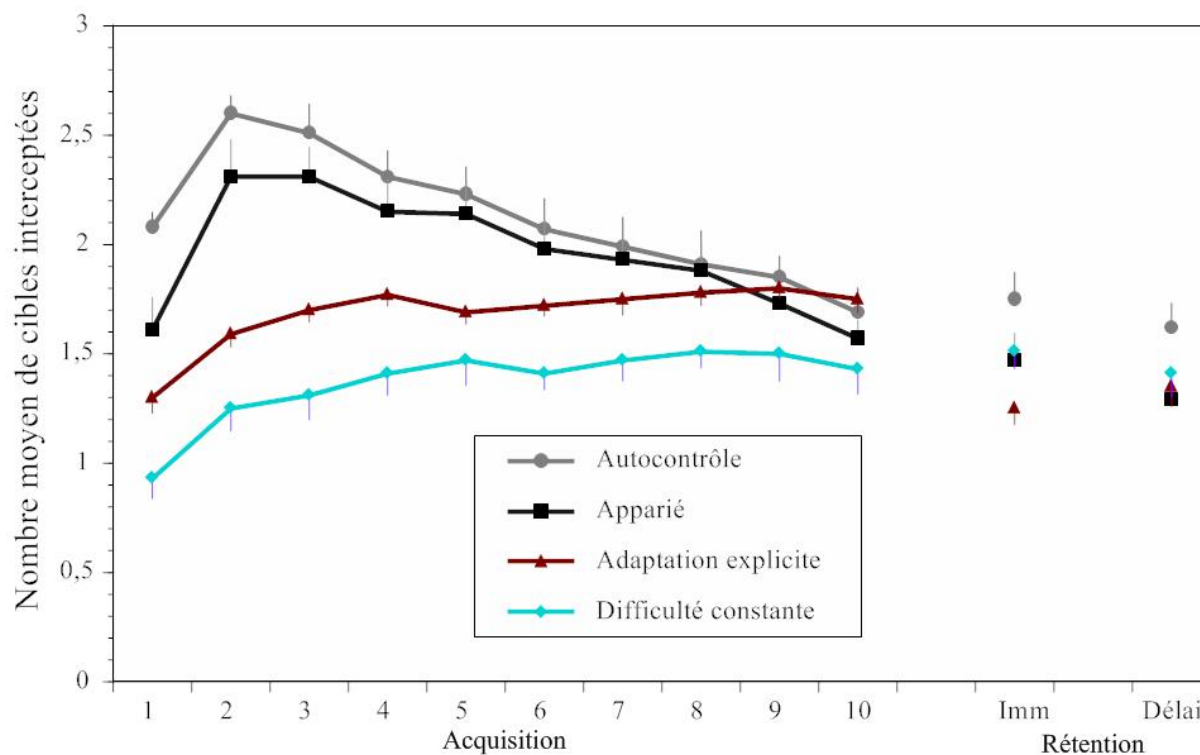


Figure 44 : Nombre de cibles interceptées en fonction du bloc d'essais lors des phases d'acquisition et de rétention. Les barres d'erreurs représentent les erreurs standards.

2. Rétention

Pour les tests de rétention, une ANOVA de 4 (Groupes : « *autocontrôle* » ; « *apparié* » ; « *adaptation explicite* » ; « *difficulté constante* ») x 2 (Sessions : rétention immédiate, rétention avec délai) à mesures répétées sur le dernier facteur était effectuée en utilisant l'EA, l'EV et le nombre de cibles interceptées comme variables dépendantes.

2.1 Erreur Absolue

L'effet groupe est significatif, $F(3,56) = 5,98$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,24$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que les apprenants des groupes « *difficulté constante* » (EA moyenne = 14,84 mm ; ES = 1,09 mm) et « *apparié* » (EA moyenne = 16,62 mm ; ES = 1,39 mm) étaient significativement moins précis que leurs homologues des groupes

« *autocontrôle* » (EA moyenne = 11,15 mm ; ES = 1,44 mm) et « *adaptation explicite* » (EA moyenne = 10,14 mm ; ES = 1,02 mm). L'effet du délai n'est pas significatif, $F(1,56) = 2,05$; NS, tout comme l'interaction groupe x délai, $F(3,56) < 1$; NS. On constate que l'effet groupe est significatif en rétention immédiate, $F(3,56) = 3,73$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,17$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que les participants du groupe « *adaptation explicite* » étaient significativement plus précis en rétention immédiate (EA moyenne = 10,36 mm ; ES = 1,1 mm) que ceux des groupes « *difficulté constante* » (EA moyenne = 14,58 mm ; ES = 1,44 mm) et « *apparié* » (EA moyenne = 15,22 mm ; ES = 1,59 mm). L'effet groupe demeure significatif en rétention avec délai, $F(3,56) = 5,05$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,21$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que le groupe « *apparié* » était significativement moins précis en rétention avec délai (EA moyenne = 18,03 mm ; ES = 2,15 mm) que les deux autres groupes en « *adaptation explicite* » (EA moyenne = 9,91 mm ; ES = 1,11 mm) et « *autocontrôle* » (EA moyenne = 12,01 mm ; ES = 1,75 mm).

2.2 Erreur Variable

L'effet groupe est significatif, $F(3,56) = 5,94$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,24$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que les apprenants du groupe « *apparié* » (EV moyenne = 14,72 mm ; ES = 1,39 mm) étaient significativement moins réguliers que leurs homologues des groupes « *autocontrôle* » (EV moyenne = 9,08 mm ; ES = 1,11 mm) et « *adaptation explicite* » (EV moyenne = 8,31 mm ; ES = 1,26 mm). L'effet du délai n'est pas significatif, $F(1,56) = 1,07$; NS, tout comme l'interaction groupe x délai, $F(3,56) = 1$; NS. On constate que l'effet groupe est significatif en rétention immédiate, $F(3,56) = 3,94$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,17$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que d'une part les participants du groupe « *apparié* » étaient significativement moins réguliers en rétention immédiate (EV moyenne = 13,45 mm ; ES = 1,43 mm) que leurs homologues des groupes « *autocontrôle* » (EV moyenne = 8,13 mm ; ES = 1,02 mm) et « *adaptation explicite* » (EV moyenne = 8,61 mm ; ES = 1,37 mm) et d'autre part que les participants du groupe « *adaptation explicite* » (EV moyenne = 8,61 mm ; ES = 1,37 mm) étaient significativement plus précis que ceux des groupes « *apparié* » (EV moyenne = 13,45 mm ; ES = 1,43 mm) et « *difficulté constante* » (EV moyenne = 12,58 mm ; ES = 1,58 mm). L'effet groupe demeure significatif en rétention avec délai, $F(3,56) = 4,8$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,20$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que les participants du groupe « *apparié* » restaient significativement moins réguliers en

rétenion avec délai (EV moyenne = 16 mm ; ES = 2,27 mm) que leurs homologues des groupes « *autocontrôle* » (EV moyenne = 10,04 mm ; ES = 1,42 mm) et « *adaptation explicite* » (EV moyenne = 8,01 mm ; ES = 1,31 mm).

2.3 Nombre de cibles interceptées

L'effet groupe est significatif, $F(3,56) = 3,7$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,17$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que les apprenants du groupe « *autocontrôle* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,68 ; ES = 0,1) interceptaient significativement plus de cibles que leurs homologues des groupes « *apparié* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,38 ; ES = 0,09) et « *adaptation explicite* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,30 ; ES = 0,07). L'effet du délai n'est pas significatif, $F(1,56) = 2,11$; NS, tout comme l'interaction groupe x délai, $F(3,56) = 1,18$; NS. On constate que l'effet groupe est significatif en rétenion immédiate, $F(3,56) = 3,88$, $p < 0,05$, $\eta^2_p = 0,17$. Une analyse post-hoc de Newman-Keuls a montré que les participants du groupe « *adaptation explicite* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,25 ; ES = 0,07) interceptaient significativement moins de cibles que leurs homologues du groupe « *autocontrôle* » (Nombre moyen de cibles interceptées = 1,75 ; ES = 0,12) après un délai de quinze minutes. L'effet groupe n'est plus significatif en rétenion avec délai, $F(3,56) = 2,01$; NS.

IV. Discussion

Cette étude a été réalisée dans le but de déterminer quel mode d'adaptation de la difficulté optimisait l'apprentissage. Dans cette situation d'apprentissage, le niveau de difficulté était soit fixé au maximum pour le groupe « *difficulté constante* », soit adapté d'un essai sur l'autre selon la performance réalisée par chaque apprenant du groupe « *adaptation explicite* », soit choisi au fil des essais d'acquisition par les participants du groupe « *autocontrôle* », soit imposé à chaque participant du groupe « *apparié* » selon les choix d'un homologue du groupe précédent. Compte tenu des résultats obtenus lors des expériences 1 et 3 séparément, les différences pouvant apparaître respectivement entre les groupes « *autocontrôle* » et « *apparié* » d'une part et « *adaptation explicite* » et « *difficulté constante* » d'autre part, ne seront pas traitées plus en détail. Lors de la phase d'acquisition, nous avons juste pu observer que le groupe « *adaptation explicite* » interceptait significativement moins de cibles que le groupe « *autocontrôle* » notamment. Nous avons

également constaté que les participants du groupe « *difficulté constante* » avaient une précision et une performance en termes de nombre de cibles interceptées significativement moins élevées que les participants des trois autres groupes. Les résultats lors des tests de rétention n'ont fait apparaître aucune différence notable entre les groupes « *autocontrôle* » et « *adaptation explicite* ». En revanche il est clairement apparu que les participants du groupe « *apparié* » étaient significativement moins précis et réguliers que leurs homologues des groupes « *autocontrôle* » et « *adaptation explicite* ».

Les résultats obtenus lors de cette étude comparative mettent encore une fois en évidence le rôle primordial que revêt l'adaptation de la difficulté au niveau d'habileté de l'apprenant afin de maintenir un optimum en termes d'information interprétable correspondant au challenge point (Guadagnoli & Lee, 2004). Contrairement aux autres groupes, les participants du groupe « *difficulté constante* » n'ont pas eu une évolution de la difficulté de la tâche au fil de essais, cette dernière étant maximale durant l'intégralité de la phase d'acquisition. Les apprenants de ce groupe ont donc dès la phase de découverte eu trop d'informations à traiter ce qui, en plus d'influer sur leur performance à court terme, a probablement détérioré leur apprentissage à plus long terme (Marteniuk, 1976). Les participants du groupe « *apparié* » ont, quant à eux, vu la difficulté de la tâche changer d'un essai à l'autre. Toutefois, cette évolution se basant sur les choix d'un individu du groupe « *autocontrôle* », la difficulté opérationnelle a probablement oscillée autour du challenge point sans jamais correspondre parfaitement aux besoins de l'apprenant. En effet si la difficulté était trop importante pour l'individu (i.e. une largeur de raquette trop petite), la quantité d'information disponible excédait les capacités de traitement des participants du groupe « *apparié* » ce qui a réduit les bénéfices potentiels sur l'apprentissage. A contrario, une difficulté trop faible pour l'individu (i.e. une largeur de raquette trop grande) a probablement ralenti la progression des apprenants car la quantité d'information potentiellement disponible était trop faible compte tenu de ce que l'individu était capable de traiter. Aussi selon la stratégie employée par l'individu du groupe « *autocontrôle* » auquel chaque participant était apparié, la séquence de difficulté choisie a pu soit les faire stagner soit les mettre en échec. Il semblerait donc qu'une telle évolution imposée par les choix d'un tiers ait influé sur l'apprentissage des participants du groupe « *apparié* » car les résultats en rétention ont montré que les participants de ce groupe étaient significativement moins performants que les individus des autres groupes. Aussi, conformément aux résultats obtenus par Williges & Williges (1977), on peut penser que l'adaptation de la difficulté n'a d'intérêt pour l'apprentissage que si celle-ci se base sur la

performance de l'apprenant (« *adaptation explicite* ») ou si elle évolue selon ses propres choix (« *autocontrôle* »). Les résultats des tests de rétention laissent penser qu'il est préférable pour l'apprentissage qu'il y ait trop d'informations et que cela soit toujours le cas comme c'est le cas pour le groupe « *difficulté constante* », plutôt que la quantité d'information soit imprévisible et évolue de façon incohérente avec la performance de l'apprenant comme c'est le cas pour le groupe « *apparié* ».

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

L'objectif de ce travail était de mettre en évidence le rôle bénéfique de l'adaptation de la difficulté en fonction du niveau d'habileté de l'apprenant afin d'optimiser l'apprentissage. Nous avons pour cela manipulé l'adaptation de la difficulté selon deux modes différents : l'autocontrôle de la difficulté de la tâche et l'adaptation de la difficulté de la tâche selon des règles. La première réside dans le fait de laisser la possibilité à l'apprenant d'ajuster la difficulté à ses préférences tandis que la seconde est le fruit d'une adaptation « automatique » de la difficulté à la performance de l'apprenant. Comme nous avons pu le montrer au fil des expériences, le fait de mettre l'apprenant dans un environnement de pratique permettant une adaptation de la difficulté à sa performance induit des bénéfices qui peuvent être interprétés en termes informationnel et/ou motivationnel. Toutefois, l'absence de différence entre les groupes « *autocontrôle* » et « *adaptation explicite* » probablement due à certaines limites inhérentes à chaque condition, ouvre d'autres perspectives de recherches que nous allons détailler par la suite.

Une simple question de précision ?

Tout d'abord, cette tâche d'anticipation-coïncidence requérant une précision spatio-temporelle importante, on est droit de se demander si les participants de ces groupes ayant bénéficiés d'une adaptation de la difficulté n'avaient pas atteint un seuil de précision en-deçà duquel il était très difficile d'aller. A titre d'exemple, lorsque la difficulté atteignait son niveau maximal, la raquette virtuelle permettant de réaliser l'interception avait une largeur (3 mm ou 10 pixels) inférieure à celle des cibles qui devaient être interceptées (4,5 mm ou 15 pixels) ce qui requérait une précision « millimétrée ». On peut donc penser que des outils de mesure plus précis et des indicateurs de performances plus variés (e.g. l'analyse de la trajectoire de la raquette) pourraient permettre de mieux différencier les effets de ces deux conditions de pratique.

Une motivation à quantifier

Le fait de donner à l'apprenant une forme de contrôle sur son environnement de pratique peut également induire des bénéfices sur le plan motivationnel (Bandura, 1993 ; Boekaerts, 1996). Ainsi, en ayant la possibilité de se fixer des buts spécifiques à court terme, l'individu peut notamment augmenter son sentiment d'auto-efficacité c'est-à-dire les croyances sur sa capacité à atteindre un but (Bandura, 1997 ; Zimmerman & Kitsantas, 1997). Un sentiment d'auto-efficacité permettrait alors à l'apprenant de viser des objectifs plus élevés (Locke, Frederick, Bobko & Lee, 1984) amenant des bénéfices pour la performance et l'apprentissage d'habiletés motrices (e.g. Boyce, 1992 ; Burton, 1994 ; Kylo & Landers, 1995 ; Weinberg, 1994). Aussi, à l'image de ce qu'ont pu faire Bund & Wiemeyer (2004), il pourrait être intéressant de mesurer à différents moments de l'expérience la motivation des participants bénéficiant d'une adaptation de la difficulté à l'aide de questionnaires (Ryan, 1982 ; McAuley, Duncan & Tammen, 1989) afin mieux comprendre les différences apparues entre nos groupes lors des précédentes expériences.

Vers une meilleure compréhension des stratégies employées

L'ajustement de la largeur de raquette rendue possible par l'autocontrôle de la difficulté de la tâche, a notamment permis aux apprenants d'atteindre un optimum en termes d'information interprétable, aussi appelé challenge point (Guadagnoli & Lee, 2004). Toutefois, la représentation que l'individu se fait de son propre niveau d'habileté a peut être induit des choix de stratégies qui pourraient ne pas être optimales, et donc, seraient perfectibles. Ainsi selon les cas, la séquence de difficulté choisie a peut être été soit trop exigeante soit trop indulgente pour les capacités de traitement de l'individu car elle reposait sur des jugements métacognitifs imparfaits (Choi & coll, 2008). Il pourrait donc être intéressant dans de futurs travaux de demander aux participants de justifier les stratégies employées en tentant de comprendre les critères de performances sur lesquels elles se basent.

Un compromis à trouver en termes de surcharge cognitive

Nous pouvons penser que les bénéfices apportés par condition autocontrôle ont peut être été atténués par la surcharge cognitive induite par la grande diversité de choix de difficulté à disposition des apprenants. En effet, au-delà de la réalisation de la tâche d'interception en elle-même, ces participants devaient tenir compte de leur performance et de leur niveau

d'habileté afin d'ajuster au mieux la difficulté de la tâche à l'essai suivant. Leur attention a donc du être divisée entre l'apprentissage et le processus d'autocontrôle (Friedrich & Mandl, 1997). Or, plus les apprenants ont de décisions à prendre (i.e. plus la condition autocontrôle comprend de degrés de liberté) et plus la charge cognitive pesant sur les apprenants est forte. Il pourrait donc être intéressant de voir si l'apprentissage serait facilité si les niveaux de difficulté mis à leur disposition étaient moins nombreux.

Des corrections à court terme inadaptées ?

L'adaptation de la difficulté selon des règles a parfois pu devenir incohérente lorsque l'on sait que le système moteur humain est instable (Pew, 1970) et ce notamment chez des individus en cours d'apprentissage. En effet, tout nouveau mouvement différant systématiquement des précédents car au moins un des paramètres programmés lors de son exécution a sensiblement changé, on peut penser que l'algorithme préenregistré par l'expérimentateur ne pouvait pas distinguer l'apprentissage de la performance (Cahill, McGaugh & Weinberger, 2001 ; Winstein, 1991) et a peut être effectué des corrections à court terme inadaptées (Winstein & Schmidt, 1990). Ainsi, une augmentation de la largeur de raquette a très bien pu survenir à la suite d'essais relativement réussis à une certaine difficulté ce qui a probablement atténué le potentiel d'apprentissage pouvant être acquis lors des essais d'acquisition. Par exemple, lors du dernier bloc d'essais de la phase d'acquisition, tous les participants du groupe « *adaptation explicite* » ont vu la largeur de la raquette repasser au dessus des 10 mm après plusieurs essais à des largeurs avoisinant la difficulté maximale (3 mm). Par ailleurs, la largeur de raquette à la fin de la phase d'acquisition pour le groupe « *adaptation explicite* » étant presque équivalente au triple de celle imposée lors des essais de rétention, on pourrait penser que l'algorithme programmé par l'expérimentateur aurait pu intégrer une part de challenge supplémentaire. Nous pourrions, par exemple, intégrer un réglage diminuant de 10% la largeur de raquette par rapport à la largeur recommandée afin d'amener les apprenants de ce groupe à pratiquer plus fréquemment des conditions plus difficiles en vue des tests de rétention.

Quid du rôle de l'estime de soi

Il serait également intéressant de tester l'effet de l'estime de soi sur l'efficacité des processus d'autorégulation impliqués dans l'autocontrôle de la difficulté de la tâche. Ainsi, nous pourrions faire passer des questionnaires d'évaluation d'estime de soi (e.g. Coppersmith,

Rosenberg) aux participants avant les phases de test afin de les répartir dans des groupes spécifiques selon le score obtenu. On peut en effet supposer que des individus ayant une estime de soi supérieure à la moyenne préféreraient choisir l'évolution de leur environnement de pratique et donc apprendre dans une condition autocontrôle. A contrario, il serait peut être préférable que des individus ayant un faible degré de satisfaction personnelle ait une difficulté qui soit automatiquement adaptée à leur performance voire imposée par les choix d'un coach ou d'un instructeur.

Autres perspectives de recherches

Une perspective de recherche intéressante afin de mesurer l'importance des processus d'autorégulation dans l'adaptation de la difficulté serait de comparer un groupe autocontrôle classique à un groupe au sein duquel chaque apprenant préétablirait la séquence d'évolution de la difficulté avant même le début de l'expérience. Ainsi, contrairement au groupe « *apparié* » pour lequel la difficulté était imposée tout au long de l'expérience, les participants du groupe « *autocontrôle avant* », pourraient se façonner un environnement de pratique autocontrôlé motivant mais dont la difficulté pourrait être incohérente avec leur challenge point. Comme Titzer & coll ont pu le faire remarquer, une telle méthodologie permettrait entre autre de distinguer les effets dus aux processus d'autorégulation en général ou bien à l'organisation de la pratique spécifique choisie par ces apprenants.

L'autocontrôle est-il applicable aux situations de terrain ?

Comme nous avons pu l'aborder précédemment, les bénéfices de l'autocontrôle sur l'apprentissage moteur ont été démontrés en manipulant différentes variables (i.e. feedback, aide physique, observation d'un modèle, organisation de la pratique et difficulté de la tâche). Toutefois, nous avons pu remarquer que la plupart des protocoles de ces différentes études font appel à des tâches de laboratoire effectuées dans un cadre expérimental décontextualisé. Ainsi, on est en droit de se demander si l'efficacité de l'autocontrôle dans les situations d'apprentissage, démontrée en laboratoire, pourrait être généralisable à toute situation d'intervention (e.g. éducative, sportive, réadaptation) visant à améliorer ou récupérer certaines habiletés motrices.

REFERENCES

- Adams, J.A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 11-150.
- Alain, C., & Salmela, J. (1980). Analyse des demandes perceptive-motrices des tâches sportives. *Cahiers de psychologie*, 23, pp. 77-86.
- Albaret, J.M., & Thon, B. (1998). Differential effects of task complexity on contextual interference in a drawing task. *Acta Psychologica*, 100, 9-24.
- Anderson, J.R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Ayres, A.J. (1972). *Sensory integration and learning disorders*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.
- Badan, M., Hauert, C.A., & Mounoud, P. (2000). Sequential pointing in children and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 75, 43-69.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, Vol. 84., No. 2, 191-215.
- Bandura, A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational Psychologist*, 28, 117-148.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W.H. Freeman.
- Bartlett, F.C. (1932). *Remembering*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Battig, W.F. (1966). Facilitation and interference. In E. A. Bilodeau (Ed.), *Acquisition of skill*. New York: Academic Press.
- Belisle, J.J. (1963). Accuracy, reliability and refractoriness in a coincidence-anticipation task, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 34, 271-281.
- Berry, D.C., & Broadbent, D.E. (1988). Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. *British Journal of Psychology*, 79, 252-272.
- Billing, J. (1980). An overview of task complexity. *Motor skills: theory into practice*, 4, 1, pp. 18-23.

- Bjork, R.A. (1998). Assessing our own competence: Heuristics and illusions. In D. Gopher & A. Koriat (Eds.), *Attention and performance XVII. Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application* (pp. 435-459). Cambridge, MA: MIT Press.
- Boekaerts, M. (1996). Self-regulated learning at the junction of cognition and motivation. *European Psychologist, 1*, 100-112.
- Bouffard, M., & Dunn, J.G.H. (1993). Children's self regulated learning of movement sequences. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 64* (4), 393-403.
- Boyce, B.A. (1992). Effects of assigned versus participant-set goals on skill acquisition and retention of a selected shooting task. *Journal of Teaching in Physical Education, 11*, 220-234.
- Bund, A. (2001). *Selbstvertrauen und Bewegungslernen* [Self-confidence and motor learning]. Schorndorf: Hofmann.
- Bund, A. & Wiemeyer, J. (2004). Self-controlled learning of a complex motor skill: Effects of the learners' preferences on performance and self-efficacy. *Journal of Human Movement Studies, 67*, 355-359.
- Burton, D. (1994). Goal setting in sport. In R.N. Singer, M. Murphey, & L.K. Tennant (Eds.), *Handbook of research on sport psychology* (pp. 467-491). New York: Macmillan.
- Butler, M.S., Reeve, T.G., & Fishman, M.G (1996). Effects of the instructional set in the bandwidth feedback paradigm on motor skill acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 73*, 408-415.
- Cahill, L., McGaugh, J.L., & Weinberger, N.M. (2001). The neurobiology of learning and memory: Some reminders to remember. *Trends in Neuroscience, 24*, 578-581.
- Caplan, N., Choy, M.H., & Whitmore, J.K. (1992). Indochinese refugee families and academic achievement. *Scientific American, 37-42*.
- Caro, P.W. (1969). Adaptive training – An application to flight simulation. *Human Factors, 11*, 569-575.
- Catalano, J. F., & Kleiner, B. M. (1984). Distant transfer and practice variability. *Perceptual and Motor Skills, 58*, 851-856.
- Chartier, D., & Lautrey, J. (1992). Peut-on apprendre à connaître et à contrôler son propre fonctionnement cognitif ? *L'orientation scolaire et professionnelle, 21*, 27-46.
- Chen, D., & Singer, R.N. (1992). Self-regulation and cognitive strategies in sport participation. *International Journal of Sport Psychology, 23*, 277-300.
- Chiviakowsky, S., & Wulf, G. (2002). Self-controlled feedback: Does it enhance learning because performers get feedback when they need it? *Research Quarterly for Exercise and Sport, 73*, 408-415.

- Chiviawosky, S., & Wulf, G. (2005). Self-controlled feedback is effective if it is based on the learner's performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76, 42-48.
- Chiviawosky, S., & Wulf, G., de Medeiros, F.L., Kaefer, A., & Tani, G. (2008). Learning benefits of self-controlled knowledge of results in 10-year-old children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79, 405-410.
- Chiviawosky, S., & Wulf, G., de Medeiros, F.L., Kaefer, A., & Wally, R. (2008). Self-controlled feedback in 10-year-old children: higher feedback frequencies enhance learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79, 122-127.
- Choi, Y., Qi, F., Gordon, J., & Schweighofer, N. (2008). Performance-based adaptive schedules enhance motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 40, 273-280.
- Cimpian, A., Arce, H.-M., Markman, E.M., & Dweck, C.S. (2007). Subtle linguistic cues affect children's motivation. *Psychological Science*, 18, 314-316.
- Davidson, J.E., & Stenberg, J.R. (1985). Competence and Performance: Intellectual Development. In E. Neimark (Ed.), *Moderators of Competence* (pp. 43-76). Hillsdale, NJ : Laurence Erlbaum Associates.
- Deci, E., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum Press.
- Delignières, D. (1990). La difficulté en escalade. Exigences objectives et perception des exigences dans les tâches motrices. Mémoire pour le diplôme de l'INSEP. Paris : INSEP.
- Desharnais, R. (1971). Essai de systématisation d'une politique intégrée de recherche et d'applications en psychologie du sport axée sur une équation de la performance maximum. *Mouvement*, 6, pp. 43-50.
- Dweck, C.S., & Leggett, E.L. (1988). A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, 95, 256-273.
- Ericsson, K.A., Krampe, R. Th., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3), 363-406.
- Famose, J.P. (1982). Apprentissage moteur et tâches motrices. In R. Thomas (Ed.), *Sport et Science* 1982 (pp.67-82). Paris : Vigot.
- Famose, J.P. (1990). *Apprentissage moteur et difficulté de la tâche*. Paris: INSEP.
- Famose, J.P. (2001). *La motivation en Education Physique et en sport*. Paris: Armand Colin.
- Fairbrother, J.T., Meisterjahn, R.J., & Jensen, P.R. (2010). The effects of self-controlled feedback and error estimation on motor skill learning. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 32, S76-S76.

- Fayol, M., & Monteil, J.M. (1994). Stratégie d'apprentissage / apprentissage de stratégies. *Revue Française de Pédagogie*, 106, 91-110.
- Fitts, P.M. (1964). Perceptual-motor skill learning. In A.W. Melton (Ed.), *Categories of human learning*. New York: Academic Press.
- Flavell, J.H. (1981). Cognitive monitoring. In W. P. Dickson, (Ed.), *Children's oral communication skills* (pp. 243-285). New York: Academic Press.
- Flavell, J. H. (1985), Développement métacognitif. In J. Bideaud, & M. Richelle, *Psychologie développementale, problèmes et réalités* (pp. 9-33). Bruxelles, France: Mardaga.
- French, K. E., Rink, J. E., Rikard, L., Mays, A., Lynn, S., & Werner, P. (1991). The effects of practice progressions on learning two volleyball skills. *Journal of Teaching in Physical Education*, 10, 261-274.
- Friedrich, H.F., & Mandl, H. (1997). Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens [Analysis and support of self-regulated learning]. In F.E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung*. (Enzyklopädie der Psychologie, Serie. I, Bd. 4, S. 237-295). Göttingen: Hogrefe.
- Gaonac'h, D., & Larigauderie, P. (2000). *Mémoire et Fonctionnement cognitif. La mémoire de travail*. Paris : Armand Colin.
- George, C. (1990). L'acquisition des connaissances. In J.F. Richard, C. Bonnet, R. Ghiglione (Eds.), *Traité de psychologie cognitive 2* (pp. 92-102). Paris : Dunod, Bordas.
- Glencross, D.J., Whiting, H.T.A. & Abernethy, B. (1994). Motor control, motor learning and the acquisition of skill: Historical trends and future directions. *International Journal of Sport Psychology*, 25, 32-52.
- Green, T.D., & Flowers, J.H. (1991). Implicit vs. explicit learning processes in a probabilistic, continuous fine motor catching task. *Journal of Motor Behavior*, 23, 293-300.
- Guadagnoli, M.A., & Kohl, D.A. (2001). Knowledge of results for motor learning: Relationship between estimation and knowledge of results frequency. *Journal of Motor Behavior*, 33, 217-224.
- Guadagnoli, M.A., & Lee, T.D. (2004). Challenge point: A framework for conceptualizing the effects of various practice conditions in motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 36, 212-224.
- Guthrie, E.R. (1957). *The psychology of learning*. New York: Harper et Brothers.
- Hall, K. & Kerr, A.W. (2001). Goal Setting in Sport and Physical Activity: Tracing Empirical Developments and Establishing Conceptual Direction. In G.C. Roberts (Ed.), *Advances in Motivation and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Hardy, L. & Nelson, D. (1988). Self-regulation training in sport and work. *Ergonomics*, 31, 1573-1583.
- Hartman, J.M. (2006). An investigation of learning advantages associated with self-control of the feedback schedule. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 77, A44-A44.
- Hartman, J.M. (2007). Self-controlled use of a perceived physical assistance device during a balancing task. *Perceptual and Motor Skills*, 104, 1005-1016.
- Hebb, D. O. (1955). Drives and the CNS. *Psychological Review*, 62, 243-254.
- Head, H. (1926). *Aphasia and kindred disorders of speech*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Hoc, J.M. (1990). Les connaissances concernant les procédures. In J.F. Richard, C. Bonnet, R. Ghiglione (Eds.), *Traité de psychologie cognitive 2* (pp. 46-50). Paris : Dunod, Bordas.
- Huet, M., Camachon, C., Fernandez, L., Jacobs, D., & Montagne, G., (2009). Self-controlled concurrent feedback and the education of attention towards perceptual invariants. *Human Movement Science*, 28, 450-467.
- Huet, M., Jacobs, D.M., Camachon, C., Goulon, C., & Montagne, G. (2009). Self-controlled concurrent feedback facilitates the learning of the final approach phase in a fixed-based simulator. *Human Factors*, 51, 858-871.
- Janelle, C.M., Barba, D.A., Frehlich, S.G., Tennant, L.K., & Cauraugh, J.H. (1997). Maximizing performance feedback effectiveness through videotape replay and a self-controlled learning environment. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68, 269-279.
- Janelle, C.M., Kim, J.G., & Singer, R.N. (1995). Subject-controlled performance feedback and learning of a closed motor skill. *Perceptual and Motor Skills*, 81, 627-634.
- Karoly, P. (1993). Mechanisms of self-regulation : A systems view. *Annual Review of Psychology*, 44, 23-52.
- Keele, S.W. (1968). Movement control and skilled in slow movements: Separate memory states? *Journal of Motor Behavior*, 10 (1), 69-76.
- Keele, S.W. (1982). Communication personnelle d'idées avec MacKayl, citée par R.A. Schmidt: Motor control and learning. Champaign: Human Kinetics Publishers.
- Keetch, K.M., & Lee, T.D. (2007). The effect of self-regulated and experimenter-imposed practice schedules on motor learning for tasks of varying difficulty. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78, 476-486.
- Kelley, C.R. (1969). What is adaptive training? *Human Factors*, 11, 547-556.
- Kermarrec, G. (2004). Stratégies d'apprentissage et autorégulation : revue de question dans le domaine du sport et de l'éducation physique. *Science & Motricité*, 3, 56, 9-38.

- Kirschenbaum, D.S. (1984). Self-regulation and sport psychology: Nurturing an emerging symbiosis. *Journal of Sport Psychology*, 6, 159-183.
- Kleim, J.A., Barbay, S., Cooper, N.R., Hogg, T.M., Reidel, C.N., Remple, M.S., et al. (2002). Motor learning-dependent synaptogenesis is localized to functionally reorganized motor cortex. *Neurobiology of Learning and Memory*, 77, 63-77.
- Kyllo, L.B., & Landers, D.M. (1995). Goal setting in sport and exercise: A research synthesis to resolve the controversy. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17, 117-137.
- Lafortune, L., Jacob, S., & Hébert, D. (2000). *Pour guider la métacognition « Vers une formation continue dans une optique métacognitive »*. Québec : Presses de l'Université du Québec.
- Lambert, J., & Bard, C. (2005). Acquisition of visuomanual skills and improvement of information processing capacities in 6- to 10-year-old children performing a 2D pointing task. *Neuroscience Letters*, 377, 1-6.
- Lee, T.D., Magill, R.A., 1983. The locus of contextual interference in motor skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology: Learning: Memory and Cognition*, 9, 730-746.
- Lee, T.D., Magill, R.A., 1985. Can forgetting facilitate skill acquisition? In: Goodman, D., Wilberg, R.B., Franks, I.M. (Eds.), *Differing Perspectives in Motor Learning, Memory and Control*. North-Holland, Amsterdam.
- Lee, T.D., Swinnen, S.P., & Serrien, D.J. (1994). Cognitive effort and motor learning. *Quest*, 46, 328-344.
- Lefcourt, H.M. (1966). Internal versus external control of reinforcement: a review. *Psychological Bulletin*, 65, 206-220.
- Lefebvre-Pinard, M., & Pinard, A. (1985). Taking charge one's cognitive activity: A moderator of competence. In E.D. Neimark, R. De Lisi, J.L. Newman (Eds), *Moderators of competence* (pp. 191-209). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Leplat, J., & Hoc, J.M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de psychologie cognitive*, 3, 1, pp. 49-63.
- Lintern, G., & Gopher, D. (1978). Adaptive training of perceptual motor skills: issues, results and future directions. *International Journal of Man – Machine Studies*, 10, 521-551.
- Locke, E.A. (1968). Toward a theory of task motivation and incentives. *Organizational Behavior and Human Performance*, 3, 157-189.
- Locke, E.A, Frederick, E., Bobko, P., & Lee, C. (1984). Effect of self-efficacy, goals, and strategies on task performance. *Journal of Applied Psychology*, 69, 241-251.
- Locke, E.A., & Latham, G. (1990). *A theory of goal setting and task performance*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- Locke, E.A. (1997). The motivation to work: What we know. P. Pintrich & M. Maehr (Eds.), *Advances in motivation & achievement*, Vol. 10, Greenwich, CT: JAI Press.
- Magill, R.A. (1992). Practice schedule considerations for enhancing human performance in sport. In: Christina, R.W., Eckert, H.M. (Eds.), *Enhancing Human Performance in Sport: New Concepts and Developments*. Human Kinetics, Champaign, IL.
- Magill, R.A. (2011). *Motor learning and control: Concepts and applications*, 9th ed. New York: McGraw Hill.
- Magill, R.A., & Hall, K.G. (1990). A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human Movement Science*, 9, 241-289.
- Mané, A.M., Adams, J.A., & Donchin, E. (1989). Adaptive and part whole training in the acquisition of a complex perceptual-motor skill. *Acta Psychologica*, 71, 179-196.
- Mangels, J.A., Butterfield, B., Lamb, J., Good, C., & Dweck, C.S. (2006). Why do beliefs about intelligence influence learning success? A social cognitive neuroscience model. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1, 75-86.
- Marteniuk, R.G. (1976). *Information processing in motor skills*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Marteniuk, R.G. (1986). Information processes in movement learning: capacity and structural interference effects. *Journal of Motor Behavior*, 18, 55-75.
- Martin, M.B., & Anshel, M.H. (1995). Effect of self-monitoring strategies and task complexity on motor performance and affect. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 17, 153-170.
- Masters, R.S.W. (1992). Knowledge, nerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*, 83, 343-358.
- Maxwell, J. P., Masters, R. S. W., Kerr, E., & Weedon, E. (2001). The implicit benefit of learning without errors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 1049-1068.
- McAuley, E., Duncan, T., & Tammen, V.V. (1989). Psychometric properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a competitive sport setting: A confirmatory factor analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60, 48-58.
- McCombs, M.L. (1989). Self-regulated learning and achievement: A phenomenological view. In B.J. Zimmerman & D.H. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement theory, research, and practice: Progress in cognitive development research* (pp. 15-51). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Meister, D. (1976). *Behavioral foundation of system development*. New York : Wiley.
- Mellier, D., & Vom Hofe, A. (1996). *Attention et contrôle cognitif*. Rouen : PUR.

- Miller, G.A., Galanter, E., & Pribram, K.H. (1960). *Plans and the structure of behavior*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Mortiz, S.E., Feltz, D.L., Fahrbach, K.R., & Macke, D.E. (2000). The relation of self-efficacy measures to sport performance: A meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71, 280-294.
- Newell, K. (1991). Motor Skill acquisition. *Annual Review of Psychology*, 42, 213-237.
- Nisbet, J., & Shuncksmith, J. (1986). *Learning Strategies*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Noel, B. (1991). *La métacognition*. Bruxelles, France : De Boeck.
- Nudo, R.J., Wise, B.M., SiFuentes, F., & Milliken, G.W. (1996, June 21). Neural substrates for the effects of rehabilitative training on motor recovery after ischemic infarct. *Science*, 272, 1791-1794.
- Pew, R.W. (1970). Toward a process-oriented theory of human skilled performance. *Journal of Motor Behavior*, 2, 391-408.
- Plautz, E., Milliken, G.W., & Nudo, R.J. (2000). Effects of repetitive motor training on movement representations in adult squirrel monkeys: Role of use versus learning. *Neurobiology of Learning and Memory*, 74, 27-55.
- Post, P.G., Laughlin, D.D., & Fairbrother, J.T. (2010). The effects of self-controlled feedback on participant motivation and motor skill learning. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 32, S120-S120.
- Proctor, R.W., & Dutta, A. (1995). *Skill acquisition and human performance*. Sage, Thousand Oaks.
- Ryan, R.M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43, 450-461.
- Reber, A.S. (1976). Implicit learning of synthetic languages: The role of instructional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2, 88-94.
- Reber, A.S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology*, 118, 219-235.
- Reber, A.S., Kassin, S.M., Lewis, S., & Cantor, G.W. (1980). On the relationship between implicit and explicit modes in the learning of a complex rule structure. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 492-502.
- Resnick, L.B. (1981). Instructional Psychology. *Annual Review of Psychology*, 32, 659-704.
- Reuchlin, M. (1977). *Psychologie*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Richard, J.F. (1998). *Les activités mentales*. Paris : Armand Colin.

- Richard, J.F. (1996). Attention, contrôle et gestion des ressources. In D. Mellier & A Vom Hofe (Eds.), *Attention et contrôle cognitif* (pp. 5-15). Rouen : Presses Universitaires de Rouen.
- Romainville, M. (1993). *Savoir parler de ses méthodes : Métacognition et performance à l'université*. Bruxelles, Belgique : Deboeck.
- Rotter, J. (1966). Generalized expectancies for internal versus external control of reinforcements. *Psychological Monographs*, 80, Whole No. 609.
- Ryan, R.M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43, 450-461.
- Salmoni, A.W., Schmidt, R.A., & Walter, C.B. (1984). Knowledge of results and motor learning: a review and critical reappraisal. *Psychological Bulletin*, 95, 355-386.
- Sanger, T. D. (2004). Failure of motor learning for large initial errors. *Neural Computation*, 16, 1873-1886.
- Sarrazin, P., & Famose, J.P. (2005). Plus c'est difficile et mieux je réussis ! Étude des liens entre les buts fixés, l'efficacité personnelle et la performance sportive. *Bulletin de Psychologie*, 58(1), 107-111.
- Sarrazin, P., Roberts, G., Cury, F., Biddle, S., & Famose, J.P. (2002). Exerted effort and performance in climbing among boys: The influence of achievement goals, perceived ability, and task difficulty. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73, 425-436.
- Schmidt, R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Schmidt, R.A. (1982a). *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. (2nd ed.) Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Schmidt, R.A. (1982b). More in motor programs. In JAS, Kelso (Ed), *Human motor behavior: an introduction* (pp. 189-217). Hillsdall: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schmidt, R.A. (1988). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. Champaign IL : Human Kinetics.
- Schmidt, R.A. (1991). Frequent augmented feedback can degrade learning: Evidence and interpretations. In J. Requin & G.E. Stelmach (Eds.), *Tutorials in motor neuroscience* (pp. 59-75). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Schmidt, R.A., & Bjork, R.A. (1992). New conceptualizations of practice: common principles in 3 paradigms suggest new concepts for training. *Psychological Science*, 3, 207-217.
- Schmidt, R.A., & Lee, T.D. (2005). *Motor control and learning. A behavioral emphasis*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Schmidt, R.A., & Wrisberg, C. (2004). *Motor learning and performance*, 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics

Schneider, W., & Pressley, M. (1989). *Memory development between 2 and 2*. New York: Springer-Verlag.

Schunk, D.H., & Zimmerman, B.J. (Eds.). (1994). *Self-regulation of learning and performance*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Schunk, D.H., & Zimmerman, B.J. (1996). Modeling and self-efficacy influences on children's development of self-regulation. In J. Juvonen & K.R. Wentzel (Eds.) *Social motivation: Understanding children's school adjustment* (pp. 154-180). New Jersey: University Press.

Shea, C.H., Wulf, G., Whitacre, C.A., & Park, J.-H. (2001). Surfing the implicit wave. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 841-862.

Seigler, R.S. (1991). *Children's thinking* (2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Shannon, C.E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Champaign: Illinois University Press.

Shea, J.B., & Morgan, R.L. (1979). Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of motor skill. *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 5, 179-187.

Shea, J.B., Zimny, S.T. (1983). Context effects in memory and learning movement information. In: Magill, R.A. (Ed.), *Memory and Control of Action*. North-Holland, Amsterdam.

Shea, J.B., Zimny, S.T. (1988). Knowledge incorporation in motor representation. In: Meijer, O.G., Roth, K. (Eds.), *Complex Movement Behaviour: the Motor-Action Controversy*. North-Holland, Amsterdam.

Sherwood, D.E. (1988). Effects of bandwidth knowledge of results on movement consistency. *Perceptual and Motor Skills*, 66, 535-542.

Simon, D.A., & Bjork, R.A. (2001). Metacognition in motor learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 907-912.

Simon, D.A., Cullen, J.D., & Lee, T.D. (2008). Win-shift/lose-stay: Contingent switching as an alternative to random practice? *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 24, S116.

Singer, R.N. (2000). Performance and human factors: Considerations about cognition and attention for self-paced and externally-paced events. *Ergonomics*, 43(10), 1661-1680.

Singer, R.N., & Cauraugh, J.H. (1985). The generalizability effect of learning strategies for categories of psychomotor skills. *Quest*, 37, 103-119.

- Steers, R.M., & Porter, L.W. (1974). The role of task-goal attributes in employee performance. *Psychological Bulletin*, 81, 434-452.
- Swinnen, S.P. (1988). Post-performance activities and skill learning. In O.G. Meijer & K Roth (Eds.), *Complex movement behavior: "The" motor-action controversy* (pp. 315-338). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Swinnen, S.P. (1996). Information feedback for motor skill learning: a review. In H. N. Zelaznik (Ed.), *Advances in Motor Learning and Control* (pp. 37-66). Champaign, IL.: Human Kinetics.
- Swinnen, S.P, Schmidt, R.A., Nicholson, D.E., & Shapiro, S.C. (1990). Information feedback for skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 706-716.
- Thill, E. (1999). *Compétence et effort*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Titzer, R., Shea, J.B., & Romack, J. (1993). The effect of learner control on the acquisition and retention of a motor task. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 13, S84.
- Vereijken, B. (1991). The dynamics of skill acquisition. Meppel, The Netherlands: Krips Repro.
- Viau, R. (1997). *La motivation en contexte scolaire*. Bruxelles : De Boeck.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Watkins, D. (1984). Students' perceptions of factors influencing tertiary learning. *Higher Education Research and Development*, 3, 33-50.
- Weinberg, R.S. (1994). Goal setting and performance in sport and exercise setting: A synthesis and critique. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26, 469-477.
- Weinberg, R.S., & Weigand, D.A. (1993). Goal setting in sport and exercise. A reaction to Locke. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 15, 88-96.
- Weinstein, C.E., & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In M.C. Wittrock (Ed.) *Handbook of research on teaching* (pp. 315-327). New York: MacMillan.
- Whildren, P.P. (1955). Comparison of two methods of teaching beginning basketball. *Research Quarterly*, 27, 235-242.
- White, R. H. (1959). Motivation reconsidered: The concept of competence. *Psychological Reviews*, 66, 297-333.
- Wibrowski, C.R. (1992). Self-regulated learning processes among inner city students. Unpublished doctoral dissertation, Graduate School City University of New York.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics; or control and communication in the animal and the machine*. Paris: Hermann.

- Williges, B. H., & Williges, R. C. (1977). Learner-centered versus automatic adaptive motor skill training. *Journal of Motor Behavior*, 9, 325-331.
- Winstein, C.J. (1991). Knowledge of results and motor learning: Implications for physical therapy. *Physical Therapy*, 71, 140-149.
- Winstein, C.J., & Schmidt, R.A. (1990). Reduced frequency of knowledge of results enhances motor skill learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 677-691.
- Woolfolk, A.E. (1998). *Educational psychology*, 7th ed. Allyn and Bacon, Boston.
- Wright, D.L., Li, Y.H., Whitacre, C. (1992). The contribution of elaborative processing to the contextual interference effect. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63, 30-37.
- Wrisberg, C.A., & Pein, R.L. (2002). Note on learners' control of the frequency of model presentation during skill acquisition. *Perceptual and Motor Skills*, 94, 792-794.
- Wu, W.F.W. & Magill, R.A. (2004). To Dictate or Not : The Exploration of a Self-Regulated Practice Schedule. Presented at the annual meeting of the North American Society for the Psychology of Sport and Physical Activity, Vancouver, British Columbia. [Abstract published: *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 2004, Vol. 26, Supplement, p. S202.]
- Wu, W.F.W., Magill, R.A. & Foto, J.G. (2005). Allowing learners to choose: Self-regulated practice schedules for learning multiple movement patterns. Presented at the annual meeting of the North American Society for the Psychology of Sport and Physical Activity, St. Petersburg, Florida. [Abstract published: *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 2005, Vol. 27, Supplement, p. S161.]
- Wu, W.F.W., & Magill, R.A. (2010). Self-controlled learning: Is self-regulation responsible for the learning benefits? *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 32, S137-S137.
- Wulf, G., Clauss, A., Shea, C.H., & Whitacre, C.A. (2001). Benefits of self-control in dyad practice. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, 299-303.
- Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2009). Conceptions of ability affect motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 41, 461-467.
- Wulf, G., Raupach, M., & Pfeiffer, F. (2005). Self-controlled observational practice enhances learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76, 107-111.
- Wulf, G., & Shea, C.H. (2002). Principles derived from the study of simple skills do not generalize to complex skill learning. *Psychonomic Bulletin and Review*, 9, 185-211.
- Wulf, G., Töllner, T., & Shea, C. H. (2007). Attentional focus effects as a function of task difficulty. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 78, 257-264.

Wulf, G., & Toole, T. (1999). Physical assistance devices in complex motor skill learning: benefits of a self-controlled practice schedule. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70 (3), 265-272.

Zimmerman, B.J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 91, 329-339.

Zimmerman, B.J. (1990). Self-regulated learning and academic: An overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17.

Zimmerman, B.J., & Kitsantas, A. (1997). Developmental phases in self-regulation: Shifting from process goals to outcome goals. *Journal of Educational Psychology*, 89, 29-36.

Tableau récapitulatif de l'EA des participants de l'expérience I

Groupe	Sujets	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	RCT	RLT
Autocontrôle	S1	28,79	7,62	6,46	6,04	4,68	7,49	6,96	6,41	5,61	5,54	9,01	13,06
Autocontrôle	S2	22,64	7,36	7,03	12,82	20,62	10,29	10,51	8,40	8,52	12,75	12,67	16,92
Autocontrôle	S3	21,90	6,84	9,12	11,42	9,36	9,41	8,35	5,57	4,77	7,67	9,85	9,88
Autocontrôle	S4	28,66	9,20	6,95	5,64	5,56	4,90	4,39	5,20	6,59	7,51	15,44	9,44
Autocontrôle	S5	19,69	5,61	4,07	3,67	3,46	5,18	4,20	5,19	5,21	4,32	3,70	5,93
Autocontrôle	S6	26,02	7,94	4,99	6,05	7,94	10,05	10,59	7,97	17,71	15,66	9,98	16,00
Autocontrôle	S7	39,29	6,28	16,86	4,60	9,08	6,59	6,92	3,74	2,73	3,46	3,28	4,51
Autocontrôle	S8	24,59	8,04	7,95	7,69	10,08	16,40	27,41	11,41	11,50	22,70	17,69	16,35
Autocontrôle	S9	36,55	6,63	10,44	7,83	12,47	12,62	6,45	9,17	12,29	15,42	16,92	23,90
Autocontrôle	S10	38,26	8,44	5,10	4,40	5,55	3,72	4,99	7,48	4,18	9,82	10,43	13,88
Autocontrôle	S11	27,85	9,83	6,39	7,30	9,23	7,44	7,29	5,98	12,23	17,49	7,69	7,62
Autocontrôle	S12	30,84	8,78	6,88	9,50	5,02	7,67	5,11	9,42	6,44	6,54	2,87	7,13
Autocontrôle	S13	16,12	12,02	9,52	9,43	9,78	19,84	16,32	14,82	11,06	10,39	17,81	20,18
Autocontrôle	S14	24,03	10,67	8,16	7,86	7,19	10,47	8,82	28,06	12,34	11,03	12,19	18,24
Autocontrôle	S15	7,77	7,92	7,94	5,48	6,22	5,78	10,99	10,25	8,15	7,98	11,05	11,13
Autocontrôle	S16	14,43	4,01	4,42	4,20	9,22	5,57	5,00	4,79	4,88	6,81	5,20	3,87
Autocontrôle	S17	22,47	9,83	10,61	9,90	6,93	8,72	10,78	14,17	9,23	10,15	11,93	14,61
Autocontrôle	S18	36,16	14,81	12,73	11,54	13,67	8,34	7,90	9,55	9,28	13,71	12,40	25,06
Autocontrôle	S19	18,40	8,74	5,99	4,69	4,91	5,04	2,41	2,76	3,99	6,54	6,03	6,29
Autocontrôle	Moyenne	25,50	8,45	7,98	7,37	8,47	8,71	8,70	8,97	8,25	10,29	10,32	12,84
Apparié	S1	50,41	38,62	47,00	41,73	30,03	26,57	23,66	30,93	18,75	23,53	17,01	19,65
Apparié	S2	19,12	6,01	8,62	8,72	6,60	9,51	3,70	12,02	7,00	11,55	6,97	11,89
Apparié	S3	20,47	14,68	9,22	15,02	13,66	10,07	16,43	15,10	14,80	17,81	18,00	16,07
Apparié	S4	48,75	14,58	11,76	10,25	7,43	7,83	13,00	18,01	16,63	12,22	23,06	21,35
Apparié	S5	59,99	30,75	14,61	9,99	8,76	6,82	5,09	9,15	10,79	10,11	10,55	9,79
Apparié	S6	18,97	8,14	9,07	6,43	4,48	4,03	4,18	16,10	7,78	8,63	10,57	28,49
Apparié	S7	36,35	11,45	10,40	7,32	4,06	6,59	6,00	5,43	8,29	8,89	18,80	21,02
Apparié	S8	34,02	14,81	12,14	11,89	18,65	10,70	12,17	9,20	7,93	10,88	10,50	10,15
Apparié	S9	59,04	24,00	13,52	13,96	22,99	16,88	19,62	12,84	12,39	19,76	17,81	30,03
Apparié	S10	54,23	7,97	10,83	7,38	11,40	9,76	5,84	12,52	12,34	13,84	18,06	15,68
Apparié	S11	30,08	7,86	11,02	11,04	7,86	10,65	29,19	10,67	10,16	8,75	13,16	11,72
Apparié	S12	21,20	10,63	20,80	6,18	9,88	8,66	7,37	5,98	8,73	8,64	11,59	8,37
Apparié	S13	8,73	4,77	5,69	7,93	6,83	8,38	8,41	14,45	10,44	8,81	13,40	19,15
Apparié	S14	46,01	14,61	13,45	24,72	13,28	10,58	13,19	13,86	12,96	11,47	13,96	20,06
Apparié	S15	27,95	9,29	9,19	5,05	7,56	12,99	9,28	5,60	8,70	13,44	17,35	21,38
Apparié	S16	27,00	9,28	6,49	5,05	8,61	9,88	4,69	6,62	9,25	10,81	6,97	9,64
Apparié	S17	35,93	18,41	12,09	9,99	8,32	9,06	15,47	10,05	7,99	7,65	9,90	14,95
Apparié	S18	37,16	13,78	8,22	6,76	7,28	12,65	8,82	20,13	8,40	11,04	11,08	17,47
Apparié	S19	16,94	8,22	5,89	5,42	5,68	8,57	7,95	8,98	14,10	8,15	16,44	9,92
Apparié	Moyenne	34,33	14,10	12,63	11,31	10,70	10,53	11,27	12,51	10,92	11,89	13,95	16,67

Tableau récapitulatif de l'EV des participants de l'expérience I

Groupe	Sujets	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	RCT	RLT
Autocontrôle	S1	23,51	3,75	3,38	2,62	2,00	5,28	4,61	3,93	3,80	3,95	6,02	9,57
Autocontrôle	S2	15,73	6,23	5,43	11,82	14,29	7,27	9,14	7,42	6,07	11,32	10,44	10,86
Autocontrôle	S3	15,04	6,03	6,94	10,82	7,94	7,81	5,94	4,23	2,88	7,90	9,41	9,12
Autocontrôle	S4	17,48	4,47	2,66	3,39	5,17	3,93	2,35	4,30	5,56	5,37	11,07	7,00
Autocontrôle	S5	12,99	2,93	1,78	2,04	1,77	2,94	2,22	2,71	3,97	2,73	2,62	4,35
Autocontrôle	S6	19,64	3,87	2,31	3,49	6,90	8,59	9,98	7,05	16,53	11,30	7,85	14,59
Autocontrôle	S7	33,91	4,17	20,85	3,92	9,41	7,07	7,25	2,67	1,91	2,41	2,06	3,07
Autocontrôle	S8	19,63	3,55	5,27	4,34	6,19	12,74	21,27	6,65	7,57	12,29	10,70	9,81
Autocontrôle	S9	22,17	3,95	8,65	5,73	9,24	11,42	5,35	7,92	11,97	14,68	13,75	20,63
Autocontrôle	S10	23,59	3,80	4,08	2,85	3,94	2,77	2,66	4,87	2,74	6,93	7,88	10,83
Autocontrôle	S11	21,95	6,18	3,26	4,60	6,24	4,88	4,14	4,81	10,11	15,42	5,75	6,15
Autocontrôle	S12	25,26	5,06	2,25	6,71	3,78	5,91	2,81	8,52	4,91	5,96	3,23	6,18
Autocontrôle	S13	11,21	11,67	9,51	8,70	9,24	20,57	17,63	15,41	12,46	11,10	17,86	17,79
Autocontrôle	S14	23,36	6,86	3,33	4,31	3,58	8,17	8,00	30,57	11,57	12,13	10,18	14,05
Autocontrôle	S15	4,78	5,78	4,98	4,13	5,20	5,48	8,16	6,99	6,36	5,96	8,24	9,38
Autocontrôle	S16	13,13	2,58	2,79	2,61	9,33	4,11	3,50	4,27	3,56	5,71	4,48	3,10
Autocontrôle	S17	19,87	8,19	7,62	7,63	6,76	7,15	9,51	13,77	7,72	6,85	9,08	11,78
Autocontrôle	S18	20,36	11,03	8,24	9,66	8,90	6,31	5,65	4,32	5,98	10,13	10,61	22,12
Autocontrôle	S19	16,09	7,14	5,88	4,45	3,18	4,08	1,70	1,79	2,72	5,16	4,74	4,87
Autocontrôle	Moyenne	18,93	5,64	5,75	5,47	6,48	7,18	6,94	7,48	6,76	8,28	8,21	10,28
Apparié	S1	31,21	46,06	44,20	35,86	32,74	22,40	25,95	30,18	14,60	26,31	15,28	16,70
Apparié	S2	16,85	3,87	5,97	7,30	4,68	6,69	2,67	9,77	4,70	6,84	5,89	7,72
Apparié	S3	11,40	14,19	7,78	10,61	14,24	7,55	13,49	14,65	12,91	11,87	15,52	15,96
Apparié	S4	44,44	12,26	7,61	7,02	4,47	3,66	12,15	17,90	18,29	12,03	19,86	19,47
Apparié	S5	57,56	35,52	15,80	10,99	9,47	6,77	3,30	9,11	10,15	8,09	9,22	9,40
Apparié	S6	15,14	6,06	7,78	4,85	2,53	1,62	3,19	19,06	6,53	8,82	9,95	27,00
Apparié	S7	22,38	8,37	7,21	5,24	3,11	5,91	4,40	4,32	6,47	7,14	19,48	20,78
Apparié	S8	30,25	13,40	7,56	9,05	12,79	6,45	7,68	7,85	7,87	6,69	10,30	8,34
Apparié	S9	38,70	13,02	11,22	11,51	25,12	14,93	18,01	11,36	11,28	15,63	17,86	28,30
Apparié	S10	53,45	4,35	10,52	4,26	12,62	9,47	4,32	10,44	13,37	12,70	14,16	12,74
Apparié	S11	20,45	4,35	10,10	11,71	5,32	10,88	13,73	7,91	7,79	6,86	10,83	8,67
Apparié	S12	17,91	4,25	14,14	3,73	8,46	4,25	5,13	4,49	6,98	8,05	12,04	8,71
Apparié	S13	5,96	3,37	3,07	5,99	4,99	6,46	4,92	11,62	8,31	5,71	12,93	16,76
Apparié	S14	33,58	11,54	11,86	28,35	10,12	9,46	9,49	9,86	12,95	11,73	10,16	12,98
Apparié	S15	21,52	7,01	5,71	4,05	4,93	11,61	8,16	3,41	5,43	9,66	11,63	20,66
Apparié	S16	19,25	4,71	3,66	3,03	6,65	9,59	3,59	4,20	7,65	9,97	6,14	8,49
Apparié	S17	28,68	14,35	10,46	8,69	7,50	6,33	15,60	9,97	6,18	6,59	7,46	9,90
Apparié	S18	33,52	11,79	3,41	3,01	6,27	9,20	7,81	14,89	5,42	7,67	7,07	14,34
Apparié	S19	8,36	5,14	2,57	3,08	3,89	5,88	6,66	6,96	13,11	5,62	13,58	7,87
Apparié	Moyenne	26,87	11,77	10,03	9,39	9,47	8,38	8,96	10,95	9,47	9,89	12,07	14,46

Tableau récapitulatif du nombre de cibles interceptées des participants de l'expérience I

Groupe	Sujets	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	RCT	RLT
Autocontrôle	S1	1,7	3	3	2,8	2,9	2,6	2,7	2,8	2,4	2	1,6	1,05
Autocontrôle	S2	2	2,5	2,6	2	2,2	1,9	1,9	2,3	1,6	1,6	1,5	1,05
Autocontrôle	S3	2,4	2,8	2,2	1,8	2	2	1,9	2,4	2	1,9	1,85	1,7
Autocontrôle	S4	1,9	2,6	2,8	2,8	2,5	2,4	2,5	2,6	2,1	1,7	1,35	1,65
Autocontrôle	S5	1,9	2,7	2,9	2,9	2,9	2,7	2,6	2,4	2,2	2,3	2,25	1,75
Autocontrôle	S6	2,1	2,9	3	2,7	2,5	1,9	2	1,9	1,5	1,4	1,65	1,55
Autocontrôle	S7	1,7	2,5	2,2	2,4	1,9	2,1	1,9	2,3	2,3	2,3	2,3	1,85
Autocontrôle	S8	2	2	1,1	1,2	1	0,6	0,6	0,3	0,9	0,7	1	0,95
Autocontrôle	S9	2,1	2,8	2,6	2,3	2,1	2,2	2,5	2,4	2,3	1,4	1,8	1,5
Autocontrôle	S10	2,5	3	2,9	2,8	2,6	2,7	2,1	1,5	2,3	1,7	1,55	1,3
Autocontrôle	S11	2	2,9	3	2,7	2,6	2,7	2,5	2,4	1,8	1,3	1,55	1,65
Autocontrôle	S12	2,4	3	2,7	1,9	2,7	1,8	1,9	1,9	1,8	2,1	2,6	1,9
Autocontrôle	S13	2,3	2,6	2,5	2,2	2,1	1,8	2	2,2	1,9	2,1	2,05	1,6
Autocontrôle	S14	1,8	2,3	2,9	2,6	2,7	2,6	2,4	1,7	1,9	1,7	1,55	1,35
Autocontrôle	S15	2,4	2,1	1,9	2	1,8	2,1	1,3	1,2	1,5	1,5	1,15	1,25
Autocontrôle	S16	2,4	2,8	2,4	1,9	1,8	2	1,9	2	1,8	2,1	1,85	2,5
Autocontrôle	S17	1,7	2,3	2,1	2,2	2,1	1,6	1,7	1,6	1,9	1,4	1,4	1,3
Autocontrôle	S18	1	2	2,2	2,4	2,5	2,2	2,2	2	0,9	1,3	1,15	1,05
Autocontrôle	S19	1,5	2,1	2,3	2,2	1,9	2	2,6	2,5	2,1	1,6	2,05	2,05
Autocontrôle	Moyenne	1,99	2,57	2,49	2,31	2,25	2,10	2,06	2,02	1,85	1,69	1,69	1,53
Apparié	S1	1,1	1,6	0,6	0,7	1	0,8	1	1,1	0,7	1,4	0,95	0,9
Apparié	S2	2,4	2,9	1,4	1,9	1,9	1,7	2,7	1,7	1,7	1,2	1,9	1,2
Apparié	S3	1,8	2,4	2,5	1,4	2,2	2,1	1,4	1,6	1,9	1,2	1,1	1,5
Apparié	S4	1,4	2,4	2,4	2,6	2,7	2,5	2,4	1,7	2	2	1,15	1,25
Apparié	S5	1,3	1,8	1,8	2	1,9	1,9	1,8	2,1	1,2	1,2	1,55	1,65
Apparié	S6	2,3	2,7	2,7	2,6	2,8	2,9	2,8	2,3	2	2	2	1,05
Apparié	S7	1,5	2,4	2,4	2,3	2,7	2,6	2,5	2,7	2	1,6	1,25	1,6
Apparié	S8	1,5	1,9	1,2	1	1	1	0,7	1,7	1,9	1,5	1,85	1,55
Apparié	S9	0,4	0,4	1,3	1,4	1,2	1,6	1,5	1,2	1,7	0,9	2,05	1,15
Apparié	S10	1,5	2,7	2,6	2,4	2,5	2,1	2,2	1,8	1,9	1,7	1,25	1,35
Apparié	S11	2,2	3	2,6	2,2	1,6	1,7	1,3	1,2	1,3	1,5	1,35	1,15
Apparié	S12	2,4	2,9	2,6	2,9	2,7	2,3	2,6	2,2	2	2,1	1,6	2
Apparié	S13	2,5	2,7	2,4	2,1	2	1,3	1,6	1,5	1,3	1,6	1,65	1,2
Apparié	S14	1	2,1	2,1	1,8	1,4	1,7	1,3	1,5	1,8	1,8	1,05	0,65
Apparié	S15	1,8	2,9	2,9	2,8	2,6	2,2	2,5	2,7	1,8	1,2	1,1	1,3
Apparié	S16	1,3	2,6	3	2,9	2,8	2,4	2,8	2,2	1,9	1,6	1,85	1,65
Apparié	S17	1,2	1,8	2,2	1,9	2	1,4	1,5	1,8	1,3	1,6	1,35	0,95
Apparié	S18	1,7	2,3	2,8	2,7	2,5	1,9	2,2	1,7	1,9	1,2	1,2	1,2
Apparié	S19	2,7	2,8	3	2,8	2,6	1,7	1,9	1,2	1,5	1,5	1,2	1,75
Apparié	Moyenne	1,68	2,33	2,24	2,13	2,11	1,88	1,93	1,78	1,67	1,52	1,44	1,32

Tableau récapitulatif de l'EA des participants de l'expérience II

Groupe	Sujets	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	RCT	RLT
Autocontrôle début	S1	24,82	9,31	6,45	7,60	7,76	6,31	5,74	5,02	6,06	5,05	6,18	4,86
Autocontrôle début	S2	9,91	7,12	5,09	3,78	4,47	4,40	5,05	3,94	3,71	4,88	3,91	5,58
Autocontrôle début	S3	44,55	9,63	7,02	8,78	12,72	8,39	14,09	12,76	10,00	10,40	7,57	9,77
Autocontrôle début	S4	32,31	12,99	5,94	7,31	6,06	5,21	6,11	7,86	5,20	5,75	6,76	5,96
Autocontrôle début	S5	17,17	7,84	6,76	7,50	7,18	7,89	7,95	5,79	6,63	4,84	5,26	5,63
Autocontrôle début	S6	19,74	6,08	4,29	4,77	6,69	6,64	5,01	4,19	4,27	3,42	4,55	4,03
Autocontrôle début	S7	25,79	10,89	14,71	12,24	11,81	6,27	11,88	7,64	6,27	5,88	7,81	8,73
Autocontrôle début	S8	37,43	8,19	4,89	6,81	15,85	14,26	12,11	9,68	6,66	6,03	6,50	5,60
Autocontrôle début	S9	12,95	6,38	5,17	4,72	3,33	4,12	4,22	8,22	3,80	4,93	5,44	5,47
Autocontrôle début	S10	26,98	9,47	8,14	7,55	9,80	6,63	4,96	6,32	6,39	5,04	7,04	6,01
Autocontrôle début	S11	42,10	10,90	8,84	9,37	9,30	14,60	10,89	11,12	8,26	8,60	9,26	6,53
Autocontrôle début	S12	27,49	6,91	4,69	5,00	6,49	4,97	4,59	4,60	3,36	5,48	4,50	3,95
Autocontrôle début	Moyenne	26,77	8,81	6,83	7,12	8,46	7,47	7,72	7,26	5,88	5,86	6,23	6,01
Autocontrôle fin	S1	41,36	10,68	11,42	10,07	13,35	6,44	10,42	16,87	12,21	7,85	7,35	9,09
Autocontrôle fin	S2	25,43	8,19	8,09	5,09	5,78	6,77	4,75	6,69	4,64	6,94	4,04	5,10
Autocontrôle fin	S3	41,46	11,54	6,99	29,20	6,81	11,74	10,58	6,66	7,82	16,86	8,26	8,55
Autocontrôle fin	S4	21,88	7,67	12,11	9,96	7,81	9,55	7,20	6,97	10,10	7,55	5,54	5,78
Autocontrôle fin	S5	34,17	11,21	18,58	8,03	13,92	12,90	7,84	14,76	14,40	8,76	8,75	12,43
Autocontrôle fin	S6	34,66	11,57	24,26	21,90	12,17	4,13	8,24	6,37	16,18	15,46	5,71	6,64
Autocontrôle fin	S7	24,57	13,72	14,43	14,76	13,71	11,34	10,86	9,99	12,61	10,54	11,92	16,92
Autocontrôle fin	S8	22,30	10,17	8,15	6,02	4,25	4,66	3,66	5,15	4,55	7,58	5,43	6,35
Autocontrôle fin	S9	28,42	10,31	17,88	15,65	12,00	14,48	12,73	11,69	14,90	12,40	15,58	8,09
Autocontrôle fin	S10	37,05	13,33	9,09	8,13	6,26	5,57	5,51	6,89	4,32	7,65	10,53	7,14
Autocontrôle fin	S11	41,14	12,87	15,74	11,83	9,08	12,19	9,23	7,03	7,18	5,67	7,63	7,84
Autocontrôle fin	S12	23,50	17,19	10,29	8,80	5,92	12,00	10,70	13,13	8,10	9,41	10,17	8,60
Autocontrôle fin	Moyenne	31,33	11,54	13,08	12,45	9,25	9,31	8,47	9,35	9,75	9,72	8,41	8,54

Tableau récapitulatif de l'EV des participants de l'expérience II

Groupe	Sujets	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	RCT	RLT
Autocontrôle début	S1	15,51	7,06	3,84	6,95	6,73	3,83	4,66	3,99	5,28	4,18	4,60	3,38
Autocontrôle début	S2	7,36	5,32	3,85	2,40	3,77	2,76	5,00	3,08	2,78	3,79	2,87	5,33
Autocontrôle début	S3	29,96	5,40	5,16	5,44	9,69	6,11	12,80	11,43	8,08	6,76	4,51	8,64
Autocontrôle début	S4	29,72	8,61	3,47	4,10	3,83	3,80	3,40	7,64	3,47	4,50	5,16	5,18
Autocontrôle début	S5	12,53	4,56	5,17	6,40	6,30	6,50	7,22	4,04	3,53	3,55	4,24	4,34
Autocontrôle début	S6	17,88	4,69	2,26	3,87	5,83	5,75	3,76	2,49	3,01	2,44	3,55	3,54
Autocontrôle début	S7	18,31	6,93	14,73	11,41	8,92	5,19	10,21	5,01	3,53	3,94	5,34	7,09
Autocontrôle début	S8	29,79	5,29	3,20	5,84	11,83	10,32	11,36	7,65	4,33	4,75	4,86	3,48
Autocontrôle début	S9	9,77	4,53	3,06	3,83	2,24	2,26	2,81	7,11	2,66	3,77	3,86	3,68
Autocontrôle début	S10	18,59	7,94	7,58	6,21	9,93	5,72	4,02	5,42	5,21	4,47	6,97	5,27
Autocontrôle début	S11	32,14	6,94	5,44	7,49	7,79	10,71	9,02	8,34	7,31	6,49	5,66	4,28
Autocontrôle début	S12	19,45	3,77	3,12	3,96	5,07	3,16	3,33	3,20	2,80	4,58	4,31	3,15
Autocontrôle début	Moyenne	20,08	5,92	5,07	5,66	6,83	5,51	6,47	5,78	4,33	4,43	4,66	4,78
Autocontrôle fin	S1	39,19	9,06	10,12	7,85	11,44	5,42	10,34	12,66	12,45	5,32	6,29	6,66
Autocontrôle fin	S2	19,63	5,33	7,64	2,99	4,35	4,79	3,17	4,80	3,66	5,81	3,16	4,57
Autocontrôle fin	S3	32,03	5,83	4,30	6,25	4,67	8,60	7,38	4,29	5,26	18,26	6,50	5,73
Autocontrôle fin	S4	13,74	5,89	10,64	8,39	6,93	7,59	5,56	5,05	7,84	4,65	4,56	4,46
Autocontrôle fin	S5	22,55	8,64	13,93	5,51	13,51	10,63	5,90	9,28	12,87	7,79	6,84	9,33
Autocontrôle fin	S6	23,76	9,64	25,56	22,40	11,29	2,92	6,50	4,64	16,75	16,54	4,06	5,42
Autocontrôle fin	S7	18,77	13,71	14,50	15,43	14,04	11,05	10,20	10,43	12,10	11,26	12,70	18,34
Autocontrôle fin	S8	15,38	8,44	5,52	4,70	3,14	3,26	1,73	2,68	3,69	6,57	4,39	4,87
Autocontrôle fin	S9	15,27	7,23	13,76	12,11	11,43	13,12	11,28	10,36	13,16	9,08	14,09	6,69
Autocontrôle fin	S10	36,52	14,16	7,55	6,72	5,33	4,71	3,71	5,92	3,07	7,44	9,21	5,62
Autocontrôle fin	S11	37,09	6,14	12,30	12,44	6,53	10,02	8,14	5,15	6,49	4,54	6,93	5,83
Autocontrôle fin	S12	18,90	9,06	8,06	5,44	5,12	11,86	8,86	13,98	7,93	8,81	9,17	6,97
Autocontrôle fin	Moyenne	24,40	8,59	11,16	9,19	8,15	7,83	6,90	7,44	8,77	8,84	7,32	7,04

Tableau récapitulatif du nombre de cibles interceptées des participants de l'expérience II

Groupe	Sujets	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	RCT	RLT
Autocontrôle début	S1	2	2,2	2,5	2,1	1,9	1,8	2,1	2,5	2	1,7	1,7	2
Autocontrôle début	S2	2,2	2	2,5	2,4	2,2	2,5	2,3	2,6	2,7	2,3	2,15	2,1
Autocontrôle début	S3	1,2	2,1	2,5	1,7	1,6	2,1	1,6	1,7	1,4	1,1	1,4	1,2
Autocontrôle début	S4	1,8	2,4	2,9	2,4	2,7	2,7	2,6	2,2	2,4	2	1,5	2
Autocontrôle début	S5	2,1	2,2	2,1	1,7	1,8	1,7	1,9	2,2	1,8	1,9	1,7	1,65
Autocontrôle début	S6	1,7	2,2	2,4	2,4	1,8	2,2	2,4	2,6	2,4	2	2	2,2
Autocontrôle début	S7	2,1	1,9	1,4	1,1	1,4	1,7	1	1,1	1,4	1,5	1,3	1,35
Autocontrôle début	S8	1,7	2,3	2,4	2,1	1	0,6	0,8	1,2	1,4	1,6	1,65	1,6
Autocontrôle début	S9	2,1	2,5	2,4	2,2	2,7	2,2	2,3	1,5	2,1	1,8	1,7	1,75
Autocontrôle début	S10	1,6	2	2,1	1,6	1,5	1,7	1,8	2,2	1,8	2,1	1,95	1,75
Autocontrôle début	S11	1,4	2,1	2,3	1,8	1,8	0,7	1,3	1	1,5	1,2	0,75	1,45
Autocontrôle début	S12	2,2	2,9	2,6	2,4	1,9	2,6	2,4	2,4	2,3	2,1	2,3	2,05
Autocontrôle début	Moyenne	1,84	2,23	2,34	1,99	1,86	1,88	1,88	1,93	1,93	1,78	1,68	1,76
Autocontrôle fin	S1	1,6	1,9	1,7	1,7	1,1	1,9	1,5	0,7	1,5	1,4	1,45	1,1
Autocontrôle fin	S2	1,7	2,4	2	2	1,9	2,2	2,1	1,6	2,1	1,7	2,1	2,1
Autocontrôle fin	S3	1,9	2,7	2,8	1,9	2,5	1,7	1,6	1,5	1,7	1,5	1,4	1,45
Autocontrôle fin	S4	1,7	2,2	1,2	1,3	1,5	1,2	1,3	1,5	1,3	1,4	1,9	1,65
Autocontrôle fin	S5	1,4	2,2	2,1	2,3	1,9	1,8	1,7	0,9	1,1	1,5	1,25	1,15
Autocontrôle fin	S6	1,6	2,4	1,7	1,2	1,6	2,5	2	1,9	1	1,5	1,55	1,65
Autocontrôle fin	S7	1,7	2	1,4	1,4	1,4	1,6	1,5	1,7	1,2	1,6	1,5	1,25
Autocontrôle fin	S8	2,2	2,3	2,4	2,3	2,7	2,6	3	2,3	2,1	1,3	1,8	1,6
Autocontrôle fin	S9	1,9	2,1	1,2	1,2	1,7	1,1	1,3	1,3	1	0,8	0,95	1,35
Autocontrôle fin	S10	1,3	1,7	1,8	1,4	1,8	2,5	2,1	1,7	2,1	1,6	1,35	1,4
Autocontrôle fin	S11	1,5	2,4	2	2,1	2,4	1,6	2,1	1,9	2,1	2,1	1,7	1,55
Autocontrôle fin	S12	1,4	1,4	1,8	2,2	2,6	1,5	1,4	1,3	1,9	1,4	1,55	1,3
Autocontrôle fin	Moyenne	1,66	2,14	1,84	1,75	1,93	1,85	1,80	1,53	1,59	1,48	1,54	1,46

Tableau récapitulatif de l'EA des participants de l'expérience III

Groupe	Sujets	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	RCT	RLT
Adaptation explicite	S1	38,98	17,49	15,86	18,10	16,17	14,96	17,27	13,37	17,65	14,00	11,62	13,99
Adaptation explicite	S2	15,99	6,19	6,67	5,57	7,19	6,21	5,04	5,40	4,04	5,71	5,26	4,74
Adaptation explicite	S3	34,47	13,60	9,63	4,87	9,38	8,67	10,87	7,86	7,13	8,68	7,53	6,57
Adaptation explicite	S4	62,86	17,15	14,13	13,68	10,31	9,26	10,23	8,43	9,24	10,99	9,36	10,76
Adaptation explicite	S5	35,29	10,22	8,57	5,27	9,71	8,89	6,02	8,60	7,78	9,00	8,56	9,05
Adaptation explicite	S6	39,78	13,76	11,63	7,19	8,72	6,20	7,99	9,30	10,64	15,11	19,52	22,16
Adaptation explicite	S7	45,94	19,00	13,58	10,30	14,46	7,04	8,63	6,37	8,21	8,67	10,38	9,91
Adaptation explicite	S8	28,24	9,48	9,07	6,26	9,22	6,78	7,11	7,24	10,98	5,91	5,47	4,40
Adaptation explicite	S9	38,27	18,66	12,49	9,67	8,35	5,65	8,36	7,22	6,72	7,13	8,54	7,13
Adaptation explicite	S10	30,66	11,70	9,40	12,29	9,31	9,98	10,95	8,26	8,57	8,78	13,35	9,35
Adaptation explicite	S11	48,66	18,10	17,94	15,61	9,84	10,43	7,49	5,98	8,03	8,24	17,01	8,32
Adaptation explicite	S12	39,00	18,54	11,23	9,24	9,17	8,96	9,64	8,36	11,16	11,59	13,41	11,34
Adaptation explicite	S13	45,61	16,13	6,49	9,74	6,65	8,05	9,77	7,43	4,59	6,83	7,77	12,77
Adaptation explicite	S14	67,26	17,70	17,06	11,13	9,80	10,26	7,68	12,51	7,28	6,99	12,61	9,60
Adaptation explicite	S15	27,77	10,36	9,14	8,20	10,79	8,41	9,74	7,69	11,36	6,18	5,08	8,51
Adaptation explicite	Moyenne	39,92	14,54	11,52	9,81	9,94	8,65	9,12	8,27	8,89	8,92	10,36	9,91
Adaptation implicite	S1	39,67	13,80	9,42	8,88	7,71	11,82	9,58	5,70	5,68	7,24	7,44	14,67
Adaptation implicite	S2	49,14	14,25	12,09	13,01	15,13	12,83	13,37	9,03	8,25	8,83	9,17	10,22
Adaptation implicite	S3	23,30	8,89	9,55	16,99	16,13	9,65	6,98	7,32	9,88	9,21	6,34	11,38
Adaptation implicite	S4	45,78	16,24	14,65	14,17	13,62	13,07	17,08	14,82	16,51	10,95	26,07	16,34
Adaptation implicite	S5	21,29	11,92	11,14	11,90	8,77	7,28	6,42	6,20	5,73	5,29	6,92	5,56
Adaptation implicite	S6	25,32	11,74	14,14	13,27	10,92	7,96	6,96	7,30	8,87	8,06	13,90	17,96
Adaptation implicite	S7	25,87	9,79	11,32	8,48	5,60	8,26	10,24	10,46	5,36	4,35	10,84	14,84
Adaptation implicite	S8	38,36	18,40	12,90	15,57	11,95	13,04	13,30	12,33	9,31	9,43	16,42	9,38
Adaptation implicite	S9	33,33	19,54	17,59	15,80	17,64	12,97	23,66	16,40	11,33	13,39	17,30	12,79
Adaptation implicite	S10	31,60	12,40	12,18	15,91	19,11	13,22	10,39	11,09	8,59	12,10	14,80	8,94
Adaptation implicite	S11	45,40	14,62	15,78	15,70	16,21	15,52	11,08	10,89	12,99	12,35	12,16	6,82
Adaptation implicite	S12	46,38	18,11	13,16	9,16	14,95	16,00	10,58	10,37	7,43	8,59	11,27	11,56
Adaptation implicite	S13	27,87	20,38	7,21	11,45	9,27	15,32	11,64	8,87	9,33	8,54	9,41	9,44
Adaptation implicite	S14	34,65	11,33	12,17	12,41	14,02	21,12	13,85	11,90	7,51	5,84	8,77	7,45
Adaptation implicite	S15	13,55	5,45	4,99	5,59	4,09	5,82	7,17	4,74	5,45	4,59	4,75	6,54
Adaptation implicite	Moyenne	33,43	13,79	11,88	12,55	12,34	12,26	11,48	9,83	8,81	8,58	11,70	10,93
Difficulté constante	S1	19,13	17,72	11,46	12,83	10,54	15,83	13,39	9,64	7,88	11,61	11,32	8,16
Difficulté constante	S2	26,88	8,18	6,61	12,14	8,72	11,15	7,01	7,64	6,89	11,33	14,34	17,46
Difficulté constante	S3	17,65	8,55	10,08	4,63	6,58	7,68	6,98	10,09	5,21	4,12	6,75	12,69
Difficulté constante	S4	39,41	13,86	14,81	13,44	16,67	8,67	8,40	9,91	9,68	9,99	14,90	16,65
Difficulté constante	S5	25,31	12,14	18,80	7,02	9,94	10,84	5,73	9,69	8,46	17,31	10,26	12,25
Difficulté constante	S6	74,36	27,18	14,26	9,53	16,44	10,59	18,29	13,24	19,32	12,37	15,71	19,67
Difficulté constante	S7	49,12	20,73	9,55	21,41	9,73	19,14	14,66	14,99	17,61	23,09	20,59	15,98
Difficulté constante	S8	43,89	26,94	11,26	12,42	7,61	8,24	11,85	9,94	7,49	9,83	19,98	15,05
Difficulté constante	S9	41,68	12,49	8,33	14,60	10,41	17,55	19,44	19,22	14,54	22,23	15,94	14,71
Difficulté constante	S10	63,91	28,26	6,89	9,50	4,52	7,25	8,51	8,40	9,27	8,38	6,58	10,35
Difficulté constante	S11	39,36	34,07	46,86	59,87	48,12	32,11	29,17	36,73	30,96	21,74	26,07	13,92
Difficulté constante	S12	48,50	23,83	21,42	14,72	12,55	14,25	12,47	6,57	9,05	10,00	19,72	23,71
Difficulté constante	S13	19,64	28,84	24,03	24,34	17,75	16,72	13,99	9,88	12,73	7,20	9,86	13,27
Difficulté constante	S14	44,47	12,45	4,93	6,02	12,85	8,08	12,74	6,42	5,05	8,50	9,72	12,40
Difficulté constante	S15	35,20	6,57	11,25	19,07	13,24	9,53	12,51	10,80	29,56	25,79	16,99	20,06
Difficulté constante	Moyenne	39,23	18,79	14,70	16,10	13,71	13,18	13,01	12,21	12,91	13,57	14,58	15,09

Tableau récapitulatif de l'EV des participants de l'expérience III

Groupe	Sujets	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	RCT	RLT
Adaptation explicite	S1	29,28	11,33	13,64	14,44	12,45	12,30	14,41	9,97	14,41	11,17	9,45	10,34
Adaptation explicite	S2	12,25	4,22	5,29	4,12	5,96	3,01	3,59	4,45	2,76	3,11	3,42	4,38
Adaptation explicite	S3	25,37	8,16	8,42	2,41	8,01	5,13	7,89	5,28	5,59	4,64	5,63	5,30
Adaptation explicite	S4	49,96	12,62	10,90	10,99	9,05	8,28	9,63	7,51	7,48	11,10	7,95	9,62
Adaptation explicite	S5	18,43	8,59	4,80	3,52	6,88	6,33	4,26	6,26	6,01	5,05	5,39	6,99
Adaptation explicite	S6	33,68	12,25	11,12	6,12	7,96	5,25	7,01	7,10	9,15	11,02	22,35	24,89
Adaptation explicite	S7	31,37	13,12	11,23	6,67	10,24	4,03	5,19	3,88	6,10	5,06	7,83	5,53
Adaptation explicite	S8	24,16	8,66	9,14	5,00	9,59	5,40	6,21	5,10	8,22	4,27	3,89	3,10
Adaptation explicite	S9	28,59	15,01	8,98	6,48	4,57	3,06	3,71	4,53	3,86	3,99	7,24	6,11
Adaptation explicite	S10	24,75	9,19	6,20	6,61	5,40	7,50	7,10	5,20	6,06	5,21	10,46	8,17
Adaptation explicite	S11	41,57	13,68	18,63	14,64	8,78	8,73	4,42	3,86	6,69	5,23	17,20	6,46
Adaptation explicite	S12	31,38	14,80	8,03	7,60	7,04	7,11	7,16	5,78	9,36	8,57	11,48	8,39
Adaptation explicite	S13	30,44	15,02	5,29	8,47	4,52	6,32	6,20	5,70	2,80	4,28	5,12	8,62
Adaptation explicite	S14	44,32	13,48	11,32	8,61	7,25	6,92	4,85	7,93	5,01	4,55	8,98	6,25
Adaptation explicite	S15	20,09	4,98	6,06	6,03	9,06	5,79	8,11	4,41	9,21	4,08	2,78	5,98
Adaptation explicite	Moyenne	29,71	11,01	9,27	7,45	7,78	6,34	6,65	5,80	6,85	6,09	8,61	8,01
Adaptation implicite	S1	26,81	9,74	9,33	6,46	6,26	10,08	6,42	4,12	4,03	5,89	5,00	10,08
Adaptation implicite	S2	31,64	10,09	8,55	10,68	12,27	12,46	7,39	6,22	5,33	7,51	5,97	7,43
Adaptation implicite	S3	20,49	7,18	8,78	16,48	12,81	8,63	5,70	5,48	7,93	6,27	4,40	7,43
Adaptation implicite	S4	39,05	14,12	11,47	14,23	11,41	11,14	16,19	13,01	16,07	10,38	23,75	14,87
Adaptation implicite	S5	19,51	12,18	10,40	12,61	6,40	5,59	5,34	4,66	4,84	4,13	5,44	4,38
Adaptation implicite	S6	20,41	8,13	11,14	8,40	7,88	5,22	4,02	5,25	7,07	5,29	11,03	11,87
Adaptation implicite	S7	19,65	8,54	8,12	6,22	4,01	6,85	10,27	9,43	3,27	3,23	9,62	12,64
Adaptation implicite	S8	32,62	15,91	11,88	15,00	9,29	9,04	10,88	11,55	7,47	8,49	15,32	6,43
Adaptation implicite	S9	26,82	18,20	16,01	15,38	15,41	8,16	14,07	12,77	11,26	13,15	16,37	7,87
Adaptation implicite	S10	21,99	8,13	9,00	10,37	16,13	10,41	6,42	8,31	5,86	5,31	10,47	6,26
Adaptation implicite	S11	31,09	13,56	16,76	15,60	14,73	16,58	9,01	10,36	11,24	12,31	10,20	4,80
Adaptation implicite	S12	42,35	18,53	12,05	5,66	14,08	15,23	11,03	10,44	6,29	9,53	12,26	11,67
Adaptation implicite	S13	18,47	20,29	4,78	7,37	7,42	8,95	8,12	4,93	5,95	6,73	6,68	5,19
Adaptation implicite	S14	25,92	8,32	8,71	10,36	9,69	18,41	9,69	7,42	5,22	3,33	8,51	4,94
Adaptation implicite	S15	12,41	3,96	3,65	4,21	2,56	3,84	4,95	3,32	3,25	3,89	3,71	3,88
Adaptation implicite	Moyenne	25,95	11,79	10,04	10,60	10,02	10,04	8,63	7,82	7,00	7,03	9,92	7,98
Difficulté constante	S1	13,75	12,36	8,71	11,34	5,91	14,68	10,15	8,57	5,52	9,00	8,85	7,17
Difficulté constante	S2	18,39	6,33	5,39	8,85	7,00	9,30	5,42	8,16	6,26	7,98	11,30	13,09
Difficulté constante	S3	15,43	8,64	10,23	3,62	6,36	7,20	7,06	10,30	5,11	3,50	5,66	10,54
Difficulté constante	S4	32,82	10,94	10,87	11,11	15,24	6,18	5,61	6,06	6,79	6,87	11,58	13,36
Difficulté constante	S5	22,50	6,16	13,49	3,32	8,57	9,76	4,41	8,71	6,46	13,48	6,99	7,64
Difficulté constante	S6	57,10	19,00	11,90	6,27	12,90	11,31	18,41	12,44	19,12	11,56	15,12	15,32
Difficulté constante	S7	51,66	23,86	9,67	25,61	8,61	23,94	15,31	16,24	21,05	25,72	20,99	10,09
Difficulté constante	S8	34,33	20,69	9,15	7,93	5,68	5,29	7,71	6,47	5,02	8,20	13,60	13,14
Difficulté constante	S9	44,78	12,57	8,33	14,85	11,88	16,16	19,87	19,33	12,83	17,58	15,48	13,41
Difficulté constante	S10	53,49	28,37	4,87	7,19	3,19	4,63	5,04	6,75	7,19	6,30	4,83	7,26
Difficulté constante	S11	39,12	30,43	55,87	53,74	55,66	32,24	33,79	38,92	29,31	23,27	26,88	12,48
Difficulté constante	S12	42,84	23,82	21,95	13,09	8,13	9,69	9,90	4,44	4,69	6,76	18,44	21,04
Difficulté constante	S13	15,19	19,76	16,42	18,03	10,90	13,10	8,80	7,65	7,77	6,19	8,31	13,88
Difficulté constante	S14	47,71	13,86	4,19	5,50	9,40	7,40	10,05	5,86	4,35	8,53	7,59	10,26
Difficulté constante	S15	32,99	6,02	8,91	18,53	10,57	7,17	6,97	5,99	21,05	15,72	13,12	12,62
Difficulté constante	Moyenne	34,81	16,19	13,33	13,93	12,00	11,87	11,23	11,06	10,83	11,38	12,58	12,09

Tableau récapitulatif du nombre de cibles interceptées des participants de l'expérience III

Groupe	Sujets	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	RCT	RLT
Adaptation explicite	S1	1,2	1,2	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,9	1,8	1,9	0,8	1,4
Adaptation explicite	S2	2	2	1,7	1,8	1,8	1,7	1,9	2,3	2,2	2	1,5	1,9
Adaptation explicite	S3	1,3	1,5	1,6	2	1,8	1,5	1,8	1,7	1,8	1,6	1,4	1,3
Adaptation explicite	S4	1	1,5	1,6	1,7	1,8	2	2,2	1,9	1,9	2,1	1,5	1,8
Adaptation explicite	S5	1,5	1,5	1,9	2	1,7	1,7	2	2	1,7	1,6	1	1,3
Adaptation explicite	S6	1,3	1,9	2	1,9	2	2	2	1,7	1,7	1,8	1,2	0,9
Adaptation explicite	S7	1,3	1,2	1,5	1,6	1,4	1,6	1,5	1,6	1,7	1,4	1,3	0,9
Adaptation explicite	S8	1,3	1,6	2	2	1,7	1,7	2,1	1,8	2	2,1	1,7	2
Adaptation explicite	S9	1,3	1,5	1,7	1,6	1,5	2	1,2	1,7	1,5	1,6	1,5	1,5
Adaptation explicite	S10	1,3	1,5	1,4	1,3	1,2	1,7	1,5	1,7	1,6	1,4	1	1,4
Adaptation explicite	S11	1,2	1,9	1,8	1,7	1,9	1,4	1,7	1,8	1,7	1,9	1,2	1,4
Adaptation explicite	S12	1,4	1,7	1,6	1,6	1,8	1,7	1,5	1,9	1,9	1,7	1	1
Adaptation explicite	S13	1	1,7	2	1,8	1,9	1,9	1,5	1,8	2	1,5	1,3	0,9
Adaptation explicite	S14	0,8	1,6	1,5	2	1,6	1,6	1,7	1,2	1,8	1,6	0,8	1,1
Adaptation explicite	S15	1,6	1,5	1,4	1,9	1,7	1,7	2	1,7	1,7	2	1,6	1,4
Adaptation explicite	Moyenne	1,30	1,59	1,70	1,77	1,69	1,72	1,75	1,78	1,80	1,75	1,25	1,35
Adaptation implicite	S1	1,3	1,7	1,9	1,9	1,8	1,5	1,6	2,1	1,9	1,9	1,4	1,4
Adaptation implicite	S2	1	1,5	1,6	1,4	1,8	1,8	1,3	1,7	1,9	1,7	1,2	1
Adaptation implicite	S3	1,6	1,7	1,7	1,7	2	2	1,9	2,2	1,9	1,6	1,7	1,3
Adaptation implicite	S4	1,4	1,7	1,7	2	1,8	1,8	1,8	1,7	1,9	1,7	0,5	1
Adaptation implicite	S5	1,7	2,1	2,1	2	1,9	1,7	1,9	2,2	2	2,2	1,7	1,5
Adaptation implicite	S6	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,5	1,7	2,1	1,6	1	1
Adaptation implicite	S7	1,5	1,8	1,7	1,7	1,9	1,8	1,9	2,1	1,8	2,3	1,3	0,9
Adaptation implicite	S8	1,5	1,6	1,8	2	2	1,8	1,7	1,7	1,9	2	1	1,3
Adaptation implicite	S9	1,4	1,7	1,8	1,9	1,5	1,3	1,3	1,6	1,9	2	0,8	0,8
Adaptation implicite	S10	1,3	1,2	1,9	1,4	1,5	1,5	1,8	1,8	2	1,4	0,6	0,8
Adaptation implicite	S11	1,4	1,8	2,1	1,7	1,9	2,1	1,8	2	1,4	1,7	1,1	1,4
Adaptation implicite	S12	1,5	1,9	2	1,7	1,9	1,8	1,9	2	2,1	2,1	1,7	1,4
Adaptation implicite	S13	1,4	1,8	1,7	1,5	1,7	1,6	1,6	1,7	1,9	1,7	1,3	0,9
Adaptation implicite	S14	1,1	1,7	1,6	1,7	1,5	1,5	1,5	1,4	1,9	1,7	1,6	1,1
Adaptation implicite	S15	1,9	2,1	2	1,9	2,4	1,7	2,1	1,9	2	2,3	2	1,5
Adaptation implicite	Moyenne	1,43	1,73	1,82	1,75	1,83	1,71	1,71	1,85	1,91	1,86	1,26	1,15
Difficulté constante	S1	1,2	0,7	1,3	1,5	1,3	1,3	1,6	1,7	2	1,8	1,7	2,1
Difficulté constante	S2	0,4	1,7	1,7	1,8	1,6	1,4	1,8	1,9	1,7	1,4	1,4	1,4
Difficulté constante	S3	1	1,7	1,6	2,1	2	1,7	2	1,9	2,2	2,3	2,1	1,6
Difficulté constante	S4	1	0,9	0,8	1,3	1,4	1,2	1,3	1	0,9	1,2	1,1	1,2
Difficulté constante	S5	1	0,9	0,8	1,2	1,3	1,4	1,7	1,3	1,4	0,7	1,4	0,9
Difficulté constante	S6	0,7	0,8	1,2	1,4	1	1,9	1,7	1,2	1,3	1,1	1,4	1,1
Difficulté constante	S7	1	1,7	1,6	1,2	1,7	2	1,5	1,3	1,6	1,2	1,5	0,8
Difficulté constante	S8	0,2	0,9	1,2	0,8	1,6	1,3	1,1	1,4	1,6	1,5	1,1	1,3
Difficulté constante	S9	1,3	1,4	1,8	1,7	2,2	1,5	1,8	1,7	1,9	1,3	2	1,6
Difficulté constante	S10	0,5	1,1	1,4	1,6	2,1	1,4	1,4	1,7	1,8	1,8	1,6	1,7
Difficulté constante	S11	1	1,2	0,9	1,1	1	1,4	1,7	1,5	1,2	1,5	1,5	2
Difficulté constante	S12	0,9	1,2	1,2	1,3	0,8	0,9	1,1	1,6	1,2	1,3	1,4	1,4
Difficulté constante	S13	0,9	1	0,8	0,8	0,8	1	1	1,4	0,9	1,7	1,8	1,6
Difficulté constante	S14	1,6	1,8	2,3	2	1,7	1,4	1,7	1,9	2,2	2	1,6	1,7
Difficulté constante	S15	1,2	1,8	1	1,3	1,5	1,4	0,7	1,2	0,6	0,7	1,1	0,7
Difficulté constante	Moyenne	0,93	1,25	1,31	1,41	1,47	1,41	1,47	1,51	1,50	1,43	1,51	1,41

Auteur : Mathieu ANDRIEUX

Titre : Autocontrôle et adaptation de la difficulté dans l'apprentissage d'une habileté motrice

Directeur de thèse : Bernard THON

Discipline : Science et Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)

Ecole Doctorale : Comportement, Langage, Education, Socialisation, COgnition (CLESCO)

Laboratoire : Programme de Recherche Interdisciplinaire en Sciences du Sport et du Mouvement Humain (PRISSMH) – Université Toulouse 3 Paul Sabatier – UFR STAPS – 118, Route de Narbonne – 31062

Toulouse Cedex 09

RESUME

Ce travail de thèse concerne l'étude des processus cognitifs impliqués lors de l'adaptation de la difficulté de la tâche dans l'apprentissage d'une habileté motrice. Plus précisément, dans une série de trois expériences nous avons adapté la difficulté de la tâche au niveau d'habileté de l'apprenant selon deux méthodes : l'autocontrôle et l'adaptation selon des règles. Les données obtenues dans la première étude montrent que les participants qui peuvent, à chaque essai de pratique, déterminer le niveau de difficulté dans une tâche d'anticipation-coïncidence manifestent une meilleure rétention à long-terme de l'apprentissage que ceux pour lesquels le niveau de difficulté est imposé. Les résultats de la seconde expérience révèlent que les participants qui peuvent ajuster la difficulté de la tâche en début de pratique surpassent les performances en rétention de leurs homologues qui peuvent uniquement choisir ce paramètre en fin de pratique. Les données de la troisième étude montrent qu'une difficulté « automatiquement » adaptée à la performance de l'apprenant suivant des règles préenregistrées par l'expérimentateur améliore davantage l'apprentissage qu'une condition de pratique dans laquelle la difficulté demeure maximale et constante. De manière générale, le fait de mettre l'apprenant dans un environnement de pratique autorisant une adaptation de la difficulté à sa performance permettrait d'améliorer l'apprentissage : 1) par une optimisation du traitement de l'information (selon l'hypothèse du « challenge point »), et 2) par une augmentation de la motivation de l'apprenant, et son maintien au cours de la pratique, due à son implication active dans la situation d'apprentissage.

Mots clés : Apprentissage moteur ; processus d'autorégulation ; traitement de l'information ; motivation

ABSTRACT

This thesis focuses on the study of the cognitive processes underlying the adaptation of task difficulty in motor skill learning. In a series of three experiments, we adapted the task difficulty to the skill level of the learner according to two methods: self-control and performance-based adaptive schedule. The data of the first experiment revealed that participants who can set the level of difficulty, before each trial, in a complex coincidence anticipation task demonstrated a better long-term retention of learning than those for which this parameter was imposed. The data of the second experiment revealed that learners who could adjust the task difficulty during the beginning of the acquisition phase outperformed their counterparts who could freely adjust this parameter during the end of the acquisition phase. In the third experience, we demonstrated that a performance based adaptive schedule led to a better learning than a condition in which the level of difficulty remained maximal and constant. Broadly speaking, a practice condition in which the level of task difficulty change contingent on the learner's performance is supposed to enhance learning: 1) by optimizing the information processing (according to the challenge point hypothesis), and 2) by enhancing the learner's motivation due to his active involvement in the learning process.

Key words: Motor learning; self-regulation; information processing; motivation