



**HAL**  
open science

# Rôle de l'activité cognitive et des représentations mentales afférentes dans l'acquisition d'une habileté motrice

Dominique Lavisso

► **To cite this version:**

Dominique Lavisso. Rôle de l'activité cognitive et des représentations mentales afférentes dans l'acquisition d'une habileté motrice. Médecine humaine et pathologie. Université Henri Poincaré - Nancy 1, 1997. Français. NNT : 1997NAN10293 . tel-01747722

**HAL Id: tel-01747722**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01747722v1>**

Submitted on 29 Mar 2018

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

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



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

---

---

UNIVERSITE HENRI POINCARÉ - NANCY 1

1997

---

---

ECOLE DOCTORALE "BIOLOGIE ET SANTE"

## THESE

présentée et soutenue publiquement

le 11 novembre 1997

pour l'obtention du titre de



DOCTEUR DE L'UNIVERSITE  
HENRI POINCARÉ - NANCY 1

Mention

Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

par

**Dominique LAVISSE**

---

---

**Rôle de l'activité cognitive  
et des représentations mentales afférentes  
dans l'acquisition d'une habileté motrice**

---

---

### MEMBRES DU JURY

- Président** : Monsieur **Bertrand KRAFFT**, Professeur des Universités  
**Directeur** : Monsieur **Philippe PERRIN**, Maître de Conférences des Universités  
**Juges** : Monsieur **Dominique DEVITERNE**, Maître de Conférences des Universités  
**Rapporteurs** : Monsieur **Claude-Alain HAUERT**, Professeur des Universités  
Monsieur **Bernard MICHON**, Professeur des Universités

## **A mon Président de Thèse,**

### **Monsieur Bertrand KRAFFT**

Professeur à l'Université Henri Poincaré - Nancy 1  
Faculté des Sciences  
Directeur de l'URA CNRS 1293  
Laboratoire de Biologie et Physiologie du Comportement,

qui a accepté que son Laboratoire de Biologie du Comportement soit Laboratoire d'accueil pour ma Thèse en STAPS et qui m'a toujours soutenu efficacement tout au long de cette entreprise.  
Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour son aide précieuse et son engagement.

## **A mon Directeur de Thèse,**

### **Monsieur Philippe PERRIN**

Maître de Conférences à l'Université Henri Poincaré - Nancy 1  
Equilibration et Performance Motrice  
UFR en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives - Faculté du Sport

qui, par ses compétences et son intégrité, a su me diriger dans ce travail et m'a permis de franchir les nombreuses étapes et les obstacles que j'ai parfois pu rencontrer.  
Qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

## **A mes Juges,**

### **Monsieur Dominique DEVITERNE**

Maître de Conférences à l'Institut Universitaire de Formation des Maîtres de Lorraine  
Psychologie de l'Education

qui a su, par sa grande compétence et son extrême disponibilité, me former et me guider dans tous les aspects que recouvre un tel travail de recherche.  
Qu'il trouve ici le témoignage de ma profonde admiration, mais aussi et surtout de toute mon amitié.

### **Monsieur Claude-Alain HAUERT**

Professeur à l'Université de Genève  
Faculté de Psychologie et de Science de l'Education

et

### **Monsieur Bernard MICHON**

Professeur à l'Université des Sciences Humaines de Strasbourg  
Directeur de l'UFR STAPS de Strasbourg  
Responsable du DEA en STAPS multisceau Strasbourg-Nancy 1-Besançon- Paris X-Paris XI,

qui m'ont tous deux fait l'honneur d'accepter avec beaucoup de spontanéité d'être juges et rapporteurs de ma Thèse.  
Leurs approches différentes et leur compétence reconnue en STAPS enrichissent et valorisent ce travail.



## **Aux Directeurs de l'Établissement dans lequel j'enseigne,**

**Monsieur François-Richard JOUBERT**

ancien Directeur de l'Établissement Régional d'Enseignement Adapté à Flavigny-sur-Moselle  
et

**Monsieur André PERRIN**

actuel Directeur de ce Lycée d'Enseignement Adapté à Flavigny-sur-Moselle

Ils ont toujours su me donner toutes les facilités afin que je puisse concilier dans de bonnes conditions mon activité professionnelle d'enseignement dans leur établissement avec celle de ma recherche, ceci toujours avec la plus grande compréhension et une réelle spontanéité.

Qu'ils en soient remerciés et trouvent ici l'expression de toute ma reconnaissance.

## **Aux Directeurs et aux Enseignants des Établissements d'accueil,**

**Ecole Primaire Albert Camus, Villers-lès-Nancy**

**Ecole Primaire, Benney**

**Institut Médico-Professionnel, Velaine-en-Haye**

**Lycée et Collège Jacques Callot, Vandoeuvre-lès-Nancy**

Je les remercie de m'avoir accueilli dans leur établissement et dans leur classe, ainsi que d'avoir assumé toutes les contraintes liées à cet accueil, ceci toujours avec beaucoup de spontanéité et le plus grand professionnalisme.

## **A tous les membres du Laboratoire de Biologie du Comportement,**

Ils ont su, tout au long de cette recherche effectuée dans leur structure, donner toute sa signification au terme d'accueil, tant au niveau des relations humaines que de la qualité des conditions de travail.

Qu'ils trouvent ici le témoignage de toute ma reconnaissance.

## **A Monsieur Mickaël Messaoudi**

Directeur scientifique de la société E.T.A.P. à Nancy

Qui a su m'éclairer à un moment important de redéfinition de l'orientation de ce travail.

Qu'il en soit vivement remercié et qu'il trouve ici l'expression de toute mon amitié.

## **A Sylvie, mon épouse**

**et à Florian, Brice-Benjamin, Cassandre, Faustine et Juliano, nos enfants,**

Mener à terme un travail de recherche suppose un ensemble de conditions favorables. On oublie cependant trop souvent qu'elles ne peuvent être réellement mises à profit que si, par ailleurs, dans le quotidien et surtout la vie familiale, le conjoint accepte les sacrifices, les privations et l'engagement que cela implique.

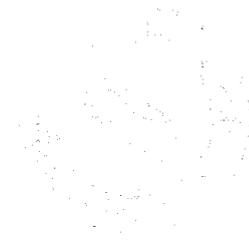
C'est donc d'abord à mon épouse que je dois d'avoir pu commencer cette entreprise et d'être parvenu à son but sans avoir jamais sacrifier l'essentiel, à savoir tout ce qui fait les joies et les charmes de la vie familiale.

Les mots ne suffiraient pas à exprimer ce que je ressens ici, je ne les écrirai donc pas. Je me limiterai à dire que ce travail n'aurait pas abouti si nous n'avions pas, en permanence, été deux à en assumer toutes les contraintes.

# SOMMAIRE



<b>INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE</b>	
1. Introduction	1
2. Centrage de la problématique	4
2.1. Qu'apprend-on et comment ?	4
2.2. Les différences interindividuelles dans l'apprentissage moteur	8
2.3. Revue des principaux travaux sur le rôle des représentations mentales dans l'apprentissage moteur	11
2.4. La problématique	23
<b>REGARD SUR L'ACTIVITE MOTRICE CHOISIE</b>	<b>28</b>
<b>EXPERIMENTATIONS</b>	<b>37</b>
1. L'organisation des expériences	37
1.1. Objectifs et solutions expérimentales possibles	37
1.2. Solutions retenues	38
2. Justifications de la première étude	39
3. Expérimentation 1	44
3.1. Matériel et méthode	44
3.2. Résultats	52
3.3. Discussion	68
4. Justification des deuxième et troisième études	73
5. Expérimentation 2	78
5.1. Matériel et méthode	78
5.2. Résultats	86
5.3. Discussion	94
6. Expérimentation 3	101
6.1. Matériel et méthode	101
6.2. Résultats	102
6.3. Discussion	109
<b>DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION</b>	<b>121</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>132</b>
<b>ANNEXE</b>	<b>141</b>



## INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

### 1. Introduction

Dans le monde du vivant, certains organismes reçoivent passivement leur énergie de leur milieu de vie, et d'autres, comme les animaux en général et l'homme en particulier, doivent interagir avec leur environnement pour y trouver l'énergie et l'ensemble des éléments dont ils ont besoin pour y survivre.

Dans le cas des espèces dites inférieures dans l'échelle phylogénétique, cette adaptation individuelle s'en tient pratiquement uniquement à l'utilisation de réponses comportementales souvent peu complexes appartenant à un répertoire spécifiquement et biologiquement préétabli. Dans la plupart des autres cas, cette adaptation comportementale (bien sûr limitée par les caractéristiques biologiques de l'espèce) s'appuie essentiellement sur une acquisition et/ou construction progressive individuelle de ces réponses adaptatives. Si on se réfère à la distinction faite par certains auteurs (Ajuriaguerra, 1980 ; Hauert, 1995 ; Paillard, 1980b) entre développement et apprentissage, dans le premier cas le développement constitue le moteur essentiel de cette adaptation étant donné le caractère irréversible et commun à tous les individus d'une même espèce de cette évolution, alors que dans le second il s'agit essentiellement de l'apprentissage étant donné le caractère réversible et individuel de cette progression. Dans l'un et l'autre cas toutefois, et plus particulièrement dans le second, les individus doivent disposer d'un système capable d'assurer leurs relations avec l'environnement, leur permettant de traiter l'information perçue et d'y apporter les réponses comportementales adaptées.

Une interrogation sur le fonctionnement de ce système - le système nerveux - est donc essentielle dans toute étude sur les comportements ou les pratiques physiques d'un tel organisme. Dans ce domaine, deux modes d'approche sont retenus par les chercheurs selon qu'ils s'attachent à étudier ce système à travers les structures qui le composent et les

fonctions physiologiques élémentaires de celles-ci - c'est l'approche anatomo-physiologique - ou à partir d'une description systémique des grandes étapes fonctionnelles de l'activité cognitive - c'est l'approche cognitiviste des psychologues. Rendre ces démarches complémentaires permet d'atteindre un degré de compréhension du fonctionnement de ce système faisant le lien entre le structurel et le fonctionnel (Changeux, 1983 ; Edelman, 1992 ; Brooks, 1990).

Dans ce travail, nous nous intéressons plus particulièrement aux aspects fonctionnels des processus en cause dans l'acquisition par un organisme d'une habileté motrice.

Comme le souligne Bueckers (1995), les théories de l'entraînement cherchant à appréhender les facteurs de la performance motrice ont évolué. Elles ont d'abord considéré que la condition physique était le facteur le plus important, celle-ci s'appuyant principalement sur des données physiologiques. Actuellement, les auteurs s'orientent également vers des composantes techniques et pratiques et font principalement référence au traitement de l'information pour expliquer l'assimilation de celles-ci.

En effet, les recherches menées depuis plusieurs décennies sur les mécanismes et les processus mis en oeuvre dans l'acquisition d'une habileté motrice s'accordent à considérer que, quel que soit le type d'apprentissage dans lequel un individu est engagé, celui-ci procède à un traitement mental d'informations (de Tolman, 1948 à Masson, 1990 ; en passant par Ausubel, 1968). Si, parmi les pionniers de ces approches cognitivistes, Piaget (1959, 1969) a tout d'abord montré l'importance des actions motrices du jeune enfant pour la mise en place et le développement de ses facultés mentales ("L'origine des opérations intellectuelles est à chercher dans les actions du sujet" , Piaget, 1969), plus récemment d'autres auteurs (Adams, 1987 ; Paillard, 1985) ont à l'inverse commencé à souligner le rôle des capacités mentales de traitement de l'information chez un individu lors de l'acquisition d'une réponse motrice adaptée. Ceci a d'ailleurs conduit de nombreux auteurs (Chamberlin et Magill, 1992a et b ; Chevalier, 1987, 1995 ; Denis et coll., 1989 ; Fitts, 1964, 1967 ; Hauert , 1986 ; Hauert et Pellizer, 1992 ; Magill, 1993, 1995 ; Magill et coll., 1991 ; Marteniuk, 1976, 1986 ; Masson, 1990 ; Schmidt, 1982 ; Zanone et Hauert, 1987) à prendre en compte le rôle des facteurs cognitifs dans la préparation, l'exécution et le contrôle de l'acte moteur.

Enfin, pour de nombreuses recherches portant sur l'apprentissage moteur (Chevalier, 1987 ; Denis, 1979 ; Ehrlich, 1985 ; Hall, 1980, 1985 ; Hall et Coll., 1985, 1992 ; Jeannerod, 1994 ; Magill, 1993 ; Magill et coll., 1991 ; Paivio, 1971, 1985, 1986), l'imagerie mentale, les représentations mentales sont considérées comme les supports de ce fonctionnement cognitif du sujet apprenant.



Le présent travail vise donc à contribuer à la mise en évidence de l'importance de cette activité cognitive du sujet, activité devant lui permettre de perfectionner ses représentations mentales, lors de l'apprentissage d'une habileté motrice particulière : le tir à l'arc.

Il procède à des comparaisons de rythme et qualité d'apprentissage entre des groupes de sujets témoins soumis à des conditions classiques d'apprentissage d'un geste moteur (démonstration d'un modèle, pratiques répétées, évaluation à travers la performance) et des groupes de sujets expérimentaux soumis à des conditions visant à favoriser cette "dynamique mentale" de l'apprenant (travail sur les représentations initiales, utilisation de supports variés aidant à l'analyse mentale du geste moteur à effectuer et réellement effectué). Ces comparaisons entre sujets témoins et sujets expérimentaux visent à mettre en évidence d'une part l'intervention d'une telle activité cognitive sur le rythme et la qualité d'une acquisition motrice, d'autre part l'éventualité d'une modulation de l'efficacité de cette activité cognitive en fonction de certaines caractéristiques physiques et psychologiques des apprenants (perturbation du schéma corporel, degré d'intégrité de la motricité, niveau de fonctionnement cognitif).

Il s'appuie sur une série de trois expérimentations portant successivement sur des populations aux caractéristiques différentes par leur âge (enfant, adolescent, adulte), par leur état physique et moteur (du sujet valide à celui handicapé moteur) et par leur performance cognitive (de l'individu "normalement" performant au déficient cognitif).

Nous tenons enfin à préciser que si notre réflexion et notre problématique de recherche ont été orientées par notre expérience professionnelle d'enseignement des Activités Physiques et Sportives à des élèves handicapés moteurs, nous souhaitons également donner à ces recherches un prolongement dans notre activité pédagogique.

L'ensemble de ce travail se situe donc en permanence à la frontière entre la recherche fondamentale dans le domaine des apprentissages moteurs et la pratique didactique et pédagogique du formateur dans ce domaine.

## **2. Centrage de la problématique à partir de quelques réflexions sur l'apprentissage en général et sur l'apprentissage moteur en particulier**

### **2.1. Qu'apprend-on et comment?**

Le développement des sciences et de la culture pose avec acuité aux institutions de formation et d'éducation la question des contenus mais surtout des méthodes d'apprentissage.

La multiplicité des contenus à acquérir ne permet plus actuellement de fonder les apprentissages uniquement sur la mémorisation. Pour reprendre Montaigne, on ne peut plus se contenter de former des "têtes bien pleines", mais il faut assurer la formation de "têtes bien faites", c'est-à-dire d'individus qui soient capables d'"apprendre à apprendre" (Reboul, 1980).

Dans les domaines physiques et sportifs, la diversité des activités et des techniques corporelles ainsi que leur évolution font que, plus que jamais, le formateur doit s'interroger sur ce qu'il faut apprendre en priorité, dans la mesure où cette formation fondamentale est obligatoirement limitée dans sa durée. L'apprentissage d'une activité physique ou sportive nécessitant une pratique différente d'une activité à l'autre, il peut difficilement se limiter à un transfert d'habiletés de base déjà acquises et qui engloberaient toute la richesse et la diversité de ces différentes activités physiques ou sportives.

Les contenus de ce domaine d'apprentissage sont constamment sujets à des modifications comme en attestent les changements permanents des programmes (des "familles d'activités") dans cette discipline. Dès lors, à l'instar des "activités intellectuelles", on peut rechercher une voie permettant de concilier cette formation corporelle avec la diversité des techniques d'apprentissage. Parce qu'ils peuvent être considérés comme un ensemble de processus associés à l'exercice ou à l'expérience et qu'ils conduisent à des modifications relativement durables du comportement habile (Schmidt, 1975), les apprentissages moteurs peuvent, comme tout apprentissage, être intégrés dans le modèle "apprendre à apprendre". Cette démarche semble d'autant plus envisageable dans les premières phases d'un apprentissage. Au début de celui-ci, l'apprenant ignore souvent qu'il faut répéter (Bertsch, 1995) pratiquer et stocker un nombre limité d'informations utiles parmi toutes celles qui lui parviennent : il est encore incapable de sélectionner les éléments pertinents nécessaires à la réalisation d'une action adaptée. Cette incompétence se retrouve également au niveau du repérage des buts à atteindre dans l'activité proposée, tout en leur associant des moyens adaptés pour les atteindre. Une première approche placerait le débutant

au centre du processus, en lui donnant des capacités d' "apprendre à apprendre". Une autre approche se proposant d'accélérer l'apprentissage moteur sans pour autant lui associer une pratique physique supplémentaire, pourrait concilier la nécessité de varier les apprentissages moteurs (à l'image de la multiplicité des techniques corporelles) avec l'obligation d'effectuer ceux-ci dans un temps limité.

Toutefois, pour certains aspects, ces deux approches de l'apprentissage (apprendre à apprendre et accélération de l'apprentissage) ne diffèrent pas : il y a entre autres une relative similitude dans les moyens mis en place pour y parvenir.

Une recherche sur ce sujet nécessite au préalable de rappeler l'évolution des conceptions de l'apprentissage moteur, et de définir les domaines concernés dans l'étude des comportements acquis.

Sur un plan très général, nous avons souligné qu'un organisme hétérotrophe, et plus particulièrement l'organisme humain, devait interagir avec l'environnement pour y survivre et que, pour ce faire, il disposait d'un système lui permettant de traiter l'information perçue et de commander les réponses comportementales adaptées. Une connaissance du fonctionnement de ce système (le système nerveux) est donc essentielle dans toute étude sur les comportements et les pratiques physiques d'un tel organisme. Pour enrichir cette connaissance, les chercheurs s'intéressent, les uns plus particulièrement aux aspects anatomo-physiologiques du système (c'est l'individu "biologique", Changeux, 1983) et les autres aux aspects fonctionnels de ce système (c'est l'individu "cognitif", Weil-Barais, 1993).

Comme le souligne Changeux : "apprendre c'est, parmi les combinaisons préétablies, en stabiliser certaines et en éliminer d'autres". Apprendre consisterait donc en partie à éliminer. L'apprentissage s'inscrit ainsi dans un certain cadre biologique soumis au déterminisme des gènes. Et c'est dans les limites de ce cadre génétique que vont s'établir certaines transformations.

Effectuer un apprentissage moteur peut donc consister à éliminer la prise en compte des éléments secondaires pour ne retenir que les éléments pertinents. C'est aussi éliminer les mouvements parasites et ne plus prendre en compte certains paramètres non indispensables aux mouvements. Dès lors toute acquisition nouvelle et toute évolution dans un apprentissage moteur nécessitent trois types de démarches : un "désapprentissage", une reformulation des éléments indispensables et la sélection de nouveaux éléments pertinents.

Depuis plusieurs décennies, de nombreux auteurs comme Adams (1971), Brooks (1978, 1987), Magill (1993), Schmidt (1975) ne se satisfont pas du modèle comportementaliste. Ils considèrent que tout apprentissage implique une participation mentale du sujet et s'accordent sur quelques caractéristiques de tout apprentissage et de l'apprentissage moteur en particulier :

- il est le résultat d'une pratique et nécessite une répétition. La réussite immédiate d'une performance motrice n'existe effectivement pas (Adams, 1971 ; Buekers, 1995 ; Ripoll, 1985),

- il vise à la production d'actions efficaces, qui doivent être relativement stables et permanentes, pour être considérées comme acquises. Une habileté n'est en effet acquise que si elle est durable, c'est-à-dire reproductible dans des conditions environnementales semblables (Schmidt, 1975),

- il exige de l'apprenant une connaissance des résultats de sa pratique et une connaissance de sa performance (cinématique du mouvement effectué) permettant une différenciation des bonnes et des mauvaises réponses (Newell, 1985 ; Magill, 1995 ; Buekers, 1995 ; Buekers et Magill, 1995 ; Buekers et coll., 1994). La pratique par elle-même ne permet en effet pas d'apprendre et le changement comportemental et son adaptation à la tâche ne sont effectifs que lorsque le sujet associe à la connaissance des résultats l'évaluation des mécanismes qui les ont suscités,

- il n'est pas directement observable (Ripoll, 1985), on ne peut l'appréhender qu'au travers des changements comportementaux qu'il occasionne et que l'individu exprime dans ses "performances" et leur évolution,

- il peut être "négatif" et ceci se rencontre souvent lorsque l'individu est obligé de transformer ses habiletés pour accéder à un niveau supérieur de pratique.

Ces différentes caractéristiques de l'apprentissage moteur soulignent essentiellement l'importance de la pratique par le biais de la répétition comme un moyen par excellence pour acquérir et maîtriser une habileté motrice. Les travaux actuels permettent d'élargir ce point de vue et d'intégrer la notion de "manipulation de l'information" permettant d'augmenter l'efficacité de ces processus d'apprentissage et d'entraînement.

Tout en étant en accord avec la nécessaire prise en compte de ces éléments observables, les recherches actuelles, à l'instar de ce que Tolman (1948) avait déjà tenté de démontrer, considèrent donc l'importance du rôle de l'activité cognitive de l'individu engagé dans un apprentissage même lorsque ce dernier concerne une habileté motrice. La part de

cette activité cognitive serait même d'autant plus importante que le sujet est débutant et donc naïf par rapport à l'habileté motrice en cours d'acquisition, ceci dans la mesure où son manque d'expérience et d'entraînement ne lui permet pas de sélectionner les informations les plus pertinentes et le conduit à traiter la totalité des informations perçues. Fitts (1964, 1967) dénomme d'ailleurs "stade cognitif" cette première phase d'un apprentissage moteur.

Les travaux de Fitts (1992) soutiennent qu'il y a une relative constance des capacités du système moteur humain et des mécanismes proprioceptifs, visuels et de "retour" (feed-back) lorsque leur mesure est faite en "unité d'information". Ils tendent également à démontrer que la capacité d'un sujet, engagé dans l'acquisition d'une habileté motrice, à fixer les informations relatives à son système moteur reflète la capacité de ses mécanismes centraux à maîtriser l'activité motrice, c'est-à-dire à contrôler le résultat d'une action motrice en cours d'exécution ainsi qu'à maintenir un certain degré d'organisation tout en respectant l'ampleur et l'enchaînement des mouvements successifs qui la composent. De ce point de vue, l'acquisition d'une habileté motrice consiste essentiellement en une réorganisation du traitement de l'information qui évolue vers l'optimisation de la sélection et de la gestion des informations pertinentes.

Si, comme le rappelle Kelso (1992), Fitts a considéré après Shanon le système moteur en termes de capacité des canaux de communication à transférer l'information, il a été le premier à envisager l'apprentissage moteur sous l'angle d'unités d'information à traiter cognitivement.

Apprendre peut donc consister à éliminer les informations inutiles pour ne retenir que celles sur lesquelles doivent porter les mécanismes de transformation. Plus concrètement, apprendre un geste moteur consisterait à éliminer les mouvements parasites et les dépenses d'énergie superflues qui les accompagnent pour accéder à une plus grande fluidité et efficacité de celui-ci.

## **2.2 Les différences interindividuelles dans l'apprentissage moteur.**

Différentes observations et constats ont orienté notre recherche sur l'apprentissage d'une habileté motrice.

Tout d'abord, la nature même de l'apprentissage associée à l'organisation de notre système éducatif (institutions scolaires et culturelles) font que les acquisitions "doivent" s'effectuer dans un temps limité. Ce temps est standardisé pour tous les individus, malgré les difficultés particulières de certains d'entre eux. Si ceci semble évident pour les apprentissages "intellectuels", il n'en est pas autrement pour les apprentissages moteurs : les sujets handicapés moteurs qui présentent des difficultés particulières, auxquelles s'associe fréquemment une certaine "lenteur" dans leur rythme d'acquisition, vont se voir souvent proposer les mêmes temps d'apprentissage et vont terminer chaque cycle d'apprentissage avec une maîtrise motrice incomplète et donc en partie inefficace.

L'une de nos préoccupations premières, et c'est celle de nombreux chercheurs et formateurs, consiste à tenter de remédier à ces difficultés et à cette lenteur d'apprentissage en proposant des situations susceptibles d'accroître la rapidité et l'efficacité des acquisitions motrices.

Si, à l'instar de Famose (1985), nous définissons une habileté motrice en tant que moyen pour atteindre un but, c'est-à-dire comme la façon dont le sujet mobilise et organise ses ressources pour effectuer efficacement une tâche, l'acquisition de cette habileté doit être conçue comme une acquisition personnalisée. Pour Fitts (1964), cette acquisition consisterait essentiellement en l'organisation par un individu de son comportement dans l'espace et dans le temps. L'habileté motrice est ainsi spécifique du sujet qui la produit et ne doit pas s'en tenir à des mouvements considérés comme techniquement justes mais pouvant être inefficaces pour un individu donné. Cette individualisation visant à l'adaptation de la réponse motrice aux particularités de l'apprenant est d'autant plus indispensable que la motricité de l'individu s'écarte d'un "standard" comme dans la population de sujets handicapés moteurs, les difficultés étant d'autant plus grandes chez ces derniers que l'habileté motrice à mettre en place leur est totalement nouvelle (manque de repères, échecs répétés, ...).

L'autre constat que nous avons pu faire dans notre pratique professionnelle est celui de l'existence d'"apprentissage paradoxaux" eu égard aux capacités des individus : des sujets ayant des capacités motrices équivalentes n'apprennent pas au même rythme et des sujets aux capacités motrices parfois très réduites peuvent parvenir à un niveau de

performance égal voire supérieur à celui atteint par des sujets possédant des capacités moins réduites ou même "normales".

Le potentiel moteur de chaque apprenant, bien que devant être attentivement pris en compte, ne semble donc pas être déterminant du niveau et de la qualité des acquisitions motrices réalisables par chacun dans un temps donné.

L'adaptation des solutions motrices à la spécificité de chaque handicap moteur se fait essentiellement par le sujet lui-même. Si un formateur peut guider un apprenant handicapé, il ne peut élaborer la solution à sa place. En effet, avec des sujets valides qui disposent de potentialités motrices comparables, la construction de solutions peut être standardisée, alors qu'avec des sujets handicapés, la réponse motrice adaptée ne peut être qu'individuelle, chacun ayant ses particularités. Ceci est d'autant plus marqué que l'expression de troubles cliniquement semblables est toujours singulière, les plus grandes disparités pouvant exister pour des handicaps diagnostiqués comme semblables.

Réussir à surmonter son handicap en adaptant sa réponse motrice devrait donc dépendre en grande partie de caractéristiques personnelles des apprenants.

Dans cette hypothèse, nous avons dans une recherche antérieure (Lavisse, 1990) tenté de dégager le rôle possible de certains facteurs (en particulier la "nature du handicap moteur" et la "qualité du fonctionnement mental") sur l'acquisition d'une habileté motrice. Dans cette recherche, des sujets présentant un handicap moteur plus ou moins lourd devaient acquérir différentes habiletés motrices pour déséquilibrer et contrôler un adversaire en situation de coopération (situation d'étude) et en situation d'opposition (situation de combat). Les résultats montrent que les sujets, dont les capacités "intellectuelles" (capacités de traitement mental de l'information perçue, évaluées par le test W.I.S.C. -Wechsler Intelligence Scale for Children-) étaient les meilleures, avaient tendance à obtenir de meilleures performances motrices, même lorsqu'ils étaient confrontés à des adversaires dont le handicap était moindre. Un sujet performant dans le traitement mental de l'information parvient aisément à mettre en place les adaptations et les transformations nécessaires pour produire un geste compatible avec ses possibilités motrices, tout en ayant et conservant une juste représentation du but à atteindre. C'est le cas, par exemple, de sujets dont la déficience (définition INSERM et OMS, 1980) les rend gaucher par nécessité : nous avons pu observer (Lavisse, 1990) comment un sujet, atteint d'une hémiplégie droite, parvient rapidement à transposer des techniques dont on lui a fait la démonstration pour droitier en mouvements efficaces pour gaucher.

Le terrain et certaines approches à caractère expérimental soulignent donc que les déficits de performance de certains sujets handicapés moteurs ne sont pas toujours strictement et uniquement liés à la différence motrice elle-même.

Ces constats, observations et recherches nous amènent donc à faire l'hypothèse de l'importance fondamentale du travail mental d'un individu lorsqu'il acquiert une habileté motrice. Ils nous conduisent également à y associer l'hypothèse que la qualité de ce travail mental dépend de la nature et de la qualité des supports qu'il utilise pour s'effectuer. C'est alors dans le domaine des représentations mentales des buts à atteindre et des gestes à produire dans une situation donnée que nous nous situons.



### **2.3. Revue des principaux travaux sur le rôle des représentations mentales dans l'apprentissage moteur :**

La connaissance ou la modélisation des processus par lesquels une représentation mentale se construit, est mémorisée et interagit avec les informations environnementales ultérieures peut aider à la définition de la forme et du contenu de cette représentation. Il nous semble donc important de faire une revue des différentes théories de l'apprentissage moteur qui développent ou intègrent une telle approche de la construction et de la mémorisation des représentations mentales.

Avant toute circonscription de cette notion de représentation mentale, il convient de clarifier d'autres notions proches et fréquemment utilisées par les auteurs en particulier dans le domaine des acquisitions motrices, comme celles d'"imagerie mentale", de "répétition mentale" ou de "pratique mentale". Le sens qui leur est attribué peut varier selon les auteurs. Comme le souligne Hall (1992), l'imagerie mentale est une notion d'utilisation assez récente dans la littérature traitant des habiletés motrices ; auparavant, pour désigner ce concept les auteurs utilisaient les expressions de "répétition mentale" ou de "pratique mentale". L'ensemble des auteurs (Denis, 1985 ; Hall et coll., 1995 ; Jeannerod, 1994 ; Paivio et Csapo, 1969 ; Romero et Sylvestri, 1990) s'accordent à penser que l'imagerie mentale est une technique efficace pour accroître l'apprentissage et la performance d'une habileté motrice, même si son utilisation dans l'apprentissage moteur reste pour certains difficile à généraliser. Magill (1989) qui l'apparente à la notion de pratique mentale la définit comme la répétition cognitive d'une habileté physique en l'absence de tout mouvement physique. Marteniuk (1976) y associe également la notion de pratique mentale et y inclut même la notion d'observation d'un modèle qui pratique, dans la mesure où l'observateur a une activité analogue à celle d'un sujet qui répète en l'absence d'un modèle.

Si les auteurs admettent généralement l'utilité de la pratique mentale pour l'acquisition et la rétention d'une habileté motrice, et que l'évidence suggère que le recours à l'imagerie mentale est préférable à son absence à condition que celle-ci soit combinée à une pratique physique (Romero et Sylvestri, 1990), il apparaît que les processus par lesquels elle rend l'apprentissage moteur plus efficace ne font pas toujours l'unanimité des auteurs. Selon Paivio (1985) l'amélioration des performances qui suit la pratique mentale pourrait être due à des facteurs motivationnels qui augmentent l'activation physiologique du pratiquant. Selon d'autres points de vue (cités par Jeannerod, 1994), l'imagerie mentale pourrait avoir une influence bénéfique sur les mécanismes neuronaux impliqués dans la réalisation d'actions ultérieures. La notion de représentation mentale telle que nous l'utilisons dans ce travail se différencie quelque peu de celle d'imagerie mentale ainsi définie par les auteurs, dans la

mesure où la représentation ne suppose pas une activité cognitive aussi répétitive que l'imagerie. Cependant, dans les deux cas, le processus central mis en jeu est identique : l'imagerie mentale comme les représentations mentales s'appuient sur l'activité cognitive du sujet, la première pour fonctionner et les secondes pour se construire et se transformer. Ainsi, un certain degré de similarité ou tout au moins d'interdépendance de ces deux conceptions est envisageable.

A cette première amorce de circonscription de la notion de représentation mentale, nous pouvons ajouter quelques formulations et définitions relatives à ce concept et aux différents termes utilisés pour les nommer ou les caractériser. Pour Anderson (1990) les images sont "une forme de représentation qui permet de garder quelques détails de la perception originale". Denis (1985) utilise lui le terme d'imagerie : elle évoque pour lui les caractéristiques physiques, en son absence, d'un objet vu antérieurement, caractéristiques qui ont été perçues dans le passé et pourraient exister dans l'avenir, cela de manière temporaire ou permanente. Jeannerod (1994) se réfère quant à lui à la notion d'image motrice qui appartiendrait à un phénomène plus large (celui des représentations motrices) lié à l'intentionnalité et à la préparation du mouvement. La diversité de ces récentes acceptations de ce que contient cette notion montrent qu'elle n'est pas encore totalement clarifiée. Famose (1991) a pour sa part tenté d'y inclure certains aspects des définitions précédentes, mais a surtout souligné leur spécificité à chaque individu. Pour cet auteur, les représentations mentales d'un acte moteur au cours de l'acquisition d'une habileté motrice sont essentiellement les interprétations que fait le sujet d'un certain nombre d'éléments à résoudre lorsqu'il tente d'accomplir une tâche particulière. Ces éléments sont, par nature en éducation physique, des problèmes moteurs. Les représentations mentales seraient alors des constructions circonstanciées faites par rapport à l'atteinte d'un but particulier (Richard, 1990).

Si on s'en tient à cette définition, deux aspects des représentations mentales ne sont pas pris en compte :

- l'aspect social qui correspond, pour une activité physique et sportive, en partie aux représentations sociales des athlètes qui interviennent sur la motivation de l'apprenant vis à vis d'une pratique (Bruand, 1986). Il correspond aussi à la manière de concevoir une pratique sportive et de la pratiquer, c'est-à-dire ce que l'individu recherche dans cette activité (un aspect culturel, un loisir, une dépense physique, une réponse fonctionnelle, ...). Ces conceptions de la pratique et des activités que l'on souhaite pratiquer sont étroitement liées à l'habitus. Dans le domaine des activités physiques et sportives, selon Bourdieu (1978) : "on peut poser en loi générale qu'un sport a d'autant plus de chance d'être adopté par les membres d'une classe sociale qu'il ne contredit pas le rapport au corps dans ce qu'il a de plus profond et de plus profondément inconscient, c'est-à-dire le *schéma corporel*, en tant

qu'il est dépositaire de toute une vision du monde social, de toute une philosophie de la personne et du corps propre". Ceci est susceptible d'induire certaines attitudes chez le sujet en situation d'apprentissage moteur et conditionne sa motivation à effectuer une tâche motrice,

- l'aspect affectif qui correspond, quant à lui, à cette partie des représentations élaborées essentiellement dans les structures du système limbique, lorsque le sujet effectue des comparaisons avec ses expériences passées. Comme le souligne Karli (1987), ce sont ces structures qui assurent l'adaptation partielle du comportement à l'expérience passée de l'organisme et qui confèrent ainsi à l'individu certains traits de sa dimension historique. Ces traits sont susceptibles d'induire certaines attitudes chez le sujet en situation d'apprentissage moteur. Ces caractéristiques de la dimension historique du sujet conditionnent principalement son degré de motivation dans la résolution d'une tâche motrice.

Bien que ces deux aspects des représentations interviennent massivement dans les processus de motivation de l'apprenant, ils ne feront pas spécifiquement l'objet de notre étude.

Cette réflexion sur la notion de représentation à travers les différentes définitions ou conceptions peut être complétée par une revue des différents modèles développés par les auteurs :

- d'une part sur les mécanismes de la première étape de traitement des informations perçues par l'individu selon les différents supports utilisés,

- d'autre part sur les mécanismes possibles intervenant dans la dynamique de la construction et de l'utilisation de ces représentations mentales.

**Les études portant sur les mécanismes de la première étape de traitement des informations** s'attachent principalement à différencier les supports utilisés pour présenter des informations à mémoriser. Les différentes expérimentations menées sur les modes de présentation d'éléments à mémoriser (Lieury et Chouchroun, 1985 ; Fraisse et coll., 1987 ; Paivio et Csapo, 1969) montrent que l'image permet une meilleure mémorisation que le mot. Ceci tiendrait au fait que l'image évoque immédiatement le mot et qu'en réalité, la situation où l'on évoque l'image seule est équivalente à celle où l'on présente l'image et le mot. La théorie du double codage de Paivio (Paivio et Csapo, 1969) permet d'apporter quelques éléments d'explication à la supériorité des images sur les mots : elle pose en effet comme principe que le dessin est implicitement verbalement dénommé, ce qui produit le plus souvent un stockage à la fois imagé et verbal. Toutefois, si des expérimentations comme celles de Fraisse et coll. (1987) confirment la théorie du double codage, elles permettent aussi de nuancer les causes de son efficacité. Ainsi la supériorité des dessins ne serait pas uniquement due à l'association fréquente d'une verbalisation dans

sa composante lexicale, c'est-à-dire à travers l'évocation des mots qu'elle induit, mais aussi et surtout à la compréhension de l'objet, qui fait référence à la composante sémantique. De plus, les expériences de Fraise montrent que, dans ce double codage, l'efficacité de l'association est interprétable dans les deux sens : la verbalisation améliore le rappel des dessins et symétriquement la visualisation, c'est-à-dire l'image, améliore le rappel des mots.

Cette référence à la notion de compréhension constitue un axe de recherche intéressant dans la mesure où cette compréhension tendrait à influencer également l'action du sujet à travers le but qu'il se donne ainsi que sa motivation.

Cette théorie du double codage montre que la présentation de concepts sous forme de dessins est généralement plus efficace pour le rappel et la reconnaissance que la présentation de mots correspondants. Dans notre travail, nous avons ainsi cherché si ce constat pouvait être étendu au mode de présentation d'une tâche motrice et s'il permettait de rendre compte également avec la même efficacité d'entités abstraites et complexes que sont les habiletés motrices. Compte tenu du rôle attribué au but dans l'apprentissage d'une habileté motrice, nous nous sommes également demandé si une concrétisation de ce dernier par l'utilisation d'un outil tel qu'un document écrit d'images commentées pouvait permettre d'étendre la théorie du double codage au domaine des habiletés motrices complexes. Il s'agissait en fait de rechercher dans quelle mesure la diversification des modes de présentation d'une habileté motrice à acquérir favoriserait la construction et la rétention des représentations mentales d'un geste et de son expression dans un apprentissage moteur.

**Les études portant sur les mécanismes possibles intervenant dans la dynamique de la construction et de l'utilisation des représentations mentales** s'attachent principalement à modéliser les supports servant à cette construction ainsi qu'à la mémorisation puis à l'utilisation de ces représentations. On y trouve quelques grandes orientations aboutissant à des modélisations théoriques quelque peu divergentes sur certains points.

- La théorie de la boucle fermée d'Adams (1971) précise comment un sujet engagé dans un apprentissage moteur apprend à reproduire des sensations perçues précédemment et à les retrouver. Dans cette hypothèse, plus le comportement aura été répété, plus il sera disponible rapidement. Les limites de ce modèle tiennent en premier lieu à la vitesse d'exécution du mouvement : les mouvements pouvant utiliser cette forme d'acquisition sont essentiellement de type balistique, c'est-à-dire que le sujet ne peut exercer

qu'un contrôle rétroactif sur eux et qu'il ne peut les modifier en cours d'exécution. Ceci tend à donner un caractère préprogrammé au geste moteur et cette préprogrammation constitue la seconde limite de cette théorie en posant avec acuité le problème du stockage en mémoire (Ripoll, 1982). Cette théorie, dans sa stricte définition, ne laisse ainsi que peu de place aux représentations mentales dans la réalisation d'un apprentissage moteur et ne permet pas de rendre compte de la multitude des apprentissages nécessaires à la maîtrise des nombreuses activités physiques qu'un individu peut avoir.

Toutefois, Adams n'en a pas pour autant ignoré le rôle des représentations cognitives dans l'acquisition d'une habileté motrice. Dans sa revue historique et critique des recherches sur les apprentissages des habiletés motrices (Adams, 1987), il évoque trois concepts conçus comme des outils pour construire une théorie cognitive de l'apprentissage moteur. Dans cette théorie, le concept central et fondamental est l'imagerie mentale comme système de représentation. Ce système est fortement impliqué dans deux autres concepts discutés par Adams : l'apprentissage par observation et la pratique mentale. Comme le souligne Masson (1992), une contribution critique de cette imagerie mentale se situe dans l'apprentissage et la rétention d'images capables de générer de grandes séquences de mouvement. La disponibilité de ce système de représentation constitue l'élément essentiel et central qui permet d'envisager qu'une habileté motrice puisse être améliorée même en l'absence d'une réelle pratique physique. Ainsi, la seule observation de mouvements, ou leur imagination ou évocation mentale, pourrait conduire au développement de représentations imagées pouvant elles-mêmes significativement contribuer à l'acquisition et à la réalisation d'une habileté motrice.

Selon cette théorie, l'image mentale est un système de représentation cognitif qui peut être directement lié au processus du contrôle moteur et suffisamment affiné pour saisir les subtilités du mouvement.

On observe ainsi que la théorie des représentations cognitives d'Adams présente de nombreuses similitudes avec les conclusions tirées des travaux sur l'imagerie et la pratique mentales. Dans une certaine mesure, il rejoint les positions de Marteniuk (1976) pour qui l'observation d'un modèle peut relever de la pratique mentale et avoir, par ce seul biais, des effets sur l'acquisition d'une habileté motrice.

En développant ce point de vue, Adams contribue à l'analyse du rôle de l'imagerie mentale et des représentations dans l'apprentissage moteur. Son modèle corrobore le principe déjà établi selon lequel l'activité cognitive et les représentations mentales qu'elle suscite participent à l'acquisition d'une habileté motrice selon des mécanismes qui restent toutefois encore à explorer, à caractériser et à modéliser.

- La théorie du schéma de Schmidt (1975, 1993) considère que le sujet encode des "formules motrices générales", des spécifications de réponses. Elle résoud le problème du stockage en mémoire à travers la notion de représentation mentale. Dans cette hypothèse, le sujet évoquerait une image générale du mouvement à réaliser avant chaque tentative de résoudre un problème moteur. Il sélectionnerait dans un premier temps le programme moteur le plus adapté, puis évaluerait, dans un second temps, les conditions objectives de la tâche (essentiellement la durée, la force, l'amplitude et la direction du mouvement). C'est ce que Schmidt dénomme les conditions initiales. Ces choix étant effectués l'individu les appliquerait au programme qu'il a sélectionné et le mouvement serait déclenché. C'est au cours des essais successifs que le sujet apprendrait, affinerait une règle de paramétrisation lui permettant d'ajuster sa réponse aux exigences de la tâche. La représentation mentale du geste s'apparente ici à un essai imaginaire de paramétrisation théorique dans lequel l'apprenant attribue certaines valeurs aux différents paramètres caractérisant le geste (durée, direction, puissance, amplitude). Selon cet auteur, après chaque mouvement, l'apprenant mémorise quatre types d'informations : (1) les conditions initiales, (2) l'efficacité des valeurs attribuées aux paramètres du mouvement, (3) les conséquences sensorielles ressenties, (4) le résultat obtenu. Cette trace mnésique contiendrait donc les conditions environnementales immédiates de la performance réalisée (Schmidt 1975 : "Initial condition") ainsi que le "plan d'action" constitué à la fois du but du mouvement et des comportements neuromusculaires nécessaires à son accomplissement.

L'idée de base sous jacente à cette théorie du schéma de Schmidt est que les multiples exemples particuliers (différents essais) spécifiques à une catégorie donnée et pratiqués par un individu donné se résumeraient progressivement dans une "tendance centrale". Le prototype résultant de ce résumé dans une tendance centrale peut correspondre à une sorte de moyenne arithmétique ou de mode des différents essais effectués au cours de l'apprentissage par le sujet (Chamberlin et Magill, 1992b). Dans ce modèle d'"abstraction d'un prototype", les essais individuels spécifiques d'une catégorie ne sont mémorisés que le temps nécessaire à l'abstraction des informations pertinentes nécessaires à la formation du prototype qui permet de caractériser la catégorie concernée et de la différencier des catégories similaires. Cette catégorisation nécessite une comparaison de chaque nouvel essai avec le prototype, unique représentation de la catégorie. Appliqué à l'acquisition d'une habileté motrice, ce modèle de construction progressive d'un schéma abstrait amène à supposer que chaque nouvel exemple spécifique pratiqué ne soit utilisé que s'il permet d'enrichir le schéma déjà existant et qu'ainsi, chaque répétition dans les mêmes conditions et à l'identique d'expériences déjà réalisées par le sujet ne présente que peu d'intérêt dans la mesure où elle



n'apporte aucune information supplémentaire pouvant compléter ou enrichir le schéma ou prototype.

Ce modèle d'"abstraction d'un schéma" sur lequel se fonderait la mémorisation du geste moteur amène quelques remarques. Tout d'abord, il n'y a pas d'évidence de la relation entre le principe d'abstraction d'un schéma d'un mouvement et la forme que prend la représentation de ce dernier en mémoire. Chamberlin et Magill (1992b) notent d'ailleurs que la croyance en une forme schématique et abstraite de la représentation mnésique des habiletés motrices tient beaucoup à la popularité et à l'impact de la théorie du schéma de Schmidt dans le domaine des comportements moteurs. En fait, à part une argumentation qui s'appuie sur le constat de l'existence de certains transferts dans des tâches motrices nouvelles (production de mouvements totalement inédits par le sujet, Schmidt, 1975), il n'existe que très peu de recherches ayant utilisé l'acquisition d'habiletés motrices pour tester ce modèle. De plus, quand elles existent, elles portent sur des mouvements exécutés passivement par le sujet. Enfin, la dernière remarque concernant ce modèle du schéma ou prototype concerne le fait qu'il a été plus souvent testé dans le domaine de l'apprentissage des catégories et des concepts sans pour autant être retenu comme efficient par les chercheurs (Barsalou cité par Chamberlin et Magill, 1992b).

Un autre modèle a été proposé dans ce domaine : celui des "exemples spécifiques".

- Le modèle basé sur les exemples spécifiques (Brooks, 1987 ; Estes, 1986a et b) soutient qu'il n'est pas nécessaire de condenser les informations d'une série d'expériences particulières pour construire une représentation d'une catégorie de mouvements et la mémoriser. Chaque essai peut être mémorisé avec un "indice", une "étiquette" (Chamberlin et Magill, 1992b) identifiant la catégorie de mouvement à laquelle il appartient. Tout classement d'un nouvel essai ou exemple dans une catégorie donnée se fait sur la base de l'estimation de son écart avec les exemples déjà stockés en mémoire dans cette catégorie. Contrairement au modèle précédent d'abstraction d'un schéma, ce n'est pas en s'appuyant sur une "règle abstraite" que le sujet produirait ses réponses mais en exploitant le "programme d'action" résultant de mouvements effectués dans une expérience précédente (Chamberlin et Magill, 1992b). Avec cette théorie où chaque expérience d'un mouvement est gardée en mémoire, il y a toujours, à l'inverse du modèle d'abstraction d'un schéma, un intérêt à reconduire l'expérience d'un mouvement pour comparer et ajouter cette nouvelle réponse à toutes celles déjà effectuées et mémorisées. Dans ce cas, la répétition des expériences, même identiques, contribuerait à l'évolution et l'enrichissement des représentations mentales.

Comme le soulignent dans leurs hypothèses Chamberlin et Magill (1992b), ce modèle d'exemples spécifiques offre une alternative intéressante au modèle issu de la théorie du schéma de Schmidt : (1) il permet, tout en autorisant le transfert, de mieux évaluer et prendre en compte le degré d'erreur contenu dans une nouvelle réponse issue d'un transfert, (2) il donne un rôle plus important aux variations des conditions environnementales, (3) il semble fonctionnellement plus efficace et moins exigeant dans le traitement de l'information par le sujet en ne nécessitant pas une abstraction des seuls éléments pertinents de la performance nécessaires à la construction d'une représentation abstraite (comme un schéma ou un prototype). Les résultats de leurs expériences les conduisent toutefois à remarquer que le recours à ce modèle basé sur les exemples est très dépendant du type de tâche motrice à effectuer et du degré de différenciation entre les situations successivement proposées au sujet : (1) afin de ne pas trop augmenter le coût cognitif de l'abstraction, le stockage de l'information sous forme d'un exemple spécifique est d'autant plus préférable que la tâche est complexe, comme c'est le cas pour la plupart des habiletés motrices ; (2) les conditions sont d'autant plus favorables à un stockage différencié sous forme d'exemples spécifiques que les différences entre les situations sont nettement marquées.

L'analyse des différences entre ces deux modélisations du processus d'élaboration et de la nature des représentations mentales des habiletés motrices stockées en mémoire ne conduit pas forcément à un choix exclusif de l'un d'eux en fonction de leur plus ou moins grande efficacité à rendre compte des processus en cause. Nous pouvons au contraire envisager la possibilité d'une coexistence de ces deux modèles et faire l'hypothèse que le recours à l'un ou à l'autre par un individu soit dépendant de multiples facteurs : nature des conditions environnementales, type de tâche et degré de sa complexité et enfin caractéristiques spécifiques du sujet lui-même entre autres sur le plan cognitif.

La revue de ces modèles théoriques relatifs à certains processus de l'apprentissage peut être complétée par le rappel d'une modélisation qui élargit ces processus à la condition particulière d'apprentissage par observation délibérée ou non de modèles :

- L'"apprentissage social" de Bandura (1986). L'apprentissage y est envisagé comme étant avant tout un processus de reproduction dans lequel intervient la notion de représentation mentale. Dans cette modélisation, cette notion de représentation intègre celle de motivation et de renforcement. Dans le cas de l'apprentissage moteur, le sujet élabore sa représentation mentale du geste au cours de l'observation d'un modèle, d'une démonstration. Le rôle de la démonstration peut être rapproché de celui de la répétition et/ou de l'imagerie mentale. Ainsi la démonstration observée constituerait une base de connaissance nécessaire à



l'élaboration d'une référence interne, c'est-à-dire d'une représentation mentale. Lorsqu'il mène ensuite à son terme le processus de reproduction motrice, le sujet guide sa première réponse motrice en s'appuyant sur cette représentation qui inclut non seulement des éléments techniques mais également des éléments d'ordre motivationnel. Comme le souligne Bandura (1986), pour que ce type d'apprentissage par observation soit efficace, il faut que l'apprenant dispose au moins des capacités (entre autres motrices pour ce qui concerne le domaine moteur) minimales nécessaires pour reproduire ce qu'il a observé. Le retour sur sa propre exécution peut ensuite jouer un rôle important dans l'amélioration de l'exécution suivante : la comparaison du feed-back sensoriel de la réponse exécutée à la représentation mentale élaborée à partir de la démonstration permet la correction des éventuelles erreurs de performance. Les expériences menées par Hébrard (1985) ont toutefois permis de préciser quelques limites de cette forme d'apprentissage dans le domaine moteur. Elles tendent en effet à montrer que, d'une manière générale dans les apprentissages sportifs, l'apprentissage par observation d'une démonstration n'est réellement efficace que pour les sujets ayant déjà un niveau de pratique important qui leur permette de ne sélectionner et de ne retenir que les éléments essentiels conditionnant l'efficacité motrice. Ce processus d'apprentissage par observation d'une démonstration pourrait donc être d'une efficacité incertaine chez les débutants qui ont des difficultés à isoler et se représenter les éléments significatifs du geste après son exécution par le modèle.

En conclusion, si ces quelques théories s'accordent sensiblement sur l'importance des représentations mentales dans le processus d'acquisition d'une habileté motrice, elles ne nous indiquent pas le rôle qu'ont celles-ci vis à vis d'autres facteurs ou processus intermédiaires intervenant dans l'apprentissage moteur (répétition de la tâche, connaissance des résultats, différenciation des bonnes et des mauvaises réponses, identification des mécanismes qui ont suscité la réponse). De plus, elles ne précisent pas les incidences de la qualité de ces représentations mentales sur la qualité de la performance. Elles ne s'accordent pas non plus sur ce qui est essentiel dans la représentation mentale et sur quoi celle-ci devrait se focaliser en priorité. Enfin, elles s'appuient sur des investigations expérimentales du rôle des représentations mentales le plus souvent dans des tâches où la demande motrice est faible ou largement automatisée, donc éloignées des situations mises en place dans les apprentissages moteurs en éducation physique et sportive. Cette dernière remarque a d'autant plus d'importance que les auteurs, qui ont cherché à démontrer la faiblesse ou même l'inexistence du rôle des représentations mentales dans l'apprentissage moteur, l'ont fait en s'appuyant sur des expérimentations utilisant des apprentissages moteurs élémentaires dans lesquels la réponse peut le plus souvent être élaborée directement à partir de la perception visuelle, en l'absence d'une représentation centrale (Warren, 1988).

En revanche, dans le cas d'apprentissage plus complexes tels qu'on les rencontre pour les activités sportives, le sujet débutant ne peut élaborer directement la solution pour les multiples raisons évoquées précédemment (indifférenciation entre éléments pertinents et secondaires, mouvements parasites, surplus de dépense énergétique, traitement de l'information limité en "volume" et ne permettant d'analyser qu'une partie des informations perçues, ...). L'approche développée par Paillard (1980a, 1985) permet de concilier ces conclusions apparemment contradictoires, en considérant qu'il est possible de distinguer différents niveaux de contrôle selon le degré de complexité de l'apprentissage moteur envisagé. Succinctement, on peut distinguer quatre niveaux de contrôle hiérarchisés du mouvement. Le premier niveau est constitué par le "servomoteur". Le second concerne les programmes câblés et l'ensemble des mécanismes de régulation qui leur sont associés : il s'agit de régulation cybernétique sans mémoire (sans modification de la structure des programmes). Le troisième est défini par l'ensemble des possibilités auto-adaptatives des programmes câblés. Elles peuvent modifier de façon durable les caractéristiques de ces programmes. Ces derniers sont décrits comme automatiques et se déroulant à l'insu des sujets. Le quatrième et dernier niveau concerne la régulation cognitive de l'action et les projets que l'individu met en jeu.

Dans ce modèle hiérarchique les trois premiers niveaux constituent le système de traitement sensori-moteur largement indépendant de la conscience ; le quatrième est l'instrument de la prise de conscience et des contrôles intentionnels. On peut ainsi raisonnablement admettre qu'en fonction de la tâche et du niveau d'exigence dont le sujet fait preuve dans sa réalisation, ces niveaux soient différemment sollicités. Mais comme nous l'avons suggéré précédemment, en ce qui concerne les apprentissages sportifs, leur variété et leur complexité devraient aboutir le plus souvent à une sollicitation du niveau de contrôle le plus élevé, au moins dans les premiers temps de l'apprentissage.

La dernière remarque que nous pourrions formuler concernant toutes ces modélisations théoriques de l'apprentissage moteur vise à fixer certaines limites à leur portée. Lorsqu'elles s'appuient sur des expérimentations, ces modélisations le font le plus souvent dans des situations "de laboratoire", dans le but de réduire la complexité de leur sujet d'étude. Elles risquent ainsi de nous éloigner des conditions réelles d'application auxquelles nous sommes normalement confrontés. De plus, certains choix dans les paramètres considérés et les conditions retenues pour ces expérimentations incitent à la plus grande prudence quant à la généralisation "des lois" qu'elles peuvent permettre d'établir. L'isolement de paramètres qui habituellement interagissent (le sujet n'est jamais réellement confronté à une situation d'apprentissage globale), l'absence de finalité attribuée aux actions (les tâches réalisées sont gratuites car non finalisées), ainsi que la fréquence des répétitions associée à des séances d'apprentissage courtes (souvent 10 à 15 minutes, alors qu'elles

s'échelonnent de 1 à 2 heures dans la réalité scolaire par exemple) rendent l'utilisation de ces lois difficilement transférable aux apprentissages moteurs qui s'effectuent dans l'environnement "naturel" comme peuvent l'être les cadres scolaire et associatif à dominante sportive.

**• Remarques à propos de quelques expériences pédagogiques éclaircissant le rôle des représentations mentales :**

Un regard sur quelques travaux traitant d'expériences pédagogiques qui visent à optimiser l'acte d'apprentissage peut être de nature à nous renseigner sur l'éventuel rôle des représentations mentales dans les apprentissages moteurs.

Les recherches pédagogiques menées au cours des dernières décennies par différents auteurs (Bertsch et Reynaud, 1988 ; Durand, 1986 ; Famose, 1986, 1991 ; Laurent et Therme P, 1987 ; Ripoll, 1985) permettent de dégager plusieurs points :

- lorsque les objectifs assignés à l'apprenant sont inadaptés (parce que trop ou pas assez ambitieux), celui-ci se redéfinit la tâche pour construire une nouvelle représentation plus signifiante de ce qu'il doit faire.

- la représentation mentale d'un but précis et concret dirige plus efficacement l'activité d'un sujet que des buts vagues et abstraits. On peut faire ici l'analogie avec le constat fait, dans les expérimentations relatives à la théorie du double codage, d'une activité mentale de rappel et de reconnaissance des concepts meilleure lorsque leurs présentations lors de la mémorisation ont été faites sous forme plus "concrète" (images) plutôt que plus "abstraite" (mots).

- la manière dont l'enfant construit la représentation mentale des difficultés de la tâche à réaliser dirige plus son attitude que ne le fait la difficulté réelle de celle-ci. Ainsi le sujet agirait plus par rapport à un but perçu (le but qu'il se représente ou se redéfinit) que par rapport à un but objectivement fixé et présent dans l'environnement (le but assigné) (Famose, 1991). Comme l'indique Chatillon (1989) : "l'action se déclenche et est finalisée sous la pression du but perçu qui est un but représenté". Ce point de vue se rapproche de celui de Jeannerod (1994) selon lequel les actions sont conduites par une représentation interne du but plutôt que par le monde extérieur. Ceci souligne pour le pédagogue l'importance du rôle des représentations mentales, surtout celles du but, dans l'acquisition d'une habileté motrice. Il s'agit en fait de faire correspondre au mieux le but construit par le sujet à celui normalement attribué à l'activité considérée et qui a été fixé par l'enseignant.

- et, dans cette hypothèse de l'importance du but construit et "imaginé" par l'apprenant, on peut supposer qu'en l'absence de procédures de guidage efficaces, l'apprenant débutant risque de se focaliser aussi bien sur des éléments pertinents que sur des éléments non pertinents de l'activité motrice (Simonet, 1985).

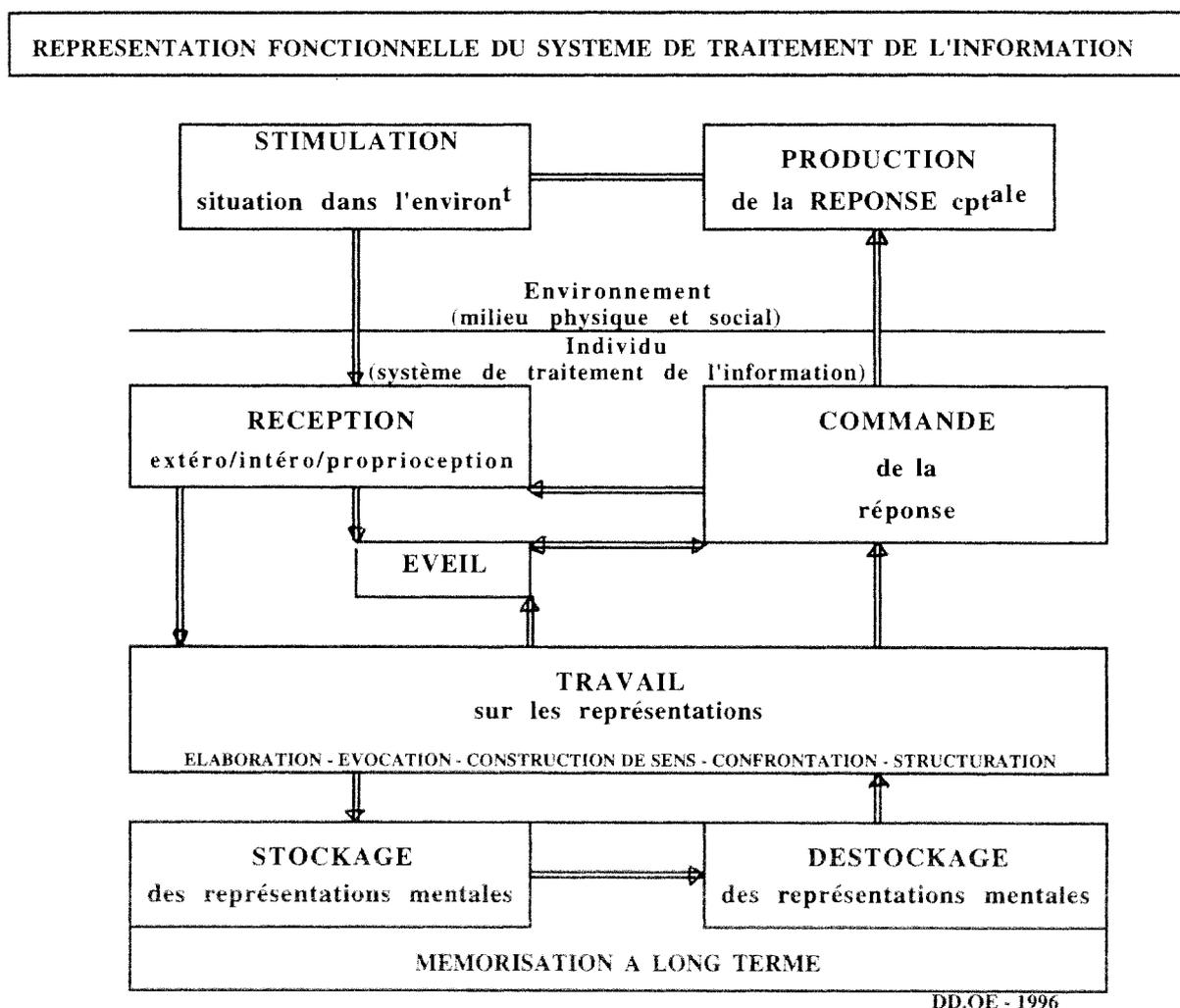
Dans ce domaine pédagogique, les auteurs semblent ainsi unanimes pour souligner l'importance de la représentation mentale du but à atteindre dans la compréhension de l'action. Une représentation erronée de l'activité, de l'habileté motrice et de son but, peut détourner le sujet de l'apprentissage moteur souhaité.

C'est l'ensemble de cette réflexion construite à partir des différentes théories de l'apprentissage moteur et des quelques expériences pédagogiques menées en vue d'optimiser l'acte d'enseignement qui nous a conduit à la problématique de ce travail.

### 2.3. La problématique :

Si on tente de synthétiser les diverses modélisations fonctionnelles explicites ou implicites émergeant des principales recherches (par exemple : Chevallier, 1995 ; Denis, 1985, 1989 ; Denis et Coll., 1989 ; Eysenck, 1978 ; Lieury , 1990, 1991, 1992, 1993 ; Paivio, 1979, 1985, 1986 ; Tulving, 1973, 1988) portant sur l'imagerie mentale et le fonctionnement du système de traitement de l'information d'un individu engagé dans un apprentissage, on peut faire l'hypothèse de l'existence de quelques fonctions principales dans ce système. Elles sont représentées dans le schéma fonctionnel (Deviterne D. et Espinoza, 1996) de la figure 1.

Figure 1 : Schéma fonctionnel du système de traitement de l'information d'un individu engagé dans un apprentissage (d'après Deviterne et Espinoza, 1996)



Dans ce modèle fonctionnel, les réponses comportementales de l'individu (à l'exception de certaines réponses réflexes) auraient donc pour origine un travail mental de l'individu sur des représentations mentales. Ces représentations qui peuvent être imagées (visuelles, auditives, somatokinesthésiques, olfactives, gustatives) ou verbales (lexicales et sémantiques) ou encore simultanément imagées et verbales (Denis, 1989 ; Lieury, 1992, 1993 ; Paivio, 1986) seraient évoquées, modifiées ou construites par la fonction Travail. Cette fonction que les auteurs cités ont d'abord dénommée Mémoire à Court Terme, s'élargit à la notion de Mémoire de Travail lorsqu'elle remplit effectivement cette fonction (Baddeley, 1992). Ce travail mental s'effectuerait sur des représentations déstockées de la Mémoire à Long Terme ou sur de nouvelles représentations construites à partir de la réception/perception de stimulations émanant de l'environnement physique et social ou bien encore simultanément sur les deux, en assurant par là même leur confrontation.

Nous faisons donc l'hypothèse que le sujet qui acquiert une habileté motrice doit s'appuyer sur ses représentations initiales et les modifier, les améliorer en les confrontant dans son travail mental à celles évoquées à partir de ce qu'il reçoit et perçoit des stimulations de son environnement. Nous pouvons alors faire une seconde hypothèse d'une amélioration possible de l'apprentissage d'une habileté motrice lorsque l'apprenant est incité à opérer cette activité cognitive et que de surcroît on augmente la diversité des supports des informations qui lui sont fournies. Cette hypothèse est directement issue des constats pratiques et réflexions théoriques exprimées par les recherches précédemment rapportées dans les domaines de la "répétition mentale" et du "principe du double codage" lorsqu'un sujet traite l'information qu'il perçoit.

C'est cette incitation à l'activité cognitive que nous avons tentée de produire dans nos expérimentations, en diversifiant les supports des informations données et donc les canaux supports de leur réception et de leur encodage en mémoire (de l'imagé au verbal, de sa forme orale à sa forme écrite).

Notre travail a donc pour objet de définir le rôle de l'activité cognitive, de la construction de représentations mentales et de la qualité de ces représentations relatives aux gestes moteurs à effectuer par un individu, lors de l'acquisition d'une habileté motrice spécifique : le tir à l'arc.

Notre objectif premier est de montrer l'importance de cette activité cognitive pour aboutir à des représentations mentales des mouvements effectués (gestes produits réellement par l'apprenant) ou à effectuer (gestes techniques attendus) qui soient de qualité afin de garantir au sujet apprenant la maîtrise la plus performante possible de cette habileté.

Le premier aspect des représentations mentales que nous avons considéré concerne le geste, l'action du sujet qui aboutit à la production d'une performance. Certains auteurs (Famose, 1991) l'appellent la connaissance de l'exécution, c'est le feed-back concernant le mouvement lui-même.

Le second aspect concerne le geste, l'action vers laquelle l'apprenant doit tendre. C'est en quelque sorte le but qu'on lui a ou qu'il s'est fixé. Il s'apparente au mouvement idéal pour réaliser une performance optimale. Il constitue l'objectif moteur que le sujet, engagé dans la construction d'une habileté motrice, cherche à atteindre. Ce but peut se définir comme la réalisation d'une technique conçue non pas comme un modèle unique à reproduire tel quel, mais comme l'expression d'une solution à un problème moteur, solution devant être adaptée aux caractéristiques particulières (lorsqu'elles le sont) du sujet qui apprend.

Nos expérimentations se sont d'ailleurs attachées à étudier l'incidence de l'incitation à l'activité cognitive non seulement dans des populations parvenues au terme de leur développement physique et mental où les différences interindividuelles sont normalement distribuées, mais aussi dans des populations aux particularités bien définies (présentant des déficiences motrices ou mentales, se situant à différents stades de leur développement).

L'appréciation des caractéristiques et de l'activité d'un sujet placé en situation d'apprentissage moteur peut s'appuyer sur deux points essentiels : (1) les ressources dont il dispose et (2) les modes d'organisation, de gestion, de combinaison de ces ressources. Les principes d'utilisation de ses ressources par un individu peuvent s'expliquer selon trois éclairages théoriques pouvant d'ailleurs être complémentaires, même si leur part explicative respective peut varier selon les individus et en fonction du degré de complexité de la tâche motrice à effectuer :

- une option interactionniste qui considère qu'il n'existe pas au départ d'objet formel défini comme l'ensemble des solutions à reproduire telles quelles. L'individu qui apprend une habileté motrice nouvelle doit donc s'adapter activement lors de sa confrontation à un milieu spécifique (la spécificité du milieu se définit par l'environnement, le matériel éventuel utilisé, les contraintes réglementaires, les objectifs définis par l'activité) par le biais de tâches qu'il organise et réorganise. Selon cette option, l'évolution de l'apprenant dans l'acquisition d'une habileté motrice s'effectue par une adaptation à ce milieu en tant que système de contraintes,

- une option constructiviste qui part du principe que l'apprentissage total (au sens strict) n'existe pas, c'est-à-dire que le sujet débutant possède toujours un certain nombre d'acquis préliminaires qui, même si ils n'ont jamais été organisés et utilisés pour la mise en place d'une habileté motrice spécifique nouvelle, lui permettent néanmoins d'élaborer une réponse motrice à une situation donnée. On peut alors envisager qu'il n'existe pas de débutant à un niveau zéro. C'est ce qu'admet la théorie du schéma de Schmidt (1975) en considérant que l'apprenant doit au préalable posséder des habiletés sous-ordonnées nécessaires à l'élaboration d'habiletés sur-ordonnées pour la mise en place et l'utilisation du programme moteur adapté.

- une option cognitiviste qui admet que la régulation de l'action se fait d'abord par l'activité cognitive. Cette dernière joue un rôle fondamental chez l'apprenant dans la phase de construction de son projet d'action et de planification de cette action (Grehaigne et Cadopi, 1990). L'évolution des théories de l'entraînement, que nous avons précédemment évoquées et qui s'oriente actuellement vers des composantes techniques et tactiques dans lesquelles la notion de traitement de l'information est centrale, ne fait que confirmer l'intérêt de ce type d'approche.

Lorsqu'en tant que formateur on a le souci de répondre au maximum à la diversité des individus et de compenser le plus possible les déficiences auxquelles elle conduit parfois, on peut concevoir des moyens originaux qui tenteraient de concilier toutes ces données sur les caractéristiques des apprentissages moteurs. Nous avons ainsi tenté d'en élaborer un qui concilie la prise en compte des ressources de l'apprenant (capacités motrices et mentales, représentations initiales, habiletés motrices préacquises, ...) et les différentes modalités précédemment décrites de l'apprentissage moteur (adaptation active par répétition de l'action, amélioration d'habiletés déjà acquises, construction et régulation de l'action par l'activité cognitive). Cet outil, ce support de l'apprentissage, pour être réellement efficace, devait en outre répondre à des exigences liées aux conditions de son utilisation non seulement dans un cadre de formation réelle mais également dans un cadre d'expérimentation aux protocoles extrêmement rigoureux. Il devait donc être simple (rapidement disponible et d'une utilisation facile) mais malgré tout d'un niveau d'expertise élevé (dans la mesure où des travaux comme ceux de Bertsch, 1987a et b, ont pu montrer que l'efficacité d'un formateur était fonction de son degré d'expertise), manipulable dans tous les lieux, rapidement intégrable (afin que le temps consacré à son utilisation ne soit pas au détriment de la pratique et de la répétition). S'adressant à des débutants dans nos expérimentations, il devait de surcroît fournir des moyens d'analyse et de construction des éléments de la nouvelle habileté motrice en clarifiant le but de l'activité et en suggérant quelques solutions au problème moteur posé aux apprenants.

Les choix à effectuer pour concevoir un tel outil tiennent également compte de ce que nous indiquent les recherches et connaissances actuelles sur les caractéristiques du fonctionnement du système de traitement de l'information de tout individu. Ainsi, la capacité d'un sujet à traiter les informations est elle directement liée aux capacités de ses différentes fonctions périphériques et centrales (réceptions sensorielles, travail, stockage et commandes neuro-motrices) qui ont été décrites comme ayant, pour tous les individus, certaines limites. Elle est donc elle-même naturellement limitée, et toute tentative pour provoquer son augmentation quantitative est, elle aussi, forcément limitée dans ses effets. L'intervention doit donc être envisagée au niveau qualitatif et porter principalement sur la nature et la diversité de l'information fournie, de manière à la rendre plus facilement recevable et plus rapidement utilisable par l'apprenant.

Enfin, pour répondre à notre problématique qui pose la question de l'importance du traitement mental de l'information s'appuyant sur la construction d'images et de représentations mentales dans l'acquisition d'une habileté motrice, nous avons souhaité cibler nos expérimentations sur différentes populations aux caractéristiques physiques et mentales contrastées.

Nous avons obtenu les contrastes au niveau mental en testant non seulement des individus se situant à des stades différents du développement cognitif (de l'enfant à l'adulte), mais également des sujets déficients cognitifs censés être au terme de leur développement toutefois déficitaire.

Nous avons obtenu les contrastes aux niveaux physique et moteur en testant des individus comparables sur tous les autres plans (cognitif, scolaire, social,...) mais valides pour les uns et handicapés pour les autres sur le plan moteur, sans que ce handicap soit incompatible avec l'activité motrice retenue.

Enfin, il nous fallait choisir une habileté motrice qui présente des caractéristiques intéressantes par rapport à notre problématique, à nos options expérimentales et à la diversité des populations concernées. Elle devait en effet être suffisamment complexe pour donner lieu à un apprentissage conséquent sur plusieurs séances et utilisant des supports variés, mais elle devait également être autant accessible à des enfants qu'à des adultes, et autant à des valides qu'à des handicapés moteurs. Il était de plus essentiel que cette activité ne soit pas d'une pratique trop courante, pour que tous les sujets retenus soient effectivement de véritables débutants, c'est-à-dire naïfs dans cette activité.

Nous avons ainsi retenu le Tir à l'Arc, dont nous présentons les caractéristiques essentielles dans les pages suivantes.

## REGARD SUR L'ACTIVITÉ MOTRICE CHOISIE

L'activité motrice retenue pour cette recherche a donc été le tir l'arc.

Ce choix s'est fait en fonction de plusieurs exigences susceptibles de conférer à nos expérimentations la plus grande rigueur possible en évitant les biais habituellement rencontrés dans les recherches sur l'apprentissage moteur en situation réelle. La principale difficulté consiste à contrôler tous les facteurs de variation : il nous fallait choisir une activité où la maîtrise des indicateurs essentiels, comme par exemple la quantité de travail moteur, soit la plus aisée et la plus fiable possible.

L'activité choisie devait être une réelle activité sportive associant des conditions "naturelles" de pratique à des conditions "expérimentales rigoureuses" d'observation.

Des critiques peuvent en effet être formulées à propos des expériences menées sur l'apprentissage moteur en situation de laboratoire où l'élimination de facteurs généralement présents et fondamentaux (motivation, effort musculaire, présence d'un groupe...) dénaturent l'apprentissage moteur et rendent toute généralisation hasardeuse.

Ainsi, en retenant le tir à l'arc, nous avons tenté de concilier ces exigences :

- un apprentissage moteur qui prenne en considération l'ensemble des composantes que l'on se doit de retrouver dans l'acquisition d'une habileté motrice à dominante sportive,
- une rigueur expérimentale qui s'exerce à travers un contrôle possible des principaux facteurs intervenant dans l'apprentissage moteur étudié.

La première qualité du tir à l'arc réside dans le fait qu'il s'agit de mesurer ce que le sujet a acquis par lui-même. C'est une activité individuelle dans laquelle la performance est exclusivement la conséquence des actions du sujet et de lui seul. Elle n'est pas tributaire du niveau de pratique des partenaires, ou du degré d'opposition d'adversaires. Le résultat obtenu par le sujet est donc bien la conséquence directe de ses actions et peut donc servir d'indicateur de son niveau d'apprentissage. Le tir à l'arc permet de mesurer précisément la performance initiale et ses variations au cours des tests successifs dans des conditions environnementales standardisées et stables (lieu, distance de tir, angle de tir par rapport à la cible, taille des blasons et des cibles, dimension et puissance de l'arc, ...). Ce respect de la stabilité des conditions dans lesquelles se déroulent les prises de performances se retrouve également au niveau des conditions physiques du sujet lui-même. L'organisation prévue du tir (tirs successifs de volées de 3 flèches entrecoupés de phases de repos) permet à l'apprenant d'aborder le tir de chaque volée dans un état physiologique (par rapport aux ressources dont il dispose comme la force, l'endurance, la vitesse, les réserves énergétiques, la coordination) qui écarte raisonnablement la présence d'une fatigue suffisante pour nuire à la réalisation du geste et par voie de conséquence à la performance et à son interprétation. Ainsi chaque sujet doit pouvoir bénéficier d'un temps de "repos" entre chaque volée afin d'éviter l'écueil selon lequel un sujet devrait théoriquement être capable d'effectuer correctement une tâche motrice en fonction de son niveau de pratique, mais ne le ferait en réalité qu'imparfaitement en fonction de moyens physiques insuffisants résultant d'un certain degré de fatigue (ceci pouvant être particulièrement le cas en fin de séance).

Ce risque est d'autant plus important que l'apprentissage mis en oeuvre s'adresse à des sujets débutants. Ainsi des études montrent en effet que dans la première phase de l'apprentissage moteur, l'individu débutant associe à sa réponse une grande dépense énergétique. Celle-ci est principalement due à la réalisation gestuelle et à des mouvements parasites qui nuisent de surcroît à l'apprentissage, mais aussi à une méconnaissance des moyens énergétiques dont il dispose, et enfin à l'organisation, l'agencement et la coordination des gestes strictement nécessaires à l'élaboration d'une réponse motrice adaptée. La diminution de la dépense énergétique, par une orientation et un dosage adéquat du geste strictement utile à l'accomplissement d'une tâche motrice, est un des facteurs essentiels de la progression du niveau de maîtrise d'un sujet.

La possibilité pour un individu de pouvoir renouveler une performance dans des conditions stables de fatigue limitée permet d'écarter les aléas d'une prise de performance unique et de raisonner sur des performances moyennes obtenues sur 18 flèches tirées en 6 volées de 3. L'utilisation de volées de 3 flèches réduit encore le caractère aléatoire de certains paramètres (groupé des flèches et zone d'impact sur le blason). La répétition du geste par le sujet permet également d'observer (pour une flèche ou une volée) la qualité d'exécution de celui-ci en fonction du respect des principaux critères abordés au cours des séances d'apprentissage.

De plus, le tir à l'arc est une activité où le sujet peut répondre à des critères de positionnement identiques quelles que soient : (1) sa morphologie (taille du corps et des membres), (2) sa puissance musculaire et (3) sa latéralité. Le matériel peut en effet être adapté à chacune de ces caractéristiques individuelles : (1) hauteur de l'arc à la morphologie, (2) puissance des branches de l'arc à la puissance musculaire et (3) arc adapté au droitier ou au gaucher. Les paramètres relatifs au geste que nous retenons peuvent donc être évalués selon les mêmes critères d'exigence pour tous les sujets.

Nous avons de surcroît fixé la distance de tir et la taille des blasons par rapport aux arcs de plus faible puissance. Dès lors, la précision du tir n'est pas affectée par la puissance restituée par l'arc lors du lâché de corde. En revanche elle l'est selon la capacité du sujet à utiliser au maximum les possibilités de l'arc en satisfaisant à certains critères de positionnement. Par ces observations fines, on ne se limite plus au seul constat de son efficacité (performance en nombre de points), mais on peut y associer l'évaluation de sa qualité d'exécution (respect de certains critères de positionnement).

Nous pouvons alors admettre que les différences constatées entre les performances des sujets traduisent essentiellement des différences de qualité de l'apprentissage mis en oeuvre pour produire ce geste et qu'elles ne sont pas à attribuer à un potentiel physique supérieur ou à des ressources motrices plus développées dans lesquelles les sujets plus puissants pourraient puiser.



**Figure 2**  
Archer en position de tir  
en mode visée-flèche

**Figure 3**  
Cible recouverte de son blason  
où sont plantées  
les 3 flèches d'une même volée



La seconde qualité de cette activité de tir à l'arc réside dans le fait qu'elle permet d'égaliser les conditions de la pratique entre tous les individus évalués. Cette qualité est liée à quelques caractéristiques du tir à l'arc :

- contrairement à de nombreuses activités physiques et sportives, il présente des garanties d'équité par rapport à la quantité de travail moteur demandé (lors de la découverte de l'activité, comme lors de la répétition de celle-ci) et effectué par tout sujet au cours d'une séance de test (quel que soit le groupe, expérimental ou témoin, auquel il appartient). Cette quantité de travail moteur est proportionnelle au nombre de flèches tirées et peut donc être strictement contrôlée.

- la répartition dans le temps de ce travail moteur est également contrôlée. La durée dont disposent les apprenants pour décocher les trois flèches d'une volée est en effet fixée. Ce temps est toujours le même lors des séances tests qui comportent toutes 7 volées (une volée d'échauffement et 6 volées test) également réparties de façon programmée. Cette programmation a toujours permis à tous nos sujets de ne jamais manquer de temps et de décocher leurs trois flèches à chaque volée sans jamais avoir à se précipiter. Cette équité se retrouve à tous les niveaux du cycle d'apprentissage : lors des séances d'apprentissage comme lors des tests de performance. Néanmoins, s'il est possible de contrôler le temps de tir par volée de manière assez stricte dans les séances d'apprentissage et de tests, il est toutefois plus délicat de contrôler le temps imparti à chacun des trois tirs de chaque volée. Ce contrôle serait trop lourd à gérer et s'effectuerait au détriment de composantes fondamentales de l'apprentissage moteur comme la quantité de travail, le nombre de répétitions du geste, la motivation. Afin d'éviter le biais que la fatigue pourrait introduire avec un enchaînement trop rapide des tirs, nous avons fait subir un test préliminaire à tous les sujets soumis à l'expérimentation. Il consistait à reproduire 3 fois consécutives l'effort musculaire de traction que demande un tir, avec les exigences de stabilité que nécessite une visée précise. Ce temps durant lequel un individu en position de visée doit pouvoir rester stable afin de régler simultanément le point d'impact de la flèche (visée) et la vitesse de la flèche (tension de la corde) dans des conditions temporelles permettant d'obtenir un geste efficace, peut être évalué en moyenne à 3 secondes (FFTA, 1985).

Chaque sujet a donc déjà pu prendre conscience de la nécessité de répartir son effort et, même s'il a tendance à augmenter la fréquence de ses tirs (comme chez les sujets les plus jeunes qui manifestent une plus grande impatience), il les effectue malgré tout à un rythme favorable à une performance qui ne soit pas altérée par la fatigue.

Le choix du tir à l'arc permet donc un double contrôle (de la quantité de travail moteur fourni et de sa répétition dans le temps) qui n'est pas effectué dans la plupart des

travaux réalisés dans ce domaine d'expérimentation relatif à l'efficacité de méthodes d'apprentissages sportifs. Ces travaux, le plus souvent, ne maîtrisent en effet que la durée globale de pratique, sans contrôle de l'intensité de l'effort et de sa répartition dans le temps (comme, par exemple, dans les sports collectifs).

Cette garantie d'une certaine équité au niveau du travail moteur effectué dans la séance est complétée par celle de constituer des populations d'individus de niveau homogène quant à leur expérience de pratique de l'activité. En l'occurrence, nous avons choisi de retenir des sujets totalement naïfs, c'est-à-dire débutants dans cette activité. Même s'il semble évident que chaque sujet a acquis (au cours de son développement personnel) des aptitudes motrices particulières et possède (en fonction de ses caractéristiques biologiques) des ressources physiques particulières, on peut toutefois considérer qu'il est possible de constituer des groupes d'individus d'un niveau homogène (ici le niveau "zéro") pour cette pratique particulière du tir à l'arc. On peut en effet, d'une part, écarter de l'expérimentation les sujets ayant déjà eu une expérience dans ce domaine puisque une telle pratique s'organise, ne serait-ce que pour des raisons de sécurité, dans des structures facilement identifiables. Et, d'autre part, le niveau de pratique du débutant est d'autant plus homogène que les activités physiques et sportives habituelles que les sujets pratiquent ou développent de manière informelle, sont toujours assez éloignées de cette activité physique. A ce titre, elles sont donc difficilement transférables au tir à l'arc. En effet, le taux de transférabilité d'une activité physique et sportive est fonction du degré de ressemblance entre la tâche à apprendre et la tâche de transfert. Les possibilités de transfert d'une pratique se réalisent essentiellement sous deux formes. D'une part, le transfert peut se faire à partir d'éléments comportementaux élémentaires : il consiste alors à réordonner, réemployer ces unités élémentaires. D'autre part, le transfert peut être consécutif à une capacité d'abstraction et de généralisation élevée : transférer une habileté motrice, consiste alors à reproduire, à réadapter une stratégie, un plan de réponse (Durand, 1992). Pour le tir à l'arc, l'ensemble de ces conditions n'est pas présent et les habiletés motrices acquises par le sujet lors d'autres pratiques antérieures sont difficilement transférables. Cette activité spécifique et isolée permet donc de réduire ou éventuellement de supprimer le biais du transfert de compétences entre deux pratiques motrices semblables. Ceci consolide notre condition exigeant qu'au départ tous les sujets testés puissent effectivement être considérés comme totalement naïfs face à cette activité. Outre le fait qu'ils n'ont jamais pratiqué cette activité, ils ne peuvent pas non plus transférer des habiletés motrices acquises dans d'autres activités physiques et sportives.

Cette interrogation et cette réflexion sur le transfert sont fondamentales pour la portée des conclusions de notre recherche en termes de validation ou non de nos hypothèses. Il est important d'avoir démontré que, pour cette activité, les sujets peuvent effectivement l'aborder dans un état de "naïveté motrice" presque totale, étant donné le décalage existant

avec toute expérience motrice antérieure, même lorsqu'elle serait supposée susceptible de favoriser des habiletés motrices mises en jeu dans le tir à l'arc. Sans prendre cette précaution de rechercher les capacités cachées du sujet et de les confronter avec les exigences de la motricité mise en oeuvre dans le tir à l'arc, nous n'aurions effectivement pas pu déterminer si la maîtrise motrice nouvelle était réellement la conséquence d'une acquisition ou si elle était due à l'émergence et à l'utilisation d'un mécanisme préétabli, ou d'une capacité déjà présente mais qui, inutilisée jusqu'alors, était inapparente.

En dernier lieu, la simplicité de l'analyse par rapport à la "connaissance des résultats" (Buekers, 1994 ; Famose, 1991 ; Ripoll, 1985 ; Hébrard, 1985) du tir (présence ou absence de groupés de flèches, zones des groupés, nombre de points obtenu) et donc indirectement par rapport à la "connaissance de la performance" (Newell et coll, 1985) c'est-à-dire du geste effectué (respect des critères définis au cours de l'apprentissage) fait que chaque sujet est à même d'interpréter, avec un risque d'erreur très réduit, l'efficacité de son geste et donc la qualité de son tir.

Il y a ainsi une relative équité entre les sujets quant à la possibilité de discerner les bonnes performances des mauvaises. Ces conditions d'équité et de relative facilité d'analyse des résultats se retrouvent difficilement dans les apprentissages d'autres sports et en particulier des sports collectifs pour lesquels le résultat obtenu reste tributaire de l'interaction de plusieurs individus. On rencontre les mêmes difficultés pour les activités d'opposition où la performance dépend directement du niveau d'expertise de l'adversaire : en fonction de celui-ci, une même réponse donnera en effet des résultats différents (de bons à mauvais).

Enfin, la troisième qualité du tir à l'arc tient au fait que l'on puisse respecter les précédents critères sans pour autant trop appauvrir et dénaturer l'apprentissage réalisé, ni le restreindre à une stricte expérimentation de laboratoire. En effet, l'activité physique (le tir à l'arc) est enseignée dans le cadre d'un apprentissage collectif. Le sujet a donc d'autres repères que ceux issus de son propre apprentissage. Il peut comparer sa performance à celle des autres et se situer par rapport à une valeur relative qui viendra compléter la valeur absolue indiquée par sa performance. De plus, les séances d'apprentissage s'inscrivent dans le cadre scolaire. Elles ont donc une durée relativement longue (1 heure) et se répartissent sur plusieurs semaines, alors que dans un environnement strictement contrôlé (en laboratoire), la durée des séances excède rarement 10 à 15 minutes et leur répartition ne s'étale que sur une durée limitée (plusieurs séquences d'apprentissage par jour, sur un maximum de quelques jours).

Le tir à l'arc est aussi une activité qui intègre la notion d'effort physique. Il ne s'agit pas d'une simple tâche de pointage et son acquisition ne peut pas se concevoir comme la

simple répétition d'un geste stéréotypé. L'activité qui y est mise en oeuvre nécessite une adaptation à l'effort, une gestion et une répartition de l'énergie. De ce point de vue, il existe donc un apprentissage progressif de la gestion de la dépense énergétique. De plus, cette activité ne consiste pas en une tâche gratuite et artificielle. Il s'agit d'une activité culturelle sportive qui est susceptible de motiver le plus grand nombre d'individus, dans la mesure où elle est finalisée de façon concrète et précise (Durand, 1986). En outre, cette activité est conseillée dans de nombreuses pathologies respiratoires (asthme, mucoviscidose) en raison, en particulier, de son effet sur le contrôle postural (Perrin et Derelle, 1993).

Enfin, cette activité permet, par le fait qu'elle soit facilement caractérisable parmi les différents types d'habiletés motrices et qu'elle puisse être rangée dans des catégories bien définies de celles-ci, de bien délimiter le cadre dans lequel peuvent s'inscrire les résultats de nos expérimentations et leurs interprétations. Dans le modèle "ABC" (3 niveaux de problèmes de complexité croissante) de Roth (1990) cité par Buekers (1995), les habiletés motrices peuvent se ranger dans deux grandes catégories : (1) les habiletés fermées correspondant à des situations stables et prévisibles mobilisant uniquement des mouvements standardisés et leur contrôle (résolution de problèmes du seul niveau A) et, (2) les habiletés ouvertes correspondant à des situations variables mobilisant non seulement le contrôle de mouvements standardisés mais aussi la modification et l'adaptation de ces mouvements à la situation (résolution de problèmes de niveaux B et C). Le tir à l'arc s'inscrit totalement dans le premier type d'habileté "fermée" dans la mesure où la situation est d'une extrême stabilité et prévisibilité.

Les activités motrices peuvent également être classées en fonction du type de but qu'elles ont (classement mentionné par Magill, 1995) : les activités à but de coordination et celles à but de contrôle.

L'activité de tir à l'arc peut être pleinement catégorisée comme étant une habileté motrice à but de coordination puisqu'elle s'adresse à des sujets débutants. Par conséquent elle implique l'acquisition d'un nouveau patron de mouvement. On définira le patron de mouvement comme étant un but de coordination, la coordination se définissant selon Magill (1995) comme la bonne gestion des contraintes spatio-temporelles en vue de la réalisation d'une habileté motrice.

Tel qu'il intervient dans l'expérimentation, le tir à l'arc ne relèverait pas d'une tâche à but de contrôle car les sujets naïfs qui sont engagés dans l'activité n'ont pas encore acquis le patron de mouvement nécessaire à la réalisation de l'activité. Les caractéristiques des sujets impliqués dans l'activité associées à celle de l'habileté motrice qu'ils génèrent permettent de la catégoriser clairement. En définissant précisément les domaines d'appartenance du tir à l'arc, nous évitons les biais susceptibles d'accroître les difficultés d'interprétation et de conclusion de nos recherches. Dans nos expérimentations, nous avons effectivement choisi

des sujets se situant à un niveau proche de zéro et il est également important de noter que les habiletés premières développées par cette pratique sont la précision et la répétition de cette précision.

En résumé, deux grands types de facteurs ont orienté notre choix de la pratique physique vers le tir à l'arc.

En premier lieu, nous avons souhaité pouvoir nous garantir d'un niveau initial homogène de pratique pour tous nos sujets, en respectant une équivalence par rapport à leur vécu dans l'activité ainsi qu'à leurs capacités à exprimer leur "potentiel moteur" avec le matériel spécifique fourni.

En second lieu, nous avons voulu concilier autant que possible la rigueur de l'expérimentation scientifique (à l'instar des expériences en laboratoire) avec les conditions que l'on rencontre dans tout apprentissage "sur le terrain" qui, pour se construire efficacement, doit prendre en compte de multiples données pédagogiques et didactiques et s'appuyer sur l'interaction de facteurs divers tels que la motivation, l'évaluation par comparaison entre individus et surtout la finalisation de l'activité et du geste.

## **EXPERIMENTATIONS**

### **1. Organisation des expérimentations.**

#### **1.1. Objectifs et solutions expérimentales possibles.**

Notre objectif général était de mettre en évidence l'importance de l'activité cognitive, et donc de la construction de représentations mentales, dans l'acquisition d'une habileté motrice.

Plusieurs solutions expérimentales s'offraient à nous :

- comparer des populations de sujets aux caractéristiques supposées différentes quant à la nature et la qualité de leur activité cognitive et des représentations qui en résultent (par exemple : sujets valides, sujets handicapés moteurs et sujets déficients cognitifs) ;
- comparer, au sein de chaque population, des sujets soumis à des protocoles différents d'apprentissage d'une habileté motrice : les uns dans une situation standard d'apprentissage (sujets Témoins) et les autres dans une situation incitant les sujets à une activité cognitive et à la construction de représentations mentales (sujets Expérimentaux) ;

- comparer les degrés d'efficacité de cette incitation à l'activité cognitive et à la construction de représentations mentales lors d'acquisitions d'habiletés motrices de complexités différentes ;

- comparer, dans une population standard valide, des sujets parvenus à des stades différents de leur fonctionnement mental et donc différents dans leur capacité à construire des représentations mentales.

## **1.2. Solutions retenues.**

Trois expérimentations ont été menées parallèlement ou successivement :

L'expérimentation 1 compare 3 populations de sujets préadultes/adultes (16-21 ans, à un stade en principe assez stabilisé de leur fonctionnement cognitif) aux caractéristiques physiques et mentales contrastées (valides, déficients cognitifs, handicapés moteurs). Chaque population est divisée en 2 groupes placés dans des conditions d'apprentissage différentes (témoins et expérimentaux).

L'expérimentation 2 compare 2 populations de sujets adolescents (12-16 ans, à un stade de consolidation de leur pensée abstraite et formelle) aux caractéristiques physiques contrastées (valides et handicapés moteurs). Chaque population est divisée en 2 groupes placés dans des conditions d'apprentissage différentes (témoins et expérimentaux).

L'expérimentation 3 compare 2 populations de jeunes sujets aux caractéristiques physiques et mentales "normales" (valides âgés de 8-11 ans et 12-16 ans, les premiers fonctionnant encore de façon dominante de manière opératoire concrète, les seconds accédant à un fonctionnement mental plus abstrait et formel). Chaque population est divisée en 2 groupes placés dans des conditions d'apprentissage différentes (témoins et expérimentaux).



## **2. Justification de la première étude (Expérimentation 1 : sujets préadultes et adultes ) et de certains choix concernant son protocole.**

La première expérimentation que nous avons menée se proposait de situer l'importance de l'activité cognitive dans l'acquisition d'une habileté motrice nouvelle chez des individus parvenus et stabilisés au stade optimal de leur développement mental.

Pour ce faire, nous avons élaboré un protocole expérimental dans lequel nous avons tenté de proposer à une partie des sujets des conditions d'apprentissage visant à exacerber leur activité cognitive afin de provoquer une éventuelle amélioration de la représentation du geste technique attendu à effectuer et du geste réellement effectué. Les sujets expérimentaux ont ainsi disposé, pour effectuer leur apprentissage, d'un document constitué d'informations écrites verbales et imagées (photographies et schémas accompagnés de commentaires écrits) (Annexe 9a et 10).

Nous avons procédé à l'étude de différentes populations (sujets valides, handicapés moteurs, déficients cognitifs) en espérant obtenir "naturellement" des différences dans l'activité cognitive (et les représentations mentales qu'elle suscite). Nous faisons en effet l'hypothèse que le recours à cette activité cognitive peut varier en intensité et en efficacité en fonction du degré d'intégrité physique ou mentale des individus.

La comparaison des diverses populations permettra de surcroît de nuancer le rôle de l'activité cognitive à différents niveaux de la représentation mentale (au niveau du geste technique attendu et au niveau du geste réellement effectué) susceptible d'intervenir dans la construction et l'évolution d'une habileté motrice.

En prenant la population de sujets valides comme référence, la population des sujets handicapés moteurs peut permettre de déterminer si une déficience motrice qui entraîne une variation de la représentation du corps et de sa motricité, entraîne également des modifications au niveau des représentations mentales d'un geste moteur à acquérir et de son acquisition elle-même. Si l'influence des capacités intellectuelles sur la qualité de l'activité cognitive est évidente chez des sujets identifiés par l'institution scolaire comme étant déficients intellectuels, cela peut sembler paradoxal avec des sujets handicapés moteurs. Cependant, ceux-ci constituent également une population d'étude privilégiée. En effet, dans la mesure où l'activité cognitive qui construit les représentations mentales se situe en amont



de la réponse motrice du sujet, on peut admettre qu'elles sont plus complexes à élaborer pour un sujet handicapé moteur puisqu'à l'habileté motrice à acquérir s'ajoutent des contraintes supplémentaires et des compensations à mettre en oeuvre pour produire une réponse motrice efficiente.

La comparaison entre les populations de sujets valides et déficients cognitifs peut nous donner quant à elle des indications sur les liens pouvant exister entre la qualité d'acquisition et d'exécution d'une habileté motrice et les plus ou moins grandes capacités à construire des représentations mentales.

Pour différencier, selon la complexité de l'habileté motrice, le rôle des représentations mentales du geste sur le niveau de performance atteint, nous avons proposé l'acquisition de deux niveaux de pratique de cette habileté motrice nécessitant la mise en place d'un geste plus ou moins sophistiqué, c'est-à-dire demandant au sujet la prise en compte d'un nombre plus ou moins important d'indices. Ces deux modalités d'exécution diffèrent par le type de visée : visée-flèche ou visée-viseur. Bien que distinctes, elles sont néanmoins liées par une logique didactique, dans la mesure où l'acquisition de l'habileté en visée-viseur prolonge celle en visée-flèche. Chacun de ces modes de visée correspond à un certain niveau de pratique, l'habileté motrice en visée-viseur étant la plus complexe à maîtriser. En effet, dans ce dernier mode de visée, toute la gestuelle du tir à l'arc (depuis l'encoche de la flèche jusqu'à la décoche de celle-ci et le prolongement du geste après cette dernière) contribue à l'efficacité du tir. Si ces éléments participent également à la précision du tir en visée-flèche, leur strict respect n'est pas aussi fondamental pour produire une bonne performance dans la mesure où, entre autres, la distance de tir est toujours plus courte dans ce dernier mode de visée.

L'étude expérimentale menée avec ces différentes populations nous a conduit à retenir plusieurs critères d'observation et d'évaluation dont il nous faut expliquer et justifier les choix.

L'efficacité du geste est appréciée par le résultat du tir (nombre de points marqués en moyenne par flèche). C'est l'indicateur principal du niveau d'habileté atteint. Il traduit les changements de comportements du sujet et est de ce fait le témoin indirect de l'apprentissage qui, comme le souligne Ripoll (1985), n'est pas directement observable.

Parallèlement à l'évaluation de ce résultat, nous avons calculé un coefficient de progression relative de l'efficacité du geste au fil de l'apprentissage. Ce critère d'évaluation de l'apprentissage permet de préciser d'avantage l'effet du surplus d'activité cognitive et de

la qualité des représentations mentales du geste (effectué ou théorique) sur la qualité de l'apprentissage effectué en termes de progression des individus par rapport à leur niveau de départ dans l'activité.

Nous avons également retenu un autre critère d'évaluation de l'apprentissage en tentant de rendre compte de la reproductibilité du geste effectué par l'apprenant au cours des essais successifs d'une même séance. Dans le mode de visée-viseur, ce critère permet d'évaluer plus finement le niveau d'expertise atteint par le sujet. En effet, le tir à l'arc combine deux exigences principales : la précision du tir (jugée par le point d'impact de la flèche sur le blason) et la répétition de cette précision. Cette dernière n'est effective qu'à partir du moment où le sujet est en mesure de reproduire fidèlement le geste. Cette qualité du geste est acquise lorsque l'individu est capable de grouper ses flèches. Si on évalue seulement la performance par les points marqués, on risque de sous-évaluer des sujets ayant en réalité atteint un niveau de maîtrise suffisant pour reproduire un geste correct mais qui, pour des raisons variables (lenteur de l'apprentissage, difficultés de compréhension du seul réglage d'un viseur), ne seraient encore pas parvenus à contrôler le point d'impact des flèches sur le blason. Ce critère permet de ne pas se limiter à une simple prise en compte du résultat et ainsi de nuancer l'évaluation. Toutefois, les conditions environnementales de la visée-flèche (distance de tir réduite, blason de grande dimension...) conjuguées aux caractéristiques propre à ce mode de tir (possibilité que certains indicateurs fluctuent sans altérer significativement la précision du tir), nous ont conduits à limiter la prise en compte de ce paramètre de reproductibilité du geste à la deuxième phase de l'apprentissage, lors de la visée-viseur.

La plus grande complexité de cette deuxième phase nous a paru plus propice à la provocation et/ou révélation de différences entre les trois types de populations étudiées et entre les groupes (expérimentaux et témoins) constitués au sein de chacune de ces populations.

Nous avons ainsi également limitées à cette deuxième phase d'apprentissage les évaluations des autres paramètres qualitatifs du geste (qualité d'exécution, qualité de la représentation du geste technique attendu et du geste effectué).

La qualité d'exécution et de la représentation du geste réalisé ainsi que la qualité de la représentation du geste technique attendu s'appuient sur deux indicateurs observables qui sont les positions de la main de corde par rapport à la flèche d'une part et par rapport au visage d'autre part. Un questionnaire écrit permet à l'expérimentateur de noter les positions réellement adoptées pendant l'exécution (annexe 9b) et à l'apprenant d'exprimer la représentation qu'il en a.

Ces critères ont été sélectionnés car les sujets retenus dans chaque population sont tous susceptibles de les satisfaire : ils possèdent tous les ressources physiques nécessaires à l'accomplissement de ces habiletés. Ces ressources physiques ont été appréciées dans un test préliminaire permettant une classification fonctionnelle dont nous développerons les modalités dans la partie consacrée au matériel et aux méthodes de cette expérimentation. Seules les positions finales sont considérées et on ne tient pas compte des éléments mobilisés, des actions mises en place et des trajets moteurs empruntés pour y parvenir. Cette remarque a son importance car les modalités d'exécution qui aboutissent à la position finale peuvent varier en fonction du type de population concernée, selon qu'elle présente ou non un handicap sur le plan moteur.

Le choix de ces critères d'observation et d'évaluation résulte également d'une tentative d'apprécier les supports de la construction de la représentation mentale du geste réellement effectué et du geste théoriquement attendu au cours de l'acquisition de cette habileté motrice. A ce niveau, on peut s'intéresser à l'influence du type de contrôle (visuel ou non) sur l'ordre d'acquisition des différents éléments du geste moteur. Pour cela, nous avons différencié ces deux indicateurs observables d'éléments participant à la construction du geste : le premier (placement des doigts de corde par rapport à la flèche) effectué par le sujet en s'appuyant essentiellement sur un contrôle visuel et le second (placement de la main de corde sur le visage) réalisé par le sujet indépendamment de tout contrôle visuel en se fondant uniquement sur un contrôle somatokinesthésique. A ce niveau, tous les auteurs considèrent que le sujet qui débute un apprentissage moteur appréhende d'abord les informations nécessaires à la construction de sa réponse essentiellement à partir d'un contrôle visuel. Le contrôle visuel central (Ripoll, 1985) est toujours nécessaire, que ce soit pour identifier, sélectionner, traiter les informations ou pour produire une action. Sa présence ou son absence conditionne en grande partie la construction de la réponse. C'est au fur et à mesure de sa progression dans l'activité que l'apprenant parvient à réaliser d'autres types de prises d'informations et de contrôles (somatokinesthésiques, vestibulaires, auditifs, ...). Au cours de cette construction progressive (et surtout à son début) la réponse apportée par le sujet ne correspond pas toujours à celle attendue par le formateur ou l'expérimentateur (Perrin, 1996). Cette étape ne doit pas être considérée comme révélatrice d'une certaine incompétence du sujet, mais comme la conséquence du fait que le débutant se réapproprie alors la tâche en en modifiant les objectifs pour les rendre plus significatifs pour lui (Durand, 1986).

Comme le souligne Durand (1992), la progression des performances dans un apprentissage moteur n'est pas linéaire. En particulier chez l'enfant, les phases de stagnation, de régression ou de progression alternent et cette alternance est souvent en relation avec des variations de comportements tels que la lassitude, le découragement, le

pessimisme ou au contraire la satisfaction, l'engouement et l'euphorie. Ces fluctuations semblent ne concerner le plus souvent que la performance motrice produite et non la qualité de la construction mentale élaborée par le sujet.

Ce questionnaire écrit présente donc de multiples intérêts. Quand on le propose à l'apprenant immédiatement à l'issue d'un test d'exécution réelle de l'habileté motrice, ceci permet de comparer la qualité de la représentation et celle de la production réelle du geste moteur. Il permet de mesurer le décalage pouvant exister chez un individu entre sa connaissance d'un savoir théorique (savoir restitué ici dans les réponses au questionnaire écrit) et celle qui consiste à l'utiliser dans un contexte moteur et émotionnel réel. Dans son véritable contexte, l'action de l'apprenant est par exemple soumise au regard des autres et la performance qu'il produit renvoie aux autres une certaine image de sa compétence qui ne correspond pas forcément à celle qu'il souhaiterait donner de lui-même. Cette différence est donc susceptible d'induire des modifications de comportement qui peuvent changer le résultat du tir.

### **3. Expérimentation 1**

Les résultats de cette expérimentation ont partiellement fait l'objet d'une publication rapportée en annexe 1 : "Mental information processing in motor skill acquiring by able-bodied and motor-handicapped subjects" in *Journal of Human Movement Studies*, 1995, 29 : 149-169.

#### **3.1. Matériel et méthode**

##### **3.1.1. Sujets**

Les sujets testés sont préadultes et adultes, âgés de 16 à 21 ans (médiane 18 ans 3 mois), de sexe masculin, scolarisés dans un cycle terminal, tous naïfs par rapport à l'activité de tir à l'arc mais tous motivés par son apprentissage, celle-ci entrant dans leur évaluation de fin de cycle (Baccalauréat, BEP ou CAP).

Notre échantillon se divise en 3 populations : (1) 32 sujets Valides (Va) ; (2) 40 sujets Handicapés Moteurs (Hm) ; (3) 16 sujets Déficiants cognitifs (Dc).

Les sujets amblyopes ont été écartés de l'étude, et les 88 sujets retenus ont tous, avec ou sans correction, une acuité visuelle de 10/10e.

Les sujets handicapés moteurs (Hm) ont été sélectionnés en fonction d'une classification fonctionnelle (Weber et coll., 1982) qui nous a conduit à évaluer les possibilités fonctionnelles de chaque individu par rapport aux exigences de l'activité physique à pratiquer (tir à l'arc). Cette évaluation a été réalisée à l'aide d'un test destiné à évaluer la force, la coordination et la stabilité en tension des membres supérieurs : le sujet doit tendre la corde de l'arc avec une allonge maximale (pointe de flèche au ras de la fenêtre de l'arc), tenir cette position pendant au moins 3 secondes sans mouvement parasite (tremblement) et répéter 3 fois consécutives ce geste. Cette triple répétition se justifie par le fait que les sujets retenus devaient être physiquement aptes à produire une performance semblable étant donné que l'unité de tir des archers dans nos séances de test était la volée de 3 flèches. Comme il était difficile d'intervenir sur le temps imparti au tir (en l'augmentant par exemple), nous avons résolu ce problème en retenant des sujets capables d'enchaîner 3 tirs, sans que cela altère la qualité de leur mouvement et de leur performance.

Les handicaps moteurs qui ont été retenus regroupaient différentes pathologies avec atteinte motrice et/ou sensitive des membres inférieurs : spina-bifida, séquelles de

poliomyélite, troubles articulaires (hanche et/ou genou), amputations (au niveau cuisse ou genou). En ce qui concerne la position de tir, chaque sujet construisait librement sa propre solution, c'est-à-dire que l'expérimentateur n'en imposait aucune. Il se limitait à satisfaire chaque demande. Les sujets handicapés moteurs pouvaient ainsi, en fonction de leur motricité, tirer en position debout ou assise, avec ou sans appui partiel.

Les sujets déficients cognitifs étaient tous scolarisés en Institut Médico-Professionnel dans le but de remédier à cette déficience diagnostiquée par un psychologue à l'aide du test W.I.S.C. (Wechsler Intelligence Scale for Children). Leur Quotient Intellectuel était inférieur au seuil de 80 (seuil considéré comme celui de la "normalité"), et cette faiblesse globale (QI) était -pour tous- liée à une faiblesse sur les plans verbal et conceptuel (abstraction). L'institut d'accueil ne les préparait d'ailleurs, en 3 ans, qu'à la partie pratique et professionnelle d'un CAP (maçonnerie ou peinture). Les sujets que nous avons retenus étaient en dernière année de formation.

### **3.1.2. Protocoles d'apprentissage**

Il s'agissait donc de soumettre les sujets à l'apprentissage d'une habileté motrice avec (groupes expérimentaux) ou sans (groupes témoins) l'aide d'un support écrit d'informations verbales et imagées visant à favoriser l'activité cognitive des apprenants.

L'activité motrice consistait à tirer à l'arc sur une cible constituée d'un blason de 80 cm de diamètre. Les distances de tir (entre le pas de tir et la cible) retenues pour cette expérimentation sont de 6 m en visée-flèche et 12 m en visée-viseur (Matzinger, 1976).

#### **• Succession des séances d'apprentissage :**

L'apprentissage (Caplier et Simon, 1972) s'est déroulé sur 12 séances partagées en deux cycles de 6 :

- les 6 premières sont réalisées avec une visée-flèche (Fig.4 et 5). Dans ce mode de visée, le sujet dispose de deux points de repère stables : les deux extrémités de la flèche (encoche et pointe), à aligner avec le centre de la cible ;

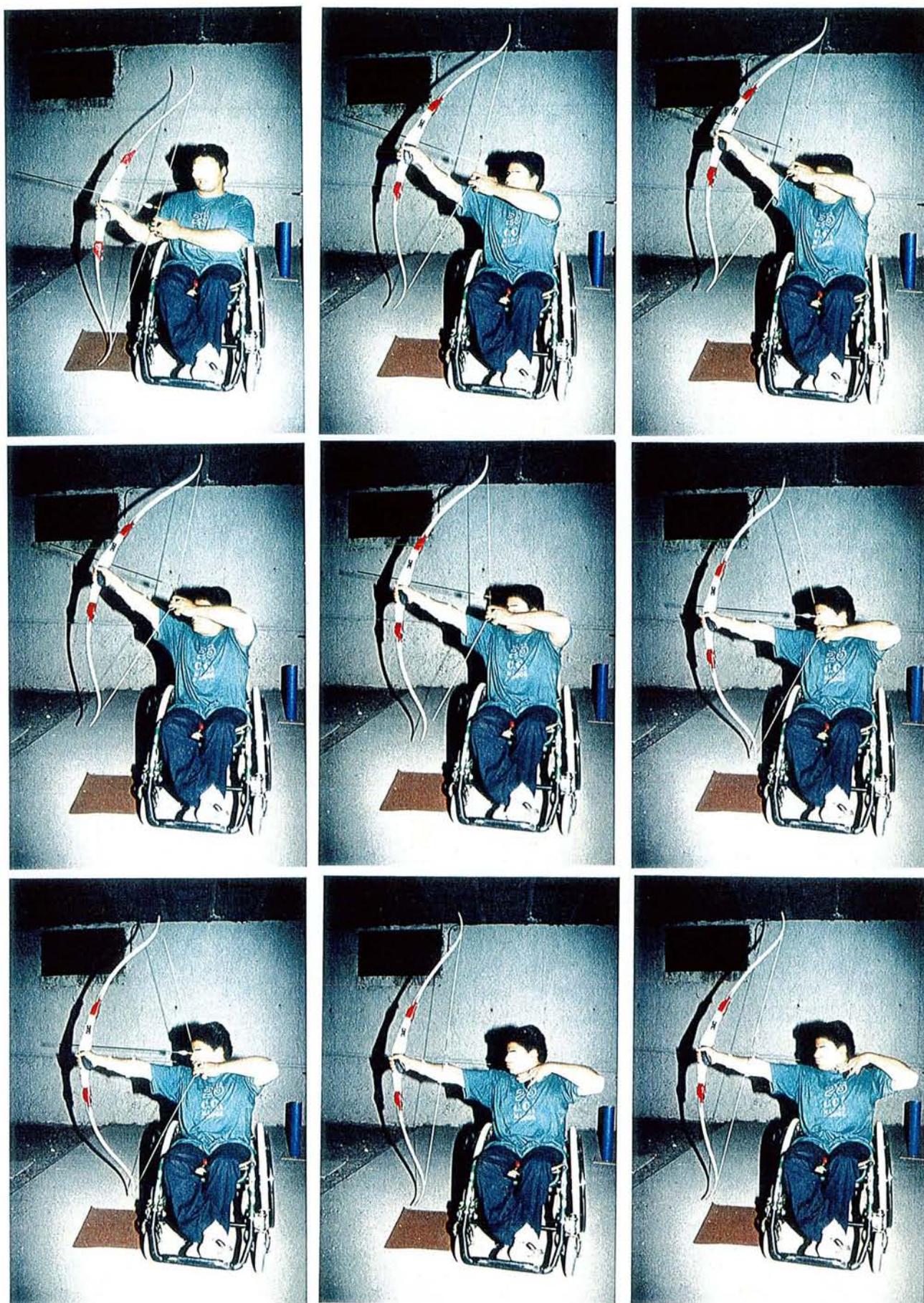
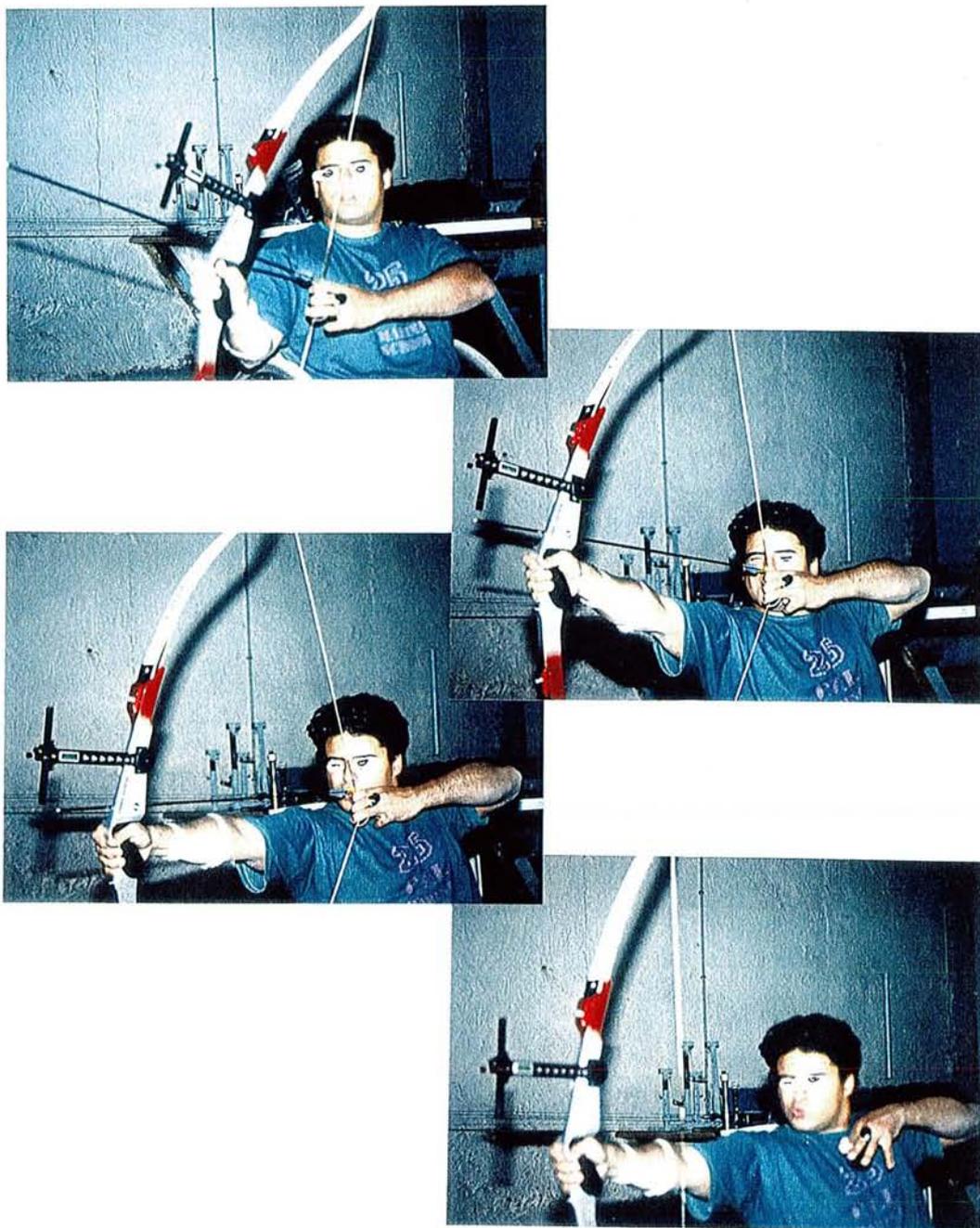


Figure 4  
Phases successives du geste d'un archer lors d'un tir en mode de visée-flèche.



**Figure 5**  
Phases successives du geste d'un archer droitier lors d'un tir en mode de visée-flèche.



**Figure 6**  
Phases successives du geste d'un archer gaucher lors d'un tir en mode de visée-viseur.

Seules la précision de cet alignement et la puissance de la traction de la corde sont essentielles. La régularité de la position du tireur est secondaire (Nayrolle et Simon, 1990) ;

- les 6 dernières sont réalisées avec une visée-viseur (Fig.6). Dans ce mode de visée, le sujet dispose d'un seul point de repère stable : le viseur. Le second point de repère est construit par le tireur lui-même, à partir de sa position (en particulier position de la main tirant la corde par rapport au visage). La régularité de la position du tireur est donc essentielle (Nayrolle et Simon, 1990 ; Ferriou, Flute et Frère, 1992).

Les séances 1, 5 et 6 de chacun de ces cycles sont consacrées à des tests de performances (T1 à T6, Tab.I), alors que les séances 2, 3 et 4 sont consacrées à l'apprentissage (A1 à A6, Tab.I).

**Tableau I**  
**Répartition sur les 16 semaines de l'expérimentation 1**  
**des 6 séances d'apprentissage et des 6 tests de performances.**

	----- Visée Flèche -----								----- Visée Viseur -----							
<b>Semaines</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Séances</b>	S1	S2	S3	S4	S5			S6	S1	S2	S3	S4	S5			S6
<b>Apprentissages</b>		A1	A2	A3						A4	A5	A6				
<b>Tests performances</b>	T1				T2			T3	T4				T5			T6

Les séances d'apprentissage (A1 à A6) se déroulent sur trois phases :

- une phase de démonstration effectuée par l'expérimentateur (durée : 5 mn)
- une phase pratique constituée d'une répétition d'exercices. Elle est constituée d'une série de 2 volées de 3 flèches portant successivement sur les composantes essentielles de l'habileté motrice (saisie de l'arc, traction de la corde, visée, lâcher de corde et fin de geste).
- une phase de bilan de la séance écoulée et de préparation de la séance suivante (durée : 5 mn).

• **Différenciation des supports d'apprentissage :**

Chacune des 3 populations (Va, Hm et Dc) soumises à l'apprentissage du tir à l'arc a été divisée en 2 types de groupes, l'un témoin et l'autre expérimental (Tab.II).

**Tableau II**  
**Répartition des sujets Témoins et Expérimentaux dans les 3 populations de sujets**  
**Valides (Va), Handicapés moteurs (Hm) et Déficiants cognitifs (Dc)**

		<b>Témoins</b>	<b>Expérimentaux</b>	<b>Total</b>
<b>Sujets Valides</b>	<b>(Va)</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>32</b>
<b>Sujets Handicapés moteurs</b>	<b>(Hm)</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>40</b>
<b>Sujets Déficiants cognitifs</b>	<b>(Dc)</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>16</b>

Au cours des séances d'apprentissage (A1 à A6), pendant les phases de démonstrations et d'exercices :

- pour le groupe Témoin, les informations apportées par l'expérimentateur se font uniquement sur la base de commentaires oraux (dont le contenu correspond à celui écrit annexe 9a) ,

- pour le groupe Expérimental, ces informations orales s'appuient sur le document écrit d'informations verbales et imagées (annexe 9a) dont dispose en permanence chaque sujet.

### **3.1.3. Paramètres retenus :**

Pour analyser la qualité de l'apprentissage effectué par les sujets de chacun des groupes, nous avons retenu 15 paramètres :

- **L'efficacité du geste (Eg)** est évaluée par le nombre moyen de points (Eg) marqués par flèche ( $0 < Eg < 10$ ) au cours de chaque test comportant 6 volées de 3 flèches. Trois tests sont effectués en visée-flèche (Eg T1, T2, T3) et 3 tests sont effectués en visée-viseur (Eg T4, T5, T6).

- **L'indice de progression relative (Pr) de l'efficacité du geste** est calculé relativement à la performance au test qui précède chacune des 2 sessions d'apprentissage des 2 modalités de tir (T1 en visée-flèche et T4 en visée-viseur) :

- à court terme (Prc), en fonction de la performance suivant directement la session de 3 séances d'apprentissage (T2 en visée-flèche :  $PrcVf = T2/T1$  ; T5 en visée-viseur :  $PrcVv = T5/T4$ ),

- à long terme (PrL), en fonction de la performance au test effectué 3 semaines après la session de 3 séances d'apprentissage (T3 en visée-flèche :  $PrLVf = T3/T1$  ; T6 en visée-viseur :  $PrLVv = T6/T4$ ).

• **La reproductibilité du geste** a été évaluée au cours des 6 volées du dernier test en visée-viseur (T6). A chaque volée de 3 flèches la distance (d) séparant les 2 flèches les plus éloignées a été mesurée. Un indice de groupement (i) a pu ainsi être affecté à chaque volée : si  $d > 30$ ,  $i=0$  ; si  $20 < d < 30$ ,  $i=1$  ; si  $d < 20$ ,  $i=2$ .

L'**indice global de groupement (Ig)** est obtenu en additionnant les i des 6 volées du test (Ig T6). Cet indice de groupement varie donc entre 0 et 12.

La **fréquence de ce groupement (Fg)** sur une même zone de la cible (Fig.3, p 31 : blason carré découpé en 9 zones carrées) a également été évaluée. Le numéro de la zone où un "groupé" ( $d < 30$ ) a été observé est noté à chaque volée. Cette fréquence de groupement sur une même zone au cours du même test (Fg T6) correspond au nombre le plus élevé de fois où une même zone de groupement apparaît au cours des 6 volées. Elle varie donc entre 0 et 6 (0, le sujet n'a jamais groupé ses flèches ; 6, le sujet a groupé 6 fois ses flèches dans la même zone).

• **La maîtrise d'exécution du geste (Me)** est traduite par la différence constatée entre le geste réalisé par le sujet et le geste technique défini comme le plus approprié. Cette différence a été appréciée par l'expérimentateur selon 2 critères :

- . la position des doigts de la main de corde par rapport à la flèche.
- . la position de la main de corde par rapport au visage.

La qualité de ces positions est notée en binaire : 1=position correcte et 0=position incorrecte. La Qualité d'exécution du geste est évaluée par la somme des points obtenus à ces deux critères. Ce paramètre varie donc entre 0 et 2.

• **La qualité de la représentation du geste effectué (Rge)** par le sujet est un paramètre qui vise à apprécier la différence qui existe entre ce que le sujet pense avoir fait et ce qu'il a réellement fait, par rapport aux 2 positions précédemment analysées. Cette évaluation a été effectuée au dernier test (T6) en visée-viseur (Questionnaire- annexe 9b).

La qualité du jugement de chacune de ces 2 positions par le sujet est notée en binaire : 0=écart entre ce qu'il pense avoir fait et ce qu'il a réellement fait et 1=correspondance entre ce qu'il pense avoir fait et ce qu'il a réellement fait.

La qualité de la représentation du geste est évaluée par la somme des points obtenus pour les deux positions. Ce paramètre varie donc entre 0 et 2.

• **La qualité de la représentation du geste technique attendu (Rgt)** est traduite par la différence constatée entre le geste technique défini comme le plus approprié (selon les mêmes critères qui ont été retenus pour définir la qualité de l'exécution du geste) et

la représentation qu'a le sujet du geste technique et que nous avons appréhendée à partir d'un questionnaire. Cette évaluation a été effectuée au dernier test (T6) en visée-viseur (Questionnaire annexe 9b).

Ce questionnaire aborde plus particulièrement la représentation qu'a le sujet du positionnement des doigts sur la corde pour armer l'arc et de la main de corde au contact du visage au moment de la visée.

#### **3.1.4. Traitement statistiques :**

Les données ont été traitées par des calculs et tests paramétriques.

Les différentes populations et les différents groupes de sujets étudiés ont été caractérisés, pour chaque paramètre, par leur moyenne (m) associée à l'erreur standard (e.s.).

Les études des effets des différents facteurs ont été menées à l'aide de l'analyse de la variance (Anova). Les comparaisons de moyennes ont été faites avec le test PLSD de Fisher (test de la plus petite différence significative entre deux moyennes).

Les relations entre 2 variables au sein d'une même population ont été caractérisées par le coefficient r de corrélation de Bravais-Pearson.

### **3.2. Résultats**

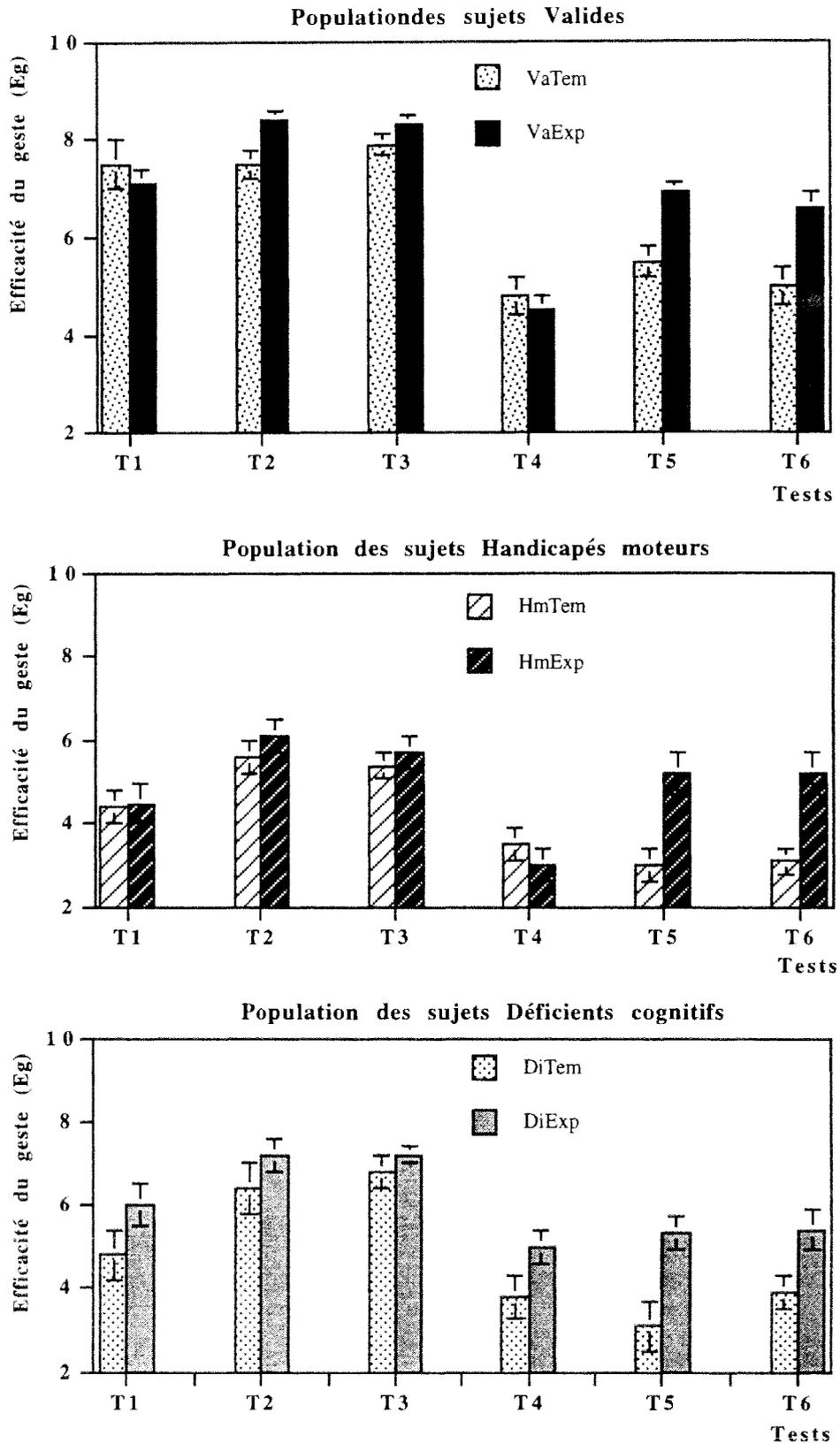
#### **3.2.1. Résultats des groupes Témoins et expérimentaux dans les 3 populations étudiées (Va, Hm et Dc) :**

Les moyennes et erreurs standards caractérisent les résultats obtenus par les groupes Témoins et Expérimentaux de chacune des trois populations (Va, Hm et Dc) pour les 5 catégories de paramètres : efficacité du geste (Eg), progression (Pr) de l'efficacité du geste, reproductibilité du geste (Ig et Fg), maîtrise d'exécution du geste (Me) et qualité des représentations qu'a l'apprenant du geste effectué (Rge) et du geste technique attendu (Rgt) (Tab. III ; Fig. 7, 8 et 9).

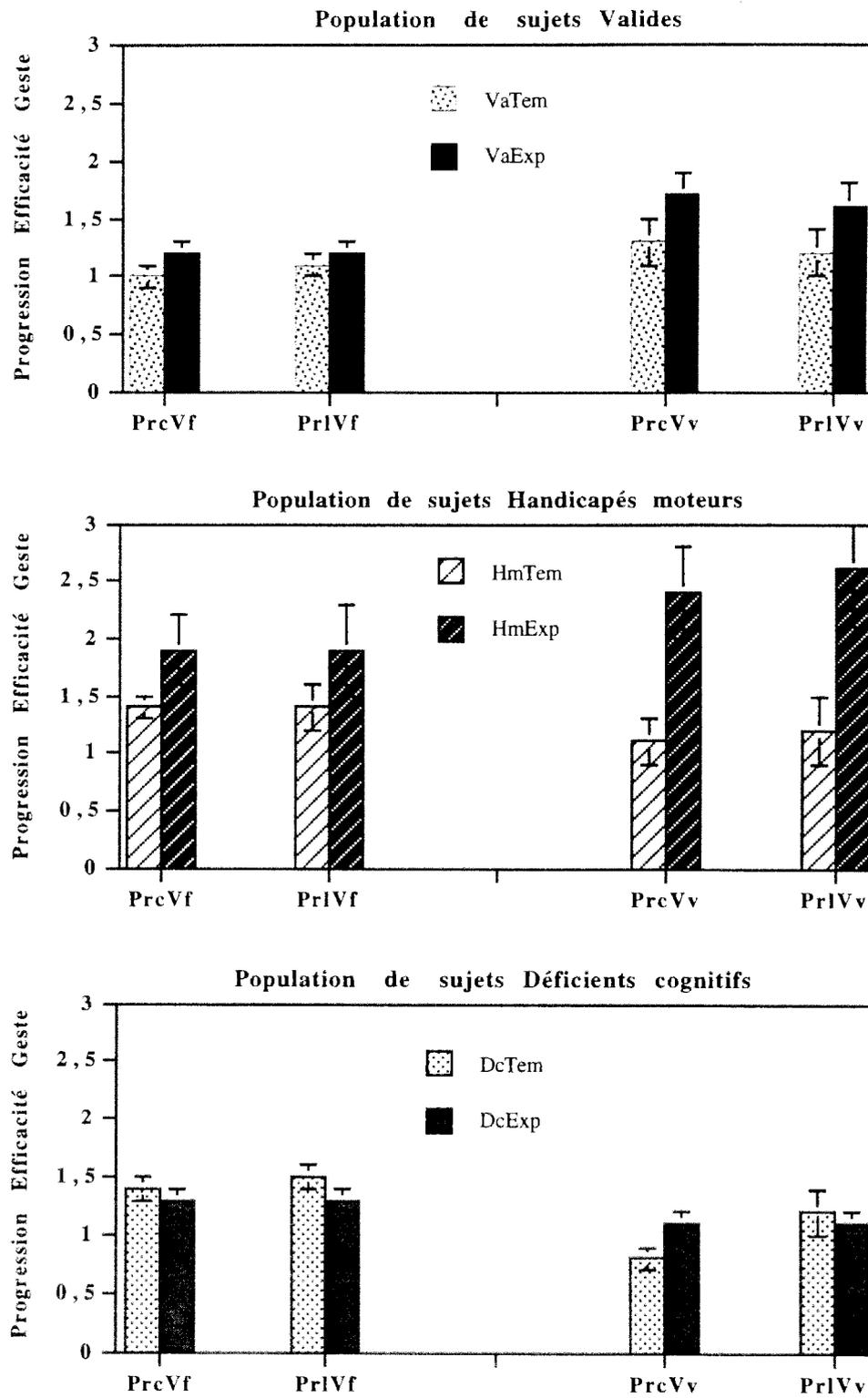
**Tableau III**  
**Performances moyennes des groupes de sujets Témoins et Expérimentaux dans les populations de sujets Valides (Va), Handicapés moteurs (Hm) et Déficitifs cognitifs (Dc).**

			Valides (Va)		Handicapés Moteurs (Hm)		Déficitifs cognitifs (Dc)	
			Témoins (n=16) m (e.s.)	Expés (n=16) m (e.s.)	Témoins (n=21) m (e.s.)	Expés (n=19) m (e.s.)	Témoins (n=8) m (e.s.)	Expés (n=8) m (e.s.)
<b>EFFICACITE du geste  (Eg)</b>	<b>Visée Flèche</b>	Eg T1	7,5 (0,5)	7,1 (0,3)	4,4 (0,4)	4,5 (0,5)	4,8(0,6)	6,0 (0,5)
		Eg T2	7,5 (0,3)	8,4 (0,2)	5,6 (0,4)	6,1 (0,4)	6,4(0,6)	7,3(0,4)
		Eg T3	7,9 (0,2)	8,3 (0,1)	5,4 (0,3)	5,7 (0,4)	6,8(0,4)	7,2(0,2)
	<b>Visée Viseur</b>	Eg T4	4,8 (0,4)	4,5 (0,3)	3,5 (0,4)	3,0 (0,4)	3,8 (0,5)	5,0(0,4)
		Eg T5	5,5 (0,3)	6,9 (0,2)	3,0 (0,4)	5,2 (0,5)	3,1 (0,6)	5,3 (0,4)
		Eg T6	5,0 (0,4)	6,6 (0,3)	3,1 (0,3)	5,2 (0,5)	3,9 (0,4)	5,4 (0,5)
<b>PROGRESSION EFFICACITE du geste (Pr)</b>	<b>Visée Flèche</b>	PrcVf	1,0 (0,1)	1,2 (0,1)	1,4 (0,1)	1,9 (0,3)	1,4 (0,1)	1,3 (0,1)
		PrlVf	1,1 (0,1)	1,2 (0,1)	1,4 (0,2)	1,8 (0,4)	1,5 (0,1)	1,3 (0,1)
	<b>Visée Viseur</b>	PrcVv	1,3 (0,2)	1,7 (0,2)	1,1 (0,2)	2,4 (0,4)	0,8 (0,1)	1,1 (0,1)
		PrlVv	1,2 (0,2)	1,6 (0,2)	1,2 (0,3)	2,6 (0,5)	1,2 (0,2)	1,1 (0,1)
<b>REPRODUCTIBILITE du geste (groupement des flèches)</b>	<b>Qual.</b>	Ig T6	3,9 (0,5)	6,0 (0,9)	0,7(0,3)	3,1 (0,8)	0,2 (0,2)	4,4 (0,9)
	<b>Fréq.</b>	Fg T6	1,8 (0,3)	2,9 (0,4)	0,5 (0,2)	1,8 (0,5)	0,1 (0,1)	1,8 (0,2)
<b>MAITRISE d'exécution du geste</b>		Me T6	1,4 (0,1)	1,9 (0,1)	1,2 (0,1)	1,5 (0,1)	0,9(0,3)	1,6 (0,2)
<b>REPRESENTATION geste effectué</b>		RgeT6	1,3 (0,2)	2,0 (0,0)	1,3 (0,1)	1,9 (0,1)	1,3 (0,3)	1,8 (0,2)
<b>REPRESENTATION geste technique attendu</b>		RgtT6	1,9 (0,1)	2,0(0,0)	1,4 (0,2)	1,9 (0,1)	1,1 (0,3)	1,8 (0,2)

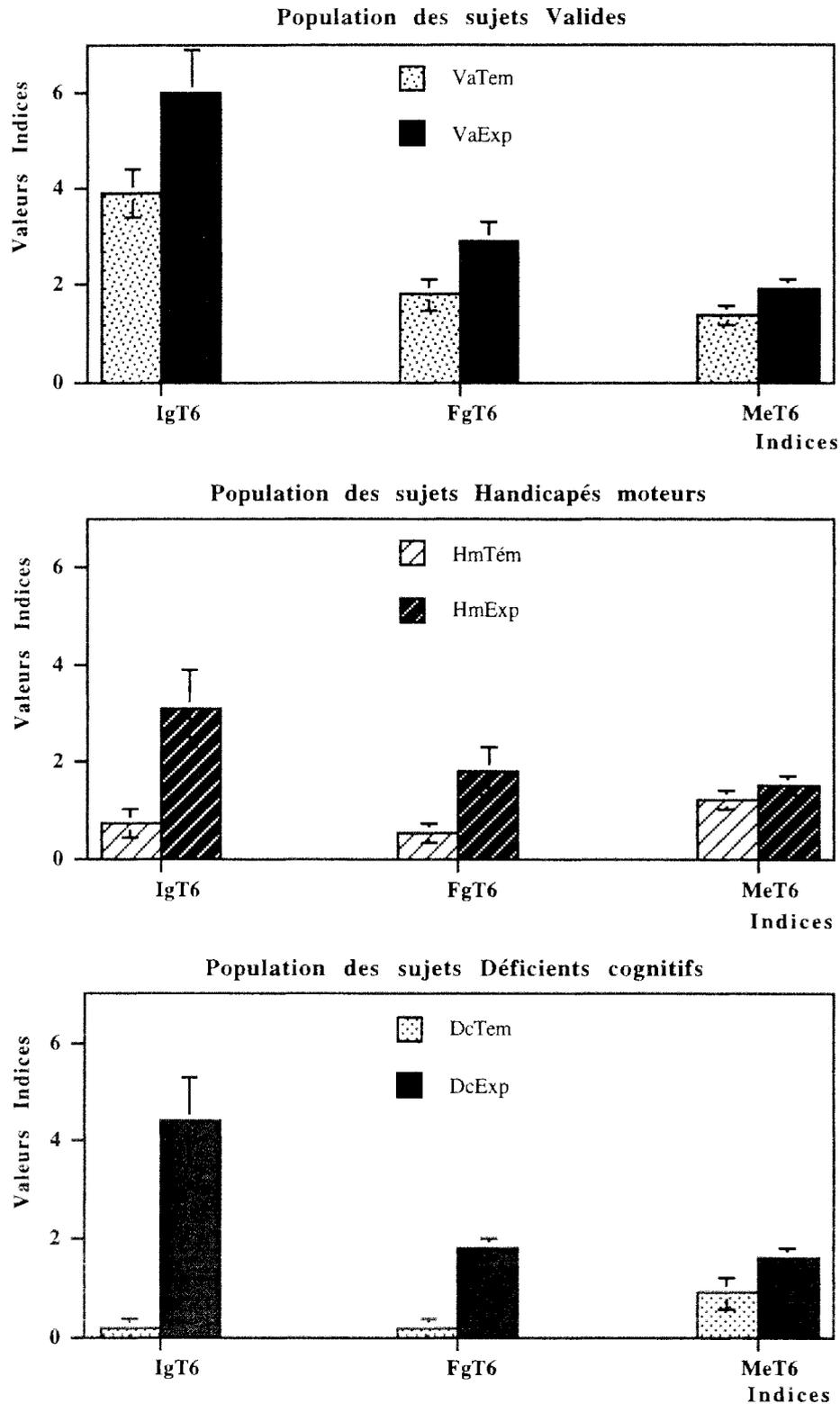
**Figure 7**  
**Comparaison de l'Efficacité du geste des sujets Témoins (Tem) et Expérimentaux (Exp) des 3 populations de sujets Valides (Va), Handicapés moteurs (Hm) et Déficients cognitifs (Dc)**



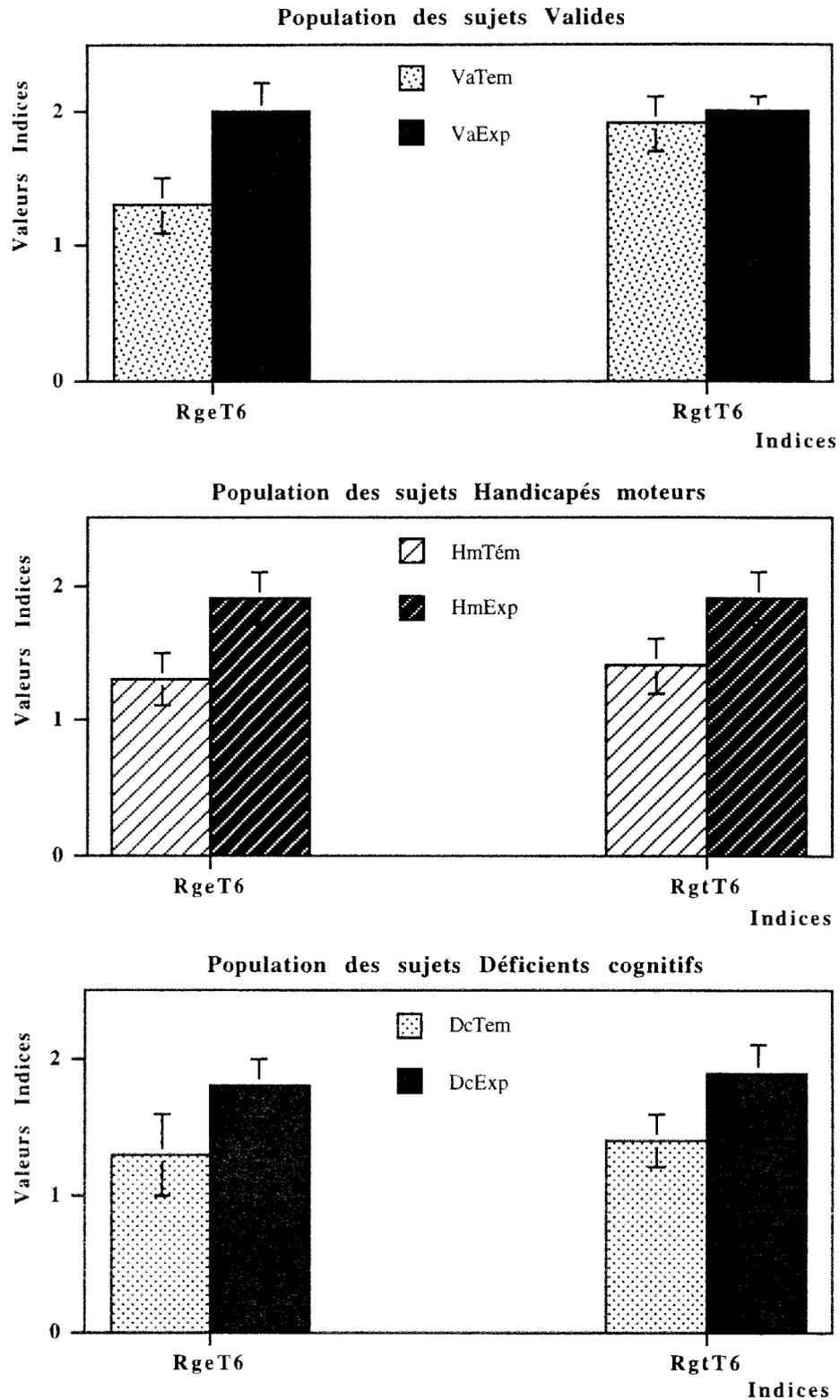
**Figure 8**  
**Comparaison de la Progression de l'efficacité du geste des sujets Témoins (Tem) et**  
**Expérimentaux (Exp) des 3 populations**  
**de sujets Valides (Va), Handicapés moteurs (Hm) et Déficients cognitifs (Dc).**



**Figure 9**  
**Comparaison de la Qualité (Reproductibilité Ig/Fg et Maîtrise Mg) du geste des sujets**  
**Témoins (Tem) et Expérimentaux (Exp) des 3 populations**  
**de sujets Valides (Va), Handicapés moteurs (Hm) et Déficients cognitifs (Dc).**



**Figure 10**  
**Comparaison de la Qualité des Représentations du geste effectué (Rge) et attendu (Rgt)**  
**des sujets Témoins (Tem) et Expérimentaux (Exp) des 3 populations**  
**de sujets Valides (Va), Handicapés moteurs (Hm) et Déficiants cognitifs (Dc).**



### **3.2.2. Analyse de la variance (Anova) à 3 facteurs dont 1 à mesures répétées sur l'efficacité du geste (Eg) :**

Les 3 facteurs simultanément pris en compte sont :

- 1. l'Apprentissage, noté Appr. : 3 répétitions correspondant aux 3 Tests successifs au cours de l'apprentissage de chaque mode de tir (Visée-flèche, visée-viseur).
- 2. le type de population , noté Pop. : 3 modalités correspondant aux 3 types de populations étudiées (Valides, Handicapés moteurs, Déficiants cognitifs).
- 3. le type de groupe , noté Gr. : 2 modalités correspondant aux 2 modalités d'apprentissage proposées (Témoins, Expérimentaux).

Une analyse a été réalisée pour chacun des 2 modes de tir :

- apprentissage du tir en visée-flèche (T1, T2, T3) (Tableau III)
- apprentissage du tir en visée-viseur (T4, T5, T6) (Tableau IV).

#### **3.2.2.1. Anova (3x3x2) pour l'apprentissage du tir en visée-flèche (T1, T2, T3)**

L'analyse de la variance pour l'apprentissage du tir en visée-flèche (Tableau III) montre que le facteur "Apprentissage" a un effet significatif sur les performances (Eg) des apprenants (Tab. III,  $p=.0001$ ) et qu'il y a une interaction significative entre ce facteur et le facteur "Population" (Tab. III,  $p=.013$ ). Il n'y a par contre pas d'interaction significative tant entre les 2 facteurs "Apprentissage x Groupe", qu'entre les 3 facteurs "Apprentissage x Groupe x Population" (Tab. III, n.s.). Ces différents effets sur l'efficacité du geste sont illustrés dans la figure 7 (T1,T2,T3).

**Tableau III**  
**Analyses de la variance à 3 facteurs dont un à mesures répétées :**  
**Apprentissage x Population x Groupe (3 x 3 x 2)**  
**sur les performances (Efficacité du geste Eg) en apprentissage du tir en visée-flèche.**

Source de variation	ddl	Apprentissage Visée-flèche (T1,T2,T3)	
		Test-F Valeur F	Valeur p
Facteur Appr.	2	48.14	.0001
Appr. x Pop	4	3.26	.013
Appr. x Gr.	2	1.58	.210
Appr. x Pop. x Gr.	4	1.91	.111

### 3.2.2.2. Anova (3x3x2) pour l'apprentissage du tir en visée-viseur (T4, T5, T6)

L'analyse de la variance pour l'apprentissage du tir en visée-viseur (Tableau IV) montre que le facteur "Apprentissage" a un effet significatif sur les performances (Eg) des apprenants (Tab. IV,  $p=.0001$ ) et qu'il y a une interaction significative de ce facteur avec le facteur "Population" d'une part (Tab. IV : Appr.xPop.,  $p=.007$ ) et avec le facteur "Groupe" d'autre part (Tab. IV : Appr.xGr.,  $p=.0001$ ). Il n'y a toutefois qu'une tendance à l'interaction entre les 3 facteurs "Apprentissage x Population x Groupe" (Tab. IV : Appr.xPop.xGr.,  $p=.072$ ). Ces différents effets sur l'efficacité du geste sont illustrés dans la figure 7 (T4,T5,T6).

**Tableau IV**  
**Analyses de la variance à 3 facteurs dont un à mesures répétées :**  
**Apprentissage x Population x Groupe (3 x 3 x 2)**  
**sur les performances (Efficacité du geste Eg) en apprentissage du tir en visée-viseur.**

		<b>Apprentissage Visée-viseur (T4,T5,T6)</b>	
<b>Source de variation</b>	<b>ddl</b>	<b>Test-F Valeur F</b>	<b>Valeur p</b>
<b>Facteur Appr.</b>	2	13.40	.0001
<b>Appr. x Pop</b>	4	3.70	.007
<b>Appr. x Gr.</b>	2	18.04	.0001
<b>Appr. x Pop. x Gr.</b>	4	2.20	.072

### **3.2.3. Analyse de la variance (Anova) à 2 facteurs "Population x Groupe"**

Les résultats précédents nous ont conduit à tenter de caractériser la nature des différences d'apprentissage, selon la population d'appartenance (facteur Pop) et selon les conditions de cet apprentissage (facteur Gr.), dans chaque mode de tir. Les performances des sujets sont évaluées, en visée-flèche et en visée-viseur, d'une part par l'Efficacité du geste (Eg) illustrée dans la Figure 7 et d'autre part par les Progressions de cette efficacité à court (Prc) et à long (Prl) termes illustrées dans la Figure 8.

#### **3.2.3.1. Anova (3x2) pour l'apprentissage du tir en visée-flèche (T1, T2, T3)**

L'analyse de la variance à 2 facteurs "Population x Groupe" à chacun des 3 tests de performance (T1, T2, T3) met en évidence l'effet significatif du facteur Population à chaque test (Tab.Va : facteur Pop. ; Tab.Vb : comparaisons des moyennes) : aux 3 tests, les sujets valides ont des performances supérieures aux sujets handicapés moteurs qui eux-mêmes ont des performances supérieures à celles des sujets déficients cognitifs. En ce qui concerne la progression de cette efficacité du geste, seules les populations de sujets valides

et de sujets handicapés moteurs se différencient significativement : les sujets handicapés moteurs ont une progression relative plus élevée que les sujets valides.

Cette analyse nous montre également l'effet significatif limité des conditions d'apprentissage (Tab.Va : facteur Gr. ; Tab.Vc : comparaisons des moyennes) : c'est uniquement au terme de l'apprentissage (à court terme en T2) que les sujets expérimentaux ont des performances supérieures à celles des sujets témoins. Et dans ce cas, l'absence d'effet significatif de l'interaction entre les 2 facteurs (Tab.Va : effet Pop. x Gr.) fait apparaître que cette supériorité des sujets Expérimentaux sur les sujets Témoins se retrouve dans les 3 populations. En ce qui concerne la progression de cette efficacité du geste, les différences observées entre sujets témoins et expérimentaux (Expés>Témoins) ne sont pas statistiquement significatives (Tab.Vc, Prc et Prl).

**Tableau Va**  
**Analyse de la variance à 2 facteurs : Population x Groupe (3 x 2)**  
**pour l'Efficacité du geste (Eg) à chacun des 3 Tests (T1, T2, T3) et la Progression de cette**  
**efficacité à court (Prc) et à long (Prl) termes, lors de l'apprentissage du tir en visée-flèche.**

		Effet facteur Pop (Va/Hm/Dc) (DF=2)		Effet facteur Gr (Tem/Exp) (DF=1)		Effet Pop x Gr. (DF=2)	
		Valeur de F	Valeur de p	Valeur de F	Valeur de p	Valeur de F	Valeur de p
EFFICACITE du geste effectué (Eg)	EgT1	27,02	<.0001	0,60	n.s.	1,30	n.s.
	EgT2	17,85	<.0001	5,09	.027	0,17	n.s.
	EgT3	40,64	<.0001	2,33	n.s.	0,01	n.s.
PROGRESSION (Pr) Efficacité du geste	PrcVf	4,55	.013	0,96	n.s.	1,05	n.s.
	PrIVf	3,24	.044	0,25	n.s.	0,83	n.s.

**Tableau Vb**  
**Analyse de la variance à 2 facteurs : Population x Groupe (3 x 2)**  
**Comparaisons des moyennes (PLSD de Fisher) des 3 Populations (facteur Pop.)**  
**pour l'Efficacité du geste (Eg) à chacun des 3 Tests (T1, T2, T3) et la Progression de cette**  
**efficacité à court (Prc) et à long (PrL) termes, lors de l'apprentissage du tir en visée-flèche.**

		Populations Moyenne (e.s.)			PLSD de Fisher Diff. des Moyennes/Diff. Critique (p)		
		Va	Hm	Dc	Va/Hm	Va/Dc	Hm/Dc
EFFICACITE du geste effectué (Eg)	EgT1	7,3 (0,2)	4,4 (0,3)	5,4 (0,4)	2,90/0,79 (<.0001)	1,92/1,02 (.0003)	-0,98/0,99 (.051)
	EgT2	7,9 (0,2)	5,8 (0,3)	6,8 (0,3)	2,10/0,70 (<.0001)	1,11/0,90 (.016)	-0,99/0,87 (.026)
	EgT3	8,1 (0,1)	5,5 (0,2)	7,0 (0,2)	2,53/0,56 (<.0001)	1,06/0,72 (.005)	-1,47/0,70 (<.0001)
PROGRESSION (Pr) Efficacité du geste	PrcVf	1,1(0,1)	1,6 (0,2)	1,3 (0,1)	-0,53/0,36 (.004)	-0,24/0,46 n.s.	0,29/0,45 n.s.
	PrIVf	1,1(0,1)	1,6 (0,2)	1,4 (0,1)	-0,51/0,41 (.015)	-0,25/0,53 n.s.	0,26/0,51 n.s.

**Tableau Vc**  
**Analyse de la variance à 2 facteurs : Population x Groupe (3 x 2)**  
**Comparaisons des moyennes (PLSD de Fisher) des 2 Groupes (facteur Gr.)**  
**pour l'Efficacité du geste (Eg) à chacun des 3 Tests (T1, T2, T3) et la Progression de cette**  
**efficacité à court (Prc) et à long (PrL) termes, lors de l'apprentissage du tir en visée-flèche.**

		Groupes Moyenne (e.s.)		PLSD de Fisher Diff. des Moyennes/Diff. Critique (p) Témoins/Expés
		Témoins	Expés	
EFFICACITE du geste effectué (Eg)	EgT1	5,6 (0,3)	5,8 (0,3)	-0,16/0,71 n.s.
	EgT2	6,4 (0,3)	7,2 (0,3)	-0,77/0,63 (.017)
	EgT3	6,5 (0,2)	7,0 (0,2)	-0,46/0,50 (.07)
PROGRESSION (Pr) Efficacité du geste	PrcVf	1,3 (0,1)	1,5 (0,2)	-0,25/0,33 n.s.
	PrIVf	1,3 (0,1)	1,5 (0,2)	-0,18/0,37 n.s.

### 3.2.3.2. Anova (3x2) pour l'apprentissage du tir en visée-viseur (T4, T5, T6)

L'analyse de la variance à 2 facteurs "Population x Groupe" à chacun des 3 tests de performance (T4, T5, T6) met en évidence l'effet significatif du facteur Population à chaque test (Tab.VIa : facteur Pop. ; Tab.VIb : comparaisons des moyennes) : les sujets valides ont des performances supérieures à celle des sujets handicapés moteurs (en T4, T5 et T6) et à celles des sujets déficients cognitifs (en T5 et T6). Les sujets handicapés moteurs et déficients cognitifs ne se différencient pas significativement. En ce qui concerne la progression de cette efficacité du geste, seules les populations de sujets valides et de sujets handicapés moteurs se différencient significativement : les sujets handicapés moteurs ont une progression relative plus élevée que les sujets valides.

Cette analyse nous montre également l'effet significatif des conditions d'apprentissage (Tab.VIa : facteur Gr. ; Tab.VIc : comparaisons des moyennes) : les sujets expérimentaux ont des performances supérieures à celles des sujets témoins et ceci à court (T5) comme à long (T6) termes. Et dans les deux cas, l'absence d'effet significatif de l'interaction entre les 2 facteurs (Tab.VIa : effet Pop. x Gr.) fait apparaître que cette supériorité des sujets Expérimentaux sur les sujets Témoins se retrouve dans les 3 populations. En ce qui concerne la progression de cette efficacité du geste, celle des sujets expérimentaux est significativement supérieure à celle des sujets témoins, et ceci à court comme à long termes (Tab.VIc, Prc et Prl).

**Tableau VIa**  
**Analyse de la variance à 2 facteurs : Population x Groupe (3 x 2)**  
**pour l'Efficacité du geste (Eg) à chacun des 3 Tests (T4, T5, T6) et la Progression de cette efficacité à court (Prc) et à long (Prl) termes, lors de l'apprentissage du tir en visée-viseur.**

		Effet facteur Pop (Va/Hm/Dc) (DF=2)		Effet facteur Gr (Tem/Exp) (DF=1)		Effet Pop x Gr. (DF=2)	
		Valeur de F	Valeur de p	Valeur de F	Valeur de p	Valeur de F	Valeur de p
EFFICACITE du geste effectué (Eg)	EgT4	7,73	.0008	0,07	n.s.	1,76	n.s.
	EgT5	17,99	<.0001	28,47	<.0001	0,60	n.s.
	EgT6	9,90	.0001	23,10	<.0001	0,46	n.s.
PROGRESSION (Pr) Efficacité du geste	PrcVv	4,00	.02	9,87	.002	3,29	.04
	PrIVv	2,81	.066	4,79	.03	2,92	.06

**Tableau VIb**  
**Analyse de la variance à 2 facteurs : Population x Groupe (3 x 2)**  
**Comparaisons des moyennes (PLSD de Fisher) des 3 Populations (facteur Pop.)**  
**pour l'Efficacité du geste (Eg) à chacun des 3 Tests (T4, T5, T6) et la Progression de cette**  
**efficacité à court (Prc) et à long (PrL) termes, lors de l'apprentissage du tir en visée-viseur.**

		Populations Moyenne (e.s.)			PLSD de Fisher Diff. des Moyennes/Diff. Critique (p)		
		Va	Hm	Dc	Va/Hm	Va/Dc	Hm/Dc
EFFICACITE du geste effectué (Eg)	EgT4	4,7 (0,3)	3,3 (0,3)	4,4 (0,3)	1,42/0,76 (.0003)	0,29/0,97 n.s.	-1,12/0,94 (.02)
	EgT5	6,2 (0,2)	4,0 (0,3)	4,2 (0,5)	2,14/0,73 (<.0001)	1,99/0,94 (<.0001)	-0,15/0,91 n.s.
	EgT6	5,8 (0,3)	4,1(0,3)	4,6 (0,4)	1,69/0,74 (<.0001)	1,16/0,95 (.02)	-0,53/0,92 n.s.
PROGRESSION (Pr) Efficacité du geste	PrcVv	1,1(0,1)	1,6 (0,2)	1,3 (0,1)	-0,53/0,36 (.004)	-0,24/0,46 n.s.	0,29/0,45 n.s.
	PrIVv	1,1(0,1)	1,6 (0,2)	1,4 (0,1)	-0,51/0,41 (.015)	-0,25/0,53 n.s.	0,26/0,51 n.s.

**Tableau VIc**  
**Analyse de la variance à 2 facteurs : Population x Groupe (3 x 2)**  
**Comparaisons des moyennes (PLSD de Fisher) des 2 Groupes (facteur Gr.)**  
**pour l'Efficacité du geste (Eg) à chacun des 3 Tests (T4, T5, T6) et la Progression de cette**  
**efficacité à court (Prc) et à long (PrL) termes, lors de l'apprentissage du tir en visée-viseur.**

		Groupes Moyenne (e.s.)		PLSD de Fisher Diff. des Moyennes/Diff. Critique (p) Témoins/Expés
		Témoins	Expés	
EFFICACITE du geste effectué (Eg)	EgT4	4,0 (0,3)	3,9 (0,3)	0,13/0,68 n.s.
	EgT5	3,9 (0,2)	5,8 (0,3)	-1,91/0,66 (<.0001)
	EgT6	3,9 (0,2)	5,8 (0,3)	-1,84/0,66 (<.0001)
PROGRESSION (Pr) Efficacité du geste	PrcVv	1,1 (0,1)	1,9 (0,2)	-0,81/0,40 .0001
	PrIVv	1,2 (0,1)	2,0 (0,2)	-0,79/0,51 .003

L'analyse de la variance à 2 facteurs (Population x Groupe) sur les paramètres caractérisant le geste effectué (Reproductibilité (Ig et Fg) et Maîtrise d'exécution (Mg)) au dernier test (T6) met en évidence des effets significatifs de chacun des facteurs "population" et "groupe", sans interaction significative entre les deux (Pop. x Gr.) (Tab. VIIa). Les sujets valides ont un geste de meilleure qualité que les sujets handicapés moteurs et déficients cognitifs (Tab. VIIb), alors que ces deux dernières populations ne se différencient pas significativement l'une de l'autre.

Les conditions d'apprentissage (facteur "Groupe") ont un effet très significatif sur ces 3 paramètres : les sujets expérimentaux effectuent un geste de meilleure qualité (reproduction et maîtrise, Tab. VIIc) que les sujets témoins.

Ces différences sont illustrées Figure 9 (Ig/Fg et Mg) p.56.

La même analyse réalisée sur les paramètres caractérisant la qualité des Représentations du geste effectué (Rge) et du geste technique attendu (Rgt) au dernier test (T6) en visée-viseur montre que :

- les sujets valides ont une meilleure représentation du geste technique attendu que les sujets handicapés moteurs et déficients cognitifs, alors que les trois populations ne se différencient pas significativement quant à la qualité de la représentation du geste effectué (Tab. VIIa et VIIb).

- les sujets expérimentaux ont une meilleure représentation du geste technique attendu et du geste qu'ils ont réellement effectué (Tab. VIIa et VIIc).

Ces différences sont illustrées Figure 10 (Rge et Rgt) p.57.

**Tableau VIIa**  
**Analyse de la variance à 2 facteurs : Population x Groupe (3 x 2)**  
**pour la Reproductibilité (Ig et Fg) et la Maîtrise d'exécution (Mg) du geste**  
**et pour la qualité des Représentations du geste effectué (Rge) et du geste technique**  
**attendu (Rgt) au dernier test (T6) de l'apprentissage du tir en visée-viseur.**

		Effet facteur Pop (Va/Hm/Dc) (DF=2)		Effet facteur Gr (Tem/Exp) (DF=1)		Effet Pop x Gr. (DF=2)	
		Valeur de F	Valeur de p	Valeur de F	Valeur de p	Valeur de F	Valeur de p
REPRODUCTIBILITE du geste	IgT6	12,95	<.0001	21,95	<.0001	6,25	n.s.
	FgT6	7,82	.0008	18,17	<.0001	0,35	n.s.
MAITRISE d'exécution du geste	MeT6	3,03	.054	16,55	.0001	0,78	n.s.
REPRESENTATION du geste effectué	RgeT6	0,49	n.s.	23,28	<.0001	0,47	n.s.
REPRESENTATION du geste attendu	RgtT6	6,23	.003	10,32	.002	2,02	.06



**Tableau VIIb**  
**Analyse de la variance à 2 facteurs : Population x Groupe (3 x 2)**  
**Comparaisons des moyennes (PLSD de Fisher) des 3 Populations (facteur Pop.)**  
**pour la Reproductibilité (Ig et Fg) et la Maîtrise d'exécution (Mg) du geste**  
**et pour la qualité des Représentations du geste effectué (Rge) et du geste technique**  
**attendu (Rgt) au dernier test (T6) de l'apprentissage du tir en visée-viseur.**

		Populations Moyenne (e.s.)			PLSD de Fisher Diff. des Moyennes/Diff. Critique (p)		
		Va	Hm	Dc	Va/Hm	Va/Dc	Hm/Dc
REPRODUCTIBILITE du geste	IgT6	5,0 (0,5)	1,9 (0,4)	2,3 (0,7)	3,12/1,24 ( $<.0001$ )	2,65/1,60 (.001)	-0,46/1,54 n.s.
	FgT6	2,3 (0,3)	1,1 (0,3)	0,9 (0,2)	1,19/0,66 (.0006)	1,37/0,85 (.002)	0,19/0,82 n.s.
MAITRISE d'exécution du geste	MeT6	1,6 (0,1)	1,4 (0,1)	1,3 (0,2)	0,28/0,26 (.04)	0,38/0,34 (.03)	0,10/0,33 n.s.
REPRESENTATION du geste effectué	RgeT6	1,7 (0,1)	1,6 (0,1)	1,5 (0,2)	0,03/0,26 n.s.)	0,16/0,33 n.s.	0,13/0,32 n.s.
REPRESENTATION du geste attendu	RgtT6	2,0 (0,1)	1,7 (0,1)	1,4 (0,2)	0,32/0,25 (.01)	0,53/0,32 (.001)	0,21/0,31 n.s.

**Tableau VIIc**  
**Analyse de la variance à 2 facteurs : Population x Groupe (3 x 2)**  
**Comparaisons des moyennes (PLSD de Fisher) des 2 Groupes (facteur Gr.)**  
**pour la Reproductibilité (Ig et Fg) et la Maîtrise d'exécution (Mg) du geste**  
**et pour la qualité des Représentations du geste effectué (Rge) et du geste technique**  
**attendu (Rgt) au dernier test (T6) de l'apprentissage du tir en visée-viseur.**

		Groupes Moyenne (e.s.)		PLSD de Fisher Diff. des Moyennes/Diff. Critique (p)
		Témoins	Expés	
REPRODUCTIBILITE du geste	IgT6	1,8 (0,3)	4,4 (0,5)	-2,59/1,11 ( $<.0001$ )
	FgT6	0,9 (0,2)	2,2 (0,3)	-1,34/0,59 ( $<.0001$ )
MAITRISE d'exécution du geste	MeT6	1,2 (0,1)	1,7 (0,1)	-0,47/0,24 (.0002)
REPRESENTATION du geste effectué	RgeT6	1,3 (0,1)	1,9 (0,1)	-0,62/0,23 ( $<.0001$ )
REPRESENTATION du geste attendu	RgtT6	1,6 (0,1)	1,9 (0,1)	-0,35/0,22 (.002)

La supériorité des sujets Expérimentaux sur les Témoins constatée au niveau de la maîtrise et de l'efficacité du geste moteur qu'ils effectuent peut être liée à leur plus grande capacité à se représenter et à analyser le geste qu'ils ont réellement effectué et donc à le modifier pour améliorer son efficacité.

L'analyse par les corrélations entre les paramètres retenus au dernier test de l'apprentissage en visée-viseur, groupes Témoins et Expérimentaux confondus dans la population globale (Valides + Handicapés moteurs + Déficiants cognitifs - annexe 3) et pour chacune des 3 populations (Valides - annexe 4, Handicapés moteurs - annexe 5 et Déficiants cognitifs - annexe 6) montre que la qualité de la maîtrise du geste (Me) et son efficacité (Eg) que le sujet atteint sont positivement corrélées à la qualité de la représentation qu'il a de son geste (Rge) (Tab.VIII).

**Tableau VIII**  
**Corrélations (coefficient r et probabilité p) de la qualité de la représentation du geste effectué (Rge) avec l'efficacité (Eg) et la maîtrise (Me) du geste au test T6, au sein de chacune des 3 populations étudiées de sujets valides (Va), handicapés moteurs (Hm) et déficiants cognitifs (Dc) et des 3 populations confondues.**

			Corrélation RgeT6/EgT6		Corrélation RgeT6/MeT6	
			r	p	r	p
<b>Population</b>	<b>Va</b>	<b>(n = 32)</b>	.408	<.005	.422	<.020
<b>Population</b>	<b>Hm</b>	<b>(n = 40)</b>	.434	<.020	.369	<.020
<b>Population</b>	<b>Dc</b>	<b>(n = 16)</b>	.410	<.116	.589	<.020
<b>Population</b>	<b>Globale</b>	<b>(n = 88)</b>	.390	<.0001	.442	<.0001

Ces relations s'étendent aux 2 types de représentations évaluées et à toutes les caractéristiques de la performance lorsque l'analyse porte sur les 88 sujets de la population globale (annexe 3) : toutes les caractéristiques du geste effectué (efficacité, reproductibilité et maîtrise) sont significativement liées à la qualité des représentations du geste effectué (Rge) et du geste attendu (Rgt) (n=88,  $r_{\min}=.266$ ,  $p_{\min}=.012$ ).

La qualité du geste moteur effectué est donc liée à l'efficacité de l'activité cognitive du sujet, en particulier dans l'analyse du geste effectué (Rge) liée elle-même à la représentation du geste technique attendu (Rgt) (annexe 3 - n=88,  $r=.281$ ,  $p=.008$ ). Les sujets qui construisent une meilleure représentation du geste technique attendu montrent une meilleure représentation du geste qu'ils ont effectué et produisent un geste de meilleure qualité, obtenant ainsi significativement de meilleurs résultats en terme de points marqués à la cible.

### 3.3. Discussion

Les conditions d'apprentissage (facteur Groupe) ont un effet significatif sur la qualité de l'acquisition d'une habileté motrice (tir à l'arc) dans les trois populations étudiées (valides, handicapés moteurs, déficients cognitifs) : les sujets expérimentaux acquièrent un geste plus efficace que les témoins et cette différence est d'autant plus marquée que l'habileté motrice à acquérir est plus complexe (visée-viseur / visée-flèche). Il y a donc, avec des débutants, une efficacité certaine de la multiplication des sources d'information et de l'incitation à l'activité cognitive dans l'acquisition d'une habileté motrice, efficacité d'autant plus importante que l'habileté est complexe.

Ce résultat étaye l'hypothèse déjà exprimée par plusieurs auteurs ( Adams, 1971, 1983, 1986 ; Chamberlin et Magill, 1992a et b ; Fitts, 1964, 1967 ; Magill, 1993 ; Magill et Schoenfelder-Zohdi, 1995 ; Magill, et coll., 1991 ; Masson, 1990) concernant l'importance de l'activité cognitive dans la construction d'une réponse motrice efficace pour un sujet naïf. Elle permet au sujet de se focaliser sur les éléments les plus pertinents de chacune des 3 composantes incontournables (décrites par Hatwell, 1989 : représentation initiale, représentation du but à atteindre et moyens à mettre en oeuvre pour passer de l'une à l'autre) lors de toute confrontation à une situation problème dans le cadre d'un apprentissage moteur.

La progression de cette acquisition est également supérieure chez les sujets expérimentaux, en particulier dans la population des sujets valides qui partent pourtant d'une efficacité du geste déjà relativement élevée. Cette différence de progression est moins sensible dans la population déficiente sur le plan cognitif pour laquelle le niveau d'efficacité de départ est pourtant inférieur. Ici encore, on peut supposer que l'intérêt du document écrit d'informations verbales et imagées serait d'autant plus important que le sujet doit procéder à une analyse fine de son geste pour parvenir à le faire progresser dans son efficacité.

Le rôle de ce document écrit lors de l'apprentissage moteur corrobore les conclusions des études menées sur l'utilisation des images filmées dans les apprentissages sportifs (Hébrard, 1985). Ces études montrent que ces images sont utiles lorsque le sujet est déjà expert dans l'activité : elles lui permettent alors de dissocier les éléments pertinents de l'habileté motrice à perfectionner. Dans notre cas, chez le débutant, le document écrit d'informations verbales et imagées est plutôt dans une certaine mesure une compensation du manque d'expertise du sujet, en lui soulignant les éléments clés du geste efficace. La quantité de paramètres que le sujet doit simultanément considérer pour une bonne analyse de son geste devient alors compatible avec les capacités normalement limitées de son

système de traitement mental de l'information (Baddeley, 1992 ; Fitts, 1992 ; Kelso, 1992 ; Lieury, 1992 ; Tulving, 1988).

Outre son intérêt comme modèle de référence favorisant la sélection et l'utilisation des éléments pertinents du mouvement, le document écrit d'informations verbales et imagées améliore l'efficacité du geste dans la mesure où il facilite la reconnaissance des principes fondamentaux de l'activité considérée. Ces principes, que nous avons évalués par les trois indices de maîtrise du geste, de qualité et de fréquence des groupements des flèches sur la cible, sont pour le tir à l'arc la précision et la reproductibilité. Amener le sujet à travailler ces aspects, c'est réorienter son activité et son comportement pour qu'il accepte dans un premier temps une diminution de l'efficacité du geste (en termes de nombre de points marqués à la cible) au bénéfice d'un groupement des flèches et d'une stabilité de cette zone de groupement (même si elle est écartée de la zone centrale de la cible). Cette attitude du sujet est effective lorsque celui-ci comprend l'intérêt de se doter de moyens d'analyse supplémentaires concernant certaines caractéristiques des résultats observés à la cible (comme le groupement), permettant un retour sur les caractéristiques du geste lui-même. Par la stabilité des références qu'il propose, le document écrit d'informations verbales et imagées peut favoriser et orienter le cheminement cognitif de l'apprenant en l'amenant à considérer des indicateurs externes de niveau de pratique qui le renseignent sur l'exécution de son geste. Les sujets expérimentaux atteignent ainsi une plus grande efficacité d'exécution que les témoins qui, en l'absence de procédures de guidage, peuvent aussi bien se focaliser sur des éléments pertinents que non pertinents.

A la lumière des réflexions et des expérimentations actuelles dans le domaine de l'apprentissage moteur, nous pouvons faire quelques hypothèses quant aux explications possibles de l'efficacité de ce document écrit d'informations verbales et imagées dans l'acquisition d'une habileté motrice.

Tout d'abord, pour la plupart des activités motrice, les informations apportées à l'apprenant par les résultats (par exemple l'efficacité du geste en nombre de points marqués pour le tir à l'arc) ne fournissent pratiquement jamais directement une connaissance de la performance motrice qu'il a réalisée (par exemple qualité et maîtrise de l'exécution du geste de tir à l'arc). Le sujet doit analyser et interpréter l'information émanant de ses résultats et surtout en extraire le sens (Glencross, 1992). Le document écrit d'informations verbales et imagées peut aider l'apprenant dans cette étape de son apprentissage pour deux raisons principales : d'abord parce qu'il ajoute une source supplémentaire d'informations, ensuite

parce que cette source - malgré une apparente similitude (utilisation d'informations visuelles) et redondance (même type d'informations) avec la démonstration commentée - apporte en fait une autre forme d'information que l'individu peut exploiter à son propre rythme. Ce document est en effet une source individuelle et surtout permanente d'information, alors que la démonstration commentée est une source fugace à exploiter au seul moment où elle est "émise".

Dans son analyse de différentes expérimentations, Magill (1993), montre que l'apprenant débutant utilise l'ensemble des sources d'informations qui sont à sa disposition (modèle, démonstration, résultats, performance, ...). Si, comme le souligne Magill (1993), on peut admettre l'intérêt d'une certaine redondance des informations fournies par les différentes sources disponibles, il est malgré tout probable que chacune d'entre elles fournisse un type particulier d'information, complémentaire aux autres. Ceci est d'autant plus important que le débutant a besoin de se voir rappeler sous diverses formes les informations les plus pertinentes et importantes pour l'acquisition de l'habileté motrice. Le document écrit d'informations verbales et imagées remplit tout à fait cette fonction en présentant sous une autre forme et en complétant les informations fournies par la démonstration commentée.

De plus, même si, comme nous venons de le noter, toutes les sources d'informations jouent un rôle dans le contrôle du mouvement, le système visuel semble jouer un rôle prépondérant chez la plupart des individus non déficients sur ce plan. Mace (1977), a d'ailleurs relevé que, lorsqu'il y avait conflits entre différentes sources d'informations, ils étaient la plupart du temps résolus à l'avantage du système visuel. Buekers (1995) constate également, à la lumière des différentes données actuellement disponibles, qu'au début du processus d'apprentissage tout apprenant a tendance à utiliser prioritairement l'information visuelle.

L'efficacité constatée de notre document écrit d'informations verbales et imagées, ainsi en grande partie éclairée de toutes ces données, se voit d'autant mieux expliquer que d'autres travaux (Buekers et coll., 1994) tendent à montrer que, lorsque le sujet est confronté à deux sources d'information concurrentes, son choix se porte le plus souvent vers le canal sensoriel qu'il utilise dans le contrôle de sa réponse motrice. Dans le cas du tir à l'arc, cela se traduirait par le choix du canal visuel, et c'est justement celui que propose le document écrit d'informations verbales et imagées.

Enfin, cette efficacité pourrait également tenir à la multiplicité des supports d'encodage qu'il introduit. Il respecte en effet les caractéristiques requises par le principe du

double encodage (Denis, 1989 ; Lieury, 1995 ; Paivio, 1986) qui favorise la mémorisation et le rappel de l'information via l'augmentation de la richesse des représentations mentales : il associe en effet des informations imagées à des informations verbales en leur donnant de surcroît un caractère non fugitif par le biais de l'écrit. Denis (1971) avait déjà montré à ce propos qu'une information transmise par une démonstration commentée directe ou filmée était moins bien rappelée que si elle l'était par un message verbale écrit : car dans le premier cas le sujet ne régule pas lui-même sa "vitesse de lecture" du document, elle lui est imposée, alors que dans le deuxième cas, il en est maître et peut même opérer des retours en arrière.

Outre le fait qu'elle a mis globalement en évidence, et de façon indifférenciable pour les trois populations étudiées, cet effet positif de la multiplication des sources d'information et de l'incitation à l'activité cognitive dans un apprentissage moteur, cette première expérimentation nous indique également qu'un tel apprentissage reste malgré tout qualitativement dépendant des caractéristiques de l'intégrité physique et/ou cognitive des individus. Les sujets handicapés moteurs et les sujets déficients cognitifs obtiennent de moindres résultats que les sujets valides respectivement issus des mêmes groupes : le geste qu'ils effectuent est moins maîtrisé (Me), moins stable dans sa reproduction (Ig, Fg) et donc moins efficace (Eg).

Pour les sujets déficient cognitifs la faiblesse de leurs résultats par rapport aux sujets valides peut être attribuée en grande partie aux difficultés et aux limites de leur fonctionnement cognitif, confirmant ainsi le rôle des facteurs cognitifs dans la préparation, l'exécution et le contrôle de l'acte moteur, comme le soulignent de nombreux auteurs dans leurs récentes productions (Chamberlin et Magill, 1992a et b ; Chevalier, 1987, 1995 ; Denis et coll., 1989 ; Hauert, 1986 ; Hauert et Pellizer G., 1992 ; Magill, 1993, 1995 ; Magill et coll., 1991 ; Marteniuk, 1986 ; Masson, 1990 ; Zanone et Hauert, 1987).

Il nous faut toutefois souligner ici l'un des points un peu inattendu de cette première expérimentation et qui concerne cette population de déficients cognitifs. Cette population, qui se différencie nettement de la population de sujets valides par la faiblesse de ses performances dans cet apprentissage, ne diffère toutefois pas de cette population valide pour ce qui concerne l'effet du facteur relatif aux conditions d'apprentissage. Les sujets déficients cognitifs du groupe expérimental, malgré les difficultés rencontrées et le rejet qu'elles entraînent pour eux de toute activité ou analyse trop centrée sur le fonctionnement cognitif (Therme et Raufast, 1987), obtiennent de meilleurs résultats que ceux de leur groupe témoin. Ils sont donc sensibles à ce document écrit d'informations verbales et imagées et leurs apparentes limites sur le plan de leur fonctionnement cognitif semblent bien surmontables et dépassables lorsque des outils spécifiques de remédiation leur sont

proposés : l'utilisation du document écrit d'informations verbales et imagées a, pour eux aussi, un effet positif sur la qualité de leur apprentissage.

Pour les sujets handicapés moteurs, la faiblesse de leurs résultats par rapport aux sujets valides, pourrait - en première hypothèse - sembler directement liée à leur déficit sur le plan moteur. Si elle peut effectivement l'être, nous pouvons toutefois faire l'hypothèse que ça ne l'est pas directement. En effet, dans la constitution de cette population, nous avons pris la précaution de ne retenir que des sujets dont le handicap moteur ne compromettrait pas l'acquisition dans son intégralité qualitative de l'habileté motrice de tir à l'arc. On peut donc supposer que le surplus de difficultés rencontrées par ces sujets dans cet apprentissage moteur puisse être lié à la nécessité de résoudre cognitivement et comportementalement des problèmes supplémentaires liés à la nature du handicap. Pour les handicaps moteurs retenus ici, ces problèmes étaient essentiellement centrés sur l'équilibre instable occasionné par exemple par une insuffisance de la ceinture abdominale ou par la faiblesse musculaire d'un membre inférieur. Ces sujets ont donc à effectuer simultanément deux opérations : l'apprentissage de l'habileté motrice et la construction d'une solution spécifique adaptée à la "compensation" de leur handicap. Or, comme certains auteurs ont pu le montrer (Smith et Chamberlin, 1991 ; Leavitt, 1979), l'addition d'un élément demandant une activité motrice et surtout cognitive supplémentaire pendant l'acquisition et l'exécution d'une tâche motrice a toujours un effet négatif sur la performance des sujets pour cette tâche, sauf si ceux-ci ont déjà un haut niveau d'expertise (Leavitt, 1979).

Ainsi, nos sujets handicapés moteurs devant gérer des contraintes motrices supplémentaires comme celle d'un maintien plus délicat de l'équilibre se voient, au moins dans les premiers temps de leur apprentissage, "surchargés" en activité cognitive et peuvent donc de ce fait voir le niveau de leurs performances en partie affaibli.

Sur les plans pédagogique et didactique, ces résultats suggèrent qu'il faut éviter de proposer des tâches motrices nouvelles dans lesquelles interviendraient simultanément trop de contraintes, en particulier avec des sujets handicapés moteurs pour qui le nombre de ces contraintes est déjà accru par le handicap. Comme le mentionne Smith (Smith et Chamberlin, 1991), pour diminuer ces contraintes, dans le souci d'une réduction des temps de pratique, on peut diminuer les difficultés face aux exigences de la tâche en permettant aux sujets naïfs d'identifier plus aisément les éléments de base de cette tâche. C'est ce à quoi contribue notre document écrit d'informations verbales et imagées et qui peut expliquer son efficacité, en particulier pour une population dont le handicap peut multiplier les contraintes en situation d'apprentissage moteur.

#### **4. Justification et orientation des deuxième et troisième études portant sur des sujets en développement (Expérimentations 2 et 3).**

La première expérimentation a montré, chez des populations préadultes et adultes parvenus à un certain terme de leur développement mental, l'efficacité du traitement cognitif de l'information par l'imagerie mentale et la modulation de cette efficacité en fonction de la complexité de l'apprentissage. La population de déficients cognitifs a permis d'apprécier ce rôle chez des sujets dont les capacités intellectuelles sont limitées, particulièrement au niveau de l'abstraction et de la formalisation. Avec la population de sujets handicapés moteurs, nous avons pu observer qu'avec des individus sensiblement homogènes sur le plan mental, mais dont l'image du corps et les facultés motrices étaient modifiées, le rôle des représentations mentales demeurait toujours prépondérant pour l'acquisition d'une habileté motrice.

Toutefois, si les apprentissages moteurs soumis à la population scolaire s'adressent pour une partie à des individus parvenus au terme de leur développement cognitif, ils concernent dans leur grande majorité des sujets dont les capacités intellectuelles sont en cours de développement, en particulier celles relatives à l'abstraction et à l'imagerie mentale. Par conséquent, si on se place dans une perspective éducative, il apparaît essentiel d'évaluer l'évolution de l'efficacité d'une incitation à l'activité cognitive dans l'apprentissage moteur chez des sujets en cours de développement. Nous avons limité cette étude à une période charnière décrite classiquement comme celle où l'individu passe du "traitement concret" du réel perçu à une abstraction de plus en plus formelle (Bruner, 1966, 1983 ; Inhelder et Piaget, 1957 ; Piaget, 1947, 1959, 1969 ; Tran-Thong, 1974 ; Wallon, 1982).

C'est en particulier à cette période que s'affirme l'abstraction conceptuelle (Barth, 1987), le support verbal prenant de plus en plus d'importance dans la construction des représentations mentales.

Nous avons donc étudié une population scolaire d'âge compris entre 8 et 16 ans, subdivisée en deux classes d'âge (8-11 et 12-16) correspondant à des étapes significatives du développement cognitif. Dans cette recherche (expérimentation 3), le fonctionnement cognitif des sujets, pour son niveau et sa qualité, n'est donc plus appréhendé simplement en termes de déficience globale ou non (expérimentation 1), mais nous le considérons comme un facteur qui évolue qualitativement au cours du développement des individus. Nous avons

donc, dans les expérimentations suivantes (2 et 3), abandonné l'étude de sujets déficients cognitifs au profit de la comparaison de sujets à des stades différents de leur développement cognitif.

En revanche, les sujets handicapés moteurs nous paraissent pouvoir être d'excellents révélateurs de certains points caractérisant spécifiquement les adolescents. C'est la raison qui nous a paru plus que suffisante pour retenir cette population dans nos investigations expérimentales, en particulier celles menées avec des adolescents (expérimentation 2).

Nous avons donc choisi de retenir comme objet d'une de nos études une population en période de transformation (entre autres au niveau des représentations) et en relative instabilité, la population des adolescents. Considérée parfois comme un phénomène essentiellement social et affectif (Lehalle, 1985 ; Rutter, 1980), l'adolescence est toutefois d'abord un phénomène biologique (Petersen, 1980), une période de croissance entre l'enfance et la maturité. Les changements physiques sont liés à l'évolution pubertaire (puberté surrénalienne définie par la stimulation de la puberté androgénique et puberté gonadique déclenchée par la diminution de sensibilité des récepteurs hypothalamo-hypophysaires aux stéroïdes sexuels). Durant cette période la masse musculaire est multipliée par deux, la croissance staturale est accélérée (15 cm en moyenne les 2 premières années de la puberté chez le garçon). Il y a de surcroît un besoin important de conformité, qui peut même se traduire parfois par des dysmorphophobies. A cette période l'adolescent éprouve souvent, pour situer ses limites, le besoin d'expériences nouvelles. Le tir à l'arc en est une et à ce titre il permet de garantir chez les sujets en début d'apprentissage un degré minimal de motivation.

Dans cette phase d'importantes transformations biologiques, morphologiques, psychologiques, intellectuelles, nous pouvons espérer trouver des amplifications d'effets gouvernant l'apprentissage en général et l'acquisition d'habiletés motrices en particulier. Cette amplification risque d'être encore bien plus marquée dans une population où le handicap, moteur en l'occurrence, va donner une intensité beaucoup plus grande à l'expression de ces transformations et à leurs conséquences pour l'individu.

En effet, les transformations corporelles de l'individu au cours de cette période de la vie peuvent aggraver les conséquences et les déficiences du handicap en les révélant avec insistance. Pour l'enfant plus jeune, sa plasticité corporelle autorise certaines compensations. Arrivé à cet âge de l'adolescence, la croissance importante dans un temps réduit, puis la stabilisation de la morphologie du sujet, peuvent entraîner des perturbations de l'image qu'il a de son corps et des incertitudes sur ses nouvelles aptitudes physiques.

Tout ceci est susceptible de modifier les représentations mentales du sujet et leur efficacité dans les apprentissages, surtout sur le plan moteur.

Ces changements dans le domaine de l'apprentissage sont aussi accentués par les inquiétudes inhérentes au passage de la vie d'enfant à la vie d'adulte. A ce stade de son développement, l'individu devient capable d'associer et d'analyser les éléments qui l'entourent et de les envisager et de les exprimer en termes de probabilités. Lorsque la prise de conscience s'effectue sur fond de déficience et d'incertitude, comme chez les adolescents handicapés moteurs, les interrogations qu'elle fait naître sont de nature à modifier l'intérêt que le jeune accorde aux différents apprentissages dans lesquels il est engagé, notamment vis à vis des activités physiques. Même si ces activités physiques peuvent lui permettre de redécouvrir son corps, conjointement elles servent toutefois aussi de révélateur de ses capacités ou incapacités. Ceci est donc susceptible d'influencer la motivation du sujet à produire une habileté motrice adaptée aux exigences d'une situation et, dans le même temps, de moduler ses capacités à se représenter mentalement les gestes de son action.

Cette étude portant sur des adolescents, et des adolescents handicapés moteurs en particulier, nous permettra de préciser si l'incitation à l'activité cognitive lors de l'acquisition d'une habileté motrice peut aboutir à une certaine compensation de leurs difficultés relatives à cette période particulière de leur développement et favoriser chez eux, pour ce faire, l'émergence de représentations mentales du geste pertinent et d'une habileté motrice adaptée.

Après ces justifications concernant nos choix de populations, nous devons également donner celle des modalités retenues au niveau de la complexité de l'habileté motrice et des outils utilisés pour inciter et favoriser l'activité cognitive des sujets expérimentaux. Nous le ferons surtout à partir des constats et conclusions établis à partir de la première expérimentation.

Les résultats de la première recherche ont montré que l'activité cognitive favorise d'autant plus l'acquisition d'habiletés motrices que celles-ci sont plus complexes. En effet, l'incitation à l'activité cognitive n'a pas permis de différencier les sujets expérimentaux des témoins pour l'acquisition d'une habileté motrice trop simplifiée comme pouvait l'être dans les conditions choisies (distance de tir, grandeur du blason) le tir en visée-flèche. Souhaitant nous adresser, dans les expériences suivantes, à des populations plus jeunes, nous n'avons pas jugé opportun de maintenir l'habileté la plus complexe qu'est le tir en visée-viseur. Nous

avons toutefois rendu plus complexe l'habileté en visée-flèche, en augmentant la distance de tir, en réduisant le diamètre du blason et en fixant un critère de groupement des flèches (distance entre 2 flèches) plus exigeant. La recentration de l'apprentissage sur le seul mode de tir permet de surcroît de diminuer le risque de déperdition des effectifs, les absences des sujets aux différences séances étant moins probable lorsque l'on diminue la durée totale du cycle. Cette réduction de la durée des cycles permet également de limiter l'interférence avec tous les aléas liés à la vie d'un établissement scolaire dont la conséquence principale est de compromettre la continuité programmée de chaque cycle.

Comme dans la première expérience, nous avons cherché à évaluer la qualité des représentations mentales que l'apprenant a du geste technique attendu et du geste qu'il effectue, mais nous ne nous sommes plus limité à leur évaluation au dernier test. Dans les deux dernières expérimentations, ces représentations sont en effet évaluées à chacun des 4 tests afin de pouvoir en étudier leur évolution. Ceci peut également rendre possible une recherche de l'antériorité d'acquisition de l'une par rapport à l'autre, ou bien encore de chacune d'elle par rapport à l'acquisition de la maîtrise de l'exécution du geste.

Pour nous garantir d'une réelle incitation à l'activité cognitive des sujets expérimentaux, il nous a paru souhaitable de multiplier les utilisations du document écrit d'informations verbales et imagées par rapport à la première expérimentation où celui-ci n'était utilisé par les apprenants qu'au moment des séances d'apprentissage et de pratique. Ceci nous a conduit à en faire un document personnel et à en programmer l'utilisation par les apprenants lors de séances intermédiaires sans pratique, au tout début de l'apprentissage et entre les séances d'apprentissage avec pratique.

Dans ces deux recherches, il nous a aussi semblé important d'appréhender une partie des mécanismes mis en jeu par l'activité cognitive dans la construction des représentations mentales du geste. Entre autres, nous avons donc cherché à tenir compte des différents supports potentiels que les sujets peuvent utiliser pour construire leurs représentations mentales. Si on part de l'hypothèse que le débutant appréhende essentiellement visuellement les informations pour construire son geste en particulier à partir des résultats que celui-ci produit, il nous a semblé judicieux de tenter de considérer l'importance relative de ce support privilégié visuel pour l'activité cognitive dans la construction des représentations..

C'est ainsi que, pour évaluer aussi bien le geste que les représentations mentales que le sujet en a, nous avons tenté de diversifier les indicateurs en en choisissant certains à dominante visuelle (par exemple la visée et l'allonge) et d'autres à dominante

somatokinesthésique (par exemple l'armement et les positions avant et après décoche). En outre, le fait de retenir ces cinq éléments indicateurs au lieu de deux lors du premier protocole permet d'affiner les mesures et les résultats et donc d'accentuer encore la portée de leurs analyses. L'accroissement du nombre de ces indicateurs est également justifié par la complexification de la tâche dans le mode de tir en visée-flèche dans les 2ème et 3ème expérimentations. Enfin nous avons, comme dans la première expérience, fait porter cette évaluation plus fine des représentations mentales sur celles que l'individu a d'une part du geste technique attendu et d'autre part du geste qu'il a lui même réellement effectué.

Dans ces deux expérimentations, nous avons donc eu un double objectif :

- au niveau de la problématique de ce travail : répondre à des points nouveaux, en particulier tenter de préciser la modulation éventuelle de l'efficacité de l'activité cognitive dans l'acquisition d'une habileté motrice en fonction du niveau de fonctionnement cognitif atteint par l'apprenant en cours de développement,

- au niveau de la méthode : affiner, pour les rendre plus pertinentes, les évaluations du geste moteur comme de ses représentations mentales en multipliant les observations et les indicateurs pris en compte.

## 5. Expérimentation 2

### 5.1. Matériel et méthode

#### 5.1.1. Sujets

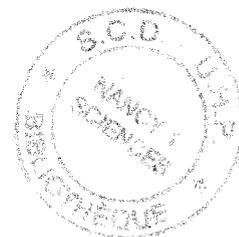
Les 31 sujets observés sont des adolescents de sexe masculin, d'âges compris entre 12 et 16 ans (médiane 14 ans 6 mois). Ils se répartissent dans 2 populations, l'une de sujets valides et l'autre de sujets handicapés moteurs. Chacune de ces 2 populations est répartie dans 2 groupes, l'un témoin, l'autre expérimental, selon des effectifs précisés dans le Tableau IX.

**Tableau IX**  
Répartition des sujets Témoins et Expérimentaux dans les 2 populations d'adolescents Valides (Va) et Handicapés moteurs (Hm)

	Témoins	Expérimentaux	Total
<b>Sujets Valides (Va)</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>13</b>
<b>Sujets Handicapés moteurs (Hm)</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>18</b>

Les sujets handicapés moteurs ont été sélectionnés en fonction de la même classification que celle utilisée lors de la première expérimentation, tant par rapport à la nature de leur handicap que par rapport à leurs possibilités motrices.

Les sujets adolescents valides et handicapés moteurs ont tous été soumis à l'épreuve d'aptitude physique utilisée dans l'expérimentation 1, ce qui a permis d'évaluer leurs possibilités physiques mais aussi de leur attribuer un matériel adéquat (en taille et en puissance). Ce test d'aptitude est d'autant plus indispensable que des sujets handicapés peuvent éventuellement être plus rapidement fatigable. En évitant ce biais consécutif à la fatigue directement issue de l'activité elle-même (fatigue qui concerne essentiellement les membres supérieurs), on peut alors espérer que les résultats aux différents tests de performances traduisent le plus fidèlement possible le niveau d'habileté atteint par les apprenants.



### **5.1.2. Protocole expérimental**

Il s'agit, comme dans la première expérimentation, de soumettre des sujets à l'apprentissage d'une habileté motrice avec ( groupes expérimentaux ) ou sans ( groupes témoins ) l'aide d'un support écrit visant à favoriser l'activité cognitive des apprenants.

Les résultats de la première expérience combinés aux orientations de la recherche ont entraîné quelques modifications en ce qui concerne les conditions de tir et certains critères de son évaluation :

- seul le mode de visée-flèche a été retenu pour le tir ;
- la distance qui sépare la cible du tireur a été augmentée, elle passe de 6 à 10 mètres ;
- la taille du blason sur lequel l'impact des flèches permet de comptabiliser les points a été diminuée. Son diamètre passe de 80 à 60 cm ;
- enfin, en ce qui concerne les critères de groupement des flèches sur la cible, la distance maximale entre les deux flèches les plus éloignées d'une volée de trois a également été réduite de 10 cm. Le critère le plus exigeant passe de 20 à 10 cm et le moins exigeant de 30 à 20 cm.

Théoriquement, la visée-flèche pour être efficace, n'exige pas que le tireur retrouve une régularité de position qui conserve strictement les repères corporels d'un tir à l'autre puisque le sujet dispose de deux repères stables : les deux extrémités de la flèche (encoche, pointe) à aligner avec le centre de la cible pour ajuster sa visée. Ces deux repères sont indépendants des contingences relatives à la position finale du tireur. Toutefois, l'augmentation de la distance du tir et la diminution de la taille du blason font qu'une variation trop grande d'un tir à l'autre des autres repères (main sur le visage, prise de corde) réduit l'analyse et la fiabilité des deux repères indépendants utilisés pour la visée et diminue ainsi la précision du tir (point d'impact des flèches sur le blason) et le groupé des flèches.

### **5.1.3. Succession des séances d'apprentissage**

L'apprentissage s'est effectué sur un cycle de six séances hebdomadaires consécutives.

La chronologie des séances et la répartition des tests sont indiquées dans le Tableau X.

**Tableau X**  
**Contenu et chronologie des séances d'apprentissage et de tests**  
**au cours des 6 semaines (S1 à S6) de l'expérimentation 2**

Semaines	1	2	3	4	5	6
Séances	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6
Apprentissage et pratique (Ap)	Ap1		Ap2		Ap3	
Apprentissage sans pratique (A)	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	
Tests Perf.	T1	T2		T3		T4

Chacun des 4 tests comporte :

- la mesure de performance en nombre de points marqués à la cible,
- l'observation qualitative par l'expérimentateur du geste effectué dans la dernière volée,
- l'évaluation des représentations de l'apprenant à l'aide d'un questionnaire (représentation du geste technique qu'il faudrait effectuer, représentation du geste réellement effectué par le sujet - annexe 11).

Les séances d'apprentissage sont identiques et traitent des 5 éléments du geste qui font l'objet de l'observation (armement, allonge optimale, visée, position avant décoche, position après décoche). Au cours de chaque test, 7 volées sont tirées dont une (la première) n'est pas comptabilisée car elle fait fonction d'échauffement.

Les 2 types de séances, apprentissages (Ap1, Ap2, Ap3 - Tab. X) et tests (T1, T2, T3, T4 - Tab. X) se divisent en deux phases :

- phase d'observation : elle est identique pour les deux types de séances (test, et transformation). Elle comprend deux démonstrations du geste, effectuées par l'expérimentateur.

- la première démonstration de l'ensemble du geste reprend point par point le document écrit d'informations verbales et imagées (annexe 10) distribué aux sujets du groupe expérimental.

Ainsi cette démonstration précise le geste technique attendu ainsi que les défauts inhérents à chacune des cinq phases dynamiques du tir qui dans l'ordre de leur apparition sont : (1) l'armement, (2) l'allonge constante, (3) la visée, (4) les repères tactiles (position avant décoche), (5) la position après le tir.

Au cours de cette démonstration l'expérimentateur accompagne son geste des commentaires figurant dans le document écrit d'informations verbales et imagées.

-La seconde démonstration est réalisée par l'expérimentateur à partir d'instructions données par les apprenants eux-mêmes. Les sujets témoins s'appuient sur leur seule mémoire, tandis que les sujets expérimentaux se réfèrent au document écrit d'informations verbales et imagées pour indiquer les différentes phases du tir. En cas d'instructions erronées, les sujets sont invités à les corriger en se référant respectivement aux éléments dont il dispose.

- Phase de pratique : elle varie selon les étapes de l'expérimentation où l'on se trouve. Elle présente deux formes différentes :

- Les tests (Tab X : T1, T2, T3, T4 ; annexe 12 : séances 1, 2, 3, 4)

Les sujets ont une volée d'échauffement (les points marqués ne sont pas comptabilisés). Ensuite ils effectuent 6 volées dans lesquelles les point marqués par chacune des 3 flèches sont comptés. Les apprenants sont deux par cible. Ils tirent à tour de rôle leurs 3 flèches consécutivement en respectant toujours le même ordre de passage. Ces tests s'effectuent dans le silence afin d'éviter que certains sujets influencent le tir du partenaire qui vise la même cible que lui. Ainsi les performances obtenues sont donc bien l'aboutissement les actions du sujet et de lui seul.

Après la dernière volée et en se référant uniquement à celle-ci, le sujet remplit le questionnaire d'évaluation de ses représentations mentales du geste (1 pour le geste technique attendu, 1 pour le geste réellement effectué Annexe 11)

- Les séances d'apprentissages et de pratique (Ap1, Ap2, Ap3 - Tab X ; annexe 12 séances 1, 3, 5)

Avant d'aborder le premier élément le démonstrateur rappelle le placement correct des mains pour saisir l'arc et la corde. Pour les 2ème, 3ème, 4ème, et 5ème éléments l'expérimentateur précise seulement à l'ensemble des sujets du groupe de respecter ces saisies.

Durant la séance il observe systématiquement les gestes effectués par les sujets et les commente oralement : signalement de l'erreur ou approbation en cas de réussite.

#### 5.1.4. La différenciation des supports d'apprentissage

Chacune des deux populations (Adolescents valides, Adolescents handicapés moteurs) soumises à l'apprentissage du tir à l'arc a donc été divisée en deux groupes, l'un témoin et l'autre expérimental. Au cours des séances d'apprentissage (A1 à A6), pendant les phases de démonstrations et d'exercices :

- pour le groupe Témoin, les informations apportées par l'expérimentateur se font uniquement sur la base de commentaires oraux (dont le contenu correspond à celui écrit annexe 10) ,
- pour le groupe Expérimental, ces informations orales s'appuient sur le document écrit d'informations verbales et imagées (annexe 10) dont dispose en permanence chaque sujet.

Le temps global, consacré par séance à ces explications est de 7 à 8 minutes pour le groupe témoin comme pour le groupe expérimental. Cette intervention s'effectue au début de chaque séance.

Pour tous les sujets (expérimentaux et témoins), un travail essentiellement mental d'une durée de 30 minutes est réalisé sur le contenu de chaque séance, 72 heures après celle-ci (Tab.X, Apprentissage sans pratique = A). Les thèmes retenus sont relatifs à la position du tireur, à son geste ( par rapport aux 5 indicateurs que nous avons retenus pour observer le geste ). Cette réflexion s'effectue uniquement sur la base d'échanges oraux pour le groupe témoin. Elle s'appuie sur le document écrit d'informations verbales et imagées (annexe 10) pour le groupe expérimental. Ce travail est dirigé par l'expérimentateur.

#### 5.1.5 Paramètres retenus

Nous les avons regroupés en deux catégories en fonction de ce qu'ils caractérisent.

La première catégorie concerne les paramètres servant à l'évaluation du geste effectué par l'apprenant. Ces paramètres sont les suivants.

- **L'Efficacité du geste (Eg)**, comme dans la première expérimentation, est traduite par le nombre moyen de points marqués par flèche ( $0 < Eg < 10$ ) au cours de chaque test comportant 6 volées de 3 flèches.

• **La Maîtrise de l'exécution (Me)** est évaluée par la différence constatée entre le geste réalisé par le sujet et le geste technique attendu, défini comme le plus approprié. Cette différence est appréciée par l'expérimentateur selon cinq critères qui sont :

- l'armement : c'est la mise en tension de la corde en produisant le moins d'efforts possible. Cela nécessite d'avoir l'avant-bras du bras de corde horizontal lors de la traction de la corde de l'arc ;

- l'allonge optimale : c'est la distance qui sépare le point d'encoche de la flèche de la poignée de l'arc. Elle doit être la plus grande possible en respectant les impératifs de la visée ;

- la visée : pour obtenir une visée correcte, il faut aligner l'oeil, l'encoche et la pointe de la flèche avec le centre du blason (matérialisé par le cercle de couleur jaune) ;

- la position avant décoche : elle correspond à l'analyse du mouvement. L'archer doit avoir des repères ( index de corde contre le coin de la lèvre ) et les conserver au moment du tir, lors de la décoche ;

- la position après décoche : elle correspond au maintien du bras d'arc en position horizontale pour éviter toute déviation de la flèche pouvant être causée par un abaissement qui anticiperait le lâcher de corde.

La justesse de ces positions est notée en binaire : 1=position correcte, 0=position incorrecte.

• **La reproductibilité du geste** a été évaluée au cours des 6 volées qui composent chacun des 4 tests. A chaque volée de 3 flèches, on mesure la distance (d) qui sépare les 2 flèches les plus éloignées.

Un indice de groupement (i) est affecté à chaque volée. La distance d ne doit pas excéder 20 centimètres

Si  $d > 20$ , alors  $i = 0$

Si  $20 < d < 10$ , alors  $i = 1$

Si  $d > 10$ , alors  $i = 2$

Un **Indice global de groupement (Ig)** est obtenu en additionnant les i des 6 volées du test. Cet indice de groupement varie donc entre 0 et 12.

La **Fréquence de ce groupement (Fg)** sur une même zone de la cible constitue, comme dans la première expérience, le second indicateur de la reproductibilité du

geste. Il a également été évalué à chacun des 4 tests. Le numéro de la zone où un "groupé" ( $d < 20$ ) a été observé est noté à chaque volée. Cette fréquence de groupement sur une même zone au cours d'un même test correspond au nombre le plus élevé de fois où une même zone de groupement apparaît au cours des 6 volées. Elle varie donc entre 0 et 6 (0, le sujet n'a jamais groupé ses flèches ; 6, le sujet a groupé six fois les flèches dans la même zone).

La seconde catégorie de paramètres a trait à l'évaluation des représentations mentales élaborées par l'apprenant concernant le geste qu'il a réellement effectué et le geste technique attendu d'un expert. Ces paramètres sont les suivants.

• **La Représentation mentale du geste technique attendu (Rgt )**

Cela correspond à la représentation du geste technique attendu. Le sujet qui livre cette représentation le fait par l'intermédiaire du questionnaire (Annexe 11) qu'il remplit en se référant à la dernière volée de chaque test, volée durant laquelle il a été observé par l'expérimentateur. Pour répondre, il doit indiquer parmi plusieurs photos montrant des positions différentes (il dispose de 3 à 4 photos par question), celle qui correspond à la position correcte.

Cette représentation recouvre 5 éléments du geste qui font chacun l'objet d'une question. Ces éléments sont, dans l'ordre de leur apparition dans le mouvement : l'armement, l'allonge optimale, la visée, la position avant décoche, la position après décoche.

Pour le sujet, cela revient à indiquer pour chacune d'entre elles ce qu'il pense qu'il aurait fallu faire au cours du tir.

La qualité de la représentation mentale du geste technique attendu traduit la différence qui existe pour chacun des cinq éléments entre ce que le sujet pense être le geste technique défini comme le plus approprié et ce qu'il est réellement pour un expert.

Chacune des 5 réponses du sujet concernant les 5 éléments du geste est notée en binaire :

0 = Représentation incorrecte      1 = Représentation correcte

Ce paramètre Rgt varie donc entre 0 et 5.

• **La représentation mentale du geste effectué ( Rge )**

Cette représentation de l'apprenant a été recueillie selon les mêmes modalités et à partir du même questionnaire de fin de séance que celui utilisé pour le recueil des représentations mentales du geste technique attendu (Annexe 11).

Ici, le sujet devait indiquer dans chacune des 5 questions, quelle était sa position, c'est-à-dire ce qu'il pensait avoir fait lors de ses 3 tirs de la dernière volée. S'il pensait avoir fait varier sa position pour un même élément du geste au cours des tirs d'une même volée, il devait indiquer celle qui répondait en moyenne le plus à son attitude.

Parallèlement à cette auto évaluation, l'observation du geste réellement effectué est réalisée par l'expérimentateur. Comme l'observation porte sur trois tirs, pour que l'élément observé soit considéré comme correct, il fallait que le sujet ait produit au moins deux mouvements corrects sur les 3. Cette évaluation par l'expérimentateur porte sur les 5 éléments retenus précédemment.

La qualité de la représentation du geste effectué traduit donc la différence qui existe pour chacun des 5 éléments du geste entre ce que le sujet pense avoir fait (auto évaluation) et ce qu'il a fait réellement (évaluation par l'expérimentateur).

Chacune des 5 correspondances concernant les 5 éléments du geste est notée en binaire :

0 = Représentation incorrecte    1 = Représentation correcte

Ce paramètre Rge varie donc entre 0 et 5.

**5.1.6. Traitements statistiques :**

Les données ont été traitées par des calculs et tests paramétriques.

Les différentes populations et les différents groupes de sujets étudiés ont été caractérisés, pour chaque paramètre, par leur moyenne ( $m$ ) associée à l'erreur standard (e.s.).

Les études des effets des différents facteurs ont été menées à l'aide de l'analyse de la variance (Anova). Les comparaisons de moyennes ont été faites avec le test PLSD de Fisher (test de la plus petite différence significative entre deux moyennes).

Les relations entre 2 variables au sein d'une même population ont été caractérisées par le coefficient  $r$  de corrélation de Bravais-Pearson.

## **5.2. Résultats**

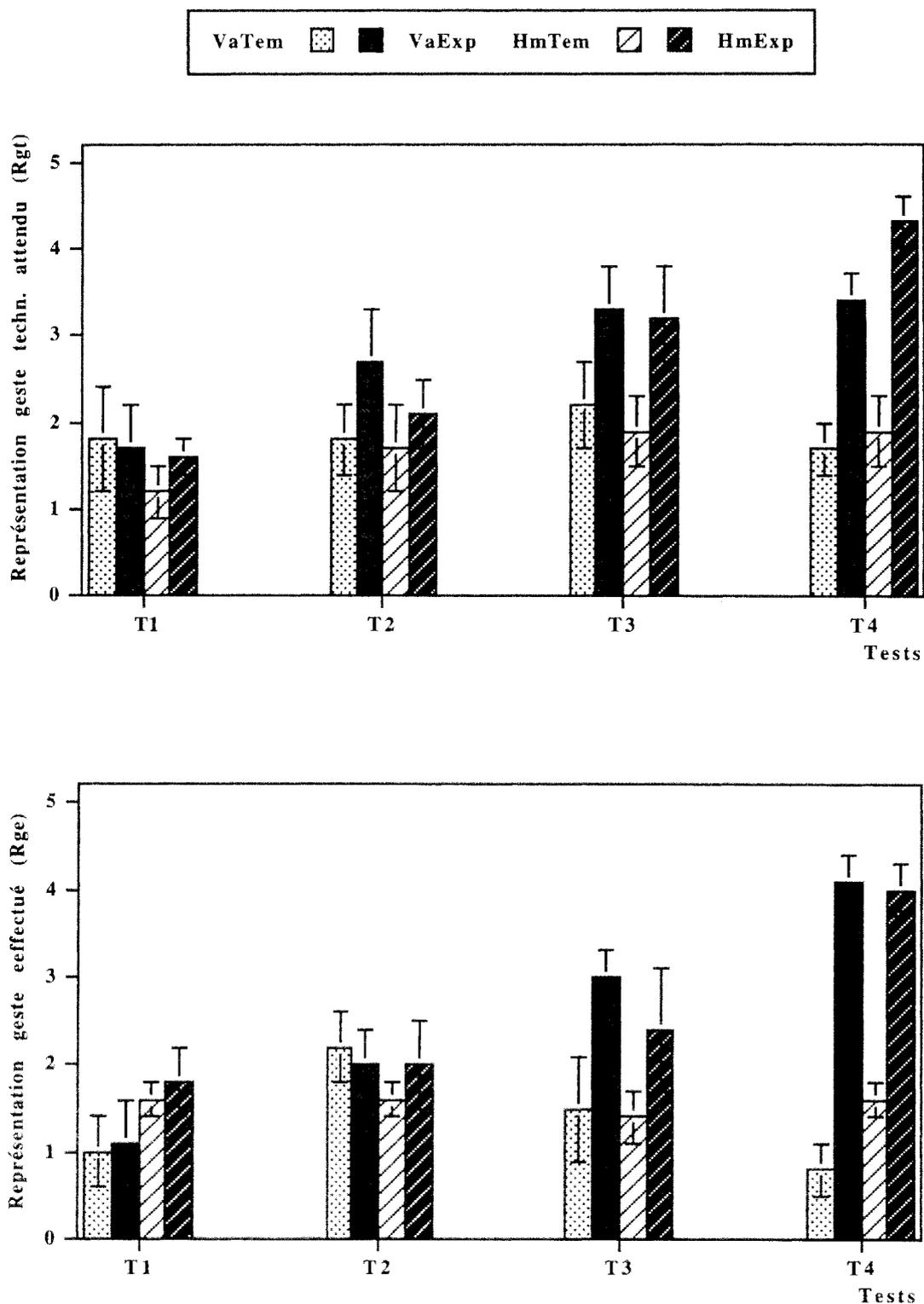
### **5.2.1. Résultats des groupes Témoins et expérimentaux dans les 2 populations étudiées (Va et Hm) :**

Les moyennes et erreurs standards caractérisent les résultats obtenus par les groupes Témoins et Expérimentaux de chacune des deux populations (Va et Hm) pour les 4 catégories de paramètres : efficacité du geste (Eg), maîtrise de l'exécution du geste (Me), reproductibilité du geste (Ig et Fg) et qualité des représentations qu'a l'apprenant du geste effectué (Rge) et du geste technique attendu (Rgt) (Tab. XI ; Fig.11, 12 et 13).

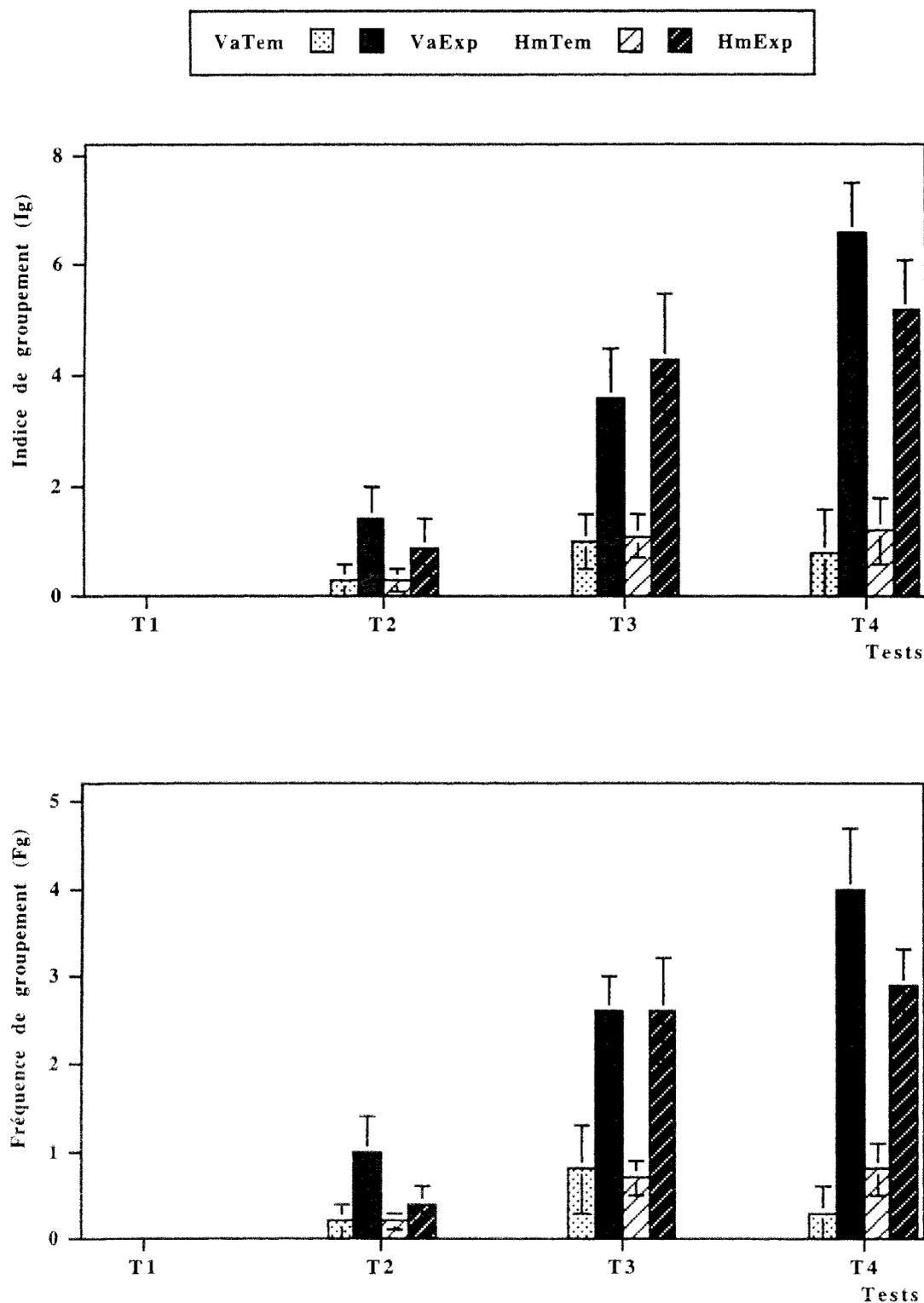
**Tableau XI**  
**Performances moyennes des groupes témoins (Tem) et expérimentaux (Exp)**  
**des 2 populations de sujets adolescents valides (Va) et handicapés moteurs (Hm)**  
**pour les 6 paramètres retenus (Eg, Me, Ig, Fg, Rgt, Rge) aux 4 tests (T1 à T4).**

		Population Valides (Va)				Population Handicapés moteurs (Hm)			
		Groupe Tem		Groupe Exp		Groupe Tem		Groupe Exp	
		m	e.s	m	e.s	m	e.s	m	e.s
<b>Eg</b> EFFICACITE du geste effectué	T 1	1,7	0,6	1,9	0,7	1,5	0,3	1,1	0,5
	T 2	2,8	0,6	3,2	1,0	2,6	0,6	3,2	0,7
	T 3	3,5	0,5	6,7	0,3	3,3	0,6	5,7	0,6
	T 4	3,3	0,5	7,3	0,4	3,9	0,5	6,2	0,5
<b>Me</b> MAITRISE d'exécution du geste effectué	T 1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,7	0,3
	T 2	1,8	0,2	1,6	0,6	1,8	0,5	1,9	0,5
	T 3	1,0	0,4	3,7	0,4	2,2	0,4	3,7	0,5
	T 4	1,5	0,3	4,1	0,3	3,0	0,5	4,6	0,2
<b>Ig</b> REPRODUCTIBILITE du geste effectué Indice de grpt	T 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	T 2	0,3	0,3	1,4	0,6	0,3	0,2	0,9	0,5
	T 3	1,0	0,5	3,6	0,9	1,1	0,4	4,3	1,2
	T 4	0,8	0,8	6,6	0,9	1,2	0,6	5,2	0,9
<b>Fg</b> REPRODUCTIBILITE du geste effectué Fréquence de grpt	T 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	T 2	0,2	0,2	1,0	0,4	0,2	0,1	0,4	0,2
	T 3	0,8	0,5	2,6	0,4	0,7	0,2	2,6	0,6
	T 4	0,3	0,3	4,0	0,7	0,8	0,3	2,9	0,4
<b>Rgt</b> Qualité de REPRESENTATION geste tech. attendu	T 1	1,8	0,6	1,7	0,5	1,2	0,3	1,6	0,2
	T 2	1,8	0,4	2,7	0,6	1,7	0,5	2,1	0,4
	T 3	2,2	0,5	3,3	0,5	1,9	0,4	3,2	0,6
	T 4	1,7	0,3	3,4	0,3	1,9	0,4	4,3	0,3
<b>Rge</b> Qualité de REPRESENTATION geste effectué	T 1	1,0	0,4	1,1	0,5	1,6	0,2	1,8	0,4
	T 2	2,2	0,4	2,0	0,4	1,6	0,2	2,0	0,5
	T 3	1,5	0,6	3,0	0,3	1,4	0,3	2,4	0,7
	T 4	0,8	0,3	4,1	0,3	1,6	0,2	4,0	0,3

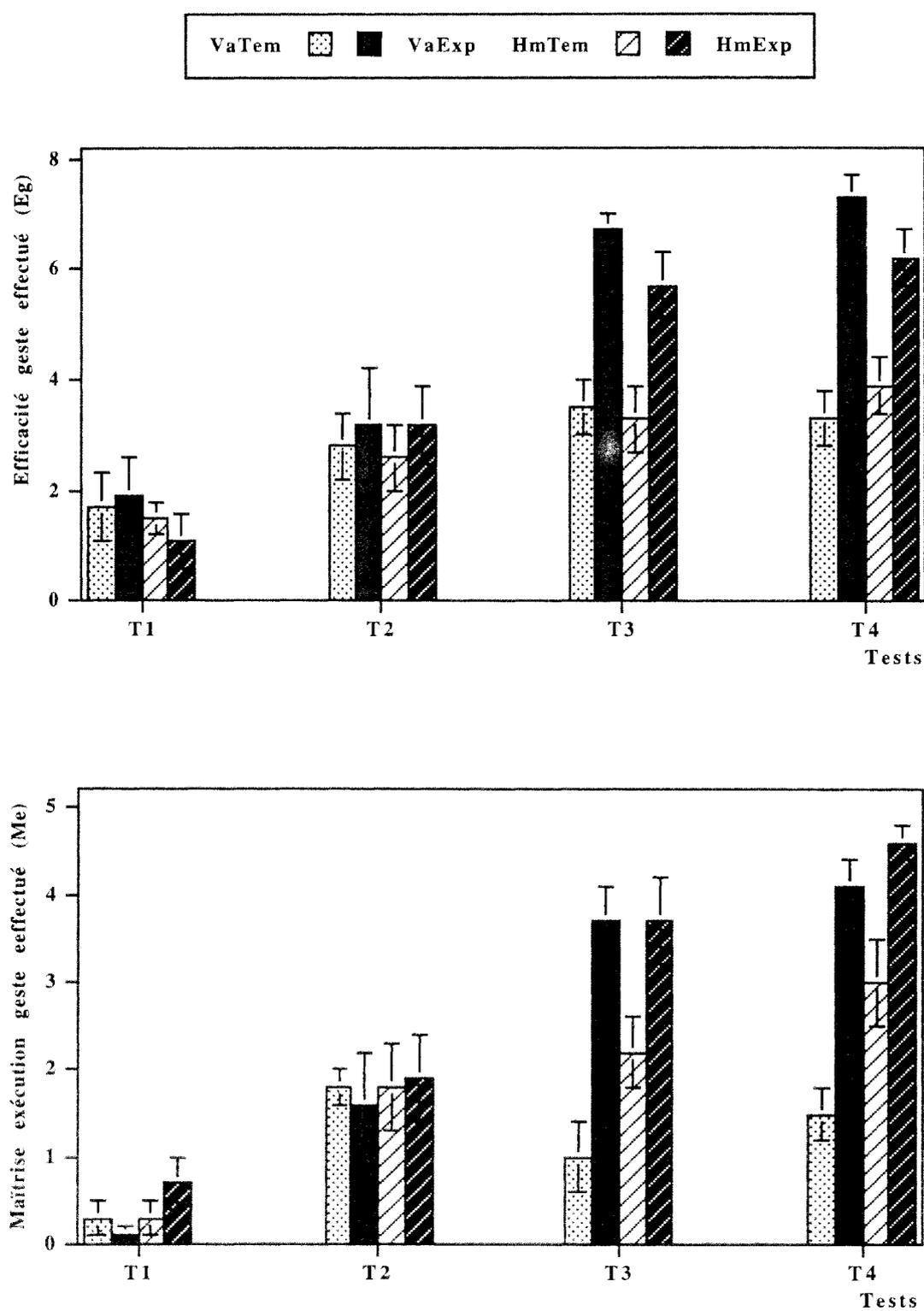
**Figure 11**  
 Comparaisons de la qualité des représentations du geste technique attendu (Rgt) et du geste effectué (Rge) des sujets Témoins (Tem) et Expérimentaux (Exp) des 2 populations d'adolescents Valides (Va) et Handicapés Moteurs (Hm).



**Figure 12**  
 Comparaisons de la reproductibilité du geste effectué, évaluée par la qualité (Ig) et la fréquence (Fg) du groupement de flèches réalisé par les sujets Témoins (Tem) et Expérimentaux (Exp) des 2 populations d'adolescents Valides (Va) et Handicapés Moteurs (Hm).



**Figure 13**  
**Comparaisons de l'Efficacité (Eg) et de la Maîtrise (Me) du geste effectué**  
**des sujets Témoins (Tem) et Expérimentaux (Exp)**  
**des 2 populations d'adolescents Valides (Va) et Handicapés Moteurs (Hm).**



**5.2.2. Analyse de la variance (Anova) à 3 facteurs dont 1 à mesures répétées (4 tests T1 à T4) pour les 6 paramètres retenus (Eg, Me, Ig, Fg, Rgt, Rge) .**

Les 3 facteurs simultanément pris en compte sont :

- 1. l'Apprentissage, noté Appr. : 4 répétitions correspondant aux 4 Tests successifs au cours de l'apprentissage.
- 2. le type de population , noté Pop. : 2 modalités correspondant aux 2 types de populations étudiées (Valides et Handicapés moteurs).
- 3. le type de groupe , noté Gr. : 2 modalités correspondant aux 2 modalités d'apprentissage proposées (Témoins, Expérimentaux).

**Tableau XII**  
Analyses de la variance à 3 facteurs dont un à mesures répétées :  
Apprentissage x Population x Groupe (3 x 3 x 2)  
sur les 6 paramètres retenus (Eg, Me, Ig, Fg, Rgt, Rge) .

	Effet Appr.		Effet Appr. x Pop.		Effet Appr. x Gr.		Effet Appr.xPop.x Gr.	
	F (ddl 3)	p	F (ddl 3)	p	F (ddl 3)	p	F (ddl 3)	p
<b>Rgt</b>	13.70	.0001	0.37	n.s.	9.22	.0001	0.36	n.s.
<b>Rge</b>	8.15	.0001	1.50	n.s.	12.22	.0001	0.78	n.s.
<b>Me</b>	46.33	.0001	0.98	n.s.	10.53	.0001	1.61	n.s.
<b>Ig</b>	37.17	.0001	0.58	n.s.	17.64	.0001	0.95	n.s.
<b>Fg</b>	44.96	.0001	0.28	n.s.	20.96	.0001	1.86	n.s.
<b>Eg</b>	63.50	.0001	0.23	n.s.	13.91	.0001	0.82	n.s.

Cette analyse de la variance à 3 facteurs (4x2x2) montre que le facteur "Apprentissage" a un effet significatif sur les 6 paramètres d'évaluation des performances (Tab. XII, p=.0001) et qu'il y a une interaction significative entre ce facteur et le facteur "Groupe" (Tab. XII, p=.0001). Il n'y a par contre pas d'interaction significative tant entre les 2 facteurs "Apprentissage x Population", qu'entre les 3 facteurs "Apprentissage x Groupe x Population" (Tab. XII, n.s.). Ces différents effets sont illustrés dans les figures 11 (Rgt, Rge), 12 (Ig, Fg) et 13 (Me, Eg). Seul le facteur "conditions d'apprentissage" (facteur Groupe) semble donc réellement interférer sur le profil de la progression des individus dans leur apprentissage de l'habileté motrice.

### 5.2.3. Analyse de la variance (Anova) à 2 facteurs "Population x Groupe" (2 x 2)

Les résultats précédents nous ont conduit à tenter de caractériser la nature des influences et interactions possibles entre les facteurs "conditions d'apprentissage (facteur Gr. à 2 modalités : Témoins et Expérimentaux) et "population d'appartenance" (facteur Pop. à 2 modalités : Valides et Handicapés moteurs), aux 4 étapes tests de l'apprentissage (T1 à T4), par une analyse de la variance (Anova 2x2, Tab. XIII).

**Tableau XIII**  
Analyse de la variance à chacun des 4 tests (T1 à T4) pour les 6 paramètres retenus (Eg, Me, Ig, Fg, Rgt, Rge) . Etude des effets du facteur "Groupe" (Témoins/Expérimentaux) noté Gr et du facteur "Population" (Valides/Handicapés moteurs) noté Pop.

		Effet Gr.		Effet Pop.		Effet Gr.x Pop.	
		F (ddl 1)	p	F (ddl 1)	p	F (ddl 1)	p
<b>T1</b>	<b>Rgt</b>	0,07	n.s.	0,94	n.s.	0,32	n.s.
	<b>Rge</b>	0,24	n.s.	2,51	n.s.	0,01	n.s.
	<b>Ig</b>	0,00	n.s.	0,00	n.s.	0,00	n.s.
	<b>Fg</b>	0,00	n.s.	0,00	n.s.	0,00	n.s.
	<b>Me</b>	0,10	n.s.	1,37	n.s.	1,37	n.s.
	<b>Eg</b>	0,03	n.s.	1,05	n.s.	0,42	n.s.
<b>T2</b>	<b>Rgt</b>	1,68	n.s.	0,57	n.s.	0,18	n.s.
	<b>Rge</b>	0,13	n.s.	0,61	n.s.	0,61	n.s.
	<b>Ig</b>	10,48	.003	0,24	n.s.	0,13	n.s.
	<b>Fg</b>	3,87	.059	0,87	n.s.	1,30	n.s.
	<b>Me</b>	0,02	n.s.	0,06	n.s.	0,12	n.s.
	<b>Eg</b>	0,46	n.s.	0,05	n.s.	0,06	n.s.
<b>T3</b>	<b>Rgt</b>	5,79	.023	0,11	n.s.	0,04	n.s.
	<b>Rge</b>	5,88	.022	0,35	n.s.	0,23	n.s.
	<b>Ig</b>	10,48	.003	0,24	n.s.	0,13	n.s.
	<b>Fg</b>	14,92	.0006	0,04	n.s.	0,03	n.s.
	<b>Me</b>	21,43	.0001	1,71	n.s.	2,00	n.s.
	<b>Eg</b>	23,32	.0001	1,19	n.s.	0,52	n.s.
<b>T4</b>	<b>Rgt</b>	57,50	.0001	0,03	n.s.	0,21	n.s.
	<b>Rge</b>	105,6	.0001	1,07	n.s.	2,39	n.s.
	<b>Ig</b>	33,52	.0001	0,33	n.s.	1,07	n.s.
	<b>Fg</b>	40,57	.0001	0,54	n.s.	2,94	n.s.
	<b>Me</b>	27,47	.0001	5,70	.024	1,84	n.s.
	<b>Eg</b>	38,43	.0001	0,30	n.s.	2,94	n.s.

Cette analyse montre :

- qu'il n'y a pas d'effet du facteur population à chacun des tests et pour les 6 paramètres (n.s., Tab. XIII, à l'exception de la maîtrise d'exécution en T4).

- qu'il y a un effet du facteur groupe, systématiquement significatif pour les 6 paramètres à partir du 3ème test (T3 et T4, Tab. XIII).

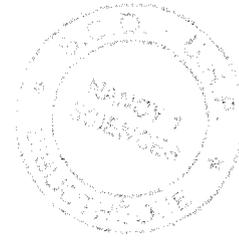
- qu'il n'y a pas d'interaction significative entre les deux facteurs à chacun des tests et pour les 6 paramètres (n.s., Tab. XIII).

Ces différents effets sont illustrés dans les figures 11 (Rgt, Rge), 12 (Ig, Fg) et 13 (Me, Eg).

Les différences liées au facteur groupe qui existent pour tous les paramètres étudiés aux deux derniers indiquent que les sujets expérimentaux développent des représentations mentales du geste technique (Rgt) comme du geste effectué (Rge) de meilleure qualité que les témoins (Tab.XI, Fig.11) ; et que corrélativement ils finissent par effectuer un geste plus efficace (Eg), mieux maîtrisé (Me) et plus stable (Ig, Fg) (Tab.XI, Fig.12 et 13).

L'absence de différences significatives liées au facteur population, entre les sujets handicapés moteurs et valides qui est effective quel que soit le paramètre et le test considérés (Tab.XIII) indiquent que les sujets handicapés moteurs ont des représentations mentales du geste technique (Rgt) comme du geste effectué (Rge) de qualité équivalente à celles des valides (Tab.XI, Fig.11) et qu'ils effectuent un geste aussi efficace (Eg), maîtrisé (Me) et stable (Ig, Fg) qu'eux (Tab.XI, Fig.12 et 13).

L'analyse de la variance ne montre pas non plus d'effet significatif de l'interaction entre ces 2 facteurs (à l'exception de l'efficacité du geste et de la fréquence du groupement de flèches au 4ème test) (Tab.XII), ce qui suggère que les différences observées entre les sujets témoins et expérimentaux sont de même nature dans les deux populations.



### 5.3. Discussion

L'expérimentation que nous avons menée avec ces deux populations adolescentes aux capacités motrices différentes a confirmé certains résultats obtenus dans l'expérimentation 1. Les performances des apprenants dans cet apprentissage en visée-flèche sont dépendantes des conditions d'apprentissage (facteur groupe) : les sujets expérimentaux bénéficiant du document écrit d'informations verbales et imagées réalisent un apprentissage plus performant que les témoins. Les différences observées lors de la visée-viseur au cours de la première expérimentation entre sujets témoins et expérimentaux se retrouvent intégralement dans l'expérimentation 2, pour tous les paramètres considérés, tant pour ceux qui évaluent directement les caractéristiques du geste (Eg, Me, Ig, Fg) que pour ceux qui apprécient les représentations mentales (Rgt, Rge). Les groupes expérimentaux sont plus performants que les groupes témoins pour tous ces indicateurs traduisant la qualité de l'apprentissage.

Les hypothèses explicatives de cet effet positif avancées dans la discussion de la première expérimentation peuvent être reconduites ici, ce qui en élargit la portée en particulier d'une population d'adultes à une population d'adolescents encore en développement tant sur le plan moteur que sur le plan cognitif.

Un complément d'analyse peut être toutefois apporté en s'appuyant sur les conclusions des travaux de Wrisberg (Wrisberg et coll., 1995). Les travaux qui recherchent l'influence que peut avoir l'apport d'informations supplémentaires (augmented information) sur l'acquisition d'une habileté motrice ont souvent utilisé des protocoles dans lesquels ces informations étaient fournies après le mouvement. C'est le cas, par exemple, des travaux portant sur la connaissance des résultats. Magill pense que cette information supplémentaire, notamment quand elle est dispensée sous forme verbale que ce soit avant ou après la pratique, jouerait un rôle motivationnel temporaire qui influencerait surtout la réalisation et le résultat du geste plutôt que l'apprentissage lui-même (Magill. et coll, 1991). On s'intéresse, dans ce cas, au premier but de l'apprentissage : la coordination du mouvement (Magill et Schoenfelder Zohdi, 1995). Une autre approche peut être envisagée lorsqu'on s'intéresse à l'autre but possible de l'apprentissage : l'habileté motrice elle-même, c'est-à-dire le mouvement lui-même. Il s'agit alors de proposer au sujet, avant l'apprentissage, d'identifier et de hiérarchiser les informations pertinentes et de focaliser son attention sur les éléments du mouvement les plus appropriés pour réaliser la tâche. L'ensemble des résultats obtenus dans le cadre de ces expérimentations (Wrisberg et coll., 1995) suggèrent que, lorsque cette information supplémentaire sur les éléments essentiels du geste est fournie avant la réalisation de la tâche, elle influence alors principalement les aspects qualitatifs de la pratique,

c'est-à-dire l'exécution du geste, plutôt que les aspects quantitatifs des résultats de la performance (force, vitesse, etc.).

Le protocole de cette deuxième expérimentation a précisément permis d'évaluer ces aspects qualitatifs de l'apprentissage à travers des indicateurs comme la maîtrise de l'exécution du geste (Me), sa reproductibilité (Ig, Fg) et les représentations qu'en a le sujet (Rgt et Rge), en les saisissant cette fois tout au long de l'apprentissage, donc dans leur évolution, alors que la première expérimentation n'avait prévu leur évaluation qu'au terme de l'apprentissage.

Ainsi, les résultats de cette seconde expérimentation soulignent que les sujets expérimentaux, handicapés moteurs et valides, obtiennent de meilleurs résultats aux deux derniers tests d'évaluation non seulement pour l'efficacité du geste (nombre de points marqués à la cible), mais également pour la maîtrise et la qualité du geste qu'ils effectuent, paramètres qui traduisent les aspects qualitatifs de la pratique. Dans nos remarques préliminaires sur l'activité de tir à l'arc (regard sur l'activité, p.28), nous avons déjà noté le lien de causalité directe qui pouvait exister entre la qualité de l'exécution du geste et les résultats à la cible.

L'interprétation de ces résultats est éclairée par les remarques précédentes : le document écrit d'informations verbales et imagées que nous avons proposé aux sujets expérimentaux permet, chez eux, une amélioration des aspects qualitatifs de l'acquisition de l'habileté motrice. En plus de la diversité des supports d'encodage qu'il induit, ce document paraît donc également jouer un rôle en apportant des informations supplémentaires sur les aspects qualitatifs de la pratique. Il permet cet apport en sélectionnant et fixant un nombre limité d'images représentatives des différentes phases du geste sur lequel l'apprenant devra focaliser son attention, alors que la démonstration par un modèle donne quant à elle une exécution globale du geste qui, même avec les commentaires oraux qui lui sont associés, ne permet pas de dégager avec précision ces "images arrêtées" permettant une observation détaillée des éléments du geste aux différentes phases de son déroulement.

Par ailleurs, contrairement à ceux de la première expérimentation, les résultats de cette seconde expérimentation n'ont pas mis en évidence d'effet significatif du facteur "population" : globalement, pour tous les aspects du geste (représentation, qualité, maîtrise et efficacité) et même pour les effets des conditions d'apprentissage (pas d'interaction significative entre les facteurs "groupe" et "population"), les sujets handicapés moteurs ne se distinguent pas des sujets valides.

Cette différence de résultats entre les 2 expérimentations peut être liée au fait qu'elles ne concernent pas des individus du même âge. Alors que la première s'adressait à des adultes, cette seconde expérimentation s'adresse à des individus adolescents toujours en

développement, chez qui les différences liées au handicap sont sûrement encore moins marquées qu'elles ne le seront à l'âge adulte. A cette période de la vie, les sujets adolescents disposent d'une "plasticité physique et mentale" encore importante qui leur permet de surmonter le handicap par une meilleure adaptation que les adultes.

Une autre hypothèse explicative de ces résultats peut être en rapport avec le fait que, dans cette expérimentation 2, les conditions de tir en visée-flèche ont été complexifiées. On a simultanément diminué la taille du blason, augmenté la distance de tir et élevé le niveau d'exigence du critère de groupement des flèches, par rapport aux conditions de visée-flèche de l'expérimentation 1. Cette difficulté accrue de la tâche fournit une explication aux difficultés rencontrées par l'ensemble des sujets, au moins au début de l'apprentissage, comme l'illustrent les performances aux deux premiers tests. Le degré d'exigence de la tâche n'a pas pu être satisfait et cela se traduit par de faibles performances pour l'ensemble des sujets. Ceci a d'autant plus d'incidence que, comme nous l'avons déjà souligné, le sujet, engagé dans l'acquisition d'une nouvelle habileté motrice, utilise d'abord pour son apprentissage ses capacités cognitives, c'est-à-dire ses possibilités de perception et celles de compréhension des causes et des effets de l'action (Buekers et Magill, 1995 ; Fitts, 1964). Même pour des paramètres comme la reproductibilité du geste où l'efficacité motrice est des plus importantes et où on pourrait donc s'attendre à une infériorité des sujets handicapés moteurs, on ne retrouve pas de différence significative. On peut dès lors, comme dans la discussion de la première expérimentation, faire l'hypothèse que l'une des voies de compensation de leurs perturbations motrices utilisée par les individus handicapés moteurs soit celle d'un surcroît d'activité cognitive. Ils doivent en effet associer à l'analyse de leur mouvement un traitement supplémentaire des données portant sur leurs capacités motrices particulières et l'utilisation qu'ils en feront pour adapter leur réponse motrice aux exigences de la tâche. Les problèmes moteurs qu'ils doivent résoudre par cette réflexion sont essentiellement liés à l'équilibration, à l'amplitude articulaire et à la fatigue causée entre autre par une station prolongée dans une posture assez instable.

Ainsi, au moins dans les premières phases d'un apprentissage moteur, l'incitation à l'activité cognitive des sujets handicapés moteurs permettrait donc d'atténuer les difficultés liées à la déficience motrice. Ceci se vérifierait d'autant plus que l'habileté motrice est complexe et qu'elle exige un important traitement d'information, dans la mesure où nous pouvons effectivement considérer que la tâche a été rendue plus complexe dans cette seconde expérimentation. Dans notre situation, la complexité de la tâche peut en effet également provenir d'un degré d'exigence élevé des conditions de tir (distance, taille du blason), et pas seulement du mode de visée.

On peut ainsi émettre l'hypothèse que dans une tâche motrice d'un niveau d'exigence élevé du point de vue informationnel, les facteurs de l'efficacité motrice sont amenés à jouer un rôle secondaire par rapport à celui que tiennent les représentations mentales qui orientent l'action du sujet. Par conséquent, le potentiel moteur d'un sujet ne semble pas déterminant dans la construction d'une habileté motrice durant la première phase de son apprentissage par un sujet naïf.

Par ailleurs, les individus handicapés moteurs du groupe expérimental parviennent à des scores comparables à ceux des sujets valides du groupe témoin. Ce résultat confirme à nouveau le rôle central que peuvent jouer les représentations mentales du geste sur les capacités motrices du sujet lors d'un apprentissage moteur. En effet, malgré une déficience physique des ressources motrices, les individus parviennent à compenser ce déficit par une meilleure utilisation de leur activité cognitive améliorant ainsi la qualité de leurs représentations mentales. L'écart qui existe entre les populations précédentes appartenant à des groupes différents (témoins ou expérimentaux) dépendrait également de caractéristiques propres aux apprenants adolescents, telles que l'incertitude, les changements morphologiques et le besoin de normalité. Elles seront développées ultérieurement au cours de la discussion des résultats de l'expérimentation 3.

Pour expliquer les similitudes des résultats entre les populations de sujets handicapés moteurs et valides au sein de chaque groupe témoin ou expérimental, l'une des hypothèses qui ressort des résultats précédents concernerait donc le degré de complexité de la tâche motrice proposée aux apprenants.

Une autre remarque peut être faite concernant l'importance de ce degré d'exigence et de complexité de la tâche motrice à réaliser par rapport aux possibilités de mettre en évidence les différences entre populations.

Lorsque cette tâche est plus complexe (comme dans l'expérience 2 par rapport à l'expérience 1 en visée-flèche), les scores des sujets s'expriment dans une échelle ayant une amplitude et un maximum plus limités (8 points en moyenne par flèche pour les sujets valides et 5,5 pour les sujets handicapés de l'expérimentation 1 contre moins de 2 points, pour les sujets valides et les sujets handicapés, dans l'expérimentation 2).

Dans la première expérimentation, la relative simplicité de la tâche en visée flèche permet aux sujets qui n'ont pas de problèmes moteurs supplémentaires d'atteindre rapidement des performances plafonds, alors que les sujets ayant un surplus d'activité cognitive dû à leur handicap moteur, n'atteignent pas ce plafond. la différence apparaît donc.

Dans la seconde expérimentation, la relative complexité de la tâche, entraîne un surplus d'activité cognitive chez tous les sujets, valides comme handicapés moteurs, et ils se cantonnent alors tous dans des performances relativement basses. A ce faible niveau de

performance, les différences liées au surplus d'activité cognitive du handicap ne peuvent plus s'exprimer.

La complexité de la situation motrice proposée pourrait ainsi constituer un facteur supplémentaire susceptible de limiter l'expression de différences entre les populations de sujets handicapés moteurs et valides des deux groupes témoin et expérimental, en effet sans prétendre donner une interprétation unique à tous les contrastes existant entre les résultats des expérimentations 1 et 2, il semble malgré tout qu'on puisse privilégier cette interprétation relative au degré de complexité de la tâche.

Cette analyse peut toutefois être complétée par une autre hypothèse pour rendre compte de cette absence de différence entre valides et handicapés moteurs. Elle concerne "recours au mental" que sont contraints d'utiliser fréquemment les individus handicapés moteurs lors d'acquisitions motrices pour compenser leur handicap.

Ainsi, le surplus d'activité cognitive qu'induit le handicap moteur peut devenir un atout quand la représentation mentale des sujets n'est pas favorisée par un support comme peut l'être le document écrit d'informations verbales et imagées. Il permet certainement d'appréhender plus aisément les difficultés que pose l'acquisition d'une habileté motrice. Cette habitude de la personne handicapée à utiliser intensivement en début d'apprentissage l'activité cognitive rend celle-ci d'autant plus efficiente que la personne est amenée à s'y exercer quotidiennement dans des conditions semblables, durant la motricité individuelle qu'elle développe au quotidien ainsi qu'au cours de diverses pratiques physiques qu'elle effectue. En effet, l'individu handicapé ne peut pas se référer entièrement à la technique en tant que solution préétablie comme peut le faire la personne valide. Il n'existe pas pour lui de modèle qu'il puisse reproduire tel quel. Il doit constamment apporter des nuances individualisées aux solutions en principe les plus efficaces qu'on lui propose et qui sont celles de sujets moyens "standards".

L'origine de ces adaptations est à rechercher dans les incapacités motrices que génèrent sa déficience. En conséquence, l'individu handicapé moteur, en l'absence de procédure de guidage, sera certainement plus à même de dégager des solutions motrices adaptées face à un problème moteur inédit. Cette analyse est confirmée par les résultats des apprenants handicapés moteurs. Ainsi, malgré la plus grande complexité des tâches qu'ils doivent effectuer, ces sujets parviennent à un niveau de performance, dans l'efficacité du geste effectué, similaire à celui des sujets valides qui disposent pourtant de ressources physiques plus grandes pour résoudre des problèmes moteurs moindres. Cette hypothèse paraît d'autant plus valide que l'adolescent handicapé est, durant cette période de son existence, fréquemment confronté à des situations que lui pose sa vie physique quotidienne.

Il tente par ailleurs de les résoudre au mieux dans la mesure où les réponses qu'il apporte forment autant d'éléments qui favorisent le développement de l'autonomie motrice à laquelle il aspire.

Le contexte plus spécifique dans lequel intervient l'apprentissage pour les sujets handicapés moteurs présente d'autres caractéristiques qui nous semblent également propices à un approfondissement de l'analyse et de l'explication des performances équivalentes qu'ils produisent par rapport aux sujets témoins valides. Si les transformations morphologiques, les inquiétudes sur l'avenir qu'entraîne l'adolescence sont pour des raisons déjà évoquées beaucoup plus prononcées chez les sujets handicapés moteurs, leurs expériences motrices antérieures les amènent à adopter une attitude moins instable que celle des adolescents valides. En effet, pour eux, les apprentissages moteurs sont toujours beaucoup plus lents, plus difficiles. Pour les maîtriser, ils doivent persévérer plus longuement qu'un sujet valide. En conséquence, malgré les échecs plus fréquents qui les caractérisent au début de l'acquisition d'une nouvelle habileté motrice, les apprenants handicapés moteurs auront tendance à faire preuve d'une plus grande persévérance, de moins d'instabilité dans l'intérêt qu'ils manifestent pour l'activité, que ne le feraient les individus adolescents valides. Les sujets handicapés s'investissent d'autant plus que les tests d'aptitude au tir à l'arc effectués par chacun d'entre eux avant le cycle d'apprentissage ont montré qu'ils avaient les capacités physiques suffisantes pour acquérir cette habileté motrice. Il n'existe pas pour eux ici, comme ils peuvent le rencontrer fréquemment, d'incertitude sur la possibilité ou l'impossibilité de maîtriser cet apprentissage moteur.

Ce refus d'un renoncement trop précoce peut s'expliquer aussi par le temps supplémentaire nécessaire à leurs apprentissages moteurs. Habitué à ce que ses acquisitions motrices s'effectuent plus lentement, le sujet handicapé moteur prolongera plus durablement son apprentissage que le sujet valide malgré l'échec. Le temps durant lequel les adolescents handicapés moteurs du groupe témoin se sont investis dans l'acquisition de l'habileté motrice doit être rapporté à la longueur du cycle d'apprentissage. On observe d'ailleurs que si, chez les sujets valides, les résultats obtenus dans les différents paramètres mesurant leur niveau d'habileté ont tendance à cesser de progresser entre les deux derniers tests, la progression semblent se maintenir chez les sujets handicapés moteurs qui, pour des raisons évoquées précédemment, maintiennent leur investissement plus longtemps. On peut toutefois supposer que, face à des difficultés trop prolongées, les adolescents handicapés moteurs du groupe témoin manifesteraient probablement une certaine démotivation à l'instar des sujets valides (Durand, 1986). Mais la durée du cycle d'apprentissage proposée dans cette expérimentation n'était sûrement pas suffisante pour que cette attitude puisse s'exprimer.

C'est certainement la combinaison de tous ces facteurs à des degrés divers, facteurs dont les effets sont de surcroît modulés en fonction de l'appartenance au groupe expérimental ou témoin, qui permet d'expliquer en partie l'existence de performances semblables entre les populations de sujets valides et handicapés moteurs au sein des groupes expérimental et témoin.

En conclusion, il apparaît toutefois que ce sont essentiellement les exigences informationnelles de la tâche qui ont permis à la population de sujets handicapés moteurs d'atteindre des performances similaires à celles de la population de sujets valides dans les groupes expérimental et témoin. Ainsi, la nécessité de prendre en compte de nombreuses informations, dès le début de l'apprentissage, n'a pas laissé suffisamment de place à l'expression de facteurs comme ceux de l'efficacité motrice (force, vitesse, endurance, coordination, souplesse) sur lesquels les sujets valides auraient pu éventuellement faire la différence.

Comme le remarque Paillard (1980a, 1985), l'évolution d'un individu dans les différentes phases d'un apprentissage et la place relative qu'occupent ces phases diffèrent en fonction de la difficulté de la tâche. En général, durant la première phase de l'apprentissage moteur, l'activité cognitive à travers la construction des représentations mentales serait prédominante, puis, au fur et à mesure que le sujet progresse en dégagant des solutions efficaces, le rôle des facteurs de l'efficacité motrice augmenterait tandis que celui de l'activité cognitive et donc celui des représentations mentales diminuerait. Mais la cinétique de cette évolution serait relative à la nature et au degré de complexité de l'activité motrice à acquérir.

Lors de l'acquisition d'une habileté motrice, le sujet naïf procéderait donc en deux étapes : dans un premier temps, il construit une réponse adaptée en s'appuyant de façon prédominante sur son activité cognitive et les représentations mentales du geste ; dans un second temps, lorsque la réponse motrice est construite et maîtrisée, en raison du principe d'allègement du coût informationnel (Fleurbaey, 1991), sa production peut être déléguée à un niveau inférieur.

Et, dans notre expérimentation, c'est probablement parce que les sujets ne sont pas parvenus à une maîtrise suffisante de la réponse motrice (comme semble l'indiquer le niveau moyen des performances obtenues), étant donnée la complexité de la tâche qu'ils avaient à effectuer, que les sujets valides ne se sont pas différenciés significativement des sujets handicapés moteurs dans les deux groupes de cette expérimentation.

## 6. Expérimentation 3

Cette recherche a fait partiellement l'objet d'une communication au XXI<sup>ème</sup> congrès de la Société de Biomécanique (Nancy, 1996) : "Cognitive processing in motor skill acquiring by young developing human subjects", dont le résumé a été publié dans Archives of Physiology and Biochemistry, Sept. 1996.(Annexe 2).

Elle fait également l'objet d'une publication actuellement soumise.

### 6.1. Matériel et méthode

Les conditions expérimentales de l'expérimentation 3 sont totalement identiques à celles de l'expérimentation 2 (se reporter au paragraphe 5.1. matériel et méthode du 5. Expérimentation 2).

Comme dans la seconde expérimentation, 5 séances intermédiaires de retour sur l'apprentissage sans pratique (A1, A2, A3, A4, A5 - Tab.X bis) ont été placées entre les séances consécutives d'apprentissage. Cette réactivation, réalisée sur la base de la séance d'apprentissage précédente, a été effectuée à partir d'échanges oraux ayant pour support le document écrit d'informations verbales et imagées pour les sujets issus des groupes expérimentaux et uniquement par l'échange verbal oral pour les sujets des groupes témoins. Ici également, c'est l'expérimentateur qui a assuré ces échanges intermédiaires.

La chronologie des séances et la répartition des tests sont indiquées dans le Tableau X bis.

**Tableau X bis**  
**Contenu et chronologie des séances d'apprentissage et de tests**  
**au cours des 6 semaines (S1 à S6) de l'expérimentation 3**

Semaines	1	2	3	4	5	6
Séances	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6
Apprentissage et pratique (Ap)	Ap 1		Ap 2		Ap 3	
Apprentissage sans pratique (A)	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	
Tests Perf.	T 1	T 2		T 3		T 4

L'organisation et le contenu de ces différentes séances d'apprentissage (Ap1, Ap2, Ap3 - Tab.Xbis) et de test (T1, T2, T3, T4 -Tab X.bis) sont strictement identiques à ceux de l'expérimentation 2.

A la différence de l'expérimentation 2 :

**les 46 sujets** testés sont tous des sujets valides.

Ces sujets sont âgés de huit à seize ans et sont scolarisés à des niveaux allant du CE2 à la troisième. Ils sont tous de sexe masculin.

Compte tenu des descriptions classiques de cette période charnière sur le plan du développement cognitif où l'individu passe du "traitement concret" du réel perçu à une abstraction de plus en plus formelle (Bruner, 1966, 1983 ; Inhelder et Piaget, 1957 ; Piaget, 1947, 1959, 1969 ; Tran-Thong, 1974 ; Wallon, 1982), nous avons subdivisé cet échantillon en deux classes d'âge correspondant à des étapes significatives de ce développement sur le plan cognitif :

- La première (Population 1) est âgée de 8 ans 0 mois à 10 ans 8 mois.
- La seconde (Population 2) est âgée de 12 ans 0 mois à 15 ans 11 mois.

Le choix de ces deux populations et l'affirmation de l'existence de différences entre elles s'appuient non seulement sur la classe d'âge à laquelle elles appartiennent, mais également sur leur niveau de scolarisation :

- La première (Population 1) est encore scolarisée dans le cycle primaire.
- La seconde (Population 2) est scolarisée dans le cycle secondaire normal.

Les sujets de ces 2 populations sont répartis dans 2 groupes témoins et expérimentaux, selon les effectifs rapportés dans le Tableau XIV.

**Tableau XIV**  
**Répartition des sujets Témoins et Expérimentaux**  
**dans les 2 populations de 8-11 ans (P1) et 12-16 ans (P2)**

		Témoins	Expérimentaux	Total
<b>Population 1</b>	<b>(P1)</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>24</b>
<b>8-11 ans</b>				
<b>Population 2</b>	<b>(P2)</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>22</b>
<b>12 -16 ans</b>				

Ces sujets valides ont également tous été soumis au test d'aptitude physique, déjà utilisé dans les expérimentations 1 et 2, pour leur attribuer un matériel adéquat. Cela était d'autant plus indispensable que parmi les sujets de cette expérimentation, la moitié est susceptible d'être en phase de pré-adolescence et qu'à ce titre, leur masse musculaire est encore réduite. Ainsi, pour que les résultats retranscrivent le plus fidèlement possible le niveau d'habileté atteint par l'apprenant, et afin d'éviter par exemple le biais lié à la fatigue, il était nécessaire que les sujets réalisent ce test d'aptitude à l'utilisation du matériel.

## **6.2. Résultats**

### **6.2.1. Résultats des groupes Témoins et Expérimentaux dans les 2 populations étudiées (P1 et P2) :**

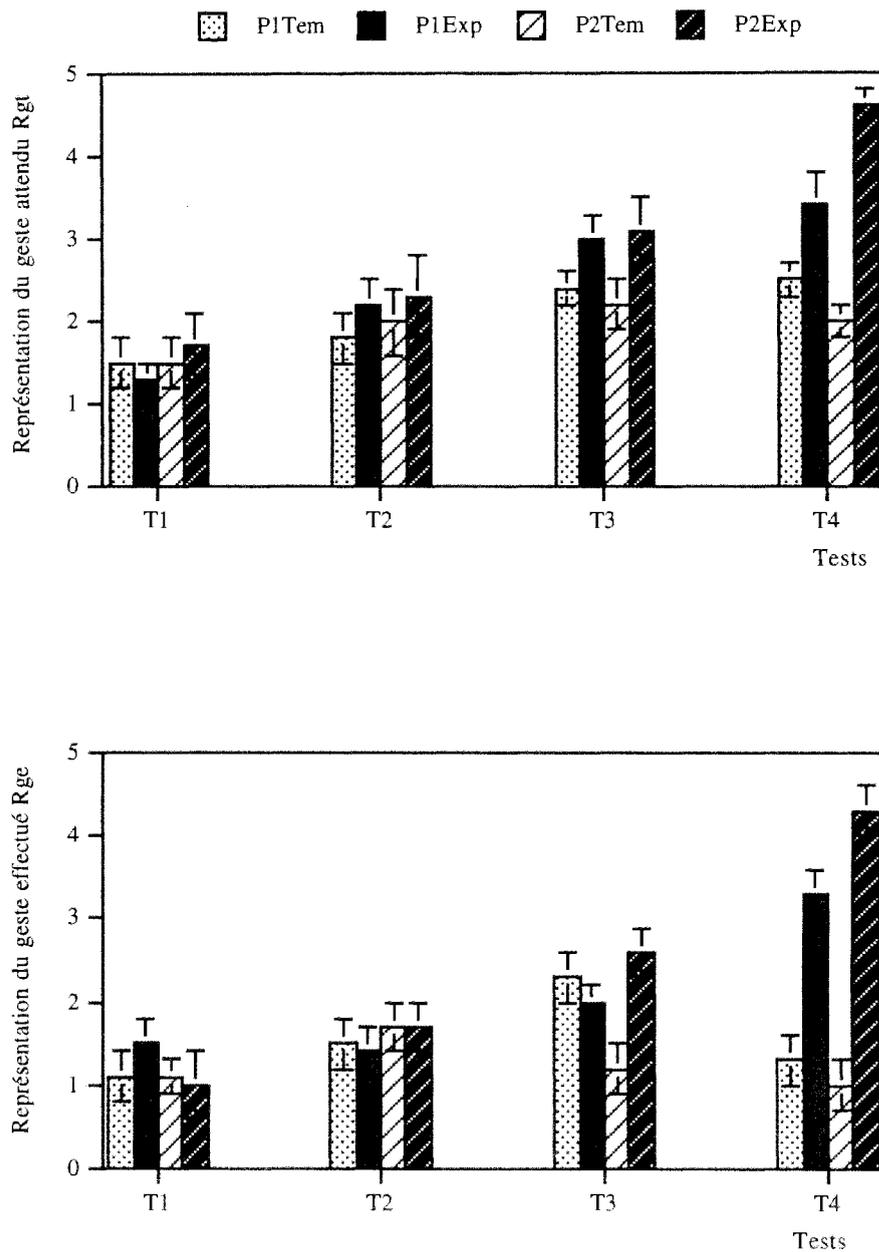
Les moyennes et erreurs standards caractérisent les résultats obtenus par les groupes Témoins et Expérimentaux de chacune des deux populations (P1 et P2) pour les 4

catégories de paramètres : efficacité du geste (Eg), maîtrise de l'exécution du geste (Me), reproductibilité du geste (Ig et Fg) et qualité des représentations qu'a l'apprenant du geste effectué (Rge) et du geste technique attendu (Rgt) (Tab. XV ; Fig.14, 15 et 16).

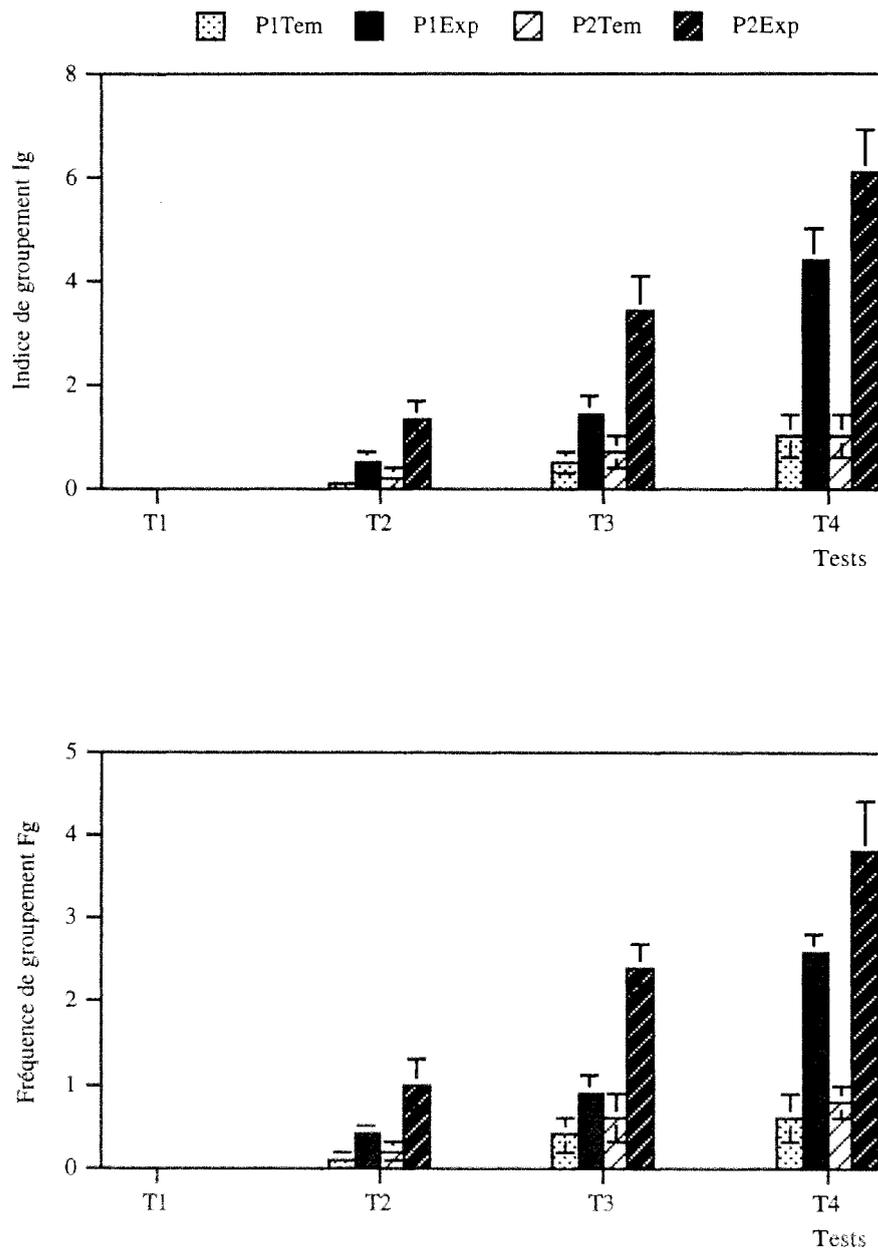
**Tableau XV**  
**Performances moyennes des groupes témoins (Tem) et expérimentaux (Exp)**  
**des populations de sujets âgées de 8-11 ans (P1) et 12-16 ans (P2),**  
**pour les 6 paramètres retenus (Eg, Me, Ig, Fg, Rgt, Rge) aux 4 tests (T1 à T4).**

		Population P1 8-11 ans				Population P2 11-16 ans			
		Groupe Tem		Groupe Exp		Groupe Tem		Groupe Exp	
		m	e.s	m	e.s	m	e.s	m	e.s
<b>Eg</b> EFFICACITE du geste effectué	T 1	1.1	0.3	0.9	0.4	1.7	0.4	1.7	0.6
	T 2	2.0	0.3	1.7	0.3	2.5	0.4	2.9	0.8
	T 3	2.9	0.4	4.1	0.3	3.3	0.3	6.1	0.4
	T 4	3.9	0.3	5.6	0.3	3.3	0.3	7.0	0.4
<b>Me</b> MAITRISE d'exécution du geste effectué	T 1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	0.1	0.1
	T 2	1.6	0.3	0.5	0.2	1.0	0.3	1.5	0.4
	T 3	3.0	0.3	2.4	0.3	1.2	0.4	3.6	0.3
	T 4	2.6	0.5	3.6	0.4	1.5	0.3	4.3	0.3
<b>Ig</b> REPRODUCTIBILITE du geste effectué Indice de grpt	T 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	T 2	0.1	0.1	0.5	0.2	0.2	0.2	1.3	0.4
	T 3	0.5	0.2	1.4	0.4	0.7	0.3	3.4	0.7
	T 4	1.0	0.4	4.4	0.6	1.0	0.4	6.1	0.8
<b>Fg</b> REPRODUCTIBILITE du geste effectué Fréquence de grpt	T 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	T 2	0.1	0.1	0.4	0.1	0.2	0.1	1.0	0.3
	T 3	0.4	0.2	0.9	0.2	0.6	0.3	2.4	0.3
	T 4	0.7	0.3	2.6	0.2	0.8	0.2	3.8	0.6
<b>Rgt</b> Qualité de REPRESENTATION geste tech. attendu	T 1	1.5	0.3	1.3	0.2	1.5	0.3	1.7	0.4
	T 2	1.8	0.3	2.2	0.3	2.0	0.4	2.3	0.5
	T 3	2.4	0.2	3.0	0.3	2.2	0.3	3.1	0.4
	T 4	2.5	0.2	3.4	0.4	2.0	0.2	4.6	0.2
<b>Rge</b> Qualité de REPRESENTATION geste effectué	T 1	1.1	0.3	1.5	0.3	1.1	0.2	1.0	0.4
	T 2	1.5	0.3	1.4	0.3	1.7	0.3	1.7	0.3
	T 3	2.3	0.3	2.0	0.2	1.2	0.3	2.6	0.3
	T 4	1.3	0.3	3.3	0.3	1.0	0.3	4.3	0.3

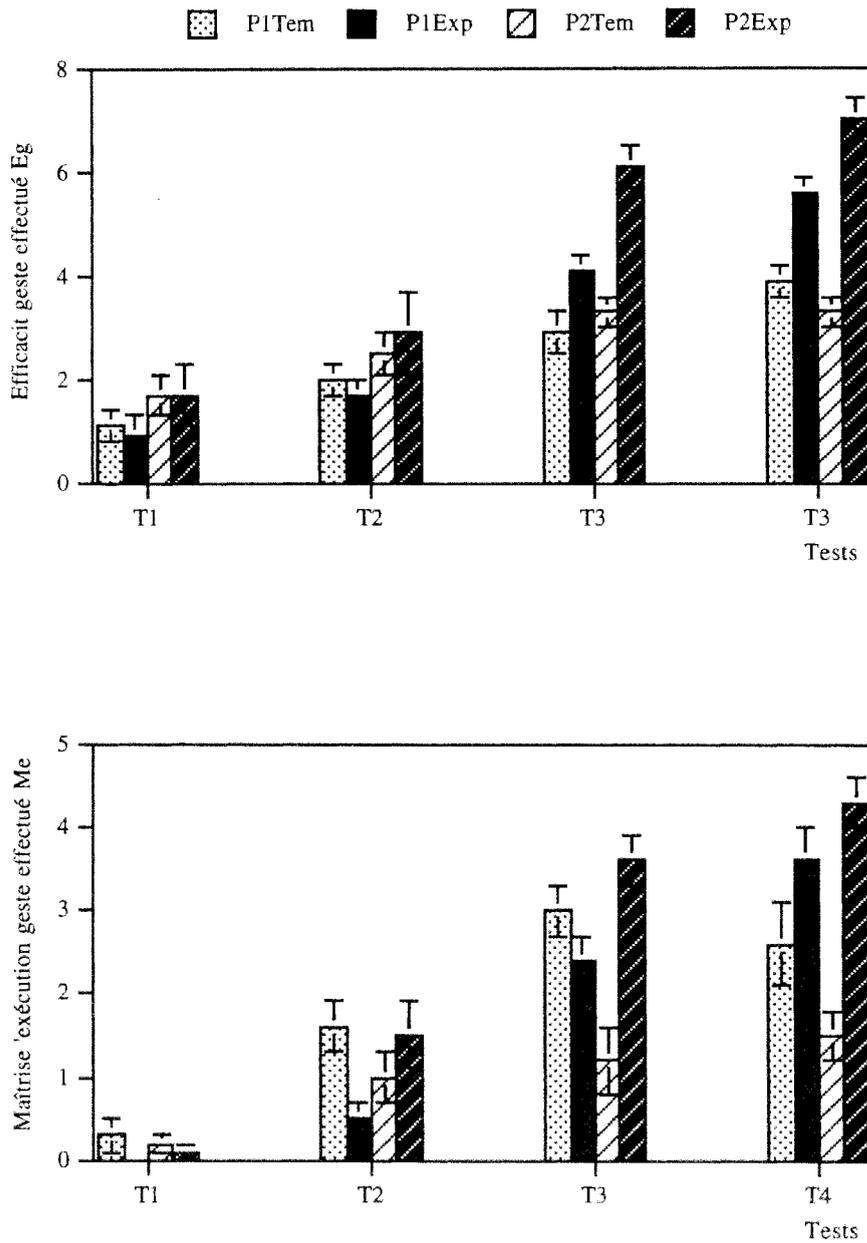
**Figure 14**  
**Comparaisons de la qualité des représentations du geste technique attendu (Rgt) et du geste effectué (Rge) des sujets Témoins (Tem) et Expérimentaux (Exp) des 2 populations âgées de 8-11ans (P1) et 12-16ans (P2).**



**Figure 15**  
**Comparaisons de la reproductibilité du geste effectué, évaluée en qualité (Ig) et en fréquence (Fg) du groupement de flèches des sujets Témoins (Tem) et Expérimentaux (Exp) des 2 populations âgées de 8-11ans (P1) et 12-16ans (P2).**



**Figure 16**  
**Comparaisons de l'Efficacité (Eg) et de la Maîtrise (Me) du geste effectué**  
**des sujets Témoins (Tem) et Expérimentaux (Exp)**  
**des 2 populations âgées de 8-11ans (P1) et 12-16ans (P2).**



**6.2.2. Analyse de la variance (Anova) à 3 facteurs dont 1 à mesures répétées (4 tests T1 à T4) pour les 6 paramètres retenus (Eg, Me, Ig, Fg, Rgt, Rge) .**

Les 3 facteurs simultanément pris en compte sont :

- 1. l'Apprentissage, noté Appr. : 4 répétitions correspondant aux 4 Tests successifs au cours de l'apprentissage.
- 2. la classe d'âge, notée Age : 2 modalités correspondant aux 2 types de populations étudiées (P1 : 8-11 ans et P2 : 12-16 ans).
- 3. le type de groupe , noté Gr. : 2 modalités correspondant aux 2 modalités d'apprentissage proposées (Témoins, Expérimentaux).

**Tableau XVI**

**Analyse de la variance pour les 6 paramètres retenus (Eg, Me, Ig, Fg, Rgt, Rge) aux 4 tests (T1 à T4). Etude des effets du facteur "Groupe" (Témoins/Expérimentaux) noté Gr et du facteur "Age" (P1/P2) noté Age.**

	Effet Appr.		Effet Appr. x Age		Effet Appr. x Gr.		Effet Appr.xAge xGr.	
	F (ddl 3)	p	F (ddl 3)	p	F (ddl 3)	p	F (ddl 3)	p
<b>Rgt</b>	29.67	.0001	0.40	n.s.	8.29	.0001	2.44	n.s.
<b>Rge</b>	15.51	.0001	1.37	n.s.	19.07	.0001	3.10	.02
<b>Me</b>	79.90	.0001	0.61	n.s.	12.42	.0001	3.78	.012
<b>Ig</b>	65.52	.0001	2.07	n.s.	29.90	.0001	1.60	n.s.
<b>Fg</b>	88.00	.0001	4.01	.009	34.18	.0001	2.70	.049
<b>Eg</b>	106.75	.0001	1.29	n.s.	19.38	.0001	1.84	n.s.

Cette analyse de la variance à 3 facteurs (4x2x2) montre que le facteur "Apprentissage" a un effet significatif sur les 6 paramètres (Tab. XVI, p=.0001) et qu'il y a une interaction significative entre ce facteur et le facteur "Groupe" (Tab. XVI, p=.0001). Il n'y a par contre pas d'interaction significative de ce facteur "Apprentissage" avec le facteur "Age" (Tab. XVI, n.s.). Entre les 3 facteurs "Apprentissage x Groupe x Age", on peut noter des interactions pour la moitié des paramètres (Tab. XVI, Rge, Me et Fg). Ces différents effets sont illustrés dans les figures 11 (Rgt, Rge), 12 (Ig, Fg) et 13 (Me, Eg). Seul le facteur "conditions d'apprentissage" (facteur Groupe) semble donc réellement interférer sur le profil de la progression des individus dans leur apprentissage de l'habileté motrice.

### 6.2.3. Analyse de la variance (Anova) à 2 facteurs "Population x Groupe" (2 x 2)

Les résultats précédents nous ont conduit à tenter de caractériser la nature des influences et interactions possibles entre les facteurs "conditions d'apprentissage" (facteur Gr. à 2 modalités : Témoins et Expérimentaux) et "classe d'âge" (facteur Age à 2 modalités : P1 : 8-11 ans et P2 : 12-16 ans), aux 4 étapes tests de l'apprentissage (T1 à T4), par une analyse de la variance (Anova 2x2, Tab. XIII).

**Tableau XVII**  
Analyse de la variance à chacun des 4 tests (T1 à T4) pour les 6 paramètres retenus (Eg, Me, Ig, Fg, Rgt, Rge) . Etude des effets du facteur "Groupe" (Témoins/Expérimentaux) noté Gr et du facteur "Age" (P1/P2) noté Age.

		Effet Gr.		Effet Age		Effet Gr.x Age.	
		F (ddl 1)	p	F (ddl 1)	p	F (ddl 1)	p
<b>T1</b>	<b>Rgt</b>	0.004	n.s.	0.42	n.s.	0.42	n.s.
	<b>Rge</b>	0.27	n.s.	0.73	n.s.	0.64	n.s.
	<b>Ig</b>	---	---	---	---	---	---
	<b>Fg</b>	---	---	---	---	---	---
	<b>Me</b>	3.41	n.s.	0.03	n.s.	1.38	n.s.
	<b>Eg</b>	0.05	n.s.	2.75	n.s.	0.03	n.s.
<b>T2</b>	<b>Rgt</b>	0.94	n.s.	0.15	n.s.	0.02	n.s.
	<b>Rge</b>	0.04	n.s.	0.70	n.s.	0.01	n.s.
	<b>Ig</b>	8.09	.007	3.47	n.s.	1.63	n.s.
	<b>Fg</b>	8.92	.005	3.78	n.s.	2.49	n.s.
	<b>Me</b>	1.06	n.s.	0.47	n.s.	7.50	.009
	<b>Eg</b>	0.02	n.s.	3.05	n.s.	0.58	n.s.
<b>T3</b>	<b>Rgt</b>	5.02	0.3.	0.01	n.s.	0.15	n.s.
	<b>Rge</b>	3.61	n.s.	0.80	n.s.	8.43	.006
	<b>Ig</b>	16.74	.0002	6.45	0.15	3.87	n.s.
	<b>Fg</b>	22.31	<.0001	12.86	.0009	7.98	.007
	<b>Me</b>	8.29	.006	1.0.	n.s.	21.60	<.0001
	<b>Eg</b>	30.48	<.0001	11.11	.002	5.05	.03
<b>T4</b>	<b>Rgt</b>	35.27	<.0001	1.63	n.s.	8.96	.005
	<b>Rge</b>	80.56	<.0001	1.47	n.s.	4.98	0.3
	<b>Ig</b>	58.76	<.0001	2.49	n.s.	2.49	n.s.
	<b>Fg</b>	60.03	<.0001	3.51	n.s.	2.95	n.s.
	<b>Me</b>	28.58	<.0001	0.28	n.s.	6.72	.013
	<b>Eg</b>	74.75	<.0001	1.42	n.s.	10.59	.002

--- : m=0 et var=0 (pas d'analyse)

Les conditions expérimentales d'apprentissage proposant le document écrit d'informations verbales et imagées (facteur Groupe) améliorent la qualité des processus mentaux d'encodage et permettent la construction de représentations mentales de meilleure qualité : aux 2 derniers tests (T3 et T4), dans les deux populations (P1 et P2) et particulièrement dans la plus âgée (P2), les sujets expérimentaux ont une meilleure représentation du geste technique attendu (Rgt : Tab.XV, Fig 14 ; Tab.XVII : effet du facteur groupe et interaction entre ce facteur et le facteur âge) et se représentent mieux le geste qu'ils ont réellement effectué (Rge : Tab.XV, Fig 14 ; Tab.XVII : effet du facteur groupe et interaction entre ce facteur et le facteur âge).

Cette supériorité des sujets expérimentaux se traduit par une meilleure qualité du geste qu'ils effectuent, en terme de maîtrise et de reproductibilité (, et 16 ; : effet du facteur groupe pour Me, Ig et Fg et interaction entre ce facteur et le facteur âge pour Me).

Enfin, cette meilleure qualité du mouvement aboutit à une plus grande efficacité de celui-ci chez les sujets des groupes expérimentaux. Ils ont effectivement de meilleurs résultats en termes de score à la cible que leurs témoins, et ceci particulièrement pour la populations la plus âgée (Eg : Tab.XV, Fig.16 ; Tab.XVII : effet du facteur groupe et interaction entre ce facteur et le facteur âge)

### **6.3. Discussion**

Alors que la première expérimentation portait sur des adultes et la seconde sur des adolescents, cette troisième expérimentation s'est attachée à étudier des sujets répartis dans deux classes d'âge compris entre 8 et 16 ans, classes correspondant à deux étapes contrastées de leur développement cognitif. Comme la seconde et en partie la première, elle a utilisé le mode de visée-flèche.

Cette dernière étude, comme les précédentes, montre que les sujets expérimentaux ont des performances supérieures aux sujets témoins, et ceci dans les deux classes d'âge étudiées. Ainsi les différences entre individus de groupes différents s'installent et s'amplifient tout au long de l'apprentissage pour devenir très significatives dans les derniers tests. Cette supériorité des groupes expérimentaux peut toutefois être analysée à la

lumière de plusieurs facteurs nouveaux par rapport à la phase équivalente (visée-flèche) de la première expérimentation.

D'une part, les sujets de cette troisième étude sont beaucoup plus jeunes (8 à 16 ans) et leur développement cognitif est donc incomplet car encore en évolution. Ainsi, ce qui relève pour un adulte d'une simple analyse facilement réalisable compte tenu des capacités cognitives disponibles, devient beaucoup plus difficile à intégrer pour des individus plus jeunes aux capacités cognitives moins développées.

D'autre part, la difficulté de la tâche a été considérablement accrue. Ainsi la distance de tir a presque doublé tandis que la taille du blason a diminué, et que le niveau d'exigence du critère de groupement des flèches a également doublé. Les facteurs liés aux capacités cognitives moindres associées à une plus grande complexité de la tâche ne peuvent ainsi que modifier considérablement les conditions d'apprentissage d'un mode de visée, en apparence seulement, identique.

Enfin, il faut rappeler qu'une phase de réactivation de l'apprentissage par l'activité cognitive a été systématiquement introduite dans le protocole de cette expérimentation 3. Cette différence accentuée et répétée sur le plan des supports d'apprentissage nous a paru de nature à favoriser encore plus l'activité cognitive des sujets expérimentaux. Nous avons de plus tenté d'accroître la qualité de cette activité cognitive par l'introduction d'un nouveau document écrit d'informations verbales et imagées dont la présentation a été améliorée, principalement en ce qui concerne la précision des images illustrant les différentes phases du mouvement. Outre le fait que ce dernier augmente la qualité du travail mental en diversifiant les supports (auditif : explication verbale orale du geste le plus adapté ; visuel : schémas et illustrations, commentaires verbaux écrits), en proposant et en rappelant l'existence d'une solution technique stable à laquelle on peut se référer régulièrement, il constitue un outil adapté à différents types de population (en âges et en déficiences) et adaptable à différents types de tâches.

Ce document écrit, bien que simple dans sa conception et son utilisation, est donc un outil pertinent. Il ne comporte en effet que peu de pages, les textes commentant les illustrations sont très courts, mais ils sont efficaces pour focaliser l'apprenant sur les points essentiels et les erreurs à éviter en priorité, c'est-à-dire celles le plus couramment observées par les experts. Il permet au sujet d'identifier, de sélectionner et traiter un nombre limité d'informations significatives et représentatives, dont la prise en compte est indispensable à la réalisation d'un geste efficace. Pour ces raisons, il a pu améliorer la rétention du mouvement technique le plus approprié, par rapport à une situation dans laquelle le sujet doit se référer aux seules traces mnésiques du geste produit par l'expérimentateur.

Les résultats de la troisième expérimentation s'accordent particulièrement avec les théories cognitives de l'apprentissage moteur (Blandin et coll., 1994 ; Chamberlin et Magill, 1992 a et b ; Singer et Chen, 1994). Elles montrent effectivement que, quand un processus cognitif s'établit, l'amélioration de la représentation mentale par un enrichissement des supports d'encodage entraîne toujours une amélioration significative de la qualité de l'habileté motrice acquise par ces sujets "expérimentaux" comparativement à des sujets "témoins".

Nous n'avons pas établi de différences dans les conditions d'apprentissage entre témoins et expérimentaux, tant au niveau de la durée totale des périodes d'apprentissage qu'au niveau du temps consacré à la pratique de l'activité. La différence a essentiellement résidé dans le type de support utilisé pour apporter l'information. Avec le support écrit d'informations verbales et imagées, ces informations sont stables et permanentes et cette disponibilité permanente permet une utilisation et un traitement, c'est-à-dire un apprentissage, individualisé au propre rythme de chacun (Ashen, 1984 ; Lieury, 1995 ; Lieury et Calvez, 1986 ; Paivio, 1986).

En premier lieu la permanence du support d'encodage imagé (essentiellement visuel) et verbal (écrit) peut améliorer la clarification du but de l'activité motrice en favorisant sa matérialisation. Magill (1993, 1995) souligne à ce sujet que, s'il existe différentes voies pour acquérir une habileté motrice, le principal facteur reste malgré tout que l'apprenant ait une idée claire du but à atteindre.

En second lieu, il faut rappeler que grâce à l'individualisation de l'apprentissage, rendu possible par l'utilisation du document écrit, les sujets expérimentaux peuvent plus efficacement centrer leur activité cognitive sur les éléments de l'habileté motrice qui leur paraissent les plus pertinents, de même qu'ils peuvent les lier plus facilement entre eux. Cette construction de liens entre les différents éléments favoriserait la mémorisation de ces dernières : Bower, 1970 ; a effectivement montré dans ses expériences que la mise en relation d'éléments entre eux aide à mémoriser jusqu'à trois fois plus de mots, de termes ou bien d'images. Permettant ainsi d'établir ces liens, le document écrit d'informations verbales et imagées permet aussi d'améliorer la rétention des différents éléments pertinents du geste et, en conséquence, il peut favoriser la construction et l'encodage d'une représentation mentale plus complète et de réutilisation plus facile (récupération de l'information en mémoire) et efficace (commande de l'acte moteur). Ceci semblerait particulièrement vrai pour des sujets présentant des difficultés particulières imputables à leur stade de développement cognitif ou, comme nous avons pu le montrer (Lavisse et coll., 1995), à un handicap moteur. En outre, la liaison des éléments entre eux serait d'autant plus efficace

pour la mémorisation que les termes ou les images seraient complexes comme peuvent l'être les habiletés motrices (Bower, 1970).

Les résultats de cette expérience nous montrent que l'utilisation de ce document écrit d'informations verbales et imagées avec des populations se différenciant par leur niveau de fonctionnement cognitif en fonction de leur âge suscite l'activité cognitive dans des proportions variables. Même si les sujets se trouvant à un niveau de développement cognitif encore proche de la pensée opératoire concrète tire avantage de cette incitation à l'activité cognitive, celui-ci est toutefois moindre que chez les sujets déjà parvenus à une certaine forme de fonctionnement cognitif plus abstraite et formelle.

L'analyse des résultats concernant les représentations mentales du geste attendu chez les différents groupes et populations confirme et précise le rôle de l'activité cognitive.

Les représentations mentales du geste technique attendu sont de meilleure qualité chez les sujets expérimentaux que chez les témoins. Comme l'efficacité du geste, la qualité de cette représentation varie en fonction de l'âge du sujet, c'est-à-dire du niveau de développement de leurs capacités cognitives.

Il apparaît donc que l'activité cognitive semble déterminante dans l'acquisition d'une habileté motrice. Cette efficacité s'exprime par la qualité des représentations mentales du geste attendu des sujets du groupe expérimental. Dans la mesure où elle varie aussi en fonction de l'âge des sujets, nous observons que l'efficacité de cette activité passe nécessairement par une bonne représentation du geste attendu qui s'apparente pour le sujet au but qu'il recherche.

La stimulation de l'activité cognitive entraîne également l'amélioration de la qualité de la représentation du geste effectué par l'apprenant. Cette supériorité de la qualité des représentations mentales du geste effectué chez le groupe expérimental se retrouve aussi partiellement accrue en fonction de l'âge des individus.

Dans les groupes expérimentaux, les adolescents obtiennent des scores significativement plus élevés que les sujets plus jeunes. Ces différences se retrouvent également dans la maîtrise de l'exécution, dans la reproductibilité du geste et dans la qualité des représentations mentales du geste. C'est principalement au cours du troisième test que ces différences sont les plus marquées. Ensuite les populations plus jeunes rejoignent les performances des adolescents. Cela tient probablement à ce que ces derniers sont parvenus

à un niveau de maîtrise proche du seuil plafond de ce degré d'apprentissage de l'habileté et que, par conséquent, il leur est difficile de continuer à évoluer dans des proportions importantes. En revanche, la population de sujets plus jeunes qui ont des performances moins élevées que celles des sujets adolescents, sont plus éloignées de ce plafond et peuvent ainsi continuer à progresser.

Cette analyse des résultats nous permet de confirmer une nouvelle fois l'hypothèse concernant le fait que, d'une part, la stimulation de l'activité cognitive permet d'en augmenter l'efficacité par le biais d'une amélioration des représentations mentales du geste attendu et du geste effectué, et que, d'autre part, corrélativement à cet accroissement de l'efficacité de l'activité cognitive, on constate de meilleures performances chez les sujets expérimentaux.

Nous pouvons alors formuler une hypothèse supplémentaire qui attribuerait à la qualité des représentations mentales des gestes effectué et attendu la meilleure correction, par feed-back chez l'apprenant, de son geste au fil de ses essais.

Cette hypothèse est en grande partie validée par les résultats concernant la maîtrise d'exécution du geste qui traduit justement l'écart entre le geste effectué par le sujet et le geste technique attendu. Les sujets expérimentaux arrivent effectivement à une meilleure maîtrise du geste que les témoins à partir du 3ème test, surtout pour la classe d'âge la plus élevée (P2). Ces sujets expérimentaux adolescents sont ensuite rejoints dans leur maîtrise du geste par les sujets expérimentaux plus jeunes (P1) au 4ème test. Tout se passe donc comme si les sujets expérimentaux bénéficiaient tous de l'augmentation de leur activité cognitive en améliorant plus que les témoins la qualité de leurs représentations du geste technique attendu (dès le 2ème test pour les plus âgés de P2 et pour tous aux 3ème et 4ème tests) et du geste effectué (dès le 3ème test pour les plus âgés de P2 et pour tous au 4ème test), mais que cette amélioration soit plus ou moins précoce en fonction de leur âge. Elle existe en effet dès le 2ème test pour les sujets expérimentaux les plus âgés (P2) et aux 3ème et 4ème tests pour tous les sujets expérimentaux en ce qui concerne la représentation du geste technique attendu ; elle existe dès le 3ème test pour les sujets expérimentaux les plus âgés (P2) et au 4ème test pour tous les sujets expérimentaux en ce qui concerne la représentation du geste effectué. Ainsi, les sujets expérimentaux parviennent à un geste plus efficace et à une plus grande maîtrise de son exécution que leurs témoins dès le 3ème test pour les plus âgés (P2) et au 4ème test pour les deux classes d'âges étudiées. Ceci peut aussi s'interpréter en termes d'une plus grande précocité d'atteinte du "niveau plafond" de performances (à ce degré de difficulté d'apprentissage moteur) par les sujets expérimentaux plus âgés, qui ne progressent

donc plus significativement dans le test suivant et qui sont ainsi rejoints par les autres sujets expérimentaux plus jeunes.

Le mécanisme par lequel la stimulation de l'activité cognitive améliore les représentations mentales du geste (effectué et attendu), et par voie de conséquence la maîtrise de l'exécution du geste, tient probablement à ce qu'elle favorise chez l'individu l'identification, la relation, puis l'utilisation des cinq indices pertinents retenus pour l'analyse du geste. En effet, ce document écrit insiste sur les éléments essentiels qui doivent retenir l'attention du sujet en précisant les erreurs à éviter et les conséquences qu'elles engendrent. L'apprenant peut ainsi construire son apprentissage en expérimentant les différentes situations et en retrouvant la signification des effets de son geste. Le document écrit favorise leur reconnaissance ainsi qu'il aide à identifier des mécanismes qui ont suscité les réponses motrices et engendré la performance. Dès lors, le sujet possède une grille d'analyse de son geste qui lui permet, compte tenu des limites de sa capacité de traitement de l'information, de ne sélectionner que les indicateurs essentiels des caractéristiques du mouvement, tout en dégageant une analyse complète de celui-ci.

Cette première étape de l'analyse confirme le rôle de l'activité cognitive dans l'acquisition d'une habileté motrice : plus elle est stimulée et importante, plus les représentations mentales construites par les apprenants sont de qualité et plus les performances motrices s'améliorent.

Ceci est confirmé par toutes les évaluations du geste tant au niveau de son efficacité (à travers la performance à la cible) et de la maîtrise de son exécution (à travers les principaux éléments qui le composent) comme nous venons de le développer, qu'au niveau de sa reproductibilité par l'apprenant (à travers la qualité et la fréquence de groupement des flèches à la cible).

La reproductibilité du geste telle que nous l'avons évaluée est, pour le sujet apprenant, un indicateur du "degré" de son apprentissage dans la mesure où il dispose par ce biais d'informations sur la manière avec laquelle il est parvenu à son score. Le traitement mental de ces informations devrait, du point de vue cognitiviste que nous avons retenu, permettre à l'individu une régulation de son action. C'est ainsi que, pour un sujet engagé dans l'acquisition d'une habileté motrice comme le tir à l'arc, la recherche de l'efficacité devrait passer par des objectifs successifs de groupement des flèches d'abord sur une volée puis sur l'ensemble des volées. Notre étude montre combien l'incitation à l'activité cognitive entraîne une amélioration de ce traitement d'information : les sujets expérimentaux des deux classes d'âges obtiennent à ce niveau des résultats très nettement supérieurs aux témoins, et ce de façon d'autant plus précoce dans l'apprentissage qu'ils sont âgés (dès les 2ème et 3ème

tests pour la classe de 12 à 16 ans et surtout à partir du 4ème test pour les plus jeunes de 8-11 ans).

Les effets du facteur “condition d’apprentissage” (témoins/expérimentaux) sont modulés par le déroulement de l’apprentissage (interaction apprentissage x groupes). L’effet positif du document écrit d’informations verbales et imagées sur l’acquisition de l’habileté motrice serait ainsi étroitement lié à l’amélioration de la représentation mentale du mouvement. Ce résultat et cette hypothèse peuvent être rapprochés des études effectuées sur le feed-back dans l’acquisition d’une habileté motrice, sans se soucier du fait de ce que les auteurs s’intéressent à la connaissance des résultats (CR : Buekers et coll., 1994) ou à la connaissance de la performance (CP : Newell et coll., 1985). La CR renseigne sur les résultats du mouvement, alors que la CP renseigne sur sa cinématique (Buekers et Magill R., 1995). Dans notre expérimentation, une meilleure estimation de ces deux composantes pourraient être obtenue au moyen d’une bonne représentation du geste attendu. Cette précision de l’évaluation permet au sujet de corriger plus efficacement le mouvement qu’il a effectué. Ce phénomène serait d’autant plus effectif que le sujet se situe à un stade avancé de son développement cognitif.

Quelle que soit la théorie cognitive de l’acquisition des habiletés motrice que l’on considère, on peut concevoir qu’à un certain niveau d’habileté, la représentation mentale de l’apprenant fournit une sorte de modèle abstrait réunissant les caractéristiques pertinentes de l’habileté. Cette construction pourrait utiliser deux processus principaux : (a) le sujet utiliserait tous les exemples ou répétitions spécifiques précédents et les regrouperait progressivement dans une même catégorie de mouvement (Chamberlin et Magill, 1992a) qui pourrait être considérée comme une catégorie abstraite, ultérieurement il prendrait un de ces exemples mémorisés et le transférerait à une situation d’exercice particulière ; (b) dès le début de son apprentissage, le sujet formerait un schéma abstrait en extrayant et en mémorisant uniquement les informations pertinentes nécessaires de chaque exemple particulier qu’il pratique (Chamberlin et Magill, 1992a ; Hintzman, 1986) et ultérieurement il projetterait ce schéma abstrait sur chaque situation offrant la pratique d’un exemple particulier. Le premier processus (a) pourrait être caractérisé comme comparable à un traitement mental de “type inductif” dans sa première phase de construction de la catégorie de mouvements, et même de type “transductif” dans sa seconde phase lors de chaque utilisation d’un exemple de la catégorie de mouvements dans chaque situation motrice semblable. Le second processus dans lequel le sujet forme un schéma abstrait peut être comparé à un processus de type lui aussi inductif dans la construction de ce schéma mais bien cette fois-ci de type “déductif” dans son utilisation. Si nos conditions expérimentales d’apprentissage sont susceptibles d’améliorer ces deux types de processus cognitifs en donnant une aide de lecture et d’analyse plus pertinentes pour chaque exemple spécifique ou particulier de mouvement exécuté, elles

paraissent d'autant plus efficaces pour le second type de processus qui nécessite dès le départ la construction d'un modèle ou prototype abstrait. La richesse du support d'encodage permet à l'apprenant de construire rapidement un modèle abstrait, de l'utiliser pour planifier et diriger sa prochaine activité motrice, alors qu'il le complétera et le perfectionnera au fil de l'analyse de tous les exemples spécifiques réalisés. Ce processus, équivalent à un processus déductif, sera d'autant plus utilisé par un apprenant que celui-ci est à un stade de fonctionnement cognitif qui permet cette abstraction, comme c'est le cas de la population la plus âgée de notre expérimentation. Pour les plus jeunes, leur niveau de fonctionnement cognitif favorise certainement le recours à un processus plus inductif.

D'autre part, le degré de complexité de la tâche pourrait aussi orienter l'apprenant vers l'un ou l'autre de ces deux processus (Chamberlin et Magill, 1992b). Quand la situation d'apprentissage est plus complexe, l'augmentation du nombre d'informations qui doivent être traitées et condensées induirait une "charge" cognitive plus grande dans le cas du schéma abstrait que dans celui du stockage d'exemples particuliers. Ainsi lorsque l'habileté motrice est complexe, les apprenants pourraient privilégier le processus de type inductif (Chamberlin et Magill, 1992a).

Dans une autre voie d'analyse des résultats de cette troisième expérience, on peut remarquer que les sujets expérimentaux, en particulier les plus âgés (P2), produisent des "décalages" entre les différents indicateurs de leur apprentissage. C'est ainsi que, si les indicateurs de l'apprentissage au niveau de la performance réalisée (Efficacité du geste) et de la technique utilisée (Maîtrise d'exécution du geste) progressent sensiblement entre les 2ème et 3ème tests et pratiquement plus entre les 3ème et 4ème tests, les autres indicateurs plus spécifiques de la "conception" de l'habileté par l'apprenant (Reproductibilité du geste, et représentations mentales des gestes) continuent eux de progresser entre les 3ème et 4ème tests.

Ceci souligne qu'un sujet engagé dans un apprentissage moteur peut continuer à améliorer sa représentation de l'habileté et donc potentiellement sa motricité, sans que cela transparaisse dans un premier temps dans sa performance. Dans cette troisième expérimentation, le sujet continue de progresser dans sa conception du tir (progression traduite dans la qualité du tir au niveau des groupements de flèches et dans les représentations qu'il exprime du geste qu'il a effectué et de celui qu'il aurait dû effectuer). Pour confirmer dans cette expérimentation ces progressions par "paliers décalés" des différentes composantes de l'apprentissage, il aurait été souhaitable de prolonger dans le temps (5ème, 6ème tests) les évaluations de la performance. L'organisation de la scolarité

d'une grande partie de nos populations testées n'a malheureusement pas permis cette extension de l'expérimentation. Toutefois, cette analyse dynamique de l'apprentissage peut être confirmée en partie par certains résultats obtenus dans la première expérimentation. Dans cette expérimentation, nous avons pu constater qu'aucune différence significative ne se dégageait entre témoins et expérimentaux au cours de l'apprentissage de la visée-flèche mais que des différences importantes apparaissaient dès le début de l'apprentissage de la visée-viseur. On peut là aussi supposer que, malgré le plafonnement de leur performance en visée-flèche, les sujets expérimentaux ont continué de progresser au cours de cette phase dans leur acquisition de l'habileté, notamment en ce qui concerne la qualité des repères tactiles et visuels. Ceci leur a permis d'évoluer dans certains aspects de cette acquisition élaborée et stabilisée au cours de la visée-flèche dans l'apprentissage de la visée-viseur. Cette situation "visée-viseur" a ainsi créée aux sujets expérimentaux les conditions d'expression de leur apprentissage et de leur différence par rapport aux sujets témoins.

Cette analyse nous évoque la conception du rapport entre l'apprentissage et le développement de Vygotsky (1984), reprise par certains auteurs pour son intérêt tant en psychologie du développement (Rivière, 1990) qu'en psychologie de l'apprentissage dans une perspective didactique (De Corte et coll., 1979).

Cette conception caractérise l'individu dans son développement sous deux aspects : (1) le niveau de développement actuel qui peut s'évaluer par les performances produites par le sujet dans une situation standardisée ; et (2) le niveau de développement potentiel se situant dans ce que Vygotsky dénomme la "zone de proche développement" et que le sujet sera capable de faire avec l'aide d'une médiation dans un premier temps, puis seul dans un second temps.

Dans notre situation d'apprentissage moteur, le développement actuel se traduirait dans les performances au niveau de l'efficacité et de la maîtrise d'exécution du geste, et le développement potentiel serait exprimé dans les résultats de l'individu au niveau de la reproductibilité de son geste et surtout de la qualité de ses représentations mentales des gestes attendu et effectué.

Ceci nous permet de réaffirmer ce que Vygotsky a déjà exprimé : "si l'enfant fait un pas par l'apprentissage, il avance de deux pas dans son développement" (citation rapportée par De Corte et coll., 1979, p247).

A l'instar de la première expérimentation, où la poursuite du développement qualitatif des représentations déjà réelle en 1ère phase (visée-flèche) doit attendre la 2ème

phase (visée-viseur) pour se traduire dans les performances, cette troisième expérimentation de ce travail illustre ce principe : les archers des groupes expérimentaux poursuivent leur développement alors que leurs performances traduisant l'état actuel de leur apprentissage n'évoluent plus pendant un certain temps.

Cette analyse peut également apporter quelques compléments de réflexion aux observations de certains auteurs, comme Durand (1992), qui s'accordent à considérer que l'apprentissage moteur chez l'enfant n'est pas linéaire, mais qu'il existe aussi bien des phases de stagnation et même de régression que des phases de gain. Notre étude peut nuancer ces observations en laissant envisager que, si ceci est vérifié pour les performances exprimées dans les changements comportementaux observables (efficacité et maîtrise d'exécution du geste) qui stagnent ou régressent à certains moments, cela ne concerne pas certains aspects du développement et de l'acquisition de l'habileté qui eux continuent de progresser (reproductibilité et représentations). Cette progression constante et non révélée dans la performance brute peut engendrer dans un second temps une progression brutale et importante de cette performance.

L'analyse qui précède porte principalement sur l'apprentissage des sujets des groupes expérimentaux. Elle montre à nouveau le rôle essentiel de l'activité cognitive dans l'acquisition d'une habileté motrice et souligne à ce niveau l'importance non négligeable du facteur âge dans la modulation de cette activité cognitive dans la mesure où ce sont les plus âgés (adolescents de 12 à 16 ans) qui bénéficient le plus de cette incitation à l'activité cognitive. Mais elle n'apporte pas d'éclaircissement quant au fait que les sujets adolescents témoins, même s'ils ne sont pas expérimentalement incités à le faire, n'utilisent pas leur "supériorité cognitive" par rapport aux plus jeunes et ne la traduisent pas dans de meilleures performances que ces derniers. Ils ont au contraire des performances qui stagnent ou même régressent à certains moments du cycle d'apprentissage.

A ce propos, quelques hypothèses explicatives peuvent être développées.

En premier lieu, les jeunes adolescents de ce groupe sont en pleine période de transformation. A cette période, l'adolescent éprouve un grand besoin de conformité avec les autres. Il demande à être rassuré sur la normalité de son évolution. Ces observations s'illustrent parfaitement à travers les dysmorphophobies qui sont des troubles caractéristiques de cette période de la vie (de Ajuriaguerra, 1980). Compte tenu de ces

éléments, le sujet adolescent engagé dans un apprentissage moteur, qui voit ses performances stagner à un niveau relativement bas par rapport à d'autres individus, risque de très vite manifester un désintérêt pour l'activité. Cette prise de conscience de ses difficultés résulte d'une connaissance précise des objectifs de l'activité associée à l'évaluation aisée de l'écart qui le sépare d'une performance exprimant une certaine réussite et une certaine normalité dans l'acquisition de l'habileté motrice. L'individu rentre alors dans un phénomène circulaire de relation entre la motivation et la réussite : de mauvaises performances provoquent le désintérêt, le désintérêt provoque à son tour de mauvaises performances, et ainsi de suite.

Les remarques qui précèdent nous permettent d'envisager un double effet de l'incitation à l'activité cognitive sur l'acquisition d'une habileté motrice : elle permet l'amélioration des performances et, simultanément, est en relation circulaire avec celle-ci, une augmentation de la motivation.

Ces améliorations passent d'ailleurs d'abord par une amélioration qualitative des représentations mentales de l'habileté motrice (au niveau du geste technique attendu comme du geste effectué par l'apprenant).

En résumé, cette troisième expérimentation confirme l'importance de la quantité et de la qualité de l'activité cognitive dans l'acquisition d'une habileté motrice. Lorsque les apprenants sont incités à une telle activité par le biais d'un document d'informations verbales et imagées, ils élaborent une meilleure représentation mentale du geste technique attendu, le document soulignant les éléments pertinents du mouvement. Ils dégagent ainsi les indicateurs essentiels de l'habileté, transfèrent ces connaissances dans l'analyse de leurs productions motrices et construisent ainsi une meilleure représentation du geste qu'ils effectuent. Grâce à ce traitement mental des diverses informations, le geste moteur est mieux maîtrisé dans son exécution. Il devient plus efficace et permet ainsi la production d'une performance de qualité. De plus, à cette réussite plus importante des sujets expérimentaux qui utilisent ce document écrit d'informations verbales et imagées s'associe très certainement et rapidement une plus grande motivation pour l'activité, ce qui par réaction circulaire ne peut que participer à l'amplification de la qualité de l'acquisition et donc de la réussite en termes de performances.

Lorsque cette activité cognitive de traitement de l'information n'est pas particulièrement stimulée (groupes témoins), les sujets plus âgés, pour qui on peut supposer un niveau de fonctionnement cognitif supérieur (cas des adolescents de l'expérimentation 3)

par rapport aux plus jeunes, ne se distinguent pas de ces derniers dans la qualité de leur acquisition motrice et de leurs performances qui en découlent. En revanche, si une incitation à cette activité cognitive est bénéfique à tous les sujets expérimentaux quel que soit leur âge (entre 8 et 16 ans), elle l'est d'autant plus lorsqu'ils sont âgés et donc ont en principe un niveau de fonctionnement cognitif plus élaboré. D'autre part la complexité de l'habileté motrice à acquérir et celle des mécanismes en jeu dans sa construction ne permettent pas de se déterminer systématiquement et simplement en faveur de l'un ou l'autre des processus. Les résultats obtenus nous indiquent toutefois que, pour une même complexité d'habileté, les choix pédagogiques et didactiques relatifs à ces processus peuvent être faits en fonction de l'âge des apprenants.

## **DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION**

La première expérimentation que nous avons menée se proposait de situer le rôle de l'activité cognitive s'appuyant sur les images et les représentations mentales dans l'acquisition d'une habileté motrice chez des sujets préadultes et adultes censés avoir atteint le stade terminal de leur développement cognitif. Pour mener cette étude, nous avons élaboré un protocole expérimental qui différenciait les supports à partir desquels s'effectuait l'apprentissage moteur. Nous avons ainsi soumis les sujets à l'apprentissage d'une habileté motrice, en l'occurrence le tir à l'arc, avec (groupe expérimental) ou sans (groupe témoin) l'aide d'un document écrit d'informations verbales et imagées visant à favoriser l'activité cognitive de l'apprenant. Ces conditions cherchaient à augmenter la "dynamique cognitive" des sujets du groupe expérimental afin de situer l'influence que celle-ci peut avoir sur l'apprentissage moteur. L'étude de populations différentes (valides, handicapés moteurs, déficients cognitifs) a permis d'apprécier si l'activité cognitive et les représentations mentales

qu'elle produit et utilise sont toujours aussi présentes dans l'apprentissage, et si leur rôle est toujours semblable malgré la déficience cognitive ou motrice des individus.

La deuxième expérimentation a permis, en comparant dans la même situation des populations d'adolescents valides et handicapés moteurs, d'approfondir la première étude en évaluant l'influence du document écrit d'informations verbales et imagées avec des sujets qui n'ont pas encore atteint le terme de leur développement cognitif. La diversité des populations testées a également permis de préciser et de souligner un des mécanismes de l'efficacité du document écrit d'informations verbales et imagées : celui de l'information supplémentaire ou ajoutée ("augmented information" : Wrisberg et coll., 1995).

La troisième expérimentation est venue compléter l'ensemble de cette recherche en différenciant le rôle de l'activité cognitive en fonction du stade de développement cognitif atteint par des sujets valides âgés de 8 à 16 ans. Nous avons ainsi distingué les sujets encore au stade de la pensée opératoire concrète (âgés de 8 à 11 ans) des sujets au stade de la pensée préformelle et formelle hypothético-déductive (âgés de 12 à 16 ans). Cette expérimentation a permis d'étudier l'évolution de la qualité et de l'efficacité des représentations mentales tout au long de l'apprentissage moteur.

Cette étude de la qualité et de l'efficacité des représentations mentales a souligné la diversité des processus possibles pour la construction des représentations mentales (en particulier ceux de type inductif et/ou déductif) et l'hypothèse que l'utilisation de l'un plutôt que de l'autre soit principalement dépendant du stade de développement cognitif du sujet.

Cette hypothèse selon laquelle l'activité cognitive et la qualité des représentations mentales qu'elle engendre jouent un rôle fondamental dans l'acquisition d'une habileté motrice nouvelle a émané des nombreuses contradictions que notre expérience professionnelle d'enseignant des activités physiques et sportives avec des sujets handicapés moteurs nous a permis de révéler. Cette hypothèse s'appuie également sur une conception cognitiviste de l'apprentissage moteur qui stipule que la régulation de l'action se fait prioritairement par l'activité cognitive du sujet. Elle se fonde d'autre part sur les théories de l'apprentissage moteur proposées par plusieurs auteurs qui s'accordent à penser que le sujet engagé dans l'acquisition d'une habileté motrice nouvelle utilise, en particulier durant la première phase de son apprentissage, ses capacités cognitives (Chamberlin et Magill, 1992 a et b ; Fitts, 1964 ; Fitts et coll., 1967 ; Hall et coll., 1992 ; Smith et Chamberlin, 1992).

On peut ainsi supposer, comme certains auteurs l'ont fait pour d'autres apprentissages, que dans l'apprentissage moteur et en particulier dans sa phase initiale, le recours de l'apprenant à ses "représentations initiales" revêt une importance primordiale.

C'est la raison pour laquelle nous avons proposé aux sujets expérimentaux un document écrit d'informations verbales et imagées qui avait pour principale finalité de provoquer cette activité cognitive, d'amener le sujet à évoquer ses propres représentations et à les confronter à celles ainsi proposées pour en construire de nouvelles.

C'est aussi la raison pour laquelle nous avons fait porter notre étude uniquement sur des sujets naïfs vis-à-vis de l'activité. Et c'est, entre autres, le contrôle de cette variable qui nous a orienté dans notre choix du tir à l'arc comme habileté motrice à acquérir. Cette activité permet en effet, non seulement de sélectionner des sujets de tout âge ne l'ayant jamais pratiqué, mais aussi de réaliser l'expérimentation avec une grande rigueur et un contrôle de nombreuses variables susceptibles de moduler l'apprentissage. Il s'agit principalement du contrôle de la situation initiale des apprenants, de la faible interférence des phénomènes de fatigue au niveau des parties corporelles intervenant directement dans la réalisation du geste, du nombre important de répétitions possibles et aussi de la diversité et de la fiabilité des paramètres permettant d'évaluer cet apprentissage moteur.

L'ensemble de cette recherche a permis de valider expérimentalement certaines hypothèses et d'en tirer différentes conclusions.

Ainsi, la totalité de nos résultats a mis en évidence l'importance de la qualité de l'activité cognitive et des représentations mentales que cette dernière suscite et utilise, dans l'acquisition d'une habileté motrice nouvelle par un sujet. En effet, tous les résultats des expérimentations 1, 2 et 3 montrent une supériorité des performances en termes de qualité et d'efficacité du geste des sujets expérimentaux par rapport aux sujets témoins. De plus, ces meilleures performances des apprenants expérimentaux sont directement associées à une plus grande qualité des représentations du geste technique attendu et du geste que ceux-ci effectuent.

L'ensemble des nuances apportées par l'étude de populations, différentes par leur âge ou leurs capacités cognitives ou motrices, confirme que le niveau d'acquisition d'une habileté motrice par des sujets naïfs dépend de la qualité des représentations mentales du geste et donc de la qualité de l'activité cognitive qui les a suscité. Les sujets expérimentaux qui montrent une plus grande qualité de représentations du geste à effectuer ou réellement effectué produisent effectivement un geste plus efficace. Cette relation se retrouve pour tous les indicateurs de la qualité du geste produit (efficacité, reproductibilité et maîtrise d'exécution). Enfin, ces relations se vérifient aussi bien chez les sujets déficients cognitifs que chez les handicapés moteurs, ainsi qu'à tous les niveaux d'âge étudiés.



Cette recherche valide donc notre première hypothèse (formulée en 2.3.) selon laquelle l'apprenant d'une habileté motrice s'appuie, comme pour les autres apprentissages, sur ses représentations mentales initiales et les fait évoluer par son activité cognitive en les confrontant à celles évoquées à partir des informations qu'il perçoit dans son environnement. Lorsque l'on améliore la qualité et l'efficacité de son activité cognitive en multipliant les supports d'encodage (imaginés, verbaux écrits et oraux) utilisés pour lui présenter les situations et informations relatives à l'habileté à acquérir, le sujet (expérimental) construit effectivement des représentations de celle-ci d'une meilleure qualité qu'en l'absence d'une telle diversification (sujet témoin).

La seconde hypothèse (également formulée en 2.3.) est également largement validée par les résultats de ce travail : à l'amélioration qualitative des représentations mentales correspond corrélativement une meilleure acquisition de l'habileté motrice.

Toutes ces conclusions sont bien sûr formulées en termes d'"améliorations qualitatives" et non pas en termes de "tout ou rien", de "réussite ou d'échec" de l'apprentissage. L'objet de cette recherche était en effet principalement d'apprécier l'existence d'une possible différence d'efficacité entre un mode d'apprentissage basé sur une stimulation du travail cognitif portant sur les représentations mentales de l'habileté motrice (groupes expérimentaux) et un mode plus classique non tourné vers ce travail mental de l'apprenant mais uniquement vers la répétition de la pratique (groupes témoins). Cette pratique reste toutefois identique dans les deux groupes. Nos résultats montrent d'ailleurs l'efficacité réelle de ce dernier mode d'acquisition d'une habileté dans la mesure où les sujets des groupes témoins augmentent de manière significative la qualité de leurs représentations du geste, leur maîtrise de l'exécution et leur performance entre le premier et le dernier test ; mais ils en démontrent aussi largement la moindre efficacité par rapport au premier.

Nos résultats soulignent la propension du document écrit d'informations verbales et imaginées à enrichir l'activité cognitive et la qualité des représentations mentales du geste. Dans le même temps, ils montrent toute l'importance de ce travail mental de l'apprenant pour améliorer la rapidité et la qualité de l'acquisition. Ce type de document peut donc être considéré comme un outil très efficace en situation d'apprentissage moteur et quelques hypothèses peuvent être formulées quant aux processus en cause dans cette efficacité.

Cet outil permet au sujet de se détacher des indicateurs premiers de la performance motrice tel que le score réalisé à la cible, indicateur sur lequel le débutant se focalise presque

exclusivement au départ et qui oriente tous ses choix moteurs et monopolise son travail mental. En favorisant la compréhension et la reconnaissance des principes fondamentaux du tir à l'arc (précision et répétition), cette source d'informations aide le sujet à se centrer sur les éléments pertinents de l'habileté motrice, même si cela doit momentanément entraîner une stagnation ou même une diminution de sa performance à la cible. Il pourra ensuite réinvestir plus efficacement ses acquisitions et accélérer son apprentissage de l'habileté. C'est ce que nous avons pu vérifier dans la troisième expérimentation où les sujets expérimentaux continuent de progresser dans la reproductibilité de leur geste alors qu'ils stagnent dans le même temps pour leur performance à la cible.

Ce document peut aussi permettre à l'apprenant de continuer à progresser dans l'acquisition de certains aspects de l'habileté, même si la situation de la tâche qui la mobilise n'est pas très complexe et qu'il a déjà atteint le maximum possible de la performance. Il peut ensuite, lorsque l'occasion lui en est donnée, réinvestir ces acquisitions supplémentaires dès que la tâche devient plus complexe. C'est ce que nous avons pu observer avec les sujets expérimentaux dans la première expérimentation qui ont pu transférer des acquisitions peu mobilisées ou exprimées au cours de la première phase plus simple (en visée-flèche) dans l'expression de leur performance au cours de la seconde phase plus complexe (en visée-viseur) et ainsi se détacher des sujets témoins.

Ces résultats nous amènent de surcroît à conclure que l'activité cognitive joue un rôle d'autant plus déterminant que les exigences ou la complexité de la tâche sont grandes. Ceci a pu être vérifié, comme nous venons de le rappeler, dans la première expérimentation. Mais nous l'avons également constaté dans les seconde et troisième expérimentations où l'accroissement de la difficulté de la tâche aboutit à de faibles performances dans les deux premiers tests pour tous les groupes. Toutefois, si cela ne permet pas aux différences entre témoins et expérimentaux de s'exprimer significativement dans cette première phase de l'acquisition, cela n'exclue pas une meilleure progression des sujets expérimentaux dans leur apprentissage, progression qui s'exprime de façon brutale dans les tests suivants et qui permet à ces sujets d'effectuer des performances nettement supérieures à celles des témoins.

Les résultats obtenus par l'étude de populations de sujets aux caractéristiques très différentes sur les plans cognitif ou moteur nous ont permis dans une très large mesure de confirmer le rôle essentiel de l'activité cognitive dans l'acquisition d'une habileté motrice. Mais ceux obtenus par la comparaison de ces populations nous ont aussi apporté des arguments et des précisions supplémentaires quant à l'efficacité de ce travail mental. Ce dernier permet aux sujets déficients que l'on sollicite particulièrement pour cette activité

cognitive à l'aide du document écrit d'informations imagées et verbales, de compenser dans une certaine mesure leur déficience cognitive pour les uns et motrice pour les autres et de parvenir à égaler les performances des sujets témoins valides.

Dans les deux cas, une interprétation de ces résultats peut se résumer dans l'assertion suivante : chez le sujet naïf, la qualité des représentations mentales aurait une primauté de rôle sur l'efficacité motrice lors de l'acquisition d'une habileté motrice, la dernière ne pouvant prendre sa pleine dimension que lorsque la première est assurée. C'est ainsi que les sujets déficients cognitifs n'expriment leur efficacité motrice "normale" que lorsqu'ils ont compensé le déficit de qualité de leurs représentations mentales, et que les sujets handicapés moteurs ne compensent leur déficit d'efficacité motrice que lorsqu'ils ont "surdimensionné" la qualité de leurs représentations mentales.

Cette primauté des facteurs cognitifs sur ceux de l'efficacité motrice chez le débutant s'admet encore plus lorsque l'on constate que, systématiquement, dès que la qualité de l'activité cognitive est moindre quelle qu'en soit la raison (cas des déficients cognitifs par rapport aux valides de même groupe, cas des plus jeunes apprenants par rapport aux adolescents de même groupe et enfin cas des témoins par rapport aux expérimentaux de même population), les qualités du geste acquis sont moindres (tant au niveau de son efficacité que de sa maîtrise et de sa reproductibilité).

Toutefois, la comparaison entre les différentes populations au sein de chaque groupe expérimental ou témoin nous montre que l'efficacité motrice reste malgré tout essentielle dans la production des performances, même si la qualité de son expression (force, vitesse, endurance, coordination, souplesse) dépend pour partie de celle des représentations mentales du geste. Au sein d'un même groupe (expérimental ou témoin), les sujets handicapés moteurs obtiennent des performances moindres que celles des sujets valides.

Cette double analyse souligne que la performance produite par le sujet reste malgré tout la résultante de ces deux facteurs principaux : les représentations mentales du geste et les paramètres de l'efficacité motrice. De plus, il ne faut pas négliger le fait que la construction de ces représentations se nourrit aussi de l'exercice de cette efficacité motrice dans la pratique de l'activité. Nous réaffirmons ainsi ici l'une des conditions de l'apprentissage moteur, admise par l'ensemble des théoriciens et des praticiens, qui est la nécessité de la pratique dans toute acquisition d'une habileté motrice (Bertsch, 1995 ; Buekers, 1995 ; Ripoll, 1985). La performance immédiatement consécutive à un apprentissage théorique (par le seul travail mental) n'est pas réellement possible.

Rappelons enfin que, si tous nos résultats montrent l'efficacité de l'activité cognitive sur l'acquisition d'une habileté motrice par le biais d'une construction de représentations mentales de qualité, les résultats de la deuxième expérimentation nous ont également conduit à envisager que cette efficacité puisse également passer par un maintien de la motivation et de l'investissement du sujet pour l'activité et son apprentissage, dans la mesure où il parvient rapidement à produire des performances d'une certaine qualité ou bien plus encore à se référer à d'autres indicateurs que ces seuls scores à la cible pour évaluer la qualité de son geste.

Ce dernier point est probablement l'un des plus importants dans l'analyse des processus qui rendent ce travail mental si efficace. Améliorer les représentations mentales de l'apprenant consiste aussi à le centrer sur des variables paradoxalement considérées au départ comme secondaires (comme par exemple la qualité et la fréquence des groupements de flèches à la cible). C'est lui permettre aussi d'évoluer constamment dans l'acquisition de l'habileté motrice en vue d'atteindre le plus haut niveau d'expertise possible. Cette approche amène le sujet à modifier son attitude. Et le mécanisme essentiel de déclenchement de ce changement de comportement tient dans la transformation de la représentation mentale du geste technique attendu. Certains formateurs utilisent cette approche consistant à provoquer la modification des représentations du sujet pour faire évoluer son comportement (Amade Escot, 1989). Dans notre étude cette modification fait passer le sujet d'une gestuelle qui fondait son action sur une notion parcellaire de la précision réduite aux actions propulsives (traction, décoche visée) du tir, à un mouvement qui assimile le tir à un tout qui commence avec le placement sur le pas de tir pour se terminer lors de l'impact de la flèche sur la cible. Cette approche globale de l'apprentissage organise les éléments du geste de telle manière que chacune des séquences contient déjà une partie de la séquence suivante. Dès lors, on peut appréhender l'activité selon une dynamique qui offre des perspectives nouvelles d'efficacité que n'autorise pas une acquisition statique de l'habileté dans laquelle la réalisation de chaque séquence est un point indépendant des autres.

Ce changement au niveau de la représentation du geste technique attendu, qui considère l'ensemble des éléments du geste et plus seulement la séquence centrale du mouvement, est à l'origine de nombreuses évolutions qui enrichissent le comportement du sujet. Elles permettent aussi d'aborder l'activité sous un angle qui peut par exemple permettre à des sujets handicapés moteurs d'évoluer plus rapidement dans leur apprentissage mais aussi d'accéder et de maîtriser des habiletés motrices pour atteindre des performances qu'un apprentissage classique n'autoriserait pas.

Cette approche nouvelle de l'acquisition d'une habileté motrice qui fonde son principe de base sur la transformation des représentations mentales du geste technique attendu doit permettre au sujet apprenant d'aller au delà de la simple efficacité motrice traduite

par la performance. C'est en quelque sorte envisager de transformer la zone de proche développement de l'apprenant imaginée par Vygotsky (1984).

Si nous résumions les caractéristiques essentielles de notre document écrit d'informations verbales et imagées qui participent le plus à son efficacité, nous pourrions les classer dans deux grandes fonctions : (a) d'une part, la diversité des sources d'informations qui améliore le potentiel de prise d'information, chacune d'entre elles induisant un type d'information qui lui est propre (Magill, 1993) et (b) d'autre part, la diversification des supports d'encodage qui favorise la mémorisation et le rappel de l'information (Baddeley, 1992 ; Lieury, 1995 ; Paivio et Csapo, 1969 ; Paivio, 1986), ceci permettant la construction des représentations mentales par l'apprenant, d'abord celle du geste technique attendu sur laquelle l'apprenant peut ensuite s'appuyer pour construire celle du geste qu'il a réellement effectué. Ensuite, au regard des effets qu'il suscite sur les aspects qualitatifs de la pratique (Wrisberg et coll., 1995), ce document contribuerait à enrichir la qualité de l'habileté motrice selon un mécanisme semblable à celui de l'"information augmentée". Enfin, les mécanismes par lesquels il participe à l'amélioration des représentations mentales du geste permet conjointement de clarifier le but de l'action motrice et de construire une réponse adaptée. Les causes explicatives de clarification du but s'ajoutent à celles inhérentes aux caractéristiques du document (permanence de la référence, rythme d'acquisition individualisé, matérialisation du but).

Le tir à l'arc étant une habileté motrice fermée dans laquelle les sujets testés sont tous naïfs, elle est catégorisée comme une habileté à but de coordination (Magill 1995) puisqu'elle demande l'acquisition d'une nouvelle coordination de mouvement pour réussir. Dans ce type d'habileté le but de l'action est de réaliser un mouvement exact (Buekers, 1995). En conséquence toute démarche qui améliore la qualité des représentations mentales du geste augmente la clarification de la représentation mentale du but de l'action. Dans la mesure où les actions motrices de l'apprenant sont conduites par une représentation interne du but à atteindre plutôt que par des conditions externes objectives de la tâche (Jeannerod, 1995 ; Durand, 1986) il s'avère que la construction du but oriente l'ensemble de l'activité du sujet et conditionne son efficacité. Dès lors le document écrit d'informations verbales et imagées peut se concevoir comme une démarche d'apprentissage ou un outil pédagogique qui améliore l'acquisition d'une habileté motrice fermée à l'instar du tir à l'arc.

Une autre source d'intérêt de cette recherche est apportée par les conclusions tirées des comparaisons de populations différentes (âge, handicap moteur, déficience cognitive).

La comparaison entre les populations de sujets valides et de sujets handicapés moteurs suggère que les écarts entre les résultats sont dus à une activité cognitive

supplémentaire qui est la conséquence d'une augmentation de la difficulté de la tâche occasionnée par les contraintes motrices du handicap (Leavitt 1979).

La différenciation des populations en fonction de leur âge a sous-tendu certaines hypothèses sur les processus utilisés pour la construction de la représentation mentale du geste attendu sous forme de modèle abstrait, à partir d'un certain niveau d'acquisition de l'habileté motrice.

L'utilisation du document écrit favoriserait la mémorisation et l'extraction des informations au cours des essais successifs de l'apprenant. Pour cela le sujet utiliserait prioritairement le processus déductif illustré par le modèle de schéma abstrait, principalement au niveau de son utilisation. Par opposition la complexité des situations d'apprentissage serait susceptible de favoriser le recours à un processus inductif (Chamberlin et Magill, 1992a, 1992b). Cependant ce processus reste soumis au stade de développement cognitif atteint par le sujet. C'est ainsi que les apprenants plus jeunes qui se trouvent encore au stade des opérations concrètes raisonnent essentiellement à partir d'objets réels ou d'actions réalisées. Ils privilégieraient ainsi plutôt un processus cognitif de type inductif. Les sujets plus âgés dont la pensée est parvenue à un stade préformel abstrait ou formel (pensée hypothético-déductive), privilégieraient le processus déductif.

Il apparaît ainsi que les représentations mentales sont inextricablement liées au comportement moteur et, même si de nombreux auteurs (Paivio, 1985 ; Magill, 1993 ; Hall et coll., 1992 ; Adams, 1986 ; Schmidt, 1982) ont déjà effectivement considéré qu'elles jouent un rôle sur le plan cognitif et sur le plan motivationnel dans l'acquisition de ce comportement, il semble toutefois encore évident "qu'un des besoins de la recherche sur le comportement moteur soit d'examiner la question de la représentation d'une habileté motrice dans la mémoire" (Chamberlin and Magill 1992b, p 224).

En dernier lieu, bien que la didactique ne soit pas directement l'objet de cette recherche, il paraît nécessaire de souligner son intérêt dans l'élaboration de situations visant l'acquisition d'une habileté motrice par un sujet ainsi que les perspectives offertes à la recherche fondamentale dans le domaine des apprentissages moteurs. Ceci est particulièrement important au niveau du document écrit d'informations verbales et imagées. En effet, plus l'expérimentateur proposera une image claire du geste technique en dégageant les éléments pertinents, plus ce document sera efficace et plus il permettra au sujet expérimental de construire plus rapidement une représentation fidèle du mouvement à réaliser et d'analyser avec plus de précision le geste qu'il aura effectué. C'est en effet à partir de la maîtrise de ces deux représentations des gestes technique et effectué que l'apprenant peut par réaction circulaire améliorer son efficacité motrice.

Les effets de ce “traitement didactique” se retrouvent également dans le choix des tâches motrices proposées aux apprenants. Ce dernier conditionne en partie l'engagement du sujet dans l'activité puisque, parvenir à proposer des tâches où l'incertitude sur le résultat est maximale entretient et développe la motivation des apprenants de façon optimale (Durand M., 1986).

En résumé, notre travail montre donc avec force que l'activité cognitive a un rôle primordial dans l'acquisition d'une habileté motrice. Elle joue ce rôle par le biais des représentations mentales qu'elle suscite et construit, mais aussi qu'elle utilise pour alimenter son propre fonctionnement.

Ces représentations mentales sont à leur tour efficaces dans cette acquisition à partir de plusieurs processus :

- la représentation du geste technique attendu ne se limite pas à des composantes simples de l'habileté mais assimile celle-ci à un tout et ne privilégie aucun de ses indicateurs ;
- cette représentation du geste technique sert de support à l'apprenant pour analyser et se représenter le geste qu'il a réellement effectué ;
- grâce à ce traitement mental des diverses informations, l'apprenant maîtrise mieux l'exécution de son geste qui devient plus reproductible, et les qualités accrues de ce geste lui permettent ainsi de produire une performance de qualité ;
- cette réussite favorisée par l'activité cognitive du sujet qui utilise le document écrit d'informations verbales et imagées peut de plus aboutir rapidement à sa plus grande motivation pour l'activité, ce qui par réaction circulaire ne peut que participer à l'amplification de la qualité de son acquisition et donc de sa réussite en termes de performances.

L'ensemble de ces résultats, leur analyse et les hypothèses explicatives qu'ils permettent de faire enrichissent notablement nos connaissances actuelles des processus par lesquels nous acquérons certaines habiletés motrices, en d'autres termes par lesquels nous apprenons et nous contrôlons nos mouvements et nos comportements. Ils permettent pour le moins d'étendre l'étude du rôle de l'activité cognitive dans l'acquisition d'une habileté motrice à des catégories de mouvements plus complexes, comme certains auteurs ont pu en formuler le souhait (Chamberlin et Magill, 1992b).

Enfin, les résultats et les conclusions de cette recherche fondamentale ouvrent, dans le domaine de l'apprentissage moteur, des perspectives d'utilisation aux niveaux pédagogique et didactique. Certaines de ces données ont pu certes déjà être évoquées ou même utilisées par des formateurs anonymes, mais l'empirisme de la pratique pédagogique n'avait pas permis de les appréhender clairement, de les circonscrire avec précision.

Donner à ce travail un prolongement dans notre activité pédagogique, comme nous le souhaitions dès l'origine de cette recherche et l'avons exprimé dans l'introduction de ce manuscrit, devient maintenant réalité.

Réinvestir tout ou partie de toutes ces données expérimentales dans l'acte pédagogique devrait en effet permettre d'optimiser l'enseignement des habiletés motrices. Cela devrait surtout permettre d'ouvrir plus particulièrement aux sujets handicapés moteurs, avec une probabilité réelle de succès, certains apprentissages moteurs qu'ils considéraient comme inexpugnables.

### BIBLIOGRAPHIE

- Adams J.A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3 : 111-149.
- Adams J.A. (1983). On Integration of the verbal and motor domains. In R.A. Magill (Ed.), *Memory and Control of action* . Amsterdam, pp. 3-15.
- Adams J.A. (1986). Use of the model's knowledge of results to increase the observer's performance. *Journal of Human Movement Studies* ; 12, 89-98.
- Adams J.A. (1987). Historical review and appraisal of research on the learning, retention and transfer of human motor skills. *Psychological Bulletin*, 101 : 41-74.
- Adams J.A. (1990). The changing face of motor learning. *Human Movement Science*, 9 : 209-220.
- Ajuriaguerra J. (de) (1980). *Manuel de psychiatrie de l'enfant*. Paris, Masson, pp 400-403
- Amade Escot C. (1989). Stratégie d'enseignement en EPS : contenus proposés, conception de l'apprentissage et perspectives de différenciation. In *Méthodologie et didactique de l'EPS*. Clermont Ferrand, AFRAPS.
- Arnaud P. (1983). *Les savoirs du corps*. Lyon, P.U.L.
- Arnold S. (1985). Le développement des habiletés sportives. *Dossier EPS*, 3. Paris, Revue EPS.

- Ashen A. (1984). The triple code model for imagery and psychophysiology. *Journal of Mental Imagery* : 18, 4.
- Anderson J.R. (1990). *Cognitive psychology and its implications*. New York, WH Freeman.
- Ausubel D.P. (1968). *Educational psychology : a cognitive view*. New-York, Holt.
- Baddeley A.(1992). *La mémoire humaine. Théorie et pratique*. Grenoble, PUG.
- Bandura A. (1986). *L'apprentissage social*. Liège, Mardaga.
- Bandura A. (1986). *Social foundations of thought and action : A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.
- Barsalou L.W. (1990). On the indistinguishability of exemplar memory and abstraction in category representation. In T.K. Srull and R.S. Wyer, Jr (eds.) : *Advances in social cognition. Vol.3*, Content and process specificity in the effects of prior experiences. Hillsdale N.J., Erlbaum.
- Barth B.M. (1987). *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris, Retz.
- Bertsch J. (1987a). Habileté sportive et habileté pédagogique : de l'analyse de l'une à l'optimisation de l'autre. In M. Laurent et P. Therme (Eds) : *Acquisition et développement des habiletés motrices complexes*. Ed. du Centre de Recherche.
- Bertsch J. (1987b). Pour une approche cognitiviste de l'enseignement des Activités physique et sportive. In M. Laurent et P. Therme (Eds) : *L'enfant par son corps*. Ed. Actio.
- Bertsch J. (1995). Les vertus de la répétition. In J. Bertsch et C. Le Scanff (Eds) : *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage*. Paris, PUF, pp 51-66.
- Bertsch J. et Raynaud B. (1988). Conditions d'apprentissages et acquisitions d'habiletés sportives chez l'enfant. *Science et Motricité*, 5 : 31-38.
- Blandin Y., Proteau L., Alain C. (1994). On the cognitive processes underlying contextual interference and observational learning. *Journal of Motor Behavior*, 26, 1 : 18-26.
- Bower G.H. (1970). Imagery as a relational organizer in associative learning. *Journal of Verbal Learning And Verbal Behavior*, 9 : 529-533.
- Bourdieu P. (1978). *La distinction*. Paris, Ed. de Minuit.
- Brooks L.R. (1978). Nonanalytic concept formation and memory for instances. In Rosch and B. Lloyd (Eds) : *Cognition and categorization*. Hillsdale N.J, Erlbaum, pp 169-211.
- Brooks L.R. (1987). Decentralized control of categorization : the role of prior processing episodes. In: U. Neisser (ed.), *Concept and conceptual development: ecological and intellectual factors in categorization*. Cambridge, Cambridge University Press, pp 141-174.
- Brooks V.B.(1990). Adaptation and learning of aim movements. In L. Deecke, J.C. Eules and V.B. Mountcastle (Eds) : *From Newton To Action*. Springer Verlay Germany, pp 3-12.
- Bruner J.S. (1966). On cognitive growth. In J.S. Bruner, R.R. Olver and P.M. Greenfield (Eds) : *Studies in cognitive growth*. New York.
- Bruner J.S. (1983). *Le développement de l'enfant. Savoir faire, savoir dire*. Paris, PUF.

- Buekers M.J. and Magill R.A. (1995). The role of task experience and prior knowledge for detecting invalid augmented feedback while learning a motor task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48, A : 84-97.
- Buekers M.J., Magill R.A. and Sneyers K.M. (1994). Resolving a conflict between sensory feedback and knowledge of results while learning a motor skill. *Journal of Motor Behavior*, 26, 1 : 27-35.
- Caplier M. et Simon F. (1972). *Vingt exercices et 12 séances d'apprentissage*. Paris, Revue EPS.
- Chamberlin C.J. and Magill R.A. (1992a.) A note on schema and exemplar approaches to motor skill representation in memory. *Journal of Motor Behavior*, 24, 2 : 221-224.
- Chamberlin C.J. and R.A. Magill, (1992b). The memory representation of motor skills : a test of schema theory. *Journal of Motor Behavior*, 24, 4 : 309-319.
- Changeux J.P. (1983). *L'homme neuronal*. Paris, Fayard.
- Chatillon J.F. (1989). La régulation représentative des actes complexes. Hypothèses et expériences. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Provence.
- Chevalier N. (1987). Imagerie et répétition mentale : recherches et avenir pour le sport de haut niveau. *Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*, 8, 16 : 33-39.
- Chevalier N. (1995). Apprentissage, imagerie et répétition mentale. In J. Bertsch et C Le Scanff : *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage*. Paris, PUF, pp 153-188.
- De Corte E., Geerligs C.T., Lagerweij N.A.J., Peters J.J et Vandenberghe R. (1979). *Les fondements de l'action didactique*. Bruxelles, De Boeck.
- Denis M. (1971). La mémoire d'un message filmique comparée à celle d'un message verbal chez des enfants d'âge scolaire. *Journal de Psychologie Normale et Pathologique*, 68 : 69-87.
- Denis M. (1979). *Les images mentales*. Paris, PUF.
- Denis M. (1985). Visual imagery and the use of mental practice in the development of motor skills. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 10, 4 : 4S-16S.
- Denis M. (1989). *Image et cognition*. Paris, PUF.
- Denis M., Chevalier N., Eloi S. (1989). Imagerie et répétition mentale dans l'acquisition d'habiletés motrices. In: A.Vom Hofe (ed.), *Recherche en psychologie du sport*. Issy-Les-Moulineau, EAP, pp. 11-38.
- Deviterne D. et Espinoza O. (1996). "Aspect fonctionnel du traitement de l'information et processus d'apprentissage", Conférence (Doc. interne, non publié), IUFM de Lorraine et de Reims.
- Durand M. (1986). Motivation, traitement de l'information et acquisition des habiletés motrices. In A. Vom Hofe (Ed) : *Recherche en Psychologie du Sport*. Issy-Les-Moulineau, EAP, pp 175-185.
- Durand M. (1987). *L'enfant et le sport*. Paris, PUF.
- Durand M. (1992). Les apprentissages en sport. In C.R. IVE Colloque psycho-médico-sportif : *Les chemins de la performance*. Sport et apprentissage, pp 16-30.

- Edelman G.M. (1992). *Bright Air, Brilliant Fire : on the matter of Mind*. Basic Books.  
Traduction Française : *Biologie de la conscience*. Paris, O.Jacob.
- Ehrlich S. (1985). Les représentations. *Psychologie Française*, 30, 3-4 : 281-296.
- Estes W.K. (1986a) Memory storage and retrieval processes in category learning. *Journal of Experimental Psychology*, 115 : 155-174.
- Estes W.K. (1986b). Array models for category learning. *Cognitive Psychology*, 18 : 500-549.
- Eysenck M.W. (1978). Levels of processing : a critique. *British Journal of Psychology*, 69 : 157-169.
- Famose J.P. (1985). Habileté motrice. Analyse et enseignement. *Revue STAPS*, 12.
- Famose J.P. (1986). Fonctions requises, complexité de la tâche et apprentissage moteur. In A.Vom Hofe (Ed) : *Recherche en psychologie du sport* . Issy-Les-Moulineau, EAP, pp 127-149.
- Famose J.P. (1991). Apprentissage moteur et résolution de problèmes. In J.P. Famose, P. Fleurance et Y. Touchard (Eds) : *L'Apprentissage moteur, rôle des représentations*. Paris, Revue EPS.
- Fédération Française de Tir à l'arc. (1985). Le tir à l'arc, sport olympique : matériel, technique, pédagogie. Paris, Bornemann.
- Ferriou C., Flûte S. et Frère L. (1992). *Tir à l'arc : découverte, technique et entraînement*. Paris, Laffont.
- Fitts P.M. (1964). Perceptual motor skill learning. In A.W. Melton (Ed) : *Categories of human learning*. New York, Academic Press.
- Fitts P.M. (1992). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology : General*, 121, 3 : 262-269.
- Fitts P.M. and Posner M. (1967). *Human performance*. Belmont, Ca Brooks.
- Fleurance P. (1991). Place et rôle des représentations dans l'apprentissage moteur. In J.P. Famose, P. Fleurance et Y. Touchard (Eds) : *L'Apprentissage moteur, rôle des représentations*. Paris, Revue EPS.
- Fraisse P. et Rao S. (1987). Réponses Verbales et motrices à des mots et à des dessins. *L'Année Psychologique*, 87, 2 : 207-216.
- Gentile A.M. (1972). A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, 17 : 3-23.
- Gerst M.S. (1971). Symbolic coding processus in observational learning. *Journal of Personality and Social Psychology*, 19 : 9-17.
- Glencross D.J. (1992). Human skill and motor learning : a critical review. *Sport Science Review*, 1, 2 : 65-78.
- Grehaigne J.F. et Cadopi M. (1990). Apprendre en Education Physique. In A. Quilès et Coll.: *Education physique et didactique des activités physiques et sportives*. Paris, Ed. Association des Enseignants d'E.P.S.
- Hall C.R. (1980). Imagery for movement. *Journal of Human Movement Studies*, 6 : 252-264.

- Hall C.R. (1985). Individual differences in the mental practice and imagery of motor skill performance. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 10, 4 : 17S-21S.
- Hall C.R. Pongrac J. and Buckolz E. (1985). The measurement of imagery ability. *Human Movement Science*, 4 : 107-118.
- Hall C.R., Buckolz E. and Fishburne G.J. (1992). Imagery and the acquisition of motor skills. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 17, 1 : 19-27.
- Harter S. (1978). Effectance, motivation reconsidered toward a developmental model. *Journal of Human Movement Studies*, 21 : 201-208.
- Hatwell Y. (1989). Capacité du système de traitement de l'information et développement cognitif de l'enfant. *Bulletin de Psychologie*, 45, 390 : 462-465.
- Hauert C.A. (1986). The relationship between motor function and cognition in the developmental perspective. *Italian Journal of Neurol. Science, Suppl.* 5 : 101-107.
- Hauert C.A. (1995). Les déterminants du développement moteur : aspect théorique et expérimentaux. In J. Bertsch and C. Le Scanff (Eds) : *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissages*. Paris, PUF.
- Hauert C.A. et Pellizer G. (1992). Développement du pointage visuo-manuel chez l'enfant : données récentes. In M. Laurent, J-F. Marini, R. Pfister et P. Therme (Eds) : *Les performances motrices*. Joinville-le-Pont, Actio.
- Hébrard A. (1985). Les limites de la démonstration dans les apprentissages sportifs. In P. Arnaud et G. Broyer (Eds) : *Psychopédagogie des activités physiques et sportives*. Paris, Privat.
- Hintzman D.L. (1986). "Schema abstraction" in a multiple-trace memory model. *Psychological Review*, 93 : 411-428.
- Inhelder B. et Piaget J. (1957). *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. Paris, PUF.
- Inserm/Oms. (1980). *Réduire les handicaps*. Paris, Documentation française.
- Jeannerod M. (1994). The representing brain : neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, 17 : 187-245.
- Karli P. (1987). *L'homme agressif*. Paris, O. Jacob.
- Kelso J A. (1992). Theoretical concepts and strategies for understanding perceptual motor skill : From information capacity in closed systems to self-organisation in open, nonequilibrium system. *Journal of Experimental Psychology : General*, 121, 3 : 260-261.
- Kosslyn M. (1975). Information representation in visual images. *Cognitive Psychology*, 7 : 341-370.
- Lavisse D. (1990). *Analyse des rapports entre les rôles du handicap et de l'intelligence dans l'apprentissage du judo. Conséquences didactiques et pédagogiques*. D.E.A., Université de Nancy I, UFR STAPS.
- Lavisse D. Deviterne D., Divry M and Perrin Ph. (1995). Mental information processing in motor skill acquiring by able-bodied and motor-handicapped subjects. *Journal of Human Movement Studies*, 29 : 149-169.

- Lavisse D., Deviterné D., Divry M and Perrin Ph. (1995). Cognitive processing in motor skill acquiring by young developing human subjects. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 104, 5 : 552.
- Lehalle H. (1985). *Psychologie des adolescents*. Paris, PUF.
- Le Ny (1985). Comment se représenter les représentations. *Psychologie Française*, 30, 3-4 : 239-245.
- Leavitt J. (1979). Cognitive demands of skating and stick handling in ice hockey. *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 4 : 46-55.
- Lieury A. (1990). Auditifs-visuels , la grande illusion. *Cahiers Pédagogiques*, 287 : 58-62.
- Lieury A. (1991). La confusion des codes symboliques. *Cahiers Pédagogiques*, 291 : 57-59.
- Lieury A. (1991). *Mémoire et réussite scolaire*. Paris, Dunod.
- Lieury A. (1992). *La mémoire. Résultats et théories*. 4ème Ed. Liège, P. Mardaga.
- Lieury A. (1993). *La mémoire : du cerveau à l'école*. Paris, Flammarion.
- Lieury A. (1995). Mémoire des images et double codage. *L'Année Psychologique*, 95 : 661-673.
- Lieury A. et Chouckroun J. (1985). Rôle du mode de présentation (visuel, auditif, audiovisuel) dans la mémorisation d'instruction. *L'Année Psychologique*, 85 : 503-516.
- Lieury A. and F. Calvez. (1986). Le double codage des dessins en fonction du temps de présentation et de l'ambiguïté. *L'Année Psychologique*, 86 : 45-61.
- Logan G.D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95 : 492-527.
- Mace W.M. and James J. (1977). *Gibson's strategy for perceiving : Ask not what's inside your head, but what's your knowing*. Hillsdale N.J, Laurence Erlbaum Associates, Inc.
- Magill R.A. (1993). Modeling and verbal feedback influences on skill learning. *International Journal of Sport Psychology*, 24 : 358-369.
- Magill R.A., Chamberlin C.J and Hall K.G. (1991). Verbal knowledge of results as redundant information for learning an anticipation timing skill. *Human Movement Science*, 10 : 485-507.
- Magill R.A. et Schoenfelder-Zohdi B. (1995). Interaction entre les informations en provenance d'un modèle et la connaissance de la performance lors d'un apprentissage moteur. In J. Bertsch and C. Le Scanff (Eds) : *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissages*. Paris, PUF.
- 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.
- Masson M.E.J. (1990). Cognitive theories of skill acquisition. *Human Movement Science*, 9 : 221-239.
- Matzinger R. (1976). *ABC du tir à l'arc*. Lausanne, Payot.

- Meaney K.S. (1994). Developmental modeling effects on the acquisition, retention and transfer of a novel motor task. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65, 1 : 31-39.
- McCullagh P. and Little W.S. (1990). Demonstration and knowledge of results in motor skill acquisition. *Journal of Motor Skills*, 71 : 735-742.
- Minas SC. (1978). Mental practice of a complex perceptual motor skill. *Journal of Human Movement Studies*, 4 : 102-107.
- Nayrolle M. et Simon F. (1990). *Le tir à l'arc*. Paris, Denoël.
- Newell K.M., Morris L.R. and Scully D.M. (1985). Augmented information and the acquisition of skill in physical activity. In: R.L. Terjung (ed.) : *Exercise and Sport Sciences Reviews*. New York, MacMillan, pp 235-261.
- Paillard J. (1980a). Nouveaux objectifs pour l'étude neurobiologique de la performance motrice intégrée : les niveaux de contrôle. In C.H. Nadeau et Coll. (Eds) : *Psychology of motor behavior and sport*. Human Kinetics Publishers, pp 561-584.
- Paillard J. (1980b). L'explication biologique en psychologie. In M. Richelle et X. Seron (Eds) : *L'explication en psychologie*. Paris, PUF.
- Paillard J. (1985). Les niveaux sensorimoteur et cognitif du contrôle de l'action. In M. Laurent et P. Therme (Eds) : *Recherche en A.P.S. I*. UER EPS, Marseille.
- Paivio A. (1979). *Imagery and verbal processes*. Second printing. Hillsdale N.J., Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Paivio A. (1985). Cognitive and motivational functions of imagery in human performance. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 10, 4 : 22S-28S.
- Paivio A. (1986). *Mental representations : A dual coding approach*. New York, Oxford University Press.
- Paivio A. and Csapo K. (1969). Concrete image and verbal memory codes. *Journal of Psychology*, 80 : 279-285.
- Perrin P. (1996). Rôle des activités physiques et sportives dans la maturation de la fonction d'équilibration chez l'enfant et l'adolescent. In A. Blackwell (Ed) : *Vertiges*, pp 97-109.
- Perrin P. et Derelle J. (1993). Mucoviscidose et sport. *Médecine Infantile*, 3 : 233-235.
- Petersen A.G. (1980). The biological approach to adolescent. In J. Adelson (Ed) : *Handbook of adolescent psychology*. New York, Wiley.
- Piaget J. (1947). *La psychologie de l'intelligence*. Paris, A. Colin.
- Piaget J. (1959). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Troisième Ed. Neuchatel, Delachaux et Niestlé.
- Piaget J. (1969). L'intelligence. In *Traité de Psychologie expérimentale, Tome VII*. Paris, PUF.
- Reboul O. (1980). *Qu'est-ce qu'apprendre ?* Paris, PUF.
- Richard J.F. (1990). *Les activités mentales, comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris, Colin A.

- Ripoll H. (1982). Problèmes posés par l'adaptabilité du geste sportif aux perturbations imposées par le mouvement. In G. Azémar et H. Ripoll (Eds) : *Éléments de neurobiologie des comportements moteurs*.
- Ripoll H. (1985). L'apprentissage du mouvement. In P. Arnaud et G. Broyer (Eds) : *Psychopédagogie des activités physiques et sportives*. Toulouse, Privat.
- Rivière A. (1990). *La psychologie de Vygotsky*. Liège, P. Mardaga.
- Romero K. and Silvestri L. (1990). The role of mental practice in the acquisition and performance of motor skills. *Journal of Instructional Psychology*, 17, 4 : 218-221.
- Rutter M. (1980). *Changing youth in changing society*. Cambridge, Harvard University Press.
- Schmidt R.A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82 : 225-260.
- Schmidt R.A. (1982). *Motor control and learning : A behavioral emphasis*. Champaign, IL, Human Kinetics Press.
- Schmidt R.A. (1993). *Apprentissage moteur et performance*. (Trad. Fr. de *Motor learning and performance, from principles to practice*. Human Kinetics Books, 1991). Paris, Vigot.
- Shapiro D.C. and Schmidt R.A. (1982). The schema theory : recent evidence and developmental implications. In J.A. Kelso and Clark J.E. (Eds.) : *The development of movement control and coordination*. New York, Wiley.
- Simonet P. (1985). *Apprentissages moteurs*. Paris, Vigot.
- Singer R.N. and D. Chen, (1994). A classification scheme for cognitive strategies : implications for learning and teaching psychomotor skills. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65, 2 : 143-15.
- Smith M. and Chamberlin C.G. (1992). Effect of adding cognitively demanding task for a soccer skill performance. *Perceptual and Motor Skill*, 75 : 955-961.
- Stratton R.K. (1978). Information processing deficits in Children' motor performance : Implications for instruction. *Motor Skill : Theory into Practice*, 3 : 49-55.
- Therme P. et Raufast A. (1987). Apprentissage et développement psychologique de l'enfant. In M. Laurent et P. Therme (Eds) : *L'enfant par son corps*. Ed. Actio.
- Thomas J.R. (1984). Children's motor skill development. J.R. Thomas (Ed.) : *Motor development during childhood and adolescence*. Minneapolis, Burgess MN, pp 91-104.
- Tolman E.C. (1948). Cognitive Maps in rats and man. *Psychological Review*, 55 : 189-208.
- Tran-Thong M. (1974). *Stades et concepts de stades de développement de l'enfant dans la psychologie contemporaine*. Paris, J. Vrin.
- Tulving E. (1988). Memory, performance, knowledge and experience. *European Journal of Cognitive Psychology*, 1 : 3-26.
- Tulving E., Thomson D.M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological Review*, 80 : 352-373.
- Varela F.J. (1989). *Connaître les sciences cognitives. Tendances et perspectives*. Paris, Seuil.

- Vygotsky L.S. (1984). *Pensée et langage*. Paris, Editions Sociales.
- Wallon H. (1982). *La vie mentale*. Paris, Editions Sociales (1ère Ed., 1938).
- Warren W.H. (1988). Action modes and levels of control for the visual guidance of the action. In Meijer & Roth (Eds) : *Complex movement behavior : The motor action controversy*. Amsterdam, pp 339-379.
- Weber D., Minaire P., Fourcade J., Chaigne M.O., et Marandon E. (1982). Aspects psychologiques et dynamiques des handicaps. *Bulletin de Psychologie*, 35, 355 : 427-433.
- Weil-Barais A. (1993). *L'homme cognitif*. Paris, PUF.
- Wiese-Bjornstal D.M. and M.R. Weiss, (1992). Modeling effect on children's form kinematics, performance outcome and cognitive recognition of sport skill: an integrated perspective. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63 : 67-75.
- Wrisberg C.A., Dale G.A., Lui Z., Reed A. (1995). The effects of augmented information on motor learning : A multidimensional assessment. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol 66 n°1 : 9-16.
- Yando R., Seitz V., Zigler E. (1978). *Imitation: a developmental perspective*. New York, Wiley.
- Zanone P.G. and Hauert C.A. (1987). For a cognitive conception of motor processes : a provocative standpoint. *Cahiers de psychologie cognitive / European Bulletin of Cognitive Psychology*, 7 (2) : 109-129.

## **ANNEXES**

## MENTAL INFORMATION PROCESSING IN MOTOR SKILL ACQUIRING BY ABLE- BODIED AND MOTOR-HANDICAPPED SUBJECTS

D. LAVISSE<sup>1</sup>, D. DEVITERNE<sup>2</sup>, M. DIVRY<sup>2</sup> AND P. PERRIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Unité de Formation et de Recherche en Sciences et  
Techniques des Activités Physiques et Sportives, Villers-  
lès-Nancy, France*

<sup>2</sup> *Laboratoire de Biologie et Physiologie du Comportement  
U.R.A., C.N.R.S., Université H. Poincaré, Vandoeuvre-lès-  
Nancy, France*

---

### SUMMARY

The purpose of this study was to analyse the importance of mental information processing in acquiring motor skill (here relative to archery). Subjects were 72 secondary-school students distributed among 2 populations: 1. 32 able-bodied subjects; 2. 40 motor-handicapped subjects. In each of these 2 populations, subjects were randomly assigned to one of the 2 learning conditions: 1. referent standard conditions exclusively based on demonstration and oral comments; 2. experimental conditions which favoured mental processing by use of written and illustrated documents. In order to test the link with the complexity level of the motor task, the learning program was composed of 2 successive phases of increasing complexity. The results showed a significant superiority both in the movement quality and efficiency for the experimental subjects and so confirmed the importance of the mental information processing. They also demonstrated that this importance was linked to the level of cognitive control required by the motor task, according not only to the degree of complexity of the motor skill, but also to the possible motor difficulties of the subjects: differences between referent and experimental subjects were more significant in the second learning phase and in the motor-handicapped population.

## INTRODUCTION

All living animal organisms must actively interact with their environment, in order to develop mastery and control over it. So, they have a system which allows them to treat the perceived informations and to command adapted behavioural responses which are closely tied to multiple motor skills. Each study concerning these behaviours and motor skills of such an organism requires questioning about the functioning of that information processing system, i.e. the nervous system. In this field of research, two ways of approach have been retained. The first one concerns the studies of this system through the structures which compose it and their elementary physiological functions: that is the anatomo-physiological approach. The second one results in systemic descriptions of the main functional stages of the mental information processing: that is the cognitive psychological approach. To reach a high degree of comprehension of the functioning of this system, it is of the utmost importance to link these structural and functional approaches (Changeux, 1983; Edelman, 1992).

---

### KEY WORDS:

able-bodied  
human  
mental information processing  
motor skill acquiring

---

### CORRESPONDENCE:

Philippe P. Perrin MD PhD  
Université Henri Poincaré  
Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques  
des Activités Physiques et Sportives  
30 rue du jardin botanique  
54600 Villers-lès-Nancy  
France  
Tel: (+33) 83 90 56 00  
Fax: (+33) 83 90 28 42

---

### REPRINTS: *prices on request from*

*Teviot-Kimpton Publications*  
82 Great King Street  
Edinburgh EH3 6QU  
United Kingdom  
Fax: (+44) 131 343 2633

---

In this work, we were interested in some functional aspects of the processes at work when a human organism acquires a motor skill.

For several decades and particularly in the cognitivist viewpoint, the researches carried out about the learning processes have advocated mental information processing to explain the underlying mechanisms in all types of learning (from Tolman, 1948 to Hatwell, 1989 via Ausubel, 1968).

Piaget (1959), a pioneer for the cognitivist approach, has at first demonstrated the most importance of the motor acts of the young child for the development of its mental faculties: "the origin of the mental processes must be searched in the subject actions" (Piaget, 1969).

Other studies (Adams, 1987; Gerst, 1971; Stratton, 1978; Yamamoto and Inomata, 1982) have conversely emphasized the importance of the mental faculties in the information processing in subjects who acquire an adapted motor response. This information processing at the time of motor skill acquiring lead some authors (Denis et al, 1989; Marteniuk, 1976, 1986; Schmidt, 1982) to take into account the role of cognitive factors in the preparation, production and control of a motor act. The more naïve a subject is concerning the motor skill acquired, the more important is the part of this mental processing activity, because his lack of experience and training prevent him from selecting the most pertinent information and lead him to treat all of the perceived information. Moreover, Fitts, 1978 used the terms "cognitive stage" to characterize this first phase of a motor skill acquiring.

In many studies (Denis, 1985; Paivio, 1979, 1985, 1986; Hall, 1980, 1985; Hall et al, 1985), mental imagery and representations are considered as the media through which the subject operates mentally.

The aim of the present work is to contribute to the demonstration of the importance of this mental information processing when the subject acquires a particular motor skill: the archery.

We studied differences in learning rhythm and quality between subjects who had classical learning conditions (model demonstrations, repeated exercise, evaluation through the performance) and subjects who had experimental learning conditions furthering this "mental dynamic" of the learner (mental work on initial mental representations,

use of varied stands which facilitate a mental analysis of the executed movement). These comparisons between referent and experimental subject aimed to show first, the influence of such a mental processing activity upon the rhythm and quality of the motor learning and secondly, the variation of this influence according to some physical and psychological characteristics of the learners (disturbed corporal representation, degree of motivity integrity) by comparing motor-handicapped with able-bodied subjects.

## METHOD

### *Subjects*

Tested subjects were teenagers between 16 and 21 years old, in upper school. They were all naïve concerning archery, but all motivated by this learning which was part of the evaluation for the secondary school examination or vocational training certificate.

Our sample was divided into 2 populations: one with 40 motor-handicapped subjects (MHa) and the other with 32 able-bodied subjects (ABo).

Amblyopic subjects do not appear in the study and the 72 requested subjects had, with or without glasses, 10/10 visual acuteness.

The motor-handicapped subjects were selected according to a functional classification (Weber et al, 1982) which led us to the evaluation of functional possibility of every subject, according to the requirement of the physical activity to practice (archery). This evaluation was realized with a test which evaluated the strength and the coordination of the upper limbs : the subject has to brace the bow string with a maximal extension (arrow tip at sight window level), to stay in that position for at least 3 seconds without moving or parasitic motion (like shaking) and to repeat this movement 3 times consecutively.

The motor-handicapped subjects who were chosen had different pathologies with motor problems in their lower limbs: spina-bifida, polio after-effects, articular troubles (hip and/or knee), amputation (thigh or knee level).

### *Experimental protocol*

Our objective was to submit subjects to motor skill acquiring with (for experimental subjects -Exp.) or without (for referent subjects -Ref.) the help of a written document which favours the learners' mental processing activity.

### *Motor skills to acquire:*

In this work archery was chosen for different reasons :

1. It is an individual activity where the performance results exclusively from only the subjects' acts;
2. It is a physical activity which requires muscular efforts (string tensile strength) that can be adapted and reduced by the subject technique. So, unlike most studies concerning this type of motor learning, it consists not only of taking aim or pointing, activities which suppress the physical dimension (Adams, 1971).
3. For this activity, the motor work quantity and the practice duration are strictly controlled (number of successive flights of arrows and number of arrows shot for each flight), while most research realised in this field controlled only the practice duration (Bertsch & Raynaud, 1988).
4. In this activity, the performance progression is easy to measure (point score, arrow grouping quality for each flight,...).

### *Learning program:*

12 sessions were divided into 2 cycles of 6 :

1. The first 6 sessions were realised "aiming by arrow". In this type of aiming, the learner has two stable marks: the 2 extremities of the arrow (neck and point) which are lined with the target center. Only this aligning and the tensile strength of the bowstring are basic, the regularity of the subject position is secondary.
2. The last 6 sessions were realised "aiming by sights". In this type of aiming, the learner has one stable mark: the sights.

The second mark is constructed by the subject himself, from his position (especially the position of the hand which draws tight the bowstring according to the face of the subject). The regularity of that position is essential. Sessions 1, 5 and 6 of each cycle were

devoted to test performance. The chronology of these 12 sessions including these 6 tests was as follows :

	Aiming by arrow						Aiming by sights									
Weeks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sessions	S1	S2	S3	S4	S5		S6	S1	S2	S3	S4	S5				S6
Perf. Tests	T1		T2			T3		T4		T5			T6			

#### *Differentiation of the learning aids*

Each of the 2 populations (MHa and ABo) subjected to the archery learning were divided into 2 group types: one was the referent group (Ref.), the other one was the experimental (Exp.) group (Table 1). During the learning sessions (demonstrations and exercises), exchanges with the experimenter were:

1. For the referent group, exclusively based on oral information.
2. For the experimental group, this oral information was with the support of written and illustrated documents (commented pictures).

These learning sessions took place in 3 stages :

1. A demonstration stage carried out by the experimenter (duration: 5 min).
2. A practice exercise stage constituted by a series of 2 flights of 3 arrows. These exercises took part successively on the essential components of motor skill (bow catching, traction of the string, aiming, release of the string and end of movement).
3. A last stage constituted of an assessment upon the finished session and a preparation to the next one (for 5 min).

#### *Retained parameters*

To analyse the learning quality made by the subjects of each group, 14 parameters were used. Those are grouped in 5 categories in accordance with what they are evaluating :

TABLE 1: Distribution of referent (Ref.) and Experimental (Exp.) subjects in Able-bodied (ABo) and Motor-handicapped (MHa) populations.

		Referant Group	Experimental Group	Total
Able-bodied population	(ABo)	16	16	32
Motor-handicapped population	(MHa)	21	19	40

#### 1. *Movement efficiency*

Evaluated by the average number of points (Pt) marked by one arrow ( $0 < Pt < 10$ ) during every test compound of 6 flights of 3 arrows. Three tests were made with an "aiming by arrow" (T1, T2, T3, Pt) and 3 tests were done "aiming by sights" (T4, T5, T6, Pt).

#### 2. *Movement efficiency progression*

Calculated during the "aiming by arrow" learning phase between test 1 and tests 2 and 3 (T1/T2Pr, T1/T3Pr) and during the "aiming by sights" learning phase between test 4 and tests 5 and 6 (T4/T5Pr, T4/T6Pr). (Calculation formula was:  $T1/T2Pr = (T2Pt - T1Pt) \times 100 / T1Pt$ ).

#### 3. *Movement reproduction*

Evaluated during the 6 flights of the last test "aiming by sights" (T6). For each flight of three arrows, distance (=d) between the two most distant arrows was measured. A grouping index (i) was affected to each flight : if  $d > 30$ ,  $i = 0$  ; if  $20 < d \leq 30$ ,  $i = 1$  ; if  $d < 20$ ,  $i = 2$ . A global arrow grouping index was obtained by addition of the i of the 6 flights of the test. This grouping index varies between 0 and 12. Grouping frequency (Fg) on a same area of the target

(each target was subdivided into 9 isometric square areas) was also evaluated. We noted, for each flight, the number of the area where an arrow grouping ( $d < 30$ ) was observed. This grouping frequency on a same area during the same test (T6 Fg) corresponds to the highest number of times the same grouping area appears during those 6 flights. Therefore it varies between 0 and 6 (0 = the subject has never grouped his arrows, 6 = he has grouped 6 times his arrows in the same area).

#### 4. *Movement execution quality*

Evaluated by the difference between the movement realized by the subject and the technical movement defined as the most appropriated. This difference has been determined by the experimenter according to two criteria:

1. the position of the string hand fingers in relation to the arrow and
2. the position of the string hand in relation to the subject face.

The quality of these positions was noted by using the binary system: 1=correct position and 0=faulty position. The movement execution quality (Qe) was evaluated by adding all the points obtained on these two criteria. So this parameter varies between 0 and 2.

#### 5. *Movement judgment quality*

A parameter which aims to appreciate the difference between what the subject thinks he did and what he really did, for the 2 positions analysed as above. The judgment quality in each of the two positions was noted by using the binary system : 0=divergence between what he thinks he did and what he really did and 1=conformity between what he thinks he has done and what he really did.

The movement judgment quality (Qj) was evaluated by adding the points obtained by judging the two positions. So, this parameter varies between 0 and 2.

#### *Statistics*

Parametric statistics were used in the present study. Populations and

groups were characterized by means (m) and standard errors (st.e.). Comparisons between groups were made using the Student test, by calculating the t. Relations between parameters into each group were tested using the Bravais-Pearson test, by calculating the r correlation coefficient.

## RESULTS

### *Comparison between referent and experimental groups*

A first analysis of the results concerned the comparison between referent (Ref.) and experimental (Exp.) subjects of the two populations (ABo and MHa) for the five types of parameters: movement efficiency (Pt), movement efficiency progression (Pr), movement reproduction ability (Ig and Fg), movement execution quality (Qe) and movement judgement quality (Qj).

In each of the two populations, the experimental subject performances were better than those of referent subjects:

1. Concerning the movement efficiency (T1 to T6 Pt), these differences were particularly significant for the 2d phase of that learning, during the 5th and 6th tests for which sights were used (T5 and T6 - Table 2). The more complex was the motor skill to acquire, the more efficient would be the furthered use of mental processing activity.

This result supports the hypothesis already expressed by several authors as Adams, 1971, 1983 and Marteniuk, 1976, 1986, about the importance of mental processing in the construction of an efficient motor response for a naïve subject. It permits the subject to focus on the most relevant elements of each three components (described by Hatwell, 1989: initial representation, representation of the aim to reach and ways used to go from one to the other) that cannot be ignored at the time of any confrontation to a problematical situation in the context of a motor learning.

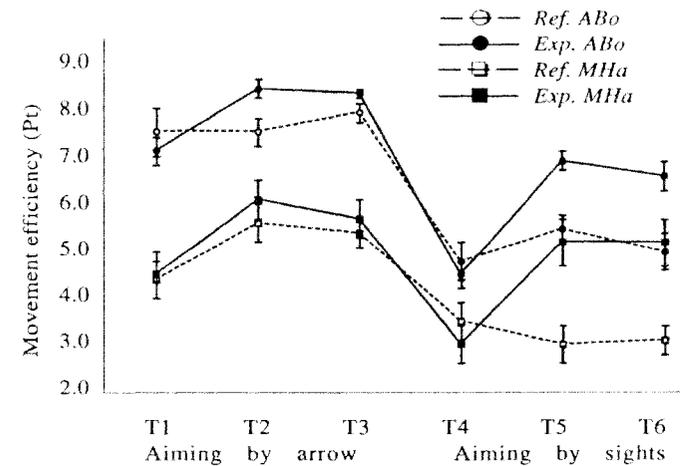
2. Concerning the movement learning progression (Pr), the experimental group superiority was found as much during the "aiming by arrow" phase as during the "aiming by sights" phase. The differences were statistically significant during these 2 phases

TABLE 2: Comparisons between Referent (Ref.) and Experimental (Exp.) subject performances in each of the two studied populations of Motor-handicapped (MHa) and Able-bodied (ABo) subjects, for the five types of parameters: movement efficiency (Pt), movement efficiency progression (Pr), movement reproduction ability (Ig and Fg), movement execution quality (Qe) and movement judgement quality (Qj).

	ABo Subjects (n=32)			MHa Subjects (n=40)		
	Ref. (n=16) m (st.e.)	Exp. (n=16) m (st.e.)	Student test t (p)	Ref. (n=21) m (st.e.)	Exp. (n=19) m (st.e.)	Student test t (p)
<b>Movement efficiency</b>						
T1 Pt	7.5 (0.5)	7.1 (0.3)	1.01 (ns)	4.4 (0.4)	4.5 (0.5)	-1.29 (ns)
T2 Pt	7.5 (0.3)	8.4 (0.2)	-2.54 (*)	5.6 (0.4)	6.1 (0.4)	0.92 (ns)
T3 Pt	7.9 (0.2)	8.3 (0.1)	-1.56 (ns)	5.4 (0.3)	5.7 (0.4)	-0.81 (ns)
T4 Pt	4.8 (0.4)	4.5 (0.3)	0.59 (ns)	3.5 (0.4)	3.0 (0.4)	-1.01 (ns)
T5 Pt	5.5 (0.3)	6.9 (0.2)	-3.55 (***)	3.0 (0.4)	5.2 (0.5)	-3.64 (***)
T6 Pt	5.0 (0.4)	6.6 (0.3)	-3.05 (***)	3.1 (0.3)	5.2 (0.5)	-2.88 (***)
<b>Movement efficiency progression</b>						
T1/T2 Pr	0 (3)	20 (4)	-3.68 (***)	41 (14)	89 (33)	-1.38 (ns)
T1/T3 Pr	5 (3)	20 (6)	-2.19 (*)	45 (17)	85 (38)	-1.02 (ns)
T4/T5 Pr	32 (15)	70 (17)	-1.68 (td)	4 (16)	142 (38)	-3.49 (***)
T4/T6 Pr	20 (15)	63 (17)	-1.88 (td)	17 (25)	162 (48)	-2.78 (**)
<b>Movement reproduction ability</b>						
T6 Ig	3.9 (0.5)	6.0 (0.9)	-1.97 (td)	0.7 (0.3)	3.1 (0.8)	-2.79 (**)
T6 Fg	1.8 (0.3)	2.9 (0.4)	-2.16 (*)	0.5 (0.2)	1.8 (0.5)	-2.78 (**)
<b>Movement execution quality</b>						
T6 Qe	1.4 (0.1)	1.9 (0.1)	-3.3 (**)	1.2 (0.1)	1.5 (0.1)	-1.75 (td)
<b>Movement judgement quality</b>						
T6 Qj	1.3 (0.2)	2.0 (0.0)	-3.9 (***)	1.3 (0.1)	1.9 (0.1)	-3.86 (***)

\*\*\*  $p \leq 0.001$ , \*\*  $p \leq 0.01$ , \*  $p \leq 0.05$ , td  $p \leq 0.10$ , ns  $p > 0.10$

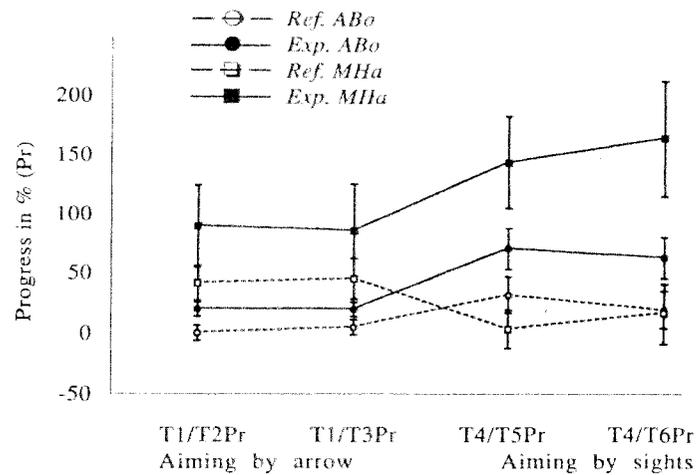
FIGURE 1: Efficiency (Pt) of the movement executed by referent (Ref.) and experimental (Exp.) subjects of the able-bodied (ABo) and motor-handicapped (MHa) populations during the 6 tests (T1 to T6) of the 2 learning phases (aiming by arrow and by sights).



for the able-bodied subject population, while they appeared only during the “aiming by sights” phase for motor-handicapped subjects.

Referent and experimental motor-handicapped subjects began with a relatively weak movement efficiency (T1Pt=4.4 and 4.5, Table 2) and so they had the possibility to improve it during the “aiming by arrow” phase. Although the experimental subjects improved it more than the referent subjects, the difference was not statistically significant. Concerning able-bodied subjects, insofar as they started with a comparatively high movement efficiency (T1Pt=7.5 and 7.1, Table 2) their margin of progression was very limited (2.1 to 2.9 pts per arrow). In that case, the learner had to produce a very fine analysis of the movement he had executed in order to improve its movement efficiency. This attitude of systematic expert analysis

FIGURE 2: Efficiency progression (Pr) of the movement executed by referent (Ref.) and experimental (Exp.) subjects of the able-bodied (ABo) and motor-handicapped (MHa) populations during the 2 learning phases (aiming by arrow and by sights).

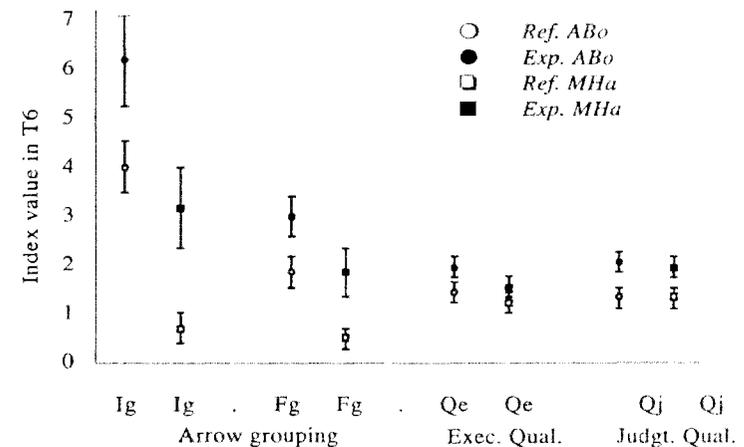


was all the more favoured as the subject disposed of an effective support to lead it. That was probably the case for the experimental subjects who learned with a written document with commented pictures. The catalyst role this written document played at the time of the motor learning underlines conclusions of studies using filmed pictures in sport learning (Hebrard, 1985). These studies show that these pictures can be useful only when the subject is expert for this activity: they allow him to dissociate relevant facts of the motor skill. In our experimental situation, for the beginner, the written document with commented pictures compensated with some limits the expertise lack of the subject, by underlining the key facts of movement learning. The important quantity of parameters to consider for a fine movement analysis became in that case compatible with the limited capacities of mental information processing.

3. Concerning the global quality of the motor movement carried out at the end of the learning (in T6), the differences between the referent and experimental subjects were all significant (at least tendency, Table 2) for the 2 populations and the 3 considered parameters: movement reproduction in terms of quality (IgT6) and frequency (FgT6) of arrow grouping as in terms of movement execution quality (T6Qe). Experimental subjects made a movement of superior quality to the referents.

Besides the interest of the commented diagram as a referent pattern which favours the selection and the use of the pertinent elements of the movement, the written document with commented pictures

FIGURE 3: Reproduction ability (Ig and Fg), execution quality (Qe) and judgement quality (Qj) of the movement executed by the referent (Ref.) and experimental (Exp.) subjects of the able-bodied (ABo) and motor-handicapped (MHa) populations during the last test (T6).



improves movement efficiency by rendering easier the recognition of the fundamental principles of the considered activity, which are - for archery - precision and reproduction. In order that the subject works on these notions, he has to adjust his activity and behaviour to favour the arrows grouping and stability of the groupment area despite a possible decrease, at first, of his movement efficiency (evaluated through the number of points obtained according to the position of the arrows in relation to the target center). This subject's behaviour is obtained when he can understand the interest in having additional analysis means concerning some characteristics of his performance (for example the arrow grouping), means which allows him to go over only the analysis of the movement. By the reference constancy that it procures, the written document with commented pictures favours and adjusts the cognitive processes of the learner: it leads him to consider external elements of its practice level which give him information about his movement execution quality. Thus, the experimental subjects of our experiment had a better movement efficiency than the referent subjects. As it was already noted in some studies about beginner subject populations (Yando et al, 1978) without guidance procedure, the subjects can quite focus on pertinent as on non-pertinent elements of motor learning.

This superiority at any level of the experimental subjects compared to the referent subjects, can probably be explained in great part by their better capacity to bring to mind and to analyse the movement they have really produced and then to modify it, in order to improve efficiency. This interpretation is highly suggested because of the very significant superiority of the experimental subjects in their movement judgment quality (T6Qj, Table 2).

This relation between the quality of the movement judgment and the quality of the produced movement was confirmed by the significant positive correlations observed between the performance level reached (efficiency: Pt and execution quality: Qe of the movement) and the movement judgment quality (T6Qe) of the subjects in each of the 2 populations (ABO and MHa) regrouping referent and experimental learners (particularly in T6 : for movement efficiency - T6Pt:  $r = .434$ ,  $p < .02$  in ABO population and  $r = .393$ ,  $p < .02$  in MHa population, as for movement execution quality - T6Qe:  $r = .369$ ,  $p < .05$  in ABO population and  $r = .382$ ,

$p < .02$  in MHa population). Also it appeared that the movement quality was dependent on the efficiency of mental information processing, particularly during the more complex phase of our experiment (the "aiming by sights" phase).

Furthermore, among the studied populations, the motor-handicapped learners showed the greatest performance differences between referent and experimental subjects (Table 2). That could be explained by the more complex analysis a motor-handicapped subject must make, given that his handicap imposes on him the necessity to process more information.

#### *Comparisons between the motor-handicapped and able-bodied populations*

When these comparisons were made in the Referent or the Experimental group, they showed significant lower performances of the motor-handicapped subjects for the movement efficiency and the arrow grouping index (comparisons between ABO and MHa subjects in each of the 2 Ref. and Exp. group for T1 to T6Pt and T6Ig :  $2.16 \leq t_{\text{student}} \leq 6.32$ , at least  $p < .04$ ). This performance inferiority of motor-handicapped subjects could receive different explanations:

1. Motor efficiency factors as strength, endurance, velocity, flexibility and coordination are more limited in the motor-handicapped subjects. That could reduce their movement efficiency.
2. The motricity disturbance which infers this deficit imposes to the motor-handicapped subjects an added cognitive activity. In fact, they must at the same time analyse the required movement according to their limited motor abilities in order to adapt it by compensating their handicap concerning especially their precarious balance.
3. As underlined by Harter, 1978, learners often reappropriate the motor task by attributing it different objectives which are more significant for them. This reappropriation is all the more present for motor-handicapped subjects who have to adapt the objectives of the motor activity to their representations of this activity and their motor abilities. In these representations, they have often to depreciate their real abilities, insofar as the physical activity is not a natural one in the handicapped population where the subjects are often too much protected and exempted from such activities.

So, the lower performances observed for the movement efficiency of the motor-handicapped subjects could be in part explained by this type of reappropriation: the MHa subjects focus more on the execution quality of the movement than on its efficiency, the number of points marked not being their first objective.

These differences between motor-handicapped and able-bodied subjects decreased when the mental processing activity of handicapped subjects was favoured (in the experimental group). Then these subjects had results at least equivalent to those of the able-bodied referent subjects, particularly in the "aiming by sights" phase (comparisons between ABo Ref. and MHa Exp. subjects for T5Pt:  $t=0.56$ , ns; T6Pt:  $t=-0.34$ , ns; T6Ig:  $0.90$ , ns; T6Fg:  $-0.16$ , ns) when difficulties of motor skill learning were more important.

This result supports the hypothesis that the efficiency of a motor skill is not to be attributed only to the motor movement but above all to the precision of the working of underlying cognitive operations leading to its construction (Famose, 1986).

So, the subjects with deficient motricity who had a written document with commented pictures (Exp. group) disposed of a stable referential, received and used new marks on the target (grouping indications, Ig and Fg). By giving sense to these indicators, this document favoured their appropriation by the learners who will identify, select and use the most pertinent signs and improve their understanding of causes and effects of the action which generate more important movement efficiency. So they were able to compensate for the disturbances that their handicap causes.

## DISCUSSION

Our results showed the importance of mental information processing in motor skill acquiring. When the mental processing activity was favoured by a written document with commented pictures (Experimental subjects), the learner performances in terms of quality and efficiency were significantly improved comparatively to those reached without such a mental processing activity (Referent subjects).

These results agree with the cognitive theories of motor learning.

These theories consider that mental information processing favours a sound mental representation and increases the mental repetition which is all the more efficient when the motor task requires a high level of cognitive control, as sighting activity (Minas, 1978; Ryans and Simon, 1981; Wrisberg and Ragsdale, 1979).

Our results also suggested that this positive effect of mental information processing upon motor skill acquisition was closely linked to an improvement in movement analysis accuracy. In fact, the experimental subjects showed a better movement judgment quality (Qj) than the referent.

The mental representations constructed by the learner concern on the one hand, the way the subject imagines the motor practice difficulties and on the other hand, the representation of the movement expected and that of the realized movement. About that, Harter, 1978 concluded that the way a subject imagines the difficulties of a considered motor activity conducts him to a better organization of his attitude and learning than the real difficulties he will have to solve during his learning.

In our experiment, the written document with commented pictures suggested to the learner a sound representation of the expected movement which favoured the representation, analysis and judgment of the realized movement. When this one was different to the expected one, the subject could then try to reduce these differences after detection of their causes. Otherwise, without such a sound representation, he was incompetent to accurately analyse his movement, to adapt his own objectives attributed to this motor task, to draw on the causes of his failure and to perform the necessary modifications, in order to improve its efficiency.

As previously noted, this mental information processing is all the more efficacious when a high level of cognitive control is required to acquire the motor skill. However, this high level can be linked not only to the high complexity of the considered motor skill, but also to the particular motor difficulties the learner has. In our work, these two links were established. Firstly, the efficacy of mental processing was more important during the more complex phase of the archery motor skill acquisition when aiming was made by sights. The performance differences for movement quality and efficiency between referent and experimental subjects were effectively more significant during this

phase, in able-bodied as in motor-handicapped population. Secondly, this initiated mental information processing was also more efficacious when the subjects had particular motor difficulties. In fact, our results showed greater differences between experimental and referent subjects in the motor-handicapped as in the able-bodied population. In that case, the favoured mental processing activity permitted the motor-handicapped experimental subject to overcome their motor difficulties and to reach the performance level of the able-bodied referent subjects.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

*Experiments were carried out after obtaining agreements from the National Education Officials (School Inspectorate) and from the subjects and their legal representatives (for minor subjects).*

#### REFERENCES

- ADAMS, J. A. (1971).  
A closed-loop theory of motor learning.  
*Journal of Motor Behavior*, **3**: 111-149.
- ADAMS, J. A. (1983).  
On Integration of the verbal and motor domains.  
*In: Memory and control of action.*  
Edited by R.A. Magill. Amsterdam : North-Holland. pp. 3-15.
- ADAMS, J. A. (1987).  
Historical review and appraisal of research on the learning, retention and transfer of human motor skills.  
*Psychological Bulletin*, **101**: 41-74.
- AUSUBEL, D. P. (1968).  
Educational Psychology: a cognitive view.  
*New-York : Holt.*
- BERTSCH, J. AND RAYNAUD, B. (1988).  
Condition d'apprentissage et acquisition d'habiletés sportives chez l'enfant.  
*Science et Motricité*, **5**: 31-38.
- CHANGEUX, J. P. (1983).  
L'homme neuronal.  
*Paris: Fayard.*
- DENIS, M. (1985).  
Visual imagery and the use of mental practice in the development of motor skills.  
*Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, **10**: 4, 4S-16S.
- DENIS, M., CHEVALIER, N. AND ELOI, S. (1989).  
Imagerie et répétition mentale dans l'acquisition d'habiletés motrices.  
*In: Recherche en psychologie du sport.*  
Edited by A.Vom Hofe. Issy-Les-Moulineaux: EAP. pp. 11-38.
- EDELMAN, G. M. (1992).  
Bright Air, Brilliant Fire : on the matter of Mind.  
(Basic Books). Traduction Française: *Biologie de la conscience.*  
Paris : O. Jacob.
- FAMOSE, J. P. (1986).  
Fonctions requises, complexité de la tâche et apprentissage moteur.  
*In: Recherche en psychologie du sport.*  
Edited by A.Vom Hofe. Issy-Les-Moulineaux: EAP. pp. 127-149.
- GERST, M. S. (1971).  
Symbolic coding processes in observational learning.  
*Journal of Personality and Social Psychology*, **19**: 9-17.
- HALL, C. R. (1980).  
Imagery for movement.  
*Journal of Human Movement Studies*, **6**: 252-264.
- HALL, C. R. (1985).  
Individual differences in the mental practice and imagery of motor skill performance.  
*Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, **10**: 4, 17S-21S.
- HALL, C., PONGRAC, J. AND BUCKLOZ, E. (1985).  
The measurement of imagery ability.  
*Human Movement Science*, **4**: 107-118.
- HARTER, S. (1978).  
Effectance, motivation reconsidered toward a developmental model.  
*Journal of Human Movement Studies*, **21**: 201-208.
- HATWELL, Y. (1989).  
Capacité du système de traitement de l'information et développement cognitif de l'enfant.  
*Bulletin de Psychologie*, **45**: 390, 462-465.
- HEBRARD, A. (1985).  
Les limites de la démonstration dans les apprentissages sportifs.  
*In: Psychopédagogie des activités physiques et sportives.*  
Edited by P. Arnaud and G. Broyer. Paris: Privat.

- 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.*
- MINAS, S. C. (1978).  
Mental practice of a complex perceptual motor skill.  
*Journal of Human Movement Studies, 4: 102-107.*
- PAIVIO, A. (1979).  
Imagery and verbal processes.  
*2d printing, Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.*
- PAIVIO, A. (1985).  
Cognitive and motivational functions of imagery in human performance.  
*Canadian Journal of Applied Sport Sciences, 10: 4, 22S-28S.*
- PAIVIO, A. (1986).  
Mental representations: A dual coding approach.  
*New York: Oxford Univ. Press.*
- PIAGET, J. (1959).  
La naissance de l'intelligence chez l'enfant.  
3d Ed., Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- PIAGET, J. (1969).  
Les opérations intellectuelles et leur développement.  
*In: Traité de psychologie expérimentale, tome 7 : L'intelligence.*  
Edited by Fraisse P. et Piaget J., Paris: Presse Universitaire de France.
- RYAN, E. D. AND SIMONS, J. (1981).  
Cognitive demand, imagery and frequency of mental rehearsal as factors influencing acquisition of motor skills.  
*Journal of Sport Psychology, 3: 35-45.*
- SCHMIDT, R. A. (1982).  
Motor control and learning: A behavioural emphasis.  
Champaign, IL. : Human Kinetics Press.
- STRATTON, R. K. (1978).  
Information processing deficits in Childrens motor performance: Implications for instruction.  
*Motor Skill: Theory into Practice, 3: 49-55.*
- TOLMAN, E. C. (1948).  
Cognitive Maps in rats and man.  
*Psychological Review, 55: 189-208.*
- WEBER, D., MINAIRE, P., FOURCADE, J., CHAIGNE, M. O. AND MARANDON, E. (1982).  
Aspects psychologiques et dynamiques des handicaps.  
*Bulletin de Psychologie, 35: 355, 427-433.*
- WRISBERG, C. A. AND RAGSDALE, M. R. (1979).  
Cognitive demand and practice level: factors in the mental rehearsal of motor skill.  
*Journal of Human Movement Studies, 3: 201-208.*
- YAMAMOTO, K. AND INOMATA, K. (1982).  
Effect of mental rehearsal with part and whole demonstration models on acquisition of backstroke swimming skills.  
*Perceptual and Motor Skills, 54: 1067-1070.*
- YANDO, R., SEITZ, V. AND ZIEGLER, E. (1978).  
Imitation: A developmental perspective.  
*New York : Wiley.*



Teviot-Kimpton Publications  
82 Great King Street  
Edinburgh EH3 6QU, UK

*Archives of Physiology and Biochemistry, 104 : 5, 552. Septembre 1996.*

### COGNITIVE PROCESSING IN MOTOR SKILL ACQUIRING BY YOUNG DEVELOPING HUMAN SUBJECTS

D. LAVISSE<sup>1</sup>, D. DEVITERNE<sup>2</sup> and P. PERRIN<sup>1</sup>

1. Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives 54600 Villers-lès-Nancy, France.

2. Laboratoire de Biologie et Physiologie du Comportement. URA CNRS 1293, Université H. Poincaré, Faculté des Sciences. BP 239 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France.

#### INTRODUCTION

Some studies have emphasized the importance of mental faculties in the information processing in subjects that acquire an adapted motor response (Adams, 1987). That led some authors to take into account the role of cognitive factors in the preparation, production and control of a motor act (Lavissee, Deviterne & Perrin, 1995 ; Marteniuk, 1986 ; Schmidt, 1982). In many investigations, mental imagery and representations are considered as the media with which the subject operates mentally (Denis, 1985 ; Paivio, 1985, 1986 ; Hall, 1980, 1985).

The aim of the present work is to contribute to the demonstration of the importance of this cognitive processing when the subject acquires a particular motor skill : archery. We studied differences between referent subjects (that underwent classical learning conditions) and experimental subjects (that underwent experimental learning conditions furthering their cognitive processing). These comparisons between referent and experimental subjects aimed to show, first, the influence of such a mental processing activity upon the rhythm and quality of their motor learning and secondly, the variation of this influence according to the stage of their mental development.

#### METHOD

1. Subjects. Our sample (Global population noted Gpop) was divided into 3 populations at different stages of mental development : 15 at a concrete operation stage (Y1p : [8-10[ years old), 18 at an abstract preformal stage (Y2p : [10-12[ years old) and 13 at an abstract formal stage (Y3p : [12-16] years old). Each population was divided into 2 groups of referent and experimental subjects.

2. Experimental protocol. Subjects were submitted to the motor skill learning with (for experimental subjects) or without (for referent subjects) the help of a written document that favours the learners' mental processing activity (by breacking up, commenting and illustrating the different units of that motor skill through visual and verbal informations). The learning phase was composed of 6 weekly sessions, 4 of which (S1, 2, 4, 6 noted T1, T2, T3, T4) were in part devoted to evaluate the 6 retained parameters.

2 parameters assessed the cognitive processing through the quality of the mental representations (R) constructed by the subject : (1) about the expected technical movement (Rem) and (2) about the performed

movement he actually did (Rpm).

4 parameters assessed the performed Movement Quality: (1) Movement mastery ( $0 \leq Mma \leq 5$ ) evaluated by summing 5 criteria concerning the quality of different movement units (stringing of the bow, draw length, aiming, positions before and after releasing of the arrow) ; (2 & 3) Movement reproduction assessed by 2 criteria : a global arrow grouping index ( $0 \leq Mri \leq 12$ ) and the grouping frequency ( $0 \leq Mrf \leq 6$ ).; (4) Movement efficiency ( $0 \leq Mef \leq 10$ ) evaluated by the average number of points per arrow marked during every test.

#### RESULTS

The experimental learning conditions favoured the quality of learners' mental processing. At the two last tests (T3, T4), in the Global population (Gpop) and particularly in the teenager group (Y3p), the experimental subjects had better mental representations of the expected (Rem) and performed (Rpm) movement. This superiority of the Experimental subjects was translated into a better quality (Mma, Mri, Mrf and Mef) of the movement they performed :

T4 results		Exp	Ref	Stud.t	p ≤
Rem	Gpop	3,9	2,2	5,21	.0001
	Y3p	4,4	1,7	6,20	.0001
Rpm	Gpop	3,7	1,1	8,38	.0001
	Y3p	4,1	0,8	7,11	.0001
Mma	Gpop	3,9	2,0	5,09	.0001
	Y3p	4,1	1,5	5,45	.0002
Mri	Gpop	5,1	1,0	7,21	.0001
	Y3p	6,6	0,8	4,41	.0009
Mrf	Gpop	3,1	0,7	7,14	.0001
	Y3p	4,0	0,3	4,34	.0012
Mef	Gpop	6,2	3,6	7,60	.0001
	Y3p	7,3	3,4	6,17	.0001

#### DISCUSSION

Our results agree with the cognitive theories of motor learning. They showed that when the cognitive processing activity was favoured (Experimental subjects), quality and efficiency of acquired motor skill were significantly improved comparatively to those reached without such a cognitive processing (Referent subjects). They also suggested that this positive effect of mental information processing upon motor skill acquisition was closely linked to an improvement in movement representation and analysis accuracy. This phenomenon is all the more effective when the subjects are at an advanced stage in their mental development.

#### REFERENCES

- Adams J.A. Psychol. Bull., 1987, 101 : 41-74.  
 Denis M. Can. J. of Ap. Sport Sci., 1985, 10 : 4.  
 Hall C.R. J. of Hum. Mov. Stud., 1980, 6 : 252-264.  
 Hall C.R. et al. Hum. Mov. Sci., 1985, 4 : 107-118.  
 Lavissee D., Deviterne D. & Perrin P. J. of Hum. Mov. Stud., 1995, 29 : 149-169.  
 Marteniuk R.G. J. of Mot. Behav., 18 : 55-75.  
 Paivio A. Can. J. of Ap. Sport Sci., 1985, 10 : 4.  
 Paivio A. Mental represent. Oxford U. Press, 1986.  
 Schmidt R.A. Mot. learning. Hum.Kin. Press, 1982.

### ANNEXE 3

#### Corrélations entre les variables retenues pour la qualité du geste et la qualité des représentations du geste au 6ème test Toutes Populations (Va, Hm, Dc) confondues (n=88)

##### Correlation Matrix

	EgT6	IgT6	FgT6	MeT6	RgeT6	RgtT6	RrvT6
EgT6	1,000	,827	,831	,606	,390	,430	,432
IgT6	,827	1,000	,900	,484	,275	,372	,447
FgT6	,831	,900	1,000	,477	,318	,357	,404
MeT6	,606	,484	,477	1,000	,442	,266	,392
RgeT6	,390	,275	,318	,442	1,000	,281	,344
RgtT6	,430	,372	,357	,266	,281	1,000	,347
RrvT6	,432	,447	,404	,392	,344	,347	1,000

88 observations were used in this computation.

##### Fisher's r to z

	Correlation	P-Value
EgT6, IgT6	,827	<,0001
EgT6, FgT6	,831	<,0001
EgT6, MeT6	,606	<,0001
EgT6, RgeT6	,390	,0001
EgT6, RgtT6	,430	<,0001
EgT6, RrvT6	,432	<,0001
IgT6, FgT6	,900	<,0001
IgT6, MeT6	,484	<,0001
IgT6, RgeT6	,275	,0094
IgT6, RgtT6	,372	,0003
IgT6, RrvT6	,447	<,0001
FgT6, MeT6	,477	<,0001
FgT6, RgeT6	,318	,0024
FgT6, RgtT6	,357	,0006
FgT6, RrvT6	,404	<,0001
MeT6, RgeT6	,442	<,0001
MeT6, RgtT6	,266	,0120
MeT6, RrvT6	,392	,0001
RgeT6, RgtT6	,281	,0079
RgeT6, RrvT6	,344	,0010
RgtT6, RrvT6	,347	,0008

88 observations were used in this computation.

## ANNEXE 4

### Corrélations entre les variables retenues pour la qualité du geste et la qualité des représentations du geste au 6ème test Population des Valides (n=32)

**Correlation Matrix**  
Split By: V.H.D  
Cell: Va

	EgT6	IgT6	FgT6	MeT6	RgeT6	RgtT6	RrvT6
EgT6	1,000	,844	,850	,609	,408	-,093	,258
IgT6	,844	1,000	,881	,373	,202	-,061	,051
FgT6	,850	,881	1,000	,411	,291	-,081	,219
MeT6	,609	,373	,411	1,000	,422	-,139	,388
RgeT6	,408	,202	,291	,422	1,000	,199	,781
RgtT6	-,093	-,061	-,081	-,139	,199	1,000	,116
RrvT6	,258	,051	,219	,388	,781	,116	1,000

32 observations were used in this computation.

**Fisher's r to z**  
Split By: V.H.D  
Cell: Va

	Correlation	P-Value
EgT6, IgT6	,844	<,0001
EgT6, FgT6	,850	<,0001
EgT6, MeT6	,609	,0001
EgT6, RgeT6	,408	,0196
EgT6, RgtT6	-,093	,6170
EgT6, RrvT6	,258	,1550
IgT6, FgT6	,881	<,0001
IgT6, MeT6	,373	,0346
IgT6, RgeT6	,202	,2702
IgT6, RgtT6	-,061	,7430
IgT6, RrvT6	,051	,7851
FgT6, MeT6	,411	,0185
FgT6, RgeT6	,291	,1064
FgT6, RgtT6	-,081	,6631
FgT6, RrvT6	,219	,2306
MeT6, RgeT6	,422	,0152
MeT6, RgtT6	-,139	,4508
MeT6, RrvT6	,388	,0277
RgeT6, RgtT6	,199	,2773
RgeT6, RrvT6	,781	<,0001
RgtT6, RrvT6	,116	,5320

32 observations were used in this computation.

## ANNEXE 5

### Corrélations entre les variables retenues pour la qualité du geste et la qualité des représentations du geste au 6ème test Population des Handicapés moteurs (n=40)

**Correlation Matrix**  
**Split By: V.H.D**  
**Cell: Hm**

	EgT6	IgT6	FgT6	MeT6	RgeT6	RgtT6	RrvT6
EgT6	1,000	,810	,804	,539	,434	,501	,399
IgT6	,810	1,000	,922	,398	,355	,357	,458
FgT6	,804	,922	1,000	,398	,335	,363	,364
MeT6	,539	,398	,398	1,000	,369	,305	,362
RgeT6	,434	,355	,335	,369	1,000	,446	,161
RgtT6	,501	,357	,363	,305	,446	1,000	,322
RrvT6	,399	,458	,364	,362	,161	,322	1,000

40 observations were used in this computation.

**Fisher's r to z**  
**Split By: V.H.D**  
**Cell: Hm**

	Correlation	P-Value
EgT6, IgT6	,810	<,0001
EgT6, FgT6	,804	<,0001
EgT6, MeT6	,539	,0002
EgT6, RgeT6	,434	,0047
EgT6, RgtT6	,501	,0008
EgT6, RrvT6	,399	,0102
IgT6, FgT6	,922	<,0001
IgT6, MeT6	,398	,0104
IgT6, RgeT6	,355	,0240
IgT6, RgtT6	,357	,0229
IgT6, RrvT6	,458	,0026
FgT6, MeT6	,398	,0104
FgT6, RgeT6	,335	,0340
FgT6, RgtT6	,363	,0209
FgT6, RrvT6	,364	,0202
MeT6, RgeT6	,369	,0183
MeT6, RgtT6	,305	,0554
MeT6, RrvT6	,362	,0209
RgeT6, RgtT6	,446	,0035
RgeT6, RrvT6	,161	,3218
RgtT6, RrvT6	,322	,0421

40 observations were used in this computation.

## ANNEXE 6

### Corrélations entre les variables retenues pour la qualité du geste et la qualité des représentations du geste au 6ème test Population des Déficients cognitifs (n=16)

**Correlation Matrix**  
**Split By: V.H.D**  
**Cell: Di**

	EgT6	IgT6	FgT6	MeT6	RgeT6	RgtT6	RrvT6
EgT6	1,000	,680	,791	,759	,410	,375	,010
IgT6	,680	1,000	,874	,675	,313	,456	,138
FgT6	,791	,874	1,000	,712	,412	,408	-,109
MeT6	,759	,675	,712	1,000	,589	,148	,178
RgeT6	,410	,313	,412	,589	1,000	,063	,323
RgtT6	,375	,456	,408	,148	,063	1,000	,014
RrvT6	,010	,138	-,109	,178	,323	,014	1,000

16 observations were used in this computation.

**Fisher's r to z**  
**Split By: V.H.D**  
**Cell: Di**

	Correlation	P-Value
EgT6, IgT6	,680	,0028
EgT6, FgT6	,791	,0001
EgT6, MeT6	,759	,0003
EgT6, RgeT6	,410	,1164
EgT6, RgtT6	,375	,1549
EgT6, RrvT6	,010	,9710
IgT6, FgT6	,874	<,0001
IgT6, MeT6	,675	,0031
IgT6, RgeT6	,313	,2435
IgT6, RgtT6	,456	,0757
IgT6, RrvT6	,138	,6155
FgT6, MeT6	,712	,0013
FgT6, RgeT6	,412	,1146
FgT6, RgtT6	,408	,1188
FgT6, RrvT6	-,109	,6945
MeT6, RgeT6	,589	,0147
MeT6, RgtT6	,148	,5911
MeT6, RrvT6	,178	,5167
RgeT6, RgtT6	,063	,8208
RgeT6, RrvT6	,323	,2263
RgtT6, RrvT6	,014	,9611

16 observations were used in this computation.

**ANNEXE 7**

**Comparaisons des sujets Témoins(Tem) et Expérimentaux(Exp) pour le pourcentage d'individus ayant exprimé un juste représentation (Rgt) de chacune des 5 composantes du geste technique attendu : Armement (Ar), Allonge (Al), Visée(Vi), Position avant décoche(Pav) et Position après décoche(Pap) au cours des 4 tests (T1,T2,T3,T4)**

**Descriptive Statistics**  
**Split By: Gr**

	Mean
RgtArT1, Total	,41
RgtArT1, Exp	,33
RgtArT1, Tem	,50
RgtArT2, Total	,70
RgtArT2, Exp	,75
RgtArT2, Tem	,64
RgtArT3, Total	,83
RgtArT3, Exp	,79
RgtArT3, Tem	,86
RgtArT4, Total	,83
RgtArT4, Exp	,88
RgtArT4, Tem	,77
RgtAlT1, Total	,28
RgtAlT1, Exp	,33
RgtAlT1, Tem	,23
RgtAlT2, Total	,24
RgtAlT2, Exp	,29
RgtAlT2, Tem	,18
RgtAlT3, Total	,54
RgtAlT3, Exp	,62
RgtAlT3, Tem	,45
RgtAlT4, Total	,52
RgtAlT4, Exp	,79
RgtAlT4, Tem	,23
RgtViT1, Total	,24
RgtViT1, Exp	,21
RgtViT1, Tem	,27
RgtViT2, Total	,41
RgtViT2, Exp	,50
RgtViT2, Tem	,32
RgtViT3, Total	,52
RgtViT3, Exp	,62
RgtViT3, Tem	,41
RgtViT4, Total	,59
RgtViT4, Exp	,71
RgtViT4, Tem	,45

**Descriptive Statistics**  
**Split By: Gr**

	Mean
RgtPavT1, Total	,26
RgtPavT1, Exp	,29
RgtPavT1, Tem	,23
RgtPavT2, Total	,39
RgtPavT2, Exp	,38
RgtPavT2, Tem	,41
RgtPavT3, Total	,50
RgtPavT3, Exp	,62
RgtPavT3, Tem	,36
RgtPavT4, Total	,72
RgtPavT4, Exp	,79
RgtPavT4, Tem	,64
RgtPapT1, Total	,28
RgtPapT1, Exp	,29
RgtPapT1, Tem	,27
RgtPapT2, Total	,35
RgtPapT2, Exp	,33
RgtPapT2, Tem	,36
RgtPapT3, Total	,30
RgtPapT3, Exp	,38
RgtPapT3, Tem	,23
RgtPapT4, Total	,43
RgtPapT4, Exp	,71
RgtPapT4, Tem	,14

**ANNEXE 8**

**Comparaisons des sujets Témoins(Tem) et Expérimentaux(Exp) pour le pourcentage d'individus ayant exprimé un juste représentation (Rge) de chacune des 5 composantes du geste effectué : Armement (Ar), Allonge (Al), Visée(Vi), Position avant décoche(Pav) et Position après décoche(Pap) au cours des 4 tests (T1,T2,T3,T4)**

**Descriptive Statistics**

**Split By: Gr**

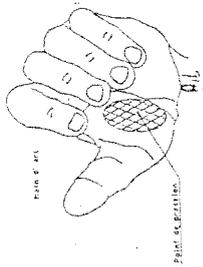
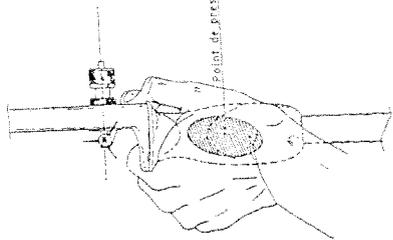
	Mean
RgeArT1, Total	,39
RgeArT1, Exp	,46
RgeArT1, Tem	,32
RgeArT2, Total	,54
RgeArT2, Exp	,54
RgeArT2, Tem	,55
RgeArT3, Total	,74
RgeArT3, Exp	,83
RgeArT3, Tem	,64
RgeArT4, Total	,78
RgeArT4, Exp	,92
RgeArT4, Tem	,64
RgeAlT1, Total	,11
RgeAlT1, Exp	,12
RgeAlT1, Tem	,09
RgeAlT2, Total	,22
RgeAlT2, Exp	,25
RgeAlT2, Tem	,18
RgeAlT3, Total	,33
RgeAlT3, Exp	,46
RgeAlT3, Tem	,18
RgeAlT4, Total	,46
RgeAlT4, Exp	,83
RgeAlT4, Tem	,05
RgeViT1, Total	,26
RgeViT1, Exp	,29
RgeViT1, Tem	,23
RgeViT2, Total	,26
RgeViT2, Exp	,29
RgeViT2, Tem	,23
RgeViT3, Total	,30
RgeViT3, Exp	,33
RgeViT3, Tem	,27
RgeViT4, Total	,39
RgeViT4, Exp	,67
RgeViT4, Tem	,09

**Descriptive Statistics**

**Split By: Gr**

	Mean
RgePavT1, Total	,20
RgePavT1, Exp	,17
RgePavT1, Tem	,23
RgePavT2, Total	,24
RgePavT2, Exp	,25
RgePavT2, Tem	,23
RgePavT3, Total	,28
RgePavT3, Exp	,21
RgePavT3, Tem	,36
RgePavT4, Total	,41
RgePavT4, Exp	,58
RgePavT4, Tem	,23
RgePapT1, Total	,24
RgePapT1, Exp	,25
RgePapT1, Tem	,23
RgePapT2, Total	,33
RgePapT2, Exp	,21
RgePapT2, Tem	,45
RgePapT3, Total	,33
RgePapT3, Exp	,42
RgePapT3, Tem	,23
RgePapT4, Total	,43
RgePapT4, Exp	,71
RgePapT4, Tem	,14

# SEANCES 2-3

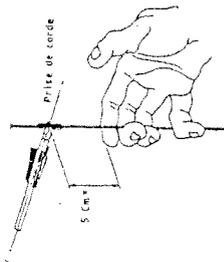


Affiner le placement de la main d'arc en écrasant la partie charnue de la base du pouce dans la poignée

### Prise de corde :

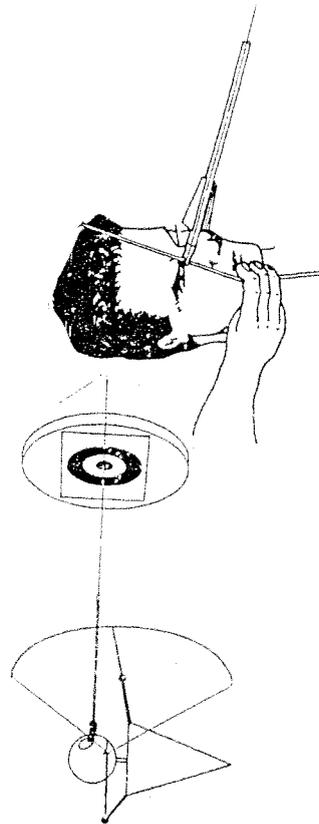
- saisir l'arc dans la main gauche (inversement pour un gaucher)
- placer les 3 doigts (index, majeur, annulaire) en dessous de la fêche à 5 cm de l'encoché

### l'encoché

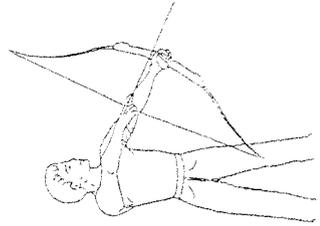


Prise de corde pour un tir s'effaçant en visant avec la fêche (appelée aussi visée-fêche)

- viser avec le tube que l'on dirige vers le pointe
- fêcher la corde quand la stabilité est obtenue



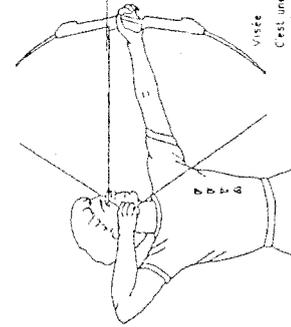
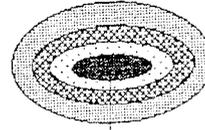
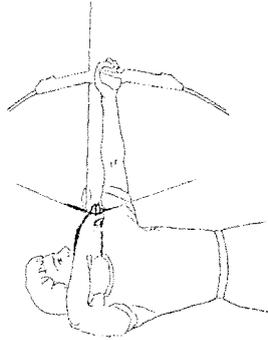
# ANNEXE 9a



Le tir se positionne par rapport à la cible, encadre l'archère, et met en place un équilibre qui déterminera toute la stabilité corporelle lors du tir (polygone de sustentation et lignes de gravité). Les mains d'arc et de corde sont positionnées.

Dans cette phase, le tir se concentre, c'est à dire qu'il oriente son esprit vers la fêche à réaliser. La phase de détente n'est achevée au début du lâchement.

### LE PRÉLÈVEMENT



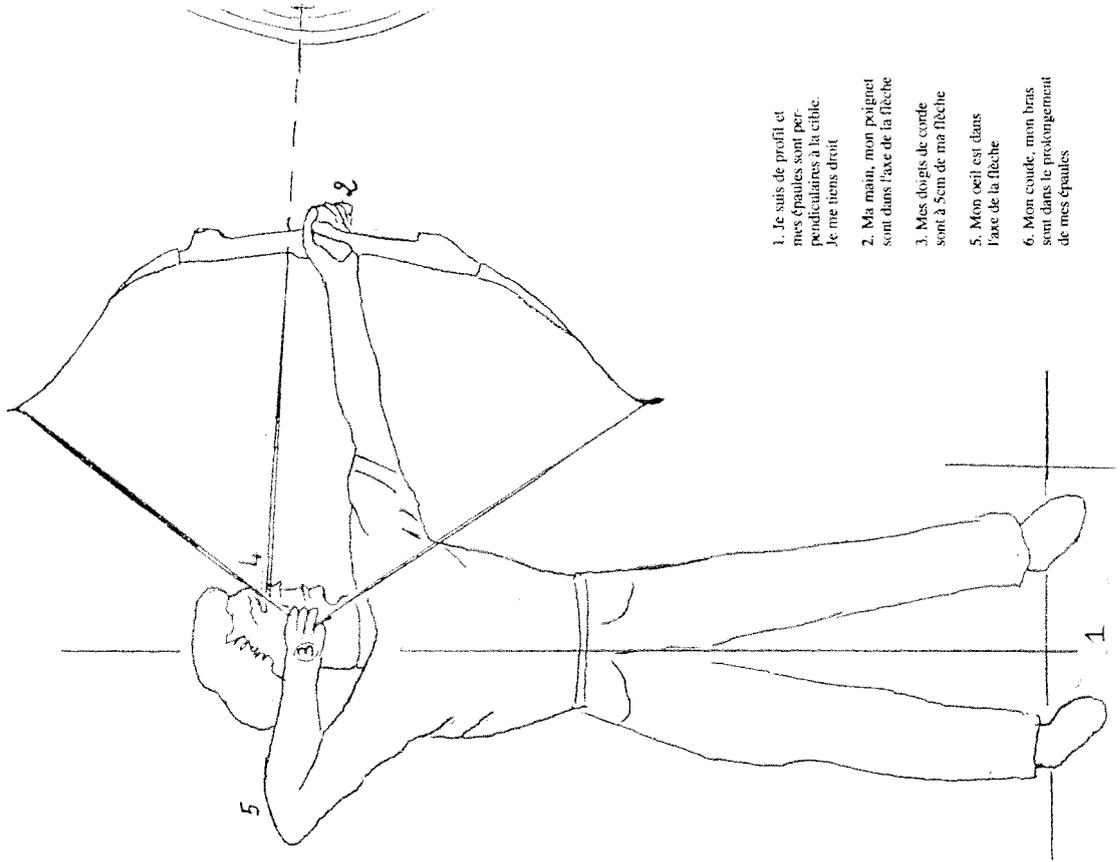
### Visée - apaxie (figure 2a)

C'est une visée où l'on dirige vers fêche et cible, la ligne du tube de fêche remplaçant la hauteur et le guidon.

Ce tir ne peut être précis qu'à des distances très courtes ou le point de visé confond avec l'objectif à atteindre.

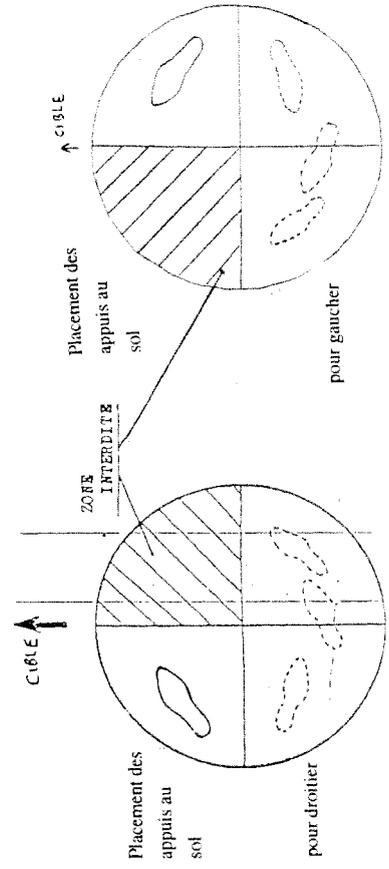
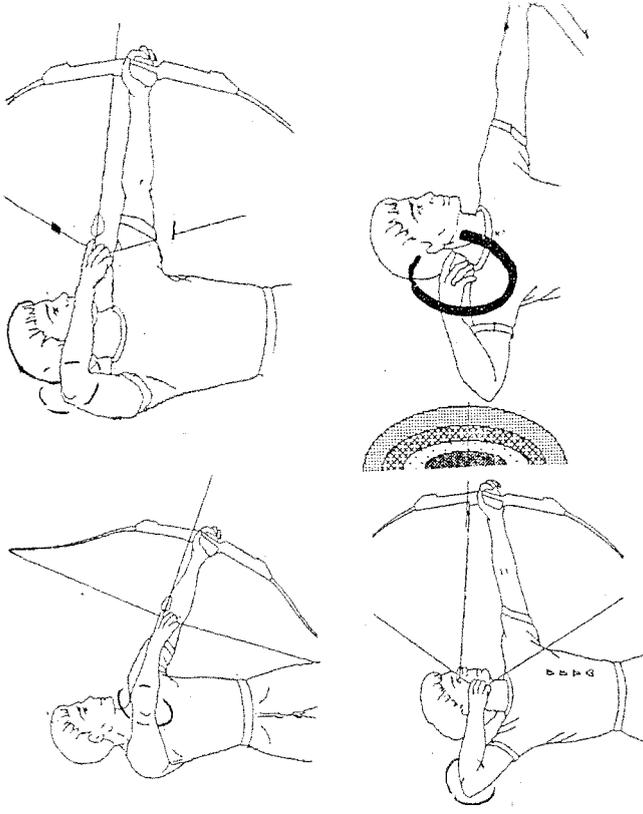
C'est la technique de visée la plus immédiate, elle constitue un avertissement dans l'apprentissage du tir à l'arc.

# SEANCES 4-5



1. Je suis de profil et mes épaules sont perpendiculaires à la cible. Je ne tiens droit
2. Ma main, mon poignet sont dans l'axe de la flèche
3. Mes doigts de corde sont à 5cm de ma flèche
5. Mon oeil est dans l'axe de la flèche
6. Mon coude, mon bras sont dans le prolongement de mes épaules

Place du coude dans les phases du tir



## SEANCES 7-8

Quand la distance entre le tireur et la cible est grande,  
la visée-flèche n'est plus utilisable car le poids de cette  
dernière ne lui permet plus d'aller droit dans la cible



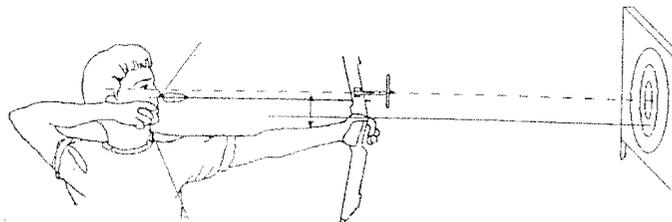
Aussi, il faut utiliser un autre mode de visée

Pour cela nous utiliserons

La visée avec un viseur intermédiaire

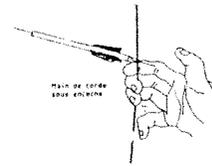
Le schéma ci-dessous représente  
la position du tireur qui utilise cette visée

Remplacer le repère "pointe de flèche" par un autre, placé sur la fenêtre d'arc,  
Le viseur.

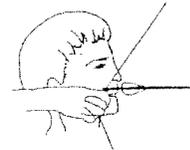
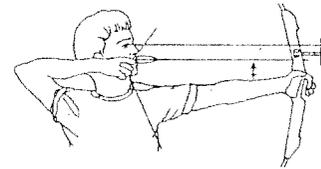


Par rapport à l'ancien mode de visée  
on observe les différences suivantes

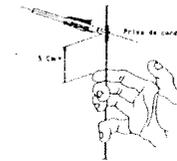
Visée avec viseur



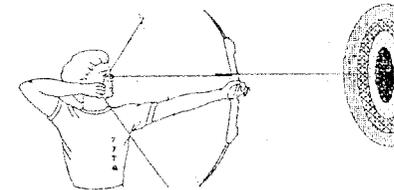
Le tireur utilise un  
viseur pour ajuster  
son tir dans la cible



Visée flèche



Le tireur utilise la  
flèche pour ajuster  
son tir dans la cible

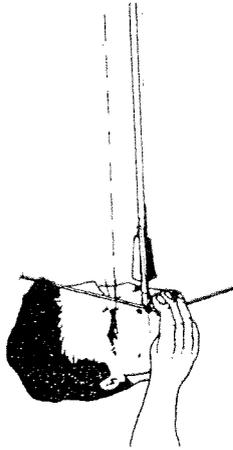


En dehors de ces éléments il n'y a pas d'autres différences  
Ains, les repères (points où la main touche le visage),  
l'amplitude de la traction, la prise de l'arc, le placement des  
pieds (ou du fauteuil), la traction par le coude,... etc  
restent identiques

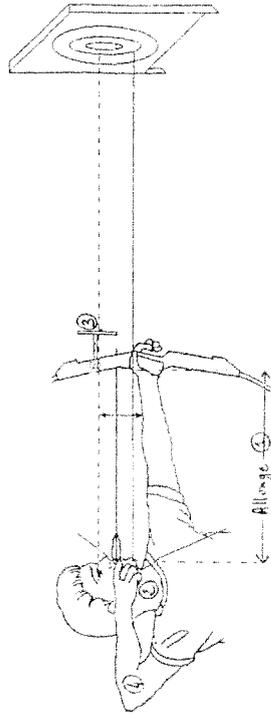
## SEANCES 9-10

Lors du tir avec viseur, celui-ci ne constitue qu'un seul des deux repères qui permet d'avoir un tir précis. Le deuxième repère est constitué par le placement des doigts de corde à la commissure des lèvres et par l'écartement qui sépare les doigts de corde de la flèche.

Aussi, il est indispensable, pour pouvoir régler son tir avec précision, que ces derniers repères soient stables, toujours identiques.



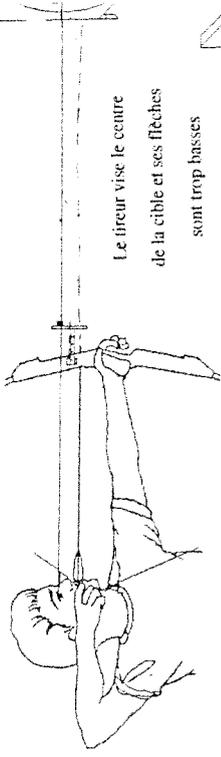
Détail de la position de visée que constitue l'un des 2 repères



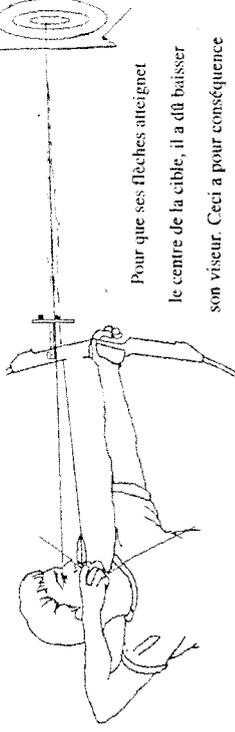
Lors de votre tir, vous devez veiller à toujours avoir :

1. une allonge identique
2. un repère au visage identique d'un tir à l'autre (en amenant vos doigts au même endroit et en gardant constant l'écart entre vos doigts de corde et la flèche)
3. une visée utilisant le viseur (en le plaçant dans l'axe du centre de la cible)
4. votre avant bras de corde et votre coude dans le prolongement de la main d'arc.

### Réglage du viseur

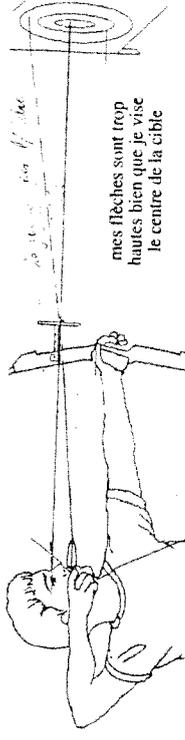


Le tireur vise le centre de la cible et ses flèches sont trop basses

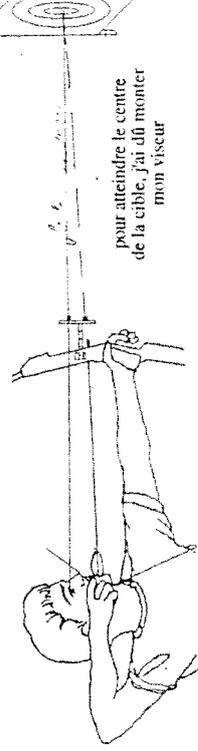


Pour que ses flèches atteignent le centre de la cible, il a dû baisser son viseur. Ceci a pour conséquence de lui faire remonter son arc pour pouvoir continuer à viser le centre de la cible. Ainsi les flèches

se planteront plus haut sur la cible. Ou dit alors que pour régler la hauteur de son tir on doit corriger dans le sens de l'erreur (si mes flèches sont trop basses, je baisse mon viseur)



mes flèches sont trop hautes bien que je vise le centre de la cible

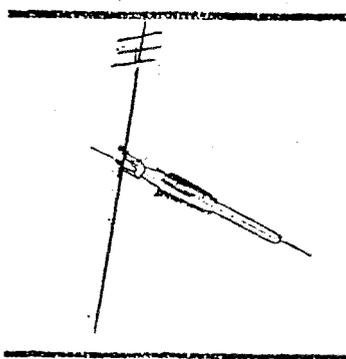


pour atteindre le centre de la cible, j'ai dû monter mon viseur

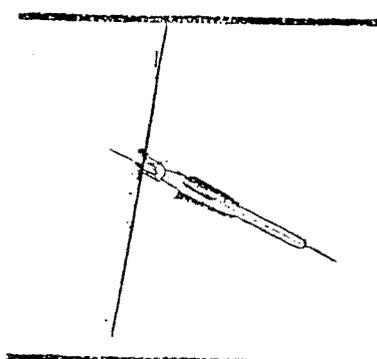
ANNEXE 9 b

Indiquez par des petits traits (un trait par doigt, voir exemple ci-dessous) l'endroit où vous avez placé vos doigts sur la corde lors de votre dernier tir :

exemple

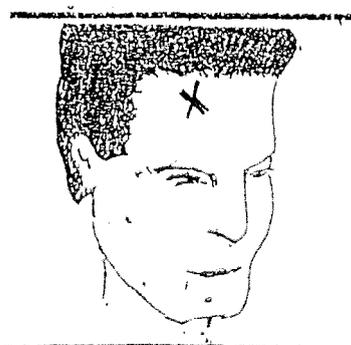


votre réponse

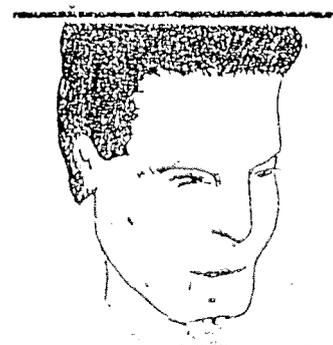


Indiquez par une croix (voir exemple ci-dessous) à quel endroit vos doigts de corde étaient en contact avec votre visage lors de votre dernier tir :

exemple



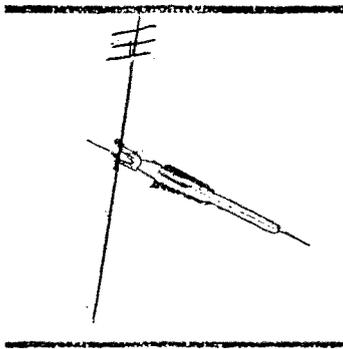
votre réponse



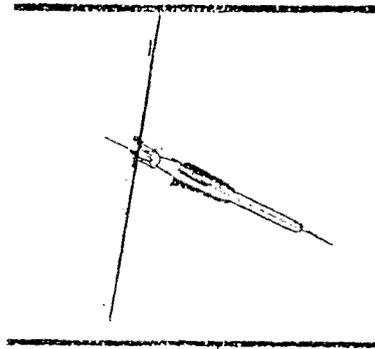
ANNEXE 9 c

Indiquez par des petits traits (un trait par doigt, voir exemple ci-dessous) l'endroit où il faut placer ses doigts sur la corde pour pouvoir viser correctement ?

exemple

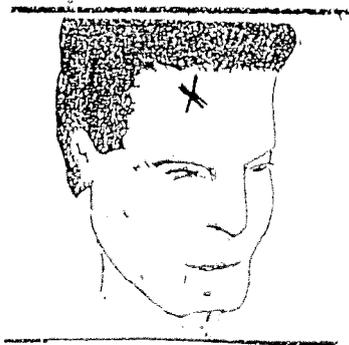


votre réponse

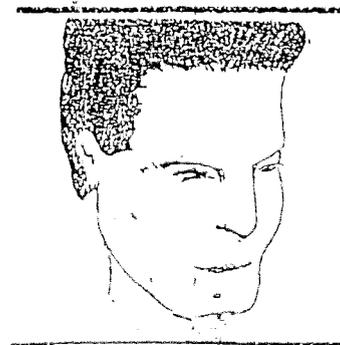


Indiquez par une croix (voir exemple ci-dessous) à quel endroit vos doigts de cordé doivent être en contact avec votre visage ?

exemple



votre réponse





1- Description d'un arc et d'une flèche :

NOM : .....  
Prénom : .....  
Classe : .....  
Ecole : .....

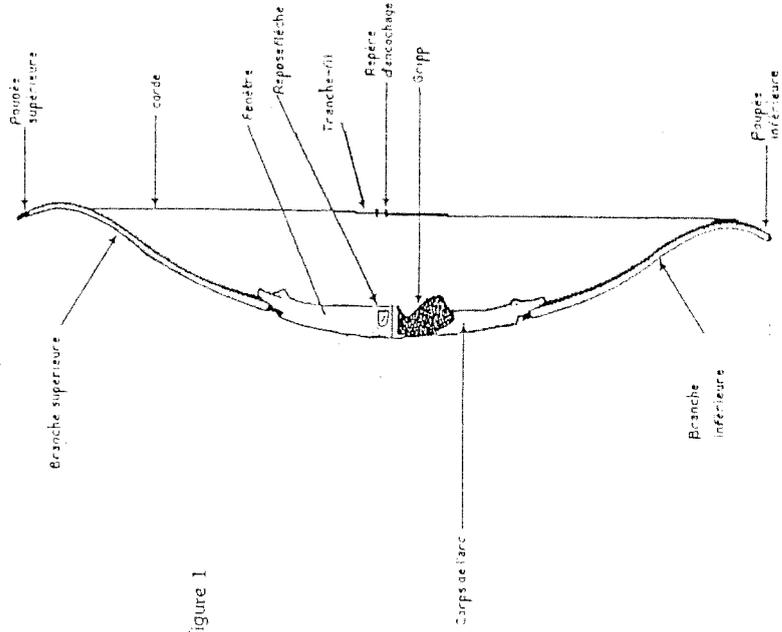
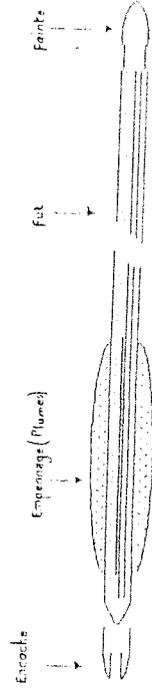
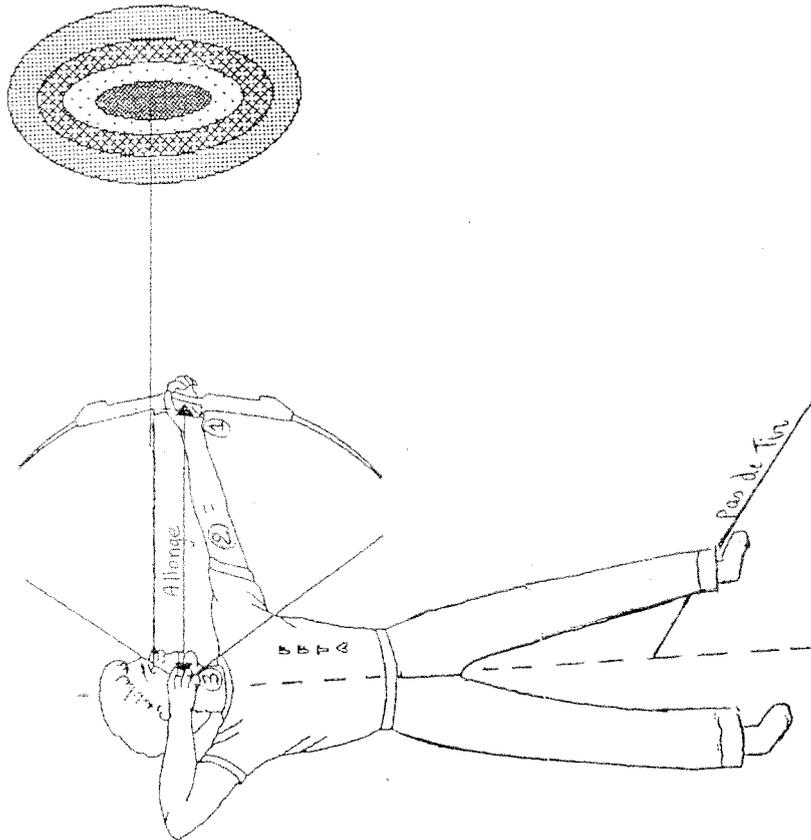


figure 1



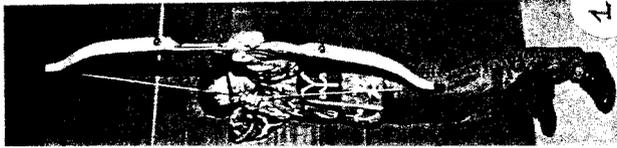
\_\_\_\_\_ du \_\_\_\_\_  
A.B.C. du \_\_\_\_\_  
TIR A L'ARC

La main d'arc : c'est la main qui saisit l'arc (main gauche pour un droitier). (n°1 sur le dessin)  
 Le bras d'arc : c'est le bras qui tient l'arc (bras gauche pour un droitier). (n°2 sur le dessin)  
 Les doigts de corde : ce sont les doigts de la main qui tire la corde (de la main droite pour un archer droitier). (n°3 sur le dessin)  
 Encocher : c'est mettre l'encoche ( l'extrémité arrière de la flèche) sur la corde.  
 Armer : c'est l'action de tirer sur la corde, pour faire reculer la flèche.  
 L'allonge : C'est la distance qu'il y a entre la main d'arc et les doigts de corde. Quand on a armé, elle doit toujours être grande et de même longueur (regarder le dessin).  
 Décocher : C'est lorsqu'on lâche la corde et que la flèche quitte l'arc.  
 Pas de tir : ligne parallèle au plan de la cible derrière laquelle doit se trouver l'archer pour être à la distance prévue (selon les règles) de la cible.

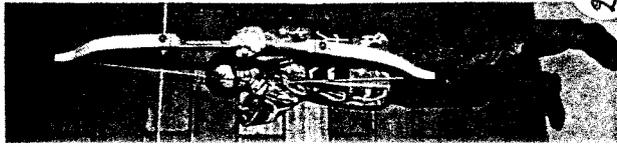


### 3- Les repères au sol : (placement des pieds)

Il faut que les 2 pieds soient placés parallèles au pas de tir et donc au plan de la cible (photo 1) et que le pied droit (pour un archer droitier) soit légèrement devant le pied gauche (photo 2).



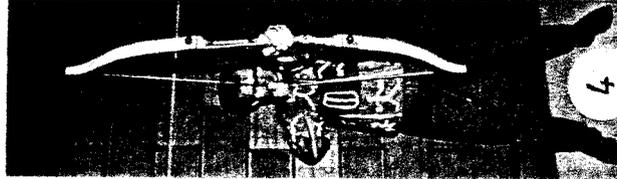
1



2



3



4

Il ne faut pas que le pied droit (pour un archer droitier) soit derrière le pied gauche (comme sur la photo 3), ou que les 2 pieds soient placés perpendiculaire au plan de la cible ou au pas de tir (comme sur la photo 4).

### 4- Le placement de la main d'arc :

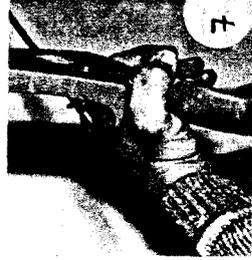
Il faut que la poignée de l'arc appuie sur le creux de la main (comme sur la photo 5).  
 Si la main d'arc est bien placée, on doit pouvoir ouvrir ses doigts sans faire bouger l'arc (comme sur la photo 6).



5



6



7

Il ne faut pas tenir l'arc sur le côté avec son pouce dans la poignée (comme sur la photo 7), car après quelques tirs, des douleurs à la base du pouce apparaissent.

### 5- Le placement des doigts de corde :

Il faut placer les doigts de corde à 3 ou 4 cm en dessous de la flèche.

Il faut prendre la corde avec le bout des doigts (comme sur la photo 8).

Après avoir armé et juste avant de tirer, l'index de corde doit se trouver en contact avec le coin des lèvres (comme sur la figure 10).



8



9



10



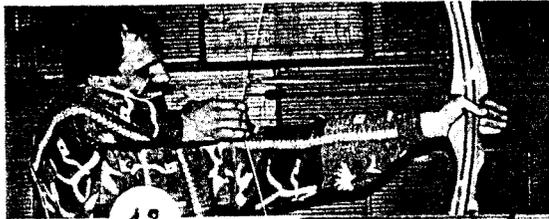
11

Il ne faut pas accrocher la corde comme sur la photo 9, car on la lâche alors difficilement.

Il ne faut pas mettre ses doigts à côté de la flèche comme sur la photo 11, car on est alors gêné pour bien viser.

### 6- L'armement : (mise en tension de la corde).

Il faut effectuer l'armement par une traction du coude (comme sur la photo 12), pour amener celui-ci derrière l'épaule, dans le prolongement du bras d'arc (comme sur la photo 13).

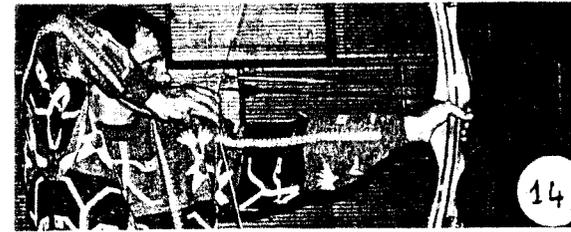


12

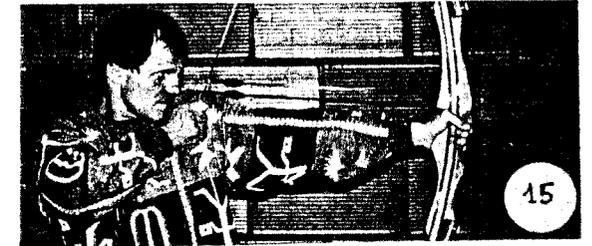


13

Il ne faut pas armer en levant le coude (comme sur la photo 14) ou bien en le baissant (comme sur la photo 15), car la corde est alors moins bien tendue et l'on se fatigue beaucoup plus vite.



14



15

### 7- L'allonge constante et optimale :

Il faut que chaque armement aboutisse à une allonge identique et la plus grande possible. La flèche doit se situer au niveau de la fenêtre (comme sur la photo 16).



16

fenêtre

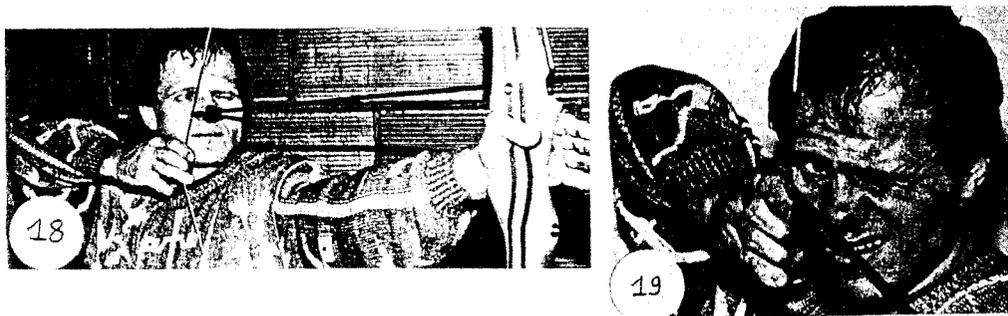
### 8- La visée :

Il faut, pour viser correctement, aligner l'oeil et le tube de la flèche avec le centre de la cible. Si je suis droitier, je vise avec mon oeil droit et je ferme mon oeil gauche (comme sur la figure 17). Il faut faire attention de bien mettre l'encoche de ma flèche devant mon oeil (comme sur la photo 17).



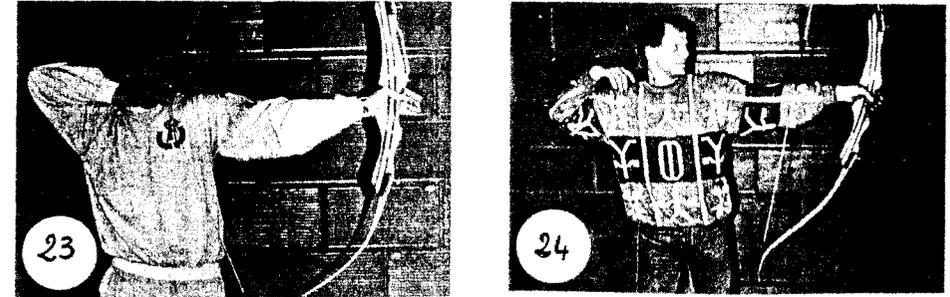
17

Il ne faut pas que je mette l'encoche de ma flèche en dessous de mon oeil (comme sur la photo 18), ou à côté de mon oeil (comme sur la photo 19), ou bien encore derrière mon oeil (comme sur la photo 22)



**10- L'échappement : l'action de lâcher la corde**

Il faut, pour déclencher le tir, laisser échapper la corde en reculant sa main de corde (comme sur les photos 23 et 24 où le pouce de corde vient toucher l'épaule arrière). Il ne faut pas lâcher brusquement la corde pour ne pas entraîner des déplacements latéraux de la corde qui nuisent à la précision du tir.



**9- Les repères tactiles : (endroit où l'on place ses doigts)**

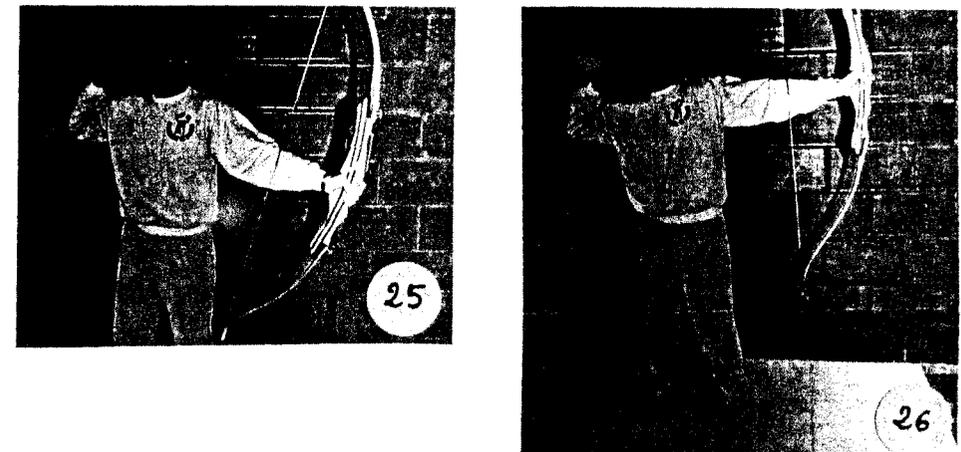
Il améliorent la précision du tir car ils permettent d'aborder chaque tir dans la même position et de savoir que l'on a bien tendu sa corde (autrement dit, que l'allonge est identique et la plus grande possible). Ainsi : Il faut que l'index de la main de corde vienne se placer au coin des lèvres (comme sur la photo 20), position facile à repérer qui permet une bonne visée.



Il ne faut pas amener les doigts de corde sur l'épaule car, même si on peut alors viser, sa corde n'est alors toutefois pas assez tendue (comme sur la photo 21 où une grande partie de la flèche dépasse encore de la fenêtre de l'arc). Il ne faut pas amener ses doigts de corde jusqu'à sa joue car, même si on tend alors bien sa corde, on ne peut alors pas correctement viser (comme sur la photo 22).

**11- Position après le tir :**

Il faut que mon bras d'arc garde sa position (horizontal et tendu), et que je me retrouve dans une position identique à celle de la photo 24 (ci-dessus à droite).



Il ne faut pas que je baisse mon arc (comme sur la photo 25) ou que j'écarte mon bras d'arc (comme sur la photo 26).



ANNEXE 12

Organisation du contenu des séances d'apprentissage et de test - Expérimentation 2 et 3					
Eléments du tir abordés	Organisation pratique de l'activité	Nbre de volées	Tâche à réaliser par l'apprenant	Consignes données par l'expérimentateur	Critères de réussite
<b>Séances S1, S2, S4, S6 (Tests de Performance)</b>					
Tir complet	Apprenants 2 par 2 Un sujet tire, l'autre observe et passe les flèches.	1	Tir d'échauffement à la cible	Ne pas se précipiter	-
Tir complet	Idem	6	Tir à la cible avec décompte des points	Respecter les règles de sécurité : Ne pas dépasser le pas de tir Encocher sur le pas de tir et au signal Aller rechercher ses flèches au signal	Nbre de points marqués
<b>Séances S3, S5 (Apprentissage avec pratique)</b>					
Armement (mise en tension de la corde)	Apprenants 2 par 2 Un sujet tire, l'autre observe et donne le signal de tir lorsque la position du tireur est correcte (main au contact du visage)	0	Le tireur tire la corde avec le coude à plat et amène sa main de corde au contact de son visage (3 fois consécutives)	Amener le coude du bras de corde derrière l'épaule (dans son prolongement) Revenir doucement sans lâcher la corde	Plan du coude horizontal pendant la traction
	Idem, le tireur prend l'initiative du lâcher (tir)	1	Idem avec flèche	Toucher le visage avec la main de corde	Ne pas revenir en avant, avant de lâcher la corde
		1	Idem avec flèche	idem	Fracter coude à plat
Allonge constante et maximale	(a) Un sujet tire, l'autre observe et donne le signal de tir lorsque la position du tireur est correcte	1	Le tireur doit se concentrer sur la traction et amener sa main de corde toujours au même endroit au contact de son visage	Amener l'index de la main de corde contre le coin de ma lèvre	Amener l'index de la main de corde toujours au même endroit au contact du visage
	(b) Idem, le tireur prend l'initiative du lâcher (tir)	1	Idem	Tendre la corde au maximum (bras de corde dans le prolongement des épaules)	Avoir le coude derrière l'épaule en fin de traction
Visée	Apprenants 2 par 2 Idem (a)	1	Visée avec la flèche	Aligner l'encoche et la pointe de la flèche avec l'oeil et le centre (jaune) de la cible	Avoir l'encoche devant l'oeil
	Idem (b)	1			
Position avant décoche	Apprenants 2 par 2 Idem (a)	1	Avoir l'index de la main de corde au contact de la commissure des lèvres	Amener l'index de corde au contact du coin des lèvres	Index au contact de la commissure des lèvres
	Idem (b)	1			
Position après décoche	Apprenants 2 par 2 Idem (a)	1	Garder le bras d'arc levé pendant une seconde après avoir lâché la corde	Ne baisser le bras qu'après avoir entendu le bruit de la flèche dans la cible	Maintien 1sec du bras d'arc levé après la décoche
	Idem (b)	1			
Les 5 éléments	Idem (b)	2	Tir à la cible	Respecter toutes les consignes précédentes	Nbre de points marqués

---

UFR STAPS - FACULTÉ DU SPORT

---

Nom : *LAVISSE*

Prénom : *Dominique*

DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I

*en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*

VU, APPROUVE ET PERMIS D'IMPRIMER

Nancy, le 19 NOV 1997 n° 105

Le Président de l'Université



**THESE DE DOCTORAT D'UNIVERSITE**  
présentée et soutenue publiquement le 11 novembre 1997 par  
**Dominique LAVISSE**

**Titre :** Rôle de l'activité cognitive et des représentations mentales afférentes dans l'acquisition d'une habileté motrice

**Mots Clés :** Apprentissage, Habileté motrice, Tir à l'arc, Activité cognitive, Représentation mentale, Traitement mental de l'Information, Encodage verbal et imagé

**Résumé :** Ce travail concerne les aspects fonctionnels des processus mentaux en cause dans l'acquisition d'une habileté motrice par un organisme humain. Il contribue à la mise en évidence du rôle du traitement cognitif des informations perçues par le sujet lors d'un apprentissage moteur particulier : le tir à l'arc. Deux objets spécifiques afférents à cette activité cognitive sont considérés : les représentations mentales des mouvements effectués (gestes produits réellement par l'apprenant) et à effectuer (gestes techniques attendus).

Il procède à des comparaisons d'efficacité de l'apprentissage entre des sujets témoins soumis à des conditions standards d'apprentissage d'un geste moteur, par démonstration commentée oralement et répétition, et des sujets expérimentaux soumis à des conditions visant à favoriser l'activité cognitive en enrichissant, à l'aide d'un support écrit verbal et imagé, leur travail mental de construction et d'encodage des représentations. La modulation de cette efficacité de l'apprentissage par l'enrichissement du traitement cognitif est également étudiée en fonction de certaines caractéristiques physiques et psychologiques des apprenants.

L'activité motrice retenue a permis de concilier la rigueur expérimentale avec les caractéristiques d'une application didactique et pédagogique, dans la mesure où la restitution des actions motrices de cette habileté est fiable et parfaitement contrôlée et qu'elle s'exerce dans des conditions de pratique homogène et d'un enseignement classique.

L'étude s'appuie sur une série de trois expérimentations portant sur des populations aux caractéristiques différentes par leur âge (adultes, adolescents, enfants), par leur état physique et moteur (valides, handicapés moteurs) et par leur performance cognitive ("normalement" performants, déficients cognitifs).

L'ensemble des résultats des trois expérimentations met en évidence le rôle important de la qualité de l'activité cognitive et des représentations mentales afférentes dans l'acquisition d'une habileté motrice complexe par un sujet naïf. Ces résultats montrent une supériorité des performances, en termes de qualité et d'efficacité du geste moteur produit, des sujets expérimentaux par rapport aux témoins. Ces meilleures performances des apprenants expérimentaux sont directement associées à une plus grande qualité des représentations du geste technique attendu et du geste que ceux-ci effectuent. Cette relation existe pour tous les indicateurs de la qualité du geste produit (maîtrise d'exécution, reproductibilité, efficacité). Elle se vérifie chez les sujets déficients cognitifs, chez les sujets handicapés moteurs et pour tous les niveaux d'âge étudiés, avec quelques nuances.

Les sujets handicapés moteurs qui, ne pouvant utiliser directement la solution technique standard, doivent construire une solution individuelle d'adaptation à leur handicap et se retrouvent ainsi en "surcharge" cognitive, bénéficient pleinement des conditions d'enrichissement de leur traitement cognitif et parviennent à égaler les performances des sujets valides en conditions standards.

Les sujets déficients cognitifs qui, dans les conditions standards d'apprentissage, ont des performances inférieures aux sujets valides, parviennent, lorsqu'ils sont soumis à l'enrichissement de leur traitement cognitif, à égaler les performances des sujets "non déficients" témoins.

Enfin, si les sujets plus jeunes (âgés de 8 à 11 ans), qui fonctionnent encore essentiellement sur un mode opératoire concret et procèdent plus par transduction et induction dans leurs constructions mentales, bénéficient significativement de ces conditions d'enrichissement de leur traitement cognitif, ils en bénéficient toutefois moins largement que les sujets plus âgés (âgés de 12 à 16 ans) qui fonctionnent déjà plus sur un mode préformel et formel et qui utilisent plus la déduction dans leur travail mental. Chez les premiers, la construction d'une représentation mentale s'effectuerait encore principalement par regroupement dans une même catégorie des multiples "exemples particuliers" rencontrés, alors que chez les seconds, cette construction dégagerait rapidement une sorte de "schéma abstrait" ne retenant que les éléments les plus pertinents de l'objet représenté. Notre technique d'enrichissement de l'activité cognitive par le document écrit d'informations verbales et imagées peut certes aider à l'analyse et à la mémorisation de chaque exemple particulier, mais elle tente surtout de proposer toutes les bases d'un tel "modèle abstrait". Elle serait ainsi d'autant plus efficace que les sujets fonctionnent déjà sur ce mode d'abstraction dans leur construction de représentations mentales.