

ANALYSE BIOMECANIQUE DU SAUT EN LONGUEUR SANS ELAN CHEZ DES
FILLES D'HABILETE MOTRICE DIFFERENTE

Thèse présentée

à

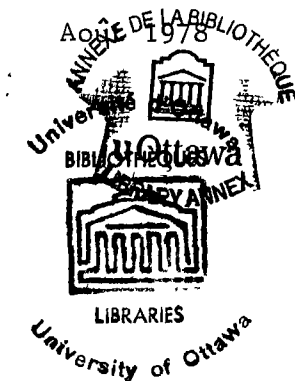
l'Ecole des Etudes Supérieures

Université d'Ottawa

En satisfaction partielle des
exigences requises pour l'obtention de la
Maîtrise ès sciences en kinanthropologie

Par

Diane Rodrigue



UMI Number: EC55552

INFORMATION TO USERS

The quality of this reproduction is dependent upon the quality of the copy submitted. Broken or indistinct print, colored or poor quality illustrations and photographs, print bleed-through, substandard margins, and improper alignment can adversely affect reproduction.

In the unlikely event that the author did not send a complete manuscript and there are missing pages, these will be noted. Also, if unauthorized copyright material had to be removed, a note will indicate the deletion.



UMI Microform EC55552
Copyright 2011 by ProQuest LLC
All rights reserved. This microform edition is protected against
unauthorized copying under Title 17, United States Code.

ProQuest LLC
789 East Eisenhower Parkway
P.O. Box 1346
Ann Arbor, MI 48106-1346

RESUME

Le but de cette étude consista à isoler les facteurs cinématiques qui influencèrent la longueur du saut et qui différencièrent les sauteurs habiles des sauteurs inhabiles. Cinquante-trois sujets de sexe féminin, âgés de 19 à 25 ans, furent sélectionnés sur une base volontaire pour participer à ce projet. Chacun des sujets fut classé à l'intérieur de l'un des trois groupes d'habileté motrice en fonction de la longueur du saut réalisée, c'est-à-dire à l'intérieur du groupe des sujets habiles, de celui des sujets neutres ou de celui des sujets inhabiles. Toutefois, seuls les individus faisant partie des groupes de sujets habiles et inhabiles furent retenus pour l'analyse.

Les sujets se présentèrent à une seule séance expérimentale. Pour chaque sujet, les articulations furent marquées et le poids et la grandeur enregistrés. Une période d'échauffement consistant en 4 à 5 sauts en longueur sans élan leur fut accordée. Suite à cette période d'échauffement, un essai du saut en longueur sans élan fut filmé du début de la phase préparatoire à la fin de la phase de réception. Si le sujet dépassait la ligne de saut à l'impulsion, tombait vers l'arrière à la réception ou perdait un diachylon durant l'exécution de son saut, un nouvel essai était filmé.

La longueur étalon, les coordonnées articulaires et la longueur du saut furent lues directement sur le film. Tous les autres facteurs étudiés furent obtenus à l'aide d'un programme de transformation ou d'analyse

numérique à partir des facteurs analysés. A l'aide de tests statistiques appropriés, les coefficients de corrélation et les analyses de variance et de régression furent déterminées.

Suite aux résultats obtenus, les conclusions suivantes purent être dégagées:

1. les déplacements et les vitesses angulaires maximales se rapportant aux articulations de l'épaule et du genou, la vitesse horizontale maximale du centre de masse et l'angle de réception différencièrent les deux groupes de sujets d'habileté motrice différente.
2. l'angle de réception, la vitesse horizontale maximale du centre de masse, la vitesse angulaire maximale du genou et l'extension maximale de l'épaule contribuèrent à prédire la longueur du saut.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie sincèrement son directeur de thèse, le docteur Micheline Gagnon, pour l'aide et les conseils prodigués tout au long de cette étude. Il remercie aussi les docteurs Dave Dainty, Roger Gauthier et Madeleine Rochette pour les conseils fournis lors de la préparation de ce travail. Il remercie spécialement le Département d'Education Physique de l'Université de Montréal qui a généreusement fourni l'équipement nécessaire à l'analyse et au traitement des données recueillies pour cette recherche.

TABLE DES MATIERES

	Page
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES TABLES.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
Chapitre	
I. INTRODUCTION.....	1
Situation du problème.....	2
Importance de l'étude.....	3
Hypothèses.....	4
Etendue de l'étude.....	4
Limitations de l'étude.....	4
Définition des termes.....	5
II. RECENSION DES ECRITS.....	7
Age.....	7
Entraînement.....	10
Habilité motrice.....	11
Sexe.....	13
Sommaire.....	14
III. PROCEDURES EXPERIMENTALES.....	16
Choix des sujets.....	16
Instrumentation.....	17

Appareils servant à calibrer la vitesse de la caméra	17
Matériel cinématographique	18
Equipement de la zone photographique	19
Etude pilote	19
Protocole expérimental	21
Analyse des données	22
Conversion des données	22
Analyse numérique	26
Analyses statistiques	30
IV. RESULTATS ET INTERPRETATION DES DONNEES	32
Comparaison des variables entre les deux groupes de sujets	32
Caractéristiques des sujets	32
Durée de la phase d'impulsion	33
Caractéristiques angulaires à l'impulsion et à la réception	35
Déplacement angulaire de l'épaule	36
Déplacement angulaire de la hanche	37
Déplacement angulaire du genou	39
Déplacement angulaire de la cheville	40
Relation temporelle des mouvements segmentaires.	41
Angle d'impulsion, angle de réception et angle de l'épaule à la réception	44

Vélocités angulaires à l'impulsion	47
Vélocité angulaires des articulations	47
Relation temporelle des vélocités angulaires segmen- taires	49
Déplacement linéaire à l'impulsion	52
Déplacement horizontal du centre de masse du corps	52
Déplacement vertical du centre de masse du corps	53
Vélocité linéaire à l'impulsion	55
Vélocité horizontale du centre de masse	55
Vélocité verticale du centre de masse	57
Relation temporelle de ces facteurs	57
Relation des variables étudiées avec la longueur du saut	59
Implications pratiques	63
V. RESUME ET CONCLUSION	65
Résumé des procédures expérimentales	65
Résultats	66
Conclusions	67
Recommandations	68
VI. BIBLIOGRAPHIE	69
VII. APPENDICES	71

LISTE DES TABLES

Table	Page
1 Coefficients de l'équation de polissage.....	28
2 Coefficients de l'équation de différentiation.....	28
3 Caractéristiques physiques des groupes de sujets habiles et inhabiles.....	34
4 Durée de la phase d'impulsion et déplacement angulaire de l'épaule.....	35
5 Facteurs représentant le déplacement angulaire de la hanche...	38
6 Facteurs représentant le déplacement angulaire du genou.....	40
7 Facteurs représentant le déplacement angulaire de la cheville.	42
8 Facteurs temporeux des déplacements angulaires.....	43
9 Angles d'impulsion et de réception et placement angulaire des bras à la réception.....	46
10 Vélocities angulaires maximales des différentes articulations..	49
11 Facteurs temporeux des velocities angulaires.....	51
12 Déplacements linéaires du centre de masse et facteurs tempo- raux de ceux-ci.....	54
13 Vélocities linéaires du centre de masse du corps et facteurs temporeux de celles-ci.....	56
14 Coefficients de corrélation entre la longueur du saut et les variables utilisées pour l'analyse de régression.....	61
15 Sommaire de l'analyse de régression.....	62
16 AAHPER Youth Fitness Test.....	72
17 Coefficients de corrélation de tous les facteurs étudiés avec la longueur du saut.....	74
18 Comparaison des distances réelles et prédites.....	78

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
1	Zone photographique.....	20
2	Représentation graphique du centre de masse de la jambe.....	24
3	Représentation graphique des angles pour les articulations de la hanche (A) et de l'épaule (B).....	25

CHAPITRE I

INTRODUCTION

L'homme possède un corps actionné par différents systèmes de leviers lui permettant de se mouvoir librement. Chacun de ses membres est divisé en segments ou leviers attachés deux à deux à une articulation. Chaque articulation représente un joint universel permettant la flexion, l'extension et la rotation des segments qui y sont attachés.

Depuis son apparition sur terre, l'homme marche, court, saute et lance. Il cherche sans cesse à améliorer ces gestes pour augmenter l'efficacité de son travail ou ses chances de victoires dans les compétitions sportives. Ainsi il se tourne vers les sciences, entre autres la physique mécanique, pour dégager les principes qui lui permettent de mieux connaître le geste et par là de mieux l'exécuter.

Dans le domaine sportif, l'homme exécute plusieurs types de sauts qu'il tente sans cesse de perfectionner. Tous ces sauts peuvent être classifiés selon la complexité de leur exécution. Le saut en longueur sans élan est un type de saut présentant un mode d'exécution relativement simple. Le patron d'exécution de ce geste se retrouve chez un grand nombre de sauts à formes plus complexes. En étudiant les paramètres biomécaniques du saut

en longueur sans élan, l'homme augmente ses connaissances sur la mécanique de ce mouvement et peut utiliser par la suite ces connaissances acquises pour faciliter sa compréhension d'autres types de sauts. Les phases comprises dans ce geste sportif incluent l'impulsion, l'envol et la réception.

A l'aide de groupes différents variant au niveau de l'âge, du sexe ou de l'habileté motrice, les chercheurs ont étudié les facteurs cinématiques et cinétiques du saut en longueur sans élan pour une ou plusieurs phases de son exécution. Ils tentèrent d'isoler les paramètres biomécaniques distinguant les groupes de sujets étudiés en fonction des variables indépendantes constituées par l'âge, le sexe ou l'habileté motrice.

Les investigations qui ont été conduites relativement à l'influence de l'habileté motrice sur la mécanique du saut en longueur sans élan sont de nature descriptive. On peut difficilement se baser sur ces études pour établir des points de différenciation entre des sujets d'habileté motrice différente au saut en longueur sans élan. En effet, la plupart des auteurs n'ayant pas effectué leurs analyses à l'aide de tests statistiques de nature inférentielle, il est impossible de vérifier présentement si les résultats sont significatifs. Dans la présente étude, l'auteur tentera d'isoler les facteurs biomécaniques qui, dans ce mouvement, distinguent des groupes de sujets d'habileté motrice différente.

Situation du problème

Le but de cette étude consista à isoler les facteurs cinématiques

qui influencent la longueur du saut et qui différencient les sauteurs habiles des sauteurs moins habiles. Cinquante-trois filles âgées de 19 à 25 ans participèrent sur une base volontaire à la phase expérimentale de ce projet. Les paramètres biomécaniques choisis furent étudiés à l'aide de techniques cinématographiques durant la phase d'impulsion et à la première séquence de la phase de réception.

Importance de l'étude

Il est essentiel de connaître les points techniques d'un geste sur lesquels doit se concentrer un apprenti si l'on veut qu'il progresse. La connaissance de ces points techniques permettra à l'entraîneur et à l'éducateur physique de mieux orienter les procédés éducatifs et les méthodes d'entraînement pour l'activité sportive. Le saut en longueur sans élan est considéré comme l'un des sauts fondamentaux. De là l'importance des recherches dans ce domaine.

Les informations concernant la direction du développement des facteurs biomécaniques associés à une meilleure performance de l'activité physique peuvent être obtenues soit par l'analyse de ces facteurs pendant le processus d'apprentissage ou d'entraînement ou encore par l'analyse comparative des groupes de sujets d'habileté motrice différente soumis aux mêmes traitements expérimentaux. Ce type d'investigation demeure inusité pour l'analyse du saut en longueur sans élan. Une telle approche pourrait possiblement permettre d'améliorer la qualité de l'enseignement et de

l'entraînement et d'accroître ainsi chez les jeunes leurs qualités motrices d'exécution. Il est aussi possible qu'un transfert s'établisse et facilite l'apprentissage pour des sauts à formes plus complexes.

Hypothèses

Les hypothèses suivantes ont été vérifiées lors de cette étude:

- 1- il existe une différence significative au niveau des facteurs cinématiques entre les deux groupes de sujets féminins d'habileté motrice différente en saut en longueur sans élan.
- 2- la contribution relative de chacun des facteurs cinématiques à la longueur du saut sera différente.

Etendue de l'étude

La phase expérimentale de cette étude eut lieu du 21 au 26 mars 1977 à l'intérieur des locaux de l'Université d'Ottawa. Cinquante-trois sujets de sexe féminin, âgés de 19 à 25 ans, participèrent volontairement à la phase expérimentale de cette étude. Chaque sujet prit part à une seule séance expérimentale où il exécuta un seul saut, lequel fut filmé du début de la phase préparatoire à la fin de la phase de réception.

Limitations de l'étude

Toutes les jeunes filles qui participèrent à la phase expérimentale de ce projet le firent sur une base volontaire. Elles étaient étudiantes à l'Ecole de l'Activité Physique et du Loisir de l'Université d'Ottawa. Les inférences quant aux résultats de cette étude demeurent donc limitées. Etant donné que chaque sujet ne fut filmé qu'une seule fois, il est probable

que lors de cet essai il ait réalisé une performance au-dessous de ces capacités réelles. De plus la phase d'envol et les séquences postérieures à la première séquence de la réception ne furent pas étudiées. Les données des vitesses linéaires et angulaires furent estimées à partir des données de déplacements linéaires et angulaires à l'aide d'une méthode d'analyse numérique. Il existe donc un certain pourcentage d'erreur entre ces estimés de vitesse et leurs valeurs réelles.

Définition des termes

Les termes ci-dessous furent définis pour faciliter la compréhension de cette étude.

L'angle de la cheville est l'angle aigu inclus entre la ligne imaginaire joignant l'articulation du genou à la malléole externe et la ligne joignant la malléole externe à l'arche externe du pied.

L'angle de l'épaule est l'angle inclus entre la verticale et la ligne joignant la cavité gléno-humérale au condyle huméral. Cet angle est calculé à partir du segment bras et de l'axe vertical positif en suivant le déplacement antihoraire des bras lors de la phase d'impulsion.

L'angle du genou est l'angle aigu inclus entre la ligne imaginaire joignant l'articulation de la hanche au condyle externe fémoral et la ligne joignant le condyle externe fémoral à la malléole externe.

L'angle de la hanche est l'angle aigu inclus entre la ligne

imaginaire joignant la cavité gléno-humérale à la tête fémorale et la ligne joignant la tête fémorale au condyle externe.

L'angle d'impulsion est l'angle aigu inclus entre l'horizontale et la ligne joignant le centre de masse du sujet et l'articulation de la cheville.

L'angle de réception est l'angle aigu inclus entre l'horizontale et la ligne joignant le centre de masse du sujet et l'articulation de la cheville.

L'habileté motrice en saut en longueur sans élan est associée à la performance établie dans la longueur du saut.

L'occurrence est une fraction de la durée totale de la phase d'impulsion où se manifeste le geste ou le facteur étudié.

La performance est caractérisée par la longueur du saut réalisé.

La phase d'impulsion est la période de temps mesurée depuis la flexion maximale des bras jusqu'à l'instant où les pieds quittent le sol.

La phase préparatoire est la période de temps mesurée depuis le début du mouvement jusqu'au moment où les bras atteignent leur flexion maximale vers l'arrière.

CHAPITRE II

RECENSION DES ECRITS

Les études entreprises relativement au saut en longueur sans élan permirent aux chercheurs d'augmenter leurs connaissances dans cette discipline. Dans ce chapitre, ces études sont classifiées suivant l'âge, le degré d'entraînement, l'habileté motrice et le sexe de l'individu. Dans cette étude, les vitesses angulaires et linéaires représentent les vitesses angulaires et linéaires maximales.

Le saut en longueur sans élan est régulièrement enseigné chez les enfants comme geste de formation. Ce saut fait aussi partie de tests qui servent à mesurer la puissance musculaire.

Clayton (1936) se servit de techniques cinématographiques pour étudier la phase d'envol du saut en longueur sans élan chez 669 enfants âgés de 6 à 12 ans. Au moment de l'expérience les sujets portaient une tenue de ville. Les enfants furent répartis, selon des critères d'âges, en six groupes inégaux. Une différence d'une année existait pour l'âge moyen entre les groupes successifs. Elle compara pendant la phase d'envol du saut, les déplacements angulaires de la hanche, du genou et de la cheville pour les six groupes de sujets. Elle conclut que les enfants de 12 ans réalisaient de meilleures performances et démontraient un meilleur placement

des segments corporels durant la phase d'envol. Les conclusions apportées par l'auteur quant au déplacement des segments lors de la phase d'envol sont incomplètes puisqu'elle n'a pas étudié tous les facteurs biomécaniques se rapportant à cette partie du saut et que les facteurs étudiés ne furent pas statistiquement analysés.

Halverson (1958) étudia, à l'aide de la cinématographie, quatre groupes de sujets d'âge moyen de 5 ans et 5.5 ans. Les deux premiers et les deux derniers groupes de sujets se composaient de huit enfants de sexe différent mais d'habileté motrice et d'âge semblables. Quatre garçons et quatre filles furent placés à l'intérieur de chaque groupe. Les groupes de sujets de même habileté motrice et d'âge différent furent comparés entre eux. L'habileté motrice fut basée sur la performance réalisée au saut en longueur sans élan. L'auteur ne trouva aucune différence significative entre les deux paires de groupes de sujets comparés quant aux déplacements et vitesses angulaires de l'épaule, de la hanche, du genou et de la cheville et quant à la vitesse linéaire du centre de masse à la fin de la phase d'impulsion. Ces faits peuvent partiellement être expliqués par la similitude de l'âge entre les groupes de sujets de même habileté motrice qui ont été comparés. Il faut de plus souligner que les facteurs sexe et habileté motrice purent influencer les résultats obtenus quant à l'âge.

Eckert (1964) utilisa des films pour étudier la phase d'impulsion du saut en longueur sans élan chez 10 enfants. Ces enfants furent répartis

en trois groupes inégaux dont l'âge moyen était de 7,10 et 12 ans. Elle ne fit aucun test pour s'assurer que tous les sujets choisis possédaient le même degré d'habileté motrice à l'intérieur de leur groupe d'âge respectif. Elle ne trouva aucune différence significative entre les trois groupes de sujets au niveau des vitesses et des accélérations angulaires maximales pour l'articulation de l'épaule et pour celles du membre inférieur. Par contre la vitesse horizontale du centre de masse à la phase terminale de l'impulsion augmenta significativement avec la maturité des sujets. Les résultats rapportés dans cette étude ont pu être influencés par un niveau d'habileté motrice différent entre les sujets des trois groupes.

Roy (1971) employa une plate-forme de force et la cinématographie pour étudier la phase propulsive du saut en longueur sans élan chez des garçons répartis en quatre groupes selon leur âge, soient ceux de 7, 10, 13 et 16 ans. Les sujets furent sélectionnés en fonction de leur performance au saut en longueur sans élan. La longueur du saut effectué par chaque sujet fut comparée aux standards nationaux américains établis dans cette discipline pour leur âge respectif. Les enfants ayant réalisé une performance correspondant au 30^e percentile de ces standards furent choisis comme sujets d'expérience. Il arriva aux mêmes conclusions que celles énoncées précédemment par Eckert (1964) quant aux vitesses et accélérations angulaires maximales des articulations précitées et quant à la vitesse horizontale terminale du centre de masse. Il révéla que le patron d'occurrence des vitesses et accélérations angulaires étaient similaires pour les quatre groupes de sujets.

Entraînement

Dans tous les domaines où l'homme emploie son potentiel intellectuel ou physique, il obtient un meilleur rendement en exerçant ses facultés au maximum. Le problème se posant continuellement consiste à déterminer jusqu'à quel point l'entraînement peut influencer les facteurs qui contribuent à sa réussite dans le domaine où il oeuvre.

Halverson (1958) demeure le seul auteur ayant étudié l'influence de l'entraînement sur la performance au saut en longueur sans élan. Elle utilisa 32 sujets répartis en deux groupes égaux en fonction de la performance qu'ils réalisèrent dans cette discipline. Chacun des groupes fut composé de 8 filles et de 8 garçons. Seize sujets dont 4 sujets féminins et 4 sujets masculins pour chacun des groupes reçurent un entraînement dirigé tandis que les 16 autres s'entraînèrent librement. Tous les sujets furent exposés à cinq périodes d'apprentissage à raison de quatre sauts par séance, pour un total de 20 sauts.

L'auteur ne trouva aucune différence significative entre les deux groupes de sujets au niveau de la longueur du saut, de la vélocité linéaire du centre de masse, de l'angle d'inclinaison du tronc au moment de l'impulsion ainsi qu'au niveau de l'amplitude segmentaire des membres inférieurs et supérieurs durant l'impulsion. Avant l'entraînement expérimental, il y avait une différence significative entre les deux groupes d'enfants au niveau de la longueur du saut, de l'angle d'impulsion et de la vélocité linéaire du centre

de masse à l'impulsion. Ceci semble indiquer que les personnes de faible habileté motrice progressent plus rapidement que les personnes plus habiles lorsqu'elles participent au même entraînement.

Habileté motrice

La performance athlétique relève du niveau d'habileté motrice de l'individu. La performance d'utilisation sera elle-même influencée par le mode d'utilisation des segments dans l'exécution d'un geste.

Felton (1960) enregistra sur films toutes les phases du saut en longueur sans élan chez 10 femmes universitaires. Trois cent quatre-vingt-six femmes se présentèrent aux tests de sélection mais seules les cinq femmes ayant réalisé les meilleures performances et les cinq femmes ayant réalisé les moins bonnes performances furent retenues comme sujets d'expérience. L'auteur constata que les sujets de plus grande habileté motrice développaient une plus grande extension segmentaire de l'épaule, de la hanche, du genou et de la cheville au moment de l'impulsion comparativement aux sujets de faible habileté motrice. Elle rapporta que les amplitudes segmentaires de la hanche et de l'épaule étaient plus grandes chez les sujets habiles et que la position de leur centre de masse était plus élevée au moment de l'impulsion. Elle nota aussi l'existence d'une relation négative entre l'angle d'impulsion et la longueur du saut. Une plus grande vitesse linéaire du centre de masse du corps à l'impulsion et une plus grande vitesse angulaire des articulations précitées pendant l'impulsion étaient remarquées chez les sujets habiles.

Halverson (1958) rapporta aussi ces observations quant à l'angle d'impulsion, à la vitesse linéaire du centre de masse à l'impulsion et quant aux vitesses angulaires segmentaires durant l'impulsion. Elle remarqua de plus une diminution du temps de la phase d'impulsion chez les sujets habiles.

Zimmerman (1956) filma le saut entier de 20 sujets de sexe féminin divisés en deux groupes selon leur habileté motrice au saut en longueur sans élan. Les patrons d'exécution du saut furent similaires pour les deux groupes de sujets. Les sujets habiles réalisèrent une plus grande flexion au niveau des articulations de la hanche et de la cheville pendant l'impulsion et une plus grande extension au niveau des articulations du genou et de la cheville au moment du dernier contact avec le sol lors de la phase d'impulsion. Ces mêmes sujets purent aussi réaliser une plus grande amplitude dans l'exécution du mouvement segmentaire du bras. En effet, les bras furent portés plus loin vers l'arrière au début du saut et plus haut vers l'avant à la fin de la phase d'impulsion. Les bras passèrent aussi à la verticale au moment coïncidant avec la flexion maximale des genoux. La réalisation de plus grandes amplitudes et vitesses angulaires segmentaires fut observée chez les sujets de plus grande habileté motrice. Les mêmes résultats quant aux vitesses angulaires segmentaires furent rapportés par Felton (1960).

Sexe

Il semble exister des différences marquées au niveau de la longueur du saut et au niveau de la réalisation de certains facteurs cinématiques et cinétiques entre les personnes de sexe différent. Cependant, ces différences ne sont pas clairement établies et les résultats des études entreprises jusqu'à présent sont quelquefois contradictoires.

Halverson (1958) répartit les 32 sujets de son étude selon leur sexe, indépendamment de leur âge ou de leur habileté motrice, en deux groupes égaux. Elle rapporta que les garçons réalisaient de meilleures performances que les filles relativement à la longueur du saut. De plus les sujets masculins possédaient une plus grande amplitude segmentaire au niveau de la hanche et du genou. Les vitesses angulaires maximales de l'épaule, de la hanche, du genou et de la cheville ainsi que les vitesses linéaires du centre de masse furent semblables pour les deux groupes de sujets.

Eckert (1968) compara au moyen de techniques cinématographiques une population de joueurs et de joueuses de basket-ball, de niveau universitaire. Les sujets mâles développèrent une plus grande amplitude segmentaire du genou et de la cheville et de plus grandes vitesses et accélérations angulaires maximales pour la hanche, le genou et la cheville durant la phase d'impulsion du saut en longueur sans élan.

Suite à la contradiction des résultats exposés par ces auteurs, rien ne peut être conclu avec certitude quant à l'amplitude segmentaire

de la hanche et de la cheville et quant à la vélocité et à l'accélération maximale de la hanche, du genou et de la cheville. On peut expliquer cette discordance dans ces résultats par le fait que ces chercheurs ont utilisé des populations différentes de sujets. Eckert (1968) établit ses conclusions à partir d'une population d'adultes et d'autre part, Halverson (1958) obtint ses résultats en comparant des enfants de jeune âge.

Sommaire

La revue de la littérature reliée au saut en longueur sans élan révéla que certaines caractéristiques dans la réalisation de ce geste sont reliées à l'âge, au sexe, au degré d'entraînement et à l'habileté motrice des participants. La maturité individuelle ne modifie pas la forme d'exécution du saut. Le seul élément de différenciation quant à l'âge est observé au niveau de la vélocité horizontale du centre de masse des sauteurs.

L'exécution du saut est partiellement dépendante du facteur sexe. Les sujets masculins réalisent de meilleures performances. De plus, ils démontrent une plus grande amplitude de l'articulation du genou. On trouve par contre une discordance dans les résultats se rapportants aux autres facteurs biomécaniques étudiés.

Une seule étude se rapporte aux effets de l'entraînement sur la performance du saut. Les résultats de cette étude ne font pas apparaître de différences quant à la forme d'entraînement de type dirigé et celle de type non dirigé.

Cependant, l'exécution du saut semble nettement influencée par le niveau d'habileté motrice du sujet. Les sauteurs plus habiles déplacent leur centre de masse avec une plus grande vitesse horizontale au moment de l'impulsion. De plus, ils se caractérisent par la réalisation d'une plus grande amplitude et vitesse au niveau de certaines articulations telles que la hanche, le genou et l'épaule. On remarque cependant que l'amélioration dans la réalisation du geste croît plus rapidement chez les individus pour lesquels le niveau initial d'habileté motrice est inférieur. Cependant on peut conclure que, indépendamment du niveau d'habileté des sujets, il existe une relation négative entre l'angle d'impulsion et la longueur du saut et une relation positive entre l'amplitude segmentaire de l'épaule et la longueur du saut réalisé.

CHAPITRE III

PROCEDURES EXPERIMENTALES

Ce chapitre traitant des procédures expérimentales est divisé en cinq sections incluant le choix des sujets, l'instrumentation, l'étude pilote, le protocole expérimental et les analyses des données.

Choix des sujets

Dans cette étude, il était important de réduire l'influence de la maturation, du sexe et de l'âge sur l'exécution du saut en longueur sans élan. Par conséquent seules les personnes de sexe féminin âgées de 19 à 25 ans furent retenues pour l'expérience. Ces jeunes filles qui faisaient partie de l'Ecole de l'Activité Physique et du Loisir de l'Université d'Ottawa participèrent à l'expérience sur une base volontaire.

Les personnes atteintes d'incapacité physique partielle ou totale ne purent être choisies comme sujets d'expérience. Chaque sujet fut filmé et classifié dans l'un des trois groupes d'habileté motrice en fonction de la distance réalisée dans cette discipline. L'auteur utilisa le AAHPER Youth Fitness Test (1971) pour répartir les sujets à l'intérieur des groupes d'habileté motrice. Ce test de sélection est basé sur les données de la longueur du saut recueillies pour toute la population étudiante universitaire

américaine. Ces données classifiées en percentiles servirent au développement d'une charte permettant d'évaluer la performance d'un individu en fonction d'une population normale. Dans la présente expérience les 19 jeunes filles qui réalisèrent des performances égales ou supérieures à 1.8 mètres (82.5^e percentile et plus) furent classées dans le groupe des personnes habiles. Les 20 jeunes filles dont les performances ne dépassèrent pas 1.65 mètres (55^e percentile et moins) firent partie du groupe des personnes inhabiles. Enfin les 13 sujets dont les performances furent comprises entre 1.65 et 1.8 mètres furent classifiés dans le groupe des personnes neutres.

Instrumentation

L'équipement utilisé dans cette expérience comprit deux appareils permettant de calibrer la vitesse de la caméra, le matériel cinématographique et l'équipement composant la zone photographique. Tout l'équipement utilisé, est manufacturé et accessible au public.

Appareils servant à calibrer la vitesse de la caméra. Un Milli-Mite Timing Light Generator, modèle TLG-3, fut employé pour calibrer la vitesse de la caméra. Cet appareil fut directement relié à la caméra et fut activé par l'expérimentateur avant qu'elle ne soit mise en action. Les fréquences d'opération de cet appareil sont de 10,100 et 1000 cycles par seconde et sa précision de 99.995 pourcent. Une fréquence de 100 cycles par seconde fut retenue de sorte que 100 traits noirs pouvaient être observés sur un des côtés du film à chaque seconde. La vitesse de la caméra fut aussi calibrée

à l'aide d'un dispositif électronique situé à l'intérieur de la caméra, lequel fonctionnant à une fréquence de 100 cycles par seconde fut déclenché en même temps que la caméra. Ainsi 100 traits noirs par seconde furent imprimés sur l'autre côté du film.

Matériel cinématographique. Toutes les séquences filmées furent prises en laboratoire. Une caméra Locam 16 mm, modèle 51-002, fut placée perpendiculairement au plan de la zone photographiée, à la distance médiane de la longueur de cette zone. La hauteur entre la lentille et le sol fut réglée à 1.13 mètres. Un téléobjectif de type Angénieux Paris Zoom fut ajusté à la caméra. Ce téléobjectif possède une longueur focale variable de 16 à 130 mm ainsi qu'une lentille $f/2.8$ de type 10X12A. Pour la présente expérience, la longueur focale fut réglée à 30 mm et l'ouverture de la lentille varia entre $f/3.5$ et $f/5.6$ selon le degré de luminosité obtenu pour les différentes périodes expérimentales. La caméra fut réglée pour opérer à une vitesse de 80 images par seconde.. Des films Tri-X Reversal 7278 à double perforation furent utilisés comme pellicules photographiques.

La batterie de la caméra fut défectueuse dès le premier jour de l'expérimentation. Suite à ces difficultés, il fut impossible d'atteindre la vitesse de tournage de 80 images par seconde. Les vitesses de la caméra varièrent de 40 à 90 images par seconde au cours des sessions expérimentales. Cependant la vitesse de la caméra était constante à l'intérieur d'un même essai. Pour vérifier cette vitesse, quatre lectures furent prises à

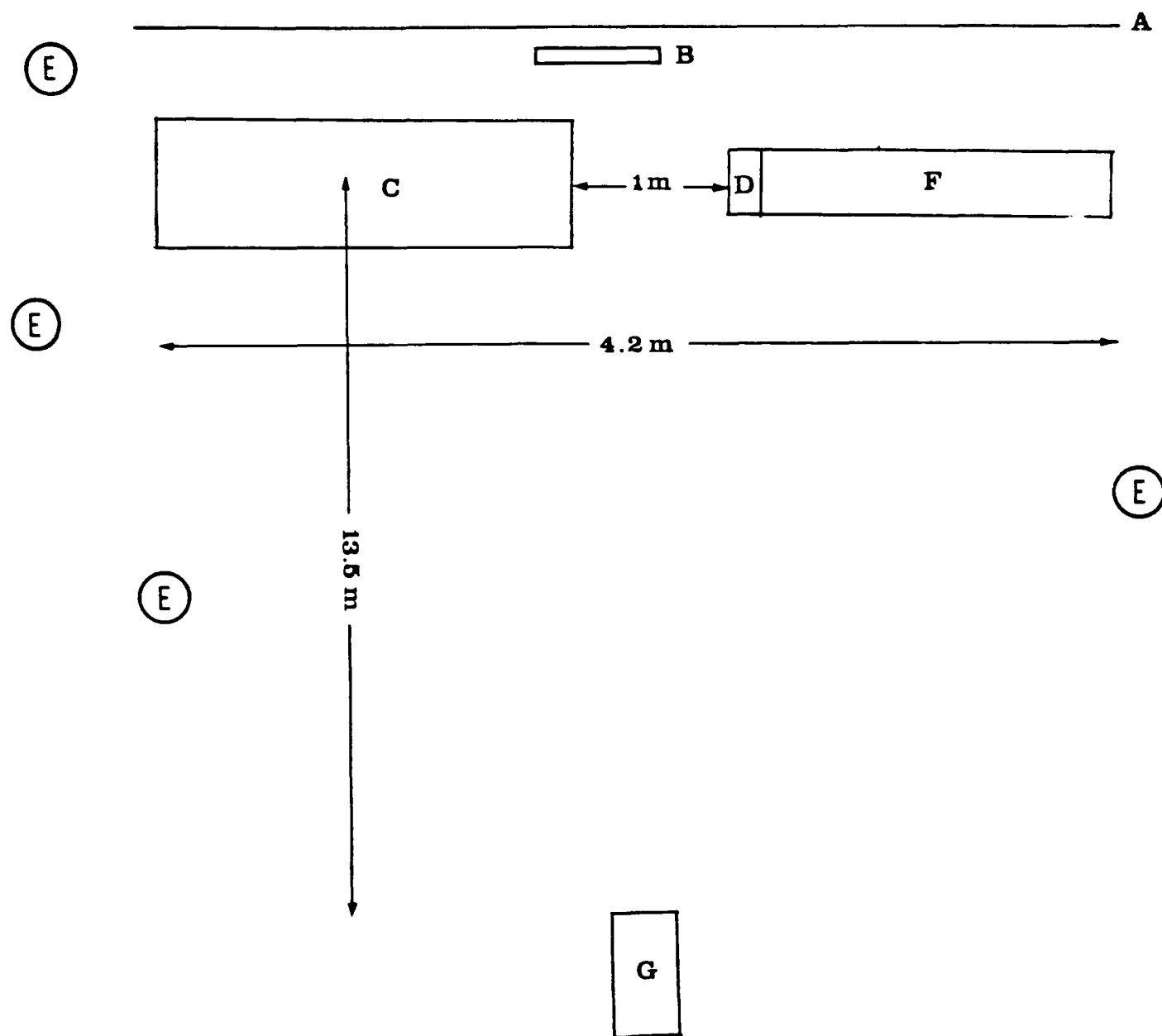
l'intérieur de chaque saut enregistré. Un seul sujet dut être rejeté lors de la vérification de la vitesse de la caméra à cause d'une variation de cette vitesse à l'intérieur de l'essai filmé.

Un Vanguard Motion Analyzer, modèle C, fut utilisé pour collecter les données à partir des films. Cet appareil est muni d'un contrôle permettant d'avancer ou de reculer le film d'une ou de plusieurs séquences à la fois, d'un compteur de séquences, d'un écran lumineux, d'un système permettant de mesurer les angles et d'un système de coordonnées cartésiennes mobiles avec une précision établie au 1/1000 de pouce.

Equipement de la zone photographique. La zone photographiée, d'une longueur de 4.2 mètres, comprenait une aire d'impulsion recouverte d'un matériel antidérapant, une ligne de saut de 10 centimètres et une fosse de réception constituée d'un matelas fixé au sol (Figure 1). Une mesure étalon d'un mètre de longueur, placée dans le plan de la zone photographiée, permit la conversion des distances projetées sur le film en distances réelles. Des cartes indiquant le numéro du sujet furent installées derrière le plan de la zone de saut. Chaque articulation du corps humain fut marquée à l'aide de diachylons circulaires blancs sur fond noir de 2.5 centimètres de diamètre. L'aire de saut fut éclairée par quatre lampes placées sur un arc de cercle de 120 degrés.

Etude pilote

Pour identifier et contrôler les problèmes expérimentaux, il



A Ecran et ligne de plomb
 B Cartes d'identification
 C Fosse de réception
 D Ligne de saut

E Lampes
 F Aire de saut
 G Caméra

Figure 1. Zone photographique

était nécessaire de conduire une étude pilote. Cette étude permit d'effectuer les ajustements quant au protocole expérimental et les ajustements quant à la détermination de la position de la caméra et de sa vitesse et quant à l'éclairage requis pour la zone photographiée. Un saut fut analysé à deux reprises la même journée avec le Vanguard Motion Analyzer pour vérifier la fidélité des lectures effectuées. Le coefficient de fidélité des lectures fut établi à .99. Tous les programmes de conversion et de transformation des données lues directement sur le film furent aussi élaborés et mis au point.

Protocole expérimental

Les sujets furent filmés à l'Université d'Ottawa dans la période du 21 au 26 mars 1977. La collecte des données pour chaque sujet fut limitée à un seul essai. Durant cette séance le sujet était vêtu d'un costume de bain et portait des souliers de course. Au début de la séance expérimentale des diachylons circulaires blancs sur fond noir furent placés sur chaque articulation du côté exposé à la caméra, suivant les procédures recommandées par Dempster (1955). Des diachylons furent aussi placés autour des articulations des membres supérieurs puisque des rotations étaient observées pendant le mouvement au niveau de ces membres. Le sujet fut pesé au 1/10 de livre et mesuré au 1/4 de pouce le plus près. Comme échauffement le sujet exécuta quatre ou cinq sauts en longueur sans élan.

Tous les sauts furent filmés du début de la phase préparatoire à

la fin de la phase de réception. Pour la prise des films, le sujet se plaçait les pieds joints derrière la ligne de saut et, lorsqu'il était prêt à sauter, il avertissait l'expérimentateur qui mettait la caméra en marche et lui donnait par la suite l'ordre de sauter. La caméra était activée avant le début du saut afin qu'elle eût atteint la vitesse de tournage préétablie au moment où le sujet commençait le mouvement. Si, lors de l'essai réglementaire, le sujet perdait un diachylon, tombait vers l'arrière à la réception ou dépassait la ligne de saut à l'impulsion, un nouvel essai était filmé.

Analyse des données

Les analyses des données comprennent la conversion des données, l'analyse numérique et les analyses statistiques. Ces parties sont décrites dans la présente section de ce chapitre.

Conversion des données. Les facteurs cinématiques analysés dans la présente étude furent les suivantes: (1) les angles de flexion et d'extension maximales des articulations de l'épaule, du coude, de la hanche et de la cheville, (2) l'amplitude maximale de ces articulations, (3) leurs vitesses angulaires maximales, (4) l'occurrence de leurs vitesses angulaires maximales, (5) l'occurrence de leur flexion et de leur extension maximales, (6) la durée totale de la phase d'impulsion, (7) les vitesses horizontales et verticales maximales du centre de masse, (8) l'occurrence de ces vitesses maximales, (9) les angles d'impulsion et de réception et (10) la position angulaire des bras à la réception.

Les films furent analysés à l'aide d'un Vanguard Motion Analyzer à toutes les deux séquences durant la phase d'impulsion et à la première séquence de la réception. Les positions des centres articulaires, la longueur du saut et la longueur de la mesure étalon furent obtenues directement à partir des films.

L'auteur construisit un programme à partir des données articulaires afin d'obtenir la position des centres de masse segmentaire, les angles de flexion et d'extension de la cheville, du genou, de la hanche et de l'épaule, et l'amplitude du mouvement segmentaire de ces articulations. La longueur du saut fut aussi obtenue à l'aide de ce programme. La position des centres de masse segmentaire, les angles et les amplitudes articulaires furent calculés en tenant compte de la position respective de chaque segment au cours du mouvement exécuté. Toutes les positions des centres de masse segmentaire furent calculées, en accord avec Dempster (1955) et Dillman (1971), suivant le modèle général de la Figure 2. L'équation représentant la position horizontale et verticale du centre de masse segmentaire de la jambe s'exprime comme suit:

$$\begin{aligned}\bar{X}_j &= (X_g - ((X_g - X_c) * .433)) \\ \bar{Y}_j &= (Y_g - ((Y_g - Y_c) * .433))\end{aligned}$$

Les angles de flexion et d'extension pour le membre inférieur furent obtenus à partir d'un modèle semblable à celui de la Figure 3A. L'un des angles au niveau de l'articulation de la hanche fut calculé par l'équation suivante:

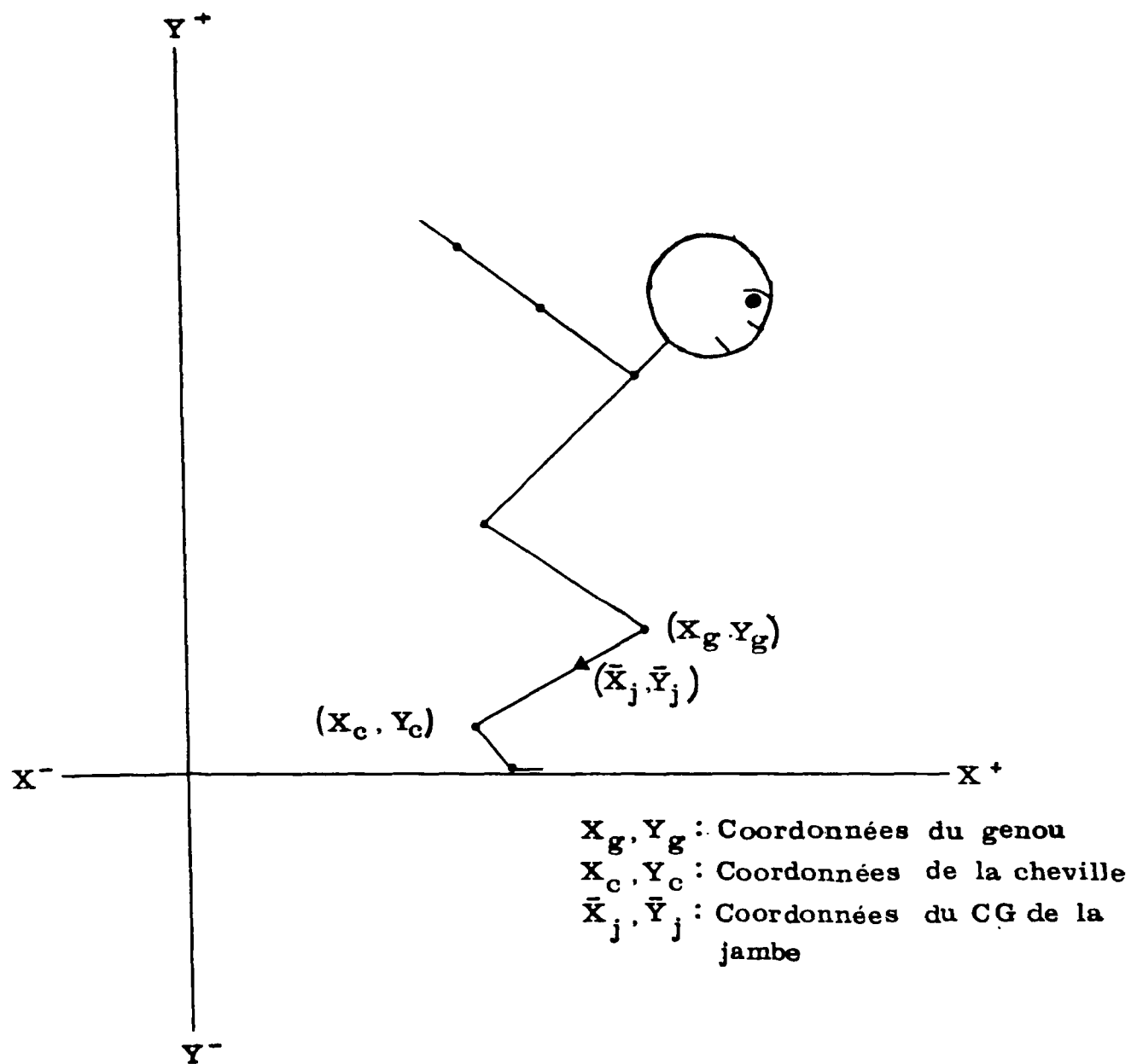


Figure 2. Représentation graphique du centre de masse de la jambe

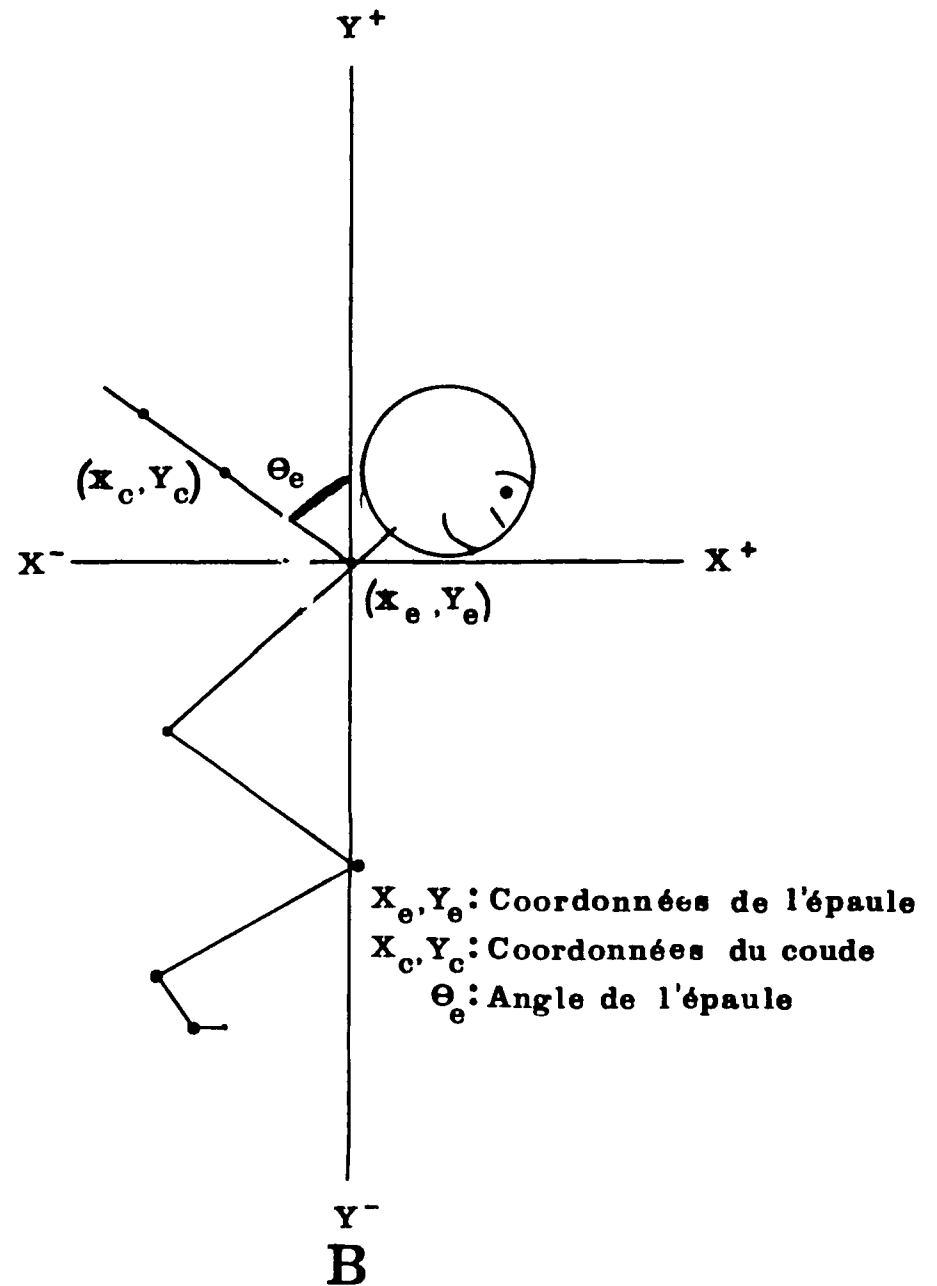
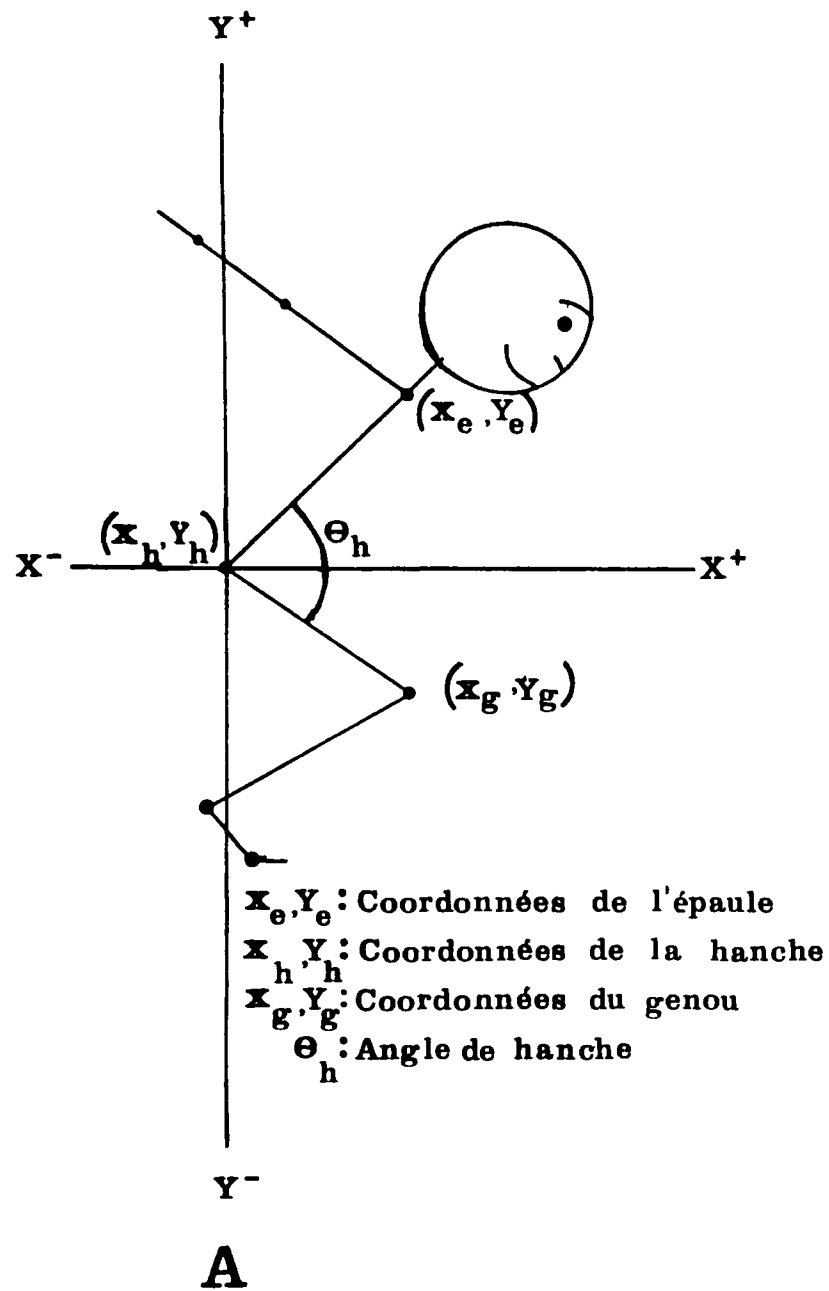


Figure 3. Représentation graphique des angles pour les articulations de la hanche (A) et de l'épaule (B)

$$\theta_h = - \tan^{-1} ((Y_g - Y_h) / (X_g - X_h)) + \tan^{-1} ((Y_e - Y_h) / (X_e - X_h))$$

Les angles du genou et de la cheville furent calculés de façon similaire. Le modèle représenté à la Figure 3B fut appliqué au calcul spécifique de l'angle de l'épaule. Un des calculs fut obtenu par l'équation suivante:

$$\theta_e = - \tan^{-1} ((X_c - X_e) / (Y_c - Y_e))$$

Les amplitudes des mouvements segmentaires furent obtenues en soustrayant l'angle de flexion maximale de l'angle d'extension maximale pour chacune des articulations précitées.

A partir des données relatives à la position des centres de masse segmentaire l'auteur utilisa un programme lui permettant de calculer la position du centre de masse du corps. Ce programme fut créé à l'Université Purdue et est rapporté par Roy (1971). De légères modifications furent apportées à ce programme dans la présente étude afin qu'il puisse être utilisé avec un nombre variable de sujets.

Analyse numérique. Gagnon et Rodrigue (1977) ont comparé des techniques spécifiques d'analyse numérique pour le calcul des vitesses et des accélérations horizontales du centre de masse à partir de données cinématographiques représentant les déplacements linéaires du centre de masse. Les estimés des accélérations furent validés avec les mesures d'accélérations déterminées à partir des courbes de forces enregistrées simultanément avec les données cinématographiques. Les estimés des vitesses furent

validés avec les données de vitesse obtenues à partir de l'intégration de ces courbes de forces.

Les techniques investiguées comprenaient l'application d'équations polynomiales de 4^e, 5^e et 6^e degré, à toutes les données de déplacement et l'application d'équations polynomiales de 2^e et 3^e degré, "movable strip", à quelques points à la fois d'une série de données (Hershey 1967). La méthode du "movable strip" reproduisit plus fidèlement les caractéristiques des courbes des vitesses et des accélérations horizontales. Un plus faible pourcentage d'erreur fut aussi enregistré avec cette technique.

Cette technique fut donc retenue pour le polissage des données de déplacements angulaires et linéaires et pour le calcul des estimés des vitesses angulaires et linéaires pour chacune des séquences analysées. Dans cette étude le polissage des données de déplacements angulaires et linéaires fut effectué à l'aide d'une équation du 3^e degré passant par sept points. A partir des données de déplacements polies une fois, les estimés des données des vitesses furent calculés à l'aide d'une équation du 2^e degré passant par cinq points. Les coefficients des équations de polissage et de différenciation sont inscrits aux Tables 1 et 2.

On peut prendre l'exemple d'une série de 10 données $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9$ et X_{10} représentant les déplacements du centre de

Table 1. Coefficients de l'équation de polissage

Position	D ^a	C ₋₃	C ₋₂	C ₋₁	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃
-3	42	39	8	-4	-4	1	4	-2
-2	42	8	19	16	6	-4	-7	4
-1	42	-4	16	19	12	2	-4	1
0	21	-2	3	6	7	6	3	-2
1	42	1	-4	2	12	19	16	-4
2	42	4	-7	-4	6	16	19	8
3	42	-2	4	1	-4	-4	8	39

^aD représente une constante

Table 2. Coefficients de l'équation de différentiation

Position	D ^a	-C ₋₂	-C ₋₁	C ₀	C ₁	C ₂
-2	70	-54	13	40	27	-26
-1	70	-34	3	20	17	-6
0	10	-2	-1	0	1	2
1	70	6	-17	-20	-3	34
2	70	26	-27	-40	-13	54

^aD représente une constante

masse. Pour polir la donnée de déplacement X_1 , on utilisera les coefficients figurant à la position -3. Le coefficient 39 sera attribué à la valeur X_1 , le coefficient 8 à la valeur X_2 et ainsi de suite jusqu'à la valeur X_7 . Le même procédé sera utilisé pour les données X_2 et X_3 en prenant respectivement les coefficients des données en position -2 et -1. Le calcul du polissage du déplacement X_{10} sera effectué par l'application du coefficient 39 à la valeur X_{10} , du coefficient 8 à la donnée X_9 et ainsi de suite jusqu'à la valeur X_4 . Pour le calcul des polissages des déplacements représentés par X_4 , X_5 , X_6 et X_7 , les coefficients de la position 0 seront appliqués. Le coefficient C_0 sera affecté à la valeur que l'on voudra polir, les coefficients négatifs seront appliqués aux valeurs qui la précèdent et les coefficients positifs aux valeurs qui la suivent. L'équation générale représentant le polissage des valeurs du déplacement s'exprime comme suit:

$$Y_i = (1/D) ((C_{-3} * X_{i-3}) + (C_{-2} * X_{i-2}) + (C_{-1} * X_{i-1}) + (C_0 * X_i) + (C_1 * X_{i+1}) + (C_2 * X_{i+2}) + (C_3 * X_{i+3}))$$

Les équations qui suivent représentent le polissage des données du déplacement mentionnées précédemment:

$$Y_1 = (1/42)(39 X_1 + 8 X_2 - 4 X_3 - 4 X_4 + X_5 + 4 X_6 - 2 X_7)$$

$$Y_2 = (1/42)(8 X_1 + 19 X_2 + 16 X_3 + 6 X_4 - 4 X_5 - 7 X_6 + 4 X_7)$$

$$Y_3 = (1/42)(-4 X_1 + 16 X_2 + 19 X_3 + 12 X_4 + 2 X_5 - 4 X_6 + X_7)$$

$$Y_5 = (1/21)(-2 X_2 + 3 X_3 + 6 X_4 + 7 X_5 + 6 X_6 + 3 X_7 - 2 X_8)$$

$$Y_8 = (1/42) (X_4 - 4 X_5 + 2 X_6 + 12 X_7 + 19 X_8 + 16 X_9 - 4 X_{10})$$

$$Y_9 = (1/42) (4 X_4 - 7 X_5 - 4 X_6 + 6 X_7 + 16 X_8 + 19 X_9 + 8 X_{10})$$

$$Y_{10} = (1/42) (-2 X_4 + 4 X_5 + X_6 - 4 X_7 - 4 X_8 + 8 X_9 + 39 X_{10})$$

La différentiation des données brutes ou polies représentant les déplacements s'effectuera au moyen des coefficients de différentiation. Le procédé utilisé pour différencier les données de déplacement du centre de masse du corps sera similaire à celui employé lors de leur polissage. Les formules générales de différentiation pour l'obtention des vitesses, V_i se lit ainsi:

$$V_i = (1/Dt) ((C_{-2} * Y_{i-2}) + (C_{-1} * Y_{i-1}) + (C_0 * Y_i) + (C_1 * Y_{i+1}) + (C_2 * Y_{i+2}))$$

L'expression $1/D$ de l'équation de polissage sera lue $1/Dt$ pour l'équation de différentiation, où t représente le temps écoulé entre deux séquences analysées.

Analyses statistiques. La moyenne et l'écart-type de tous les facteurs étudiés pour tous les sujets et la table représentant les coefficients de corrélation pour ces facteurs furent obtenus à l'aide du sous-programme Pearson Corr de la librairie SPSS. Les coefficients de corrélation furent calculés afin de sélectionner les variables devant servir au

calcul de l'équation de prédiction de la longueur du saut. Les variables dont les coefficients de corrélation en valeur absolue furent supérieurs à .4 furent retenues pour l'analyse de régression.

Le sous-programme Regression de la même librairie permet de calculer l'équation de prédiction et la contribution relative de chacun des facteurs sélectionnés à la longueur du saut. Les coefficients b représentent les coefficients de l'équation de prédiction. La contribution relative à la longueur du saut de chacun des facteurs sélectionnés est donnée par les coefficients β . En effectuant la sommation de tous les coefficients β , puis en divisant chacun des coefficients par cette sommation et en multipliant le quotient par 100 on obtient la contribution relative de chacun des facteurs de prédiction à la longueur du saut. Le R multiple indique le degré de corrélation entre les longueurs de saut réelles et prédites. Le R carré représente cette portion de la somme des carrés qui est expliquable par l'équation de régression.

Le sous-programme d'analyse de variance Oneway de la librairie SPSS fut employé pour déterminer s'il existait une différence significative entre les deux groupes de sujets habiles et inhabiles pour chacun des facteurs analysés. Ce sous-programme servit aussi à la détermination de la moyenne et de l'écart-type pour chacun des facteurs étudiés pour les deux groupes de sujets.

CHAPITRE IV

RESULTATS ET INTERPRETATION DES DONNEES

Ce chapitre présente les analyses des données et est divisé en deux sections: (1) comparaison des variables entre les deux groupes de sujets et (2) relation des variables étudiées avec la longueur du saut.

COMPARAISON DES VARIABLES ENTRE LES DEUX GROUPES DE SUJETS

Cette section du présent chapitre comprend six items: (1) les caractéristiques des sujets, (2) la durée de la phase d'impulsion, (3) les déplacements angulaires à l'impulsion et les positions angulaires à la réception, (4) les vitesses angulaires à l'impulsion, (5) les déplacements linéaires à l'impulsion et (6) les vitesses linéaires à l'impulsion.

Caractéristiques des sujets

Roy (1971) étudia le saut en longueur sans élan chez quatre groupes d'enfants d'âge différent. Les sujets étaient classifiés au 30^e centile des standards nationaux américains pour la longueur du saut propre à leur âge. Il conclut que les flexions et les extensions maximales des articulations de l'épaule, de la hanche, du genou et de la cheville ainsi que l'amplitude du mouvement segmentaire de ces articulations étaient

similaires pour tous les groupes de sujets. Par contre, à la connaissance de l'auteur, aucune étude ne se rapporte à l'investigation des effets de l'âge, de la grandeur et du poids corporel sur la longueur du saut. Dans la présente étude ces variables furent analysées afin de vérifier le degré d'homogénéité entre les deux groupes de sujets. La performance réalisée fut aussi étudiée afin de s'assurer qu'il existait une différence significative pour le degré d'habileté motrice entre les deux groupes de sujets comparés.

Les résultats rapportés à la Table 3 indiquent qu'il existe une différence significative entre les deux groupes de sujets au niveau de la longueur du saut. La moyenne de la longueur du saut des sujets habiles dépassa de 46 centimètres celle des sujets inhabiles. Cependant ces deux groupes de sujets connurent des résultats semblables quant à l'âge, à la grandeur et au poids corporel. Ainsi les différences mécaniques enregistrées entre les individus de ces deux groupes seront possiblement les causes permettant de justifier leurs différences pour le niveau d'habileté motrice.

Durée de la phase d'impulsion

La durée de la phase propulsive est l'une des composantes de l'impulsion exercée par le sauteur. Halverson (1958) observa une durée plus courte de cette phase chez les sujets habiles, tandis que Zimmerman

Table 3. Caractéristiques physiques des groupes de sujets habiles et inhabiles

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Age (an)	20.42	1.47	20.95	1.58	0.53	1.18
Poids (kg)	57.01	5.87	58.98	8.58	1.97	0.69
Taille (m)	1.63	0.07	1.60	0.05	0.03	1.47
Performance (m)	1.93	0.10	1.47	0.11	0.46	198.49 *
N	19		20			

* $p < .05$ pour un $F_{.95} (1,37) = 4.7$

(1956) et Felton (1960) ne constatèrent aucune différence au niveau de cette variable entre les personnes d'habileté motrice différente. Cependant les sujets habiles devraient développer une impulsion plus grande que celle des sujets inhabiles. Pour une même impulsion il est possible de modifier l'une des composantes ou les deux composantes de l'impulsion, soient la force et/ou le temps d'application de la force. Les deux groupes de sujets démontrèrent les mêmes caractéristiques pour la durée de la phase d'impulsion soit une moyenne de .43 seconde et un écart-type de .05 seconde (Table 4). L'impulsion pourrait être différente pour une même durée de la phase propulsive si on observait entre les deux groupes de sujets une différence au niveau des grandeurs des forces déployées durant la poussée au sol. Dans cette

Table 4. Durée de la phase d'impulsion et déplacement angulaire de l'épaule

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Durée de la phase d'impulsion (sec.)	0.43	0.05	0.43	0.05	0.00	0.05
Flexion maximale (degré)	42.93	16.78	57.98	23.16	15.05	5.35 *
Extension maximale (degré)	285.15	16.47	260.98	38.46	24.17	6.15 *
Amplitude (degré)	242.10	22.81	205.61	46.30	36.49	9.58 *
N	19		20			

* $p < .05$ pour un $F_{.95}(1,37) = 4.7$

étude, l'impulsion moyenne des sujets des deux groupes d'habileté motrice ne fut pas investiguée puisque l'auteur ne put utiliser une plate-forme de forces lors de la prise des données.

Caractéristiques angulaires à l'impulsion et à la réception

Les aspects traités à l'intérieur de cette section comprennent:

(1) le déplacement angulaire de l'épaule, (2) le déplacement angulaire de la hanche, (3) le déplacement angulaire du genou, (4) le déplacement angulaire de la cheville, (5) les relations temporelles des mouvements segmentaires pendant l'impulsion et (6) les angles d'impulsion et de réception et l'angle des bras à la réception.

Déplacement angulaire de l'épaule. L'articulation de l'épaule est la charnière la plus mobile du corps humain. Elle permet l'exécution de mouvements tels la flexion, l'extension, la circumduction, les rotations internes et externes, l'abduction et l'adduction. Le bras effectue ces mouvements en tournant autour de l'axe qui passe à l'intérieur de la cavité gléno-humérale. Lors de la phase propulsive du saut en longueur sans élan, les mouvements de flexion et d'extension du bras sont accompagnés d'une rotation. Selon la définition énoncée précédemment relativement à la phase d'impulsion, la flexion maximale de l'épaule coïncide avec le début de la phase d'impulsion. La rotation des bras débute lors de la flexion maximale de l'épaule et se poursuit jusqu'à l'extension maximale de cette articulation. Les sujets habiles devraient développer une plus grande amplitude articulaire comparativement aux sujets inhabiles. Habituellement cette différence d'amplitude est le résultat d'une plus grande flexion et d'une plus grande extension de l'articulation de l'épaule. Ainsi, si la durée de la phase d'impulsion demeure constante, le développement d'une plus grande amplitude segmentaire sera associée à la production d'une plus grande vitesse angulaire moyenne.

Selon les résultats présentés à la Table 4, il existe une différence significative entre les deux groupes de sujets au niveau de la flexion maximale, de l'extension maximale et de l'amplitude du mouvement segmentaire de l'épaule. Les sujets habiles développèrent une amplitude

supérieure à celle des sujets inhabiles par une valeur de 36.49 degrés. Cette différence d'amplitude se traduit chez les sujets habiles par une flexion de 15.05 degrés plus grande vers l'arrière et une extension de 24.17 degrés plus grande vers l'avant. Les sujets habiles devraient donc expérimenter une plus grande vélocité angulaire moyenne puisqu'un plus grand déplacement angulaire fut observée chez ce groupe de sujets alors que les deux groupes ne se distinguaient pas quant à la durée de la phase d'impulsion. Ces résultats sont donc en concordance avec ceux énoncés par Zimmerman (1956).

Déplacement angulaire de la hanche. Les déplacements angulaires enregistrés au niveau de l'articulation de la hanche dépendent à la fois du mouvement effectué par le tronc et par les cuisses. Au début de la phase d'impulsion cette articulation devrait fléchir afin de contribuer à l'abaissement du centre de masse corporel. Elle devrait par la suite s'étendre afin d'aider à la propulsion du centre de masse vers l'avant et vers le haut. En se basant sur la littérature, on est porté à penser que les sujets habiles devraient connaître une plus grande flexion et une plus grande amplitude au niveau de la hanche comparativement aux sujets inhabiles.

Par l'examen des résultats présentés à la Table 5, on peut constater qu'il n'existe entre les deux groupes de sujets aucune différence significative pour l'amplitude angulaire de l'articulation de la hanche ni

Table 5. Facteurs représentant le déplacement angulaire de la hanche (degrés)

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Flexion maximale	78.27	9.04	85.98	17.02	7.71	3.07
Extension maximale	183.84	7.57	186.31	13.03	2.47	0.52
Amplitude	105.61	8.51	101.79	20.43	3.82	0.57
N	19		20			

* $p < .05$ pour un $F_{.95}(1,37) = 4.7$

non plus de différence significative pour les angles de flexion et d'extension maximales au niveau de cette même articulation. La flexion et l'extension maximales moyennes pour les deux groupes combinés furent de 82.82 et de 185.11 degrés tandis que l'amplitude segmentaire moyenne était calculée à 103.65 degrés. L'absence de différence significative entre les deux groupes de sujets pour ces facteurs peut possiblement être attribuée au fait que les sujets ne furent pas assez différenciés au niveau de l'habileté motrice. Les résultats trouvés dans cette étude pour cette articulation sont en opposition avec ceux rapportés par Zimmerman (1956), Halverson (1968) et Felton (1960). Les sujets des deux groupes accomplirent un même déplacement angulaire de cette articulation pour une durée d'exécution semblable. La vélocité angulaire moyenne de la hanche devrait donc être similaire pour les deux groupes de sujets.

Déplacement angulaire du genou. L'articulation du genou est l'articulation médiane du membre inférieur. Les mouvements enregistrés à son niveau influencent les mouvements se produisant au niveau de la hanche et de la cheville, et réciproquement. Les mouvements exécutés par l'articulation du genou sont en grande partie responsables de l'élévation et de l'abaissement du centre de masse du corps. Lors de la phase propulsive du saut, une flexion suivie d'une extension devraient se produire au niveau de cette articulation afin de permettre l'abaissement puis l'élévation du centre de masse. Une flexion ou une extension incomplète de cette articulation devrait entraîner une flexion ou une extension incomplète au niveau des autres articulations du membre inférieur. Les sujets habiles devraient connaître une plus grande amplitude segmentaire causée par une flexion et une extension plus complètes du genou. Pour une même durée d'impulsion, le centre de masse des sujets habiles pourra possiblement parcourir une plus grande distance verticale et ainsi augmenter sa vélocité verticale moyenne.

Il existe une différence significative entre les deux groupes de sujets au niveau de la flexion et de l'extension maximales du genou, ainsi qu'au niveau de l'amplitude segmentaire pour cette articulation (Table 6). La différence d'amplitude de 12.68 degrés enregistrée entre les deux groupes de sujets fut causée par une flexion supérieure de 6.47 degrés et par une extension supérieure de 6.49 degrés en faveur des personnes habiles. Par conséquent, on peut affirmer que l'articulation du genou connaîtra

Table 6. Facteurs représentant le déplacement angulaire du genou (degrés)

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Flexion maximale	98.73	6.87	105.20	7.92	6.47	7.37 *
Extension maximale	171.90	8.59	165.41	8.79	6.49	5.42 *
Amplitude	73.44	9.01	60.76	11.68	12.68	14.31 *
N	19		20			

* $p < .05$ pour un $F_{.95}(1,37) = 4.7$

une plus grande vélocité angulaire moyenne chez les sujets habiles, étant donné la même durée de la phase d'impulsion chez les deux groupes de sujets. On nota aussi chez les deux groupes de sujets une extension incomplète du genou. Ces observations indiquent que même les sujets habiles ne possèdent pas les caractéristiques d'une exécution optimale du saut en longueur sans élan.

Déplacement angulaire de la cheville. L'articulation de la cheville constitue le dernier élément responsable de l'impulsion exercée sur le sol. Une extension incomplète de cette articulation diminuera le temps d'application de la force sur le sol et par conséquent le momentum linéaire total du corps. Au début de la phase d'impulsion cette articulation devrait

fléchir et par la suite s'étendre. On devrait observer une plus grande flexion et une plus grande extension de cette articulation chez les sujets habiles.

D'après les résultats indiqués à la Table 7 on ne trouva aucune différence significative entre les deux groupes de sujets au niveau des angles de flexion et d'extension maximales ainsi qu'au niveau de l'amplitude segmentaire de la cheville. Chez les deux groupes de sujets on enregistra une extension incomplète de cette articulation. Ce manque d'extension fut possiblement la conséquence d'une extension incomplète du genou bien que les sujets habiles auraient dû obtenir une extension complète de cette articulation.

Relations temporelles des mouvements segmentaires. Lorsqu'un segment du corps humain se déplace, les autres parties du corps réagissent en fonction de ce mouvement pour restaurer l'équilibre statique ou dynamique perdu par le corps. L'entrée en fonction des différents segments peut différer dans le temps suivant l'habileté motrice des individus. L'extension maximale de toutes les articulations devrait survenir à la fin de la phase d'impulsion, afin que le centre de masse du sujet connaisse une élévation maximale. En effet, la distance horizontale réalisée par tout le corps soumis à une trajectoire parabolique dépend du temps d'envol et par conséquent de la hauteur maximale atteinte pendant l'envol.

Table 7. Facteurs représentant le déplacement angulaire de la cheville (degrés)

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Flexion maximale	88.04	6.95	87.85	9.12	0.19	0.05
Extension maximale	156.54	8.08	153.80	7.62	2.73	1.19
Amplitude	68.86	8.86	67.32	8.20	1.54	0.32
N	19		20			

* $p < .05$ pour $F_{.95}(1,37) = 4.7$

Nonobstant les autres facteurs influençant la performance, le corps expérimentera un plus grand déplacement horizontal et par là un saut plus long si le centre de masse est plus élevé au moment de l'impulsion. Les flexions maximales de la hanche, du genou et de la cheville devraient survenir vers le milieu de la phase propulsive afin que l'élévation minimale du centre de masse coïncide avec le passage des bras à la verticale. L'articulation du genou devrait atteindre sa flexion maximale la dernière puisqu'elle est en majeure partie responsable de l'abaissement et de l'élévation du centre de masse corporel.

Les résultats présentés à la Table 8 indiquent qu'il n'existe aucune différence significative entre les deux groupes de sujets au niveau de l'occurrence des flexions et des extensions maximales de l'épaule, de la

Table 8. Facteurs temporeux des déplacements angulaires (%)

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Flexion maximale de l'épaule	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flexion maximale de la hanche	31.32	12.13	33.06	13.87	1.74	0.17
Flexion maximale du genou	54.52	7.16	56.02	13.58	1.50	0.18
Flexion maximale de la cheville	41.08	12.11	44.95	12.93	3.87	0.93
Extension maximale de l'épaule	99.63	1.60	99.65	1.56	0.02	0.01
Extension maximale de la hanche	100.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Extension maximale du genou	100.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Extension maximale de la cheville	100.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Passage des bras à la verticale	60.31	5.10	61.04	7.40	0.27	0.13
N	19		20			

* $p < .05$ pour un $F_{.95}(1,37) = 4.7$

de la hanche, du genou et de la cheville. En se référant aux moyennes obtenues pour les deux groupes de sujets (Table 8), le calcul des moyennes des

deux groupes de sujets combinés indique que les articulations de la hanche, du genou et de la cheville atteignirent leur flexion maximale respectivement à 32.15, 55.29 et 40.06 pour cent du début de la phase d'impulsion, tandis que toutes les extensions se produisirent à la fin de la phase d'impulsion. Les articulations de la hanche et de la cheville complétèrent donc leur flexion maximale avant celle des genoux. Un peu après la flexion maximale des genoux, les bras passèrent à la verticale et aidèrent le centre de masse dans son élévation et sa projection vers l'avant.

Angle d'impulsion, angle de réception et angle de l'épaule à la réception. Pour atteindre une portée maximale, un objet soumis aux lois de la balistique devrait théoriquement posséder des angles de 45 degrés à l'impulsion et à la réception, lorsque le centre de masse de l'objet est au niveau du sol à l'impulsion et à la réception. Cependant, le centre de masse d'un sauteur se situe au-dessus du sol et à des niveaux différents pour le départ et la réception. Par conséquent, il est probable que les angles d'impulsion et de réception diffèrent soit en étant inférieurs ou supérieurs à 45 degrés. Dans la présente étude, les angles aigus inclus entre la ligne imaginaire joignant le centre de masse du sujet et l'articulation de la cheville et une ligne parallèle au sol représentent les angles d'impulsion et de réception. La position du centre de masse du sujet est fonction de la position spatiale des segments au moment de l'impulsion et de la réception.

Lors de l'impulsion, le sujet assume une position d'extension complète et recherche par là une élévation maximale de son centre de masse. A la réception, le sauteur devrait chercher à prendre contact avec le sol au moment où son centre de masse est à son point d'élévation minimale du sol. Il pourra ainsi augmenter la durée de la phase d'envol et obtenir une plus grande longueur de saut. Lors de la réception les bras du sauteur devront se placer le plus loin possible vers l'arrière afin de procurer au reste du corps et conséquemment aux jambes un plus grand avancement horizontal. De plus, le placement des bras vers l'arrière facilite le passage du centre de masse corporel au-dessus des appuis pendant la phase de réception. En effet, le lancer des bras dans le sens contraire du mouvement de rotation du sauteur a pour effet d'ajouter un plus grand momentum angulaire au reste du corps dans le sens de la rotation. Ces éléments techniques et mécaniques produisent des effets directs sur la performance.

Il existe une différence significative entre les deux groupes de sujets au niveau de l'angle de réception et au niveau du placement angulaire des bras à la réception (Table 9). Par contre, l'angle d'impulsion ne fut pas statistiquement différent chez les deux groupes de sujets. Cet angle moyen calculé pour les deux groupes de sujets combinés fut établi à 54.15 degrés. Par contre, des angles de réception de 52.10 et de 90.23 degrés furent enregistrés chez les sujets habiles et inhabiles. Un placement segmentaire temporel différent chez les deux groupes de sujets causa la

Table 9. Angles d'impulsion et de réception et placement angulaire des bras à la réception (degrés)

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Angle d'impulsion	55.05	8.61	53.29	7.34	1.76	0.48
Angle de réception	52.10	15.64	90.23	19.89	38.13	41.14 *
Placement angulaire des bras à la ré- ception	179.13	38.95	144.95	45.28	34.18	6.36 *
N	19		20			

* $p < .05$ pour un $F_{.95} (1,37) = 4.7$

différence enregistrée au niveau de l'angle de réception. En effet, lors du visionnement du saut de chaque sujet au moment de la réception, l'auteur constata que les sujets habiles tendaient horizontalement les jambes et le tronc vers l'avant tandis que les sujets inhabiles plaçaient leurs jambes et leur tronc presque verticalement. Au moment de la réception, le centre de masse des sujets habiles devrait être à un point d'élévation moins élevé par rapport au sol comparativement aux sujets inhabiles. Par conséquent, les sujets habiles devraient bénéficier d'une durée plus longue de la phase d'envol obtenant ainsi une plus grande longueur de saut.

Le placement des bras à la réception entraîna chez les deux groupes

de sujets une légère modification du placement du reste du corps. En effet, on enregistra chez les sujets habiles un placement des bras près de la verticale et chez les sujets inhabiles un placement des bras vers l'arrière. On aurait dû observer chez les sujets habiles un plus grand déplacement des bras vers l'arrière, au moment de la réception, puisque la performance au saut en longueur sans élan dépend partiellement de cet élément technique. Cette défectuosité technique chez les sujets habiles entraîna la perte d'un momentum angulaire créé par les bras pour faciliter le passage du centre de masse corporel au-dessus des appuis.

Vélocités angulaires à l'impulsion

Cette partie de l'étude se divise en deux sections comprenant (1) les vélocités angulaires des articulations et (2) les relations temporelles des vélocités angulaires segmentaires.

Vélocités angulaires des articulations. La contribution d'un segment au momentum total du corps dépend de sa vélocité angulaire moyenne. On peut accroître cette dernière en augmentant le déplacement angulaire de ce segment pour une même période de temps, ou en diminuant le temps d'exécution pour un même déplacement ou encore en augmentant le déplacement angulaire tout en diminuant le temps d'exécution. Dans la présente étude, la durée totale de la phase d'impulsion ainsi que les amplitudes angulaires pour les articulations de la hanche et de la cheville furent similaires

pour les deux groupes de sujets, tandis que les déplacements angulaires des articulations de l'épaule et du genou se révélèrent supérieurs chez les sujets habiles. Il semble donc possible que les sujets habiles connaissent une plus grande vitesse angulaire maximale au niveau de l'épaule et du genou comparativement aux sujets de moindre habileté motrice. On ne peut cependant établir qu'il existe réellement une relation directe entre les vitesses maximales et les vitesses moyennes développées au cours d'un même mouvement.

En observant les résultats présentés à la Table 10, on découvrit que les sujets habiles développèrent de plus grandes vitesses maximales au niveau de l'épaule et du genou comparativement aux sujets inhabiles. Les sujets habiles réalisèrent des gains de 2.38 radians par seconde au niveau de l'épaule et de 4.17 radians par seconde au niveau du genou. Cependant on ne peut affirmer que les vitesses moyennes de ces deux articulations sont supérieures chez les sujets habiles, puisque les valeurs maximales de ces vitesses ne représentent qu'un seul point et sont par conséquent non représentatives des vitesses enregistrées au cours de l'impulsion. Les valeurs maximales des vitesses de la hanche et de la cheville, pour les deux groupes de sujets combinés, atteignirent respectivement 13.83 et 15.63 radians par seconde. Il est toutefois possible de prétendre que les vitesses moyennes de ces deux articulations furent semblables chez les deux groupes de sujets puisque leurs amplitudes segmentaires et le temps de la phase d'impulsion furent similaires.

Table 10. Vélocités angulaires maximales des différentes articulations (rad/sec)

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Vélocité angulaire maximale de l'épaule	15.65	1.82	13.27	3.58	2.38	6.97 *
Vélocité angulaire maximale de la hanche	14.61	1.82	13.10	3.73	1.51	2.50
Vélocité angulaire maximale du genou	15.75	2.18	11.58	2.90	4.17	25.55 *
Vélocité angulaire maximale de la cheville	16.12	4.19	15.17	3.10	0.95	0.64
N	19		20			

* $p < .05$ pour un $F_{.95}(1,37) = 4.7$

Relations temporelles des vélocités angulaires segmentaires. Afin que chaque articulation contribue maximalelement au momentum total du corps, il faut que l'occurrence de sa vélocité maximale se produise au moment opportun, pour qu'elle assume le rôle qui lui est réservé dans la propulsion du corps humain. Ainsi l'occurrence de la vélocité maximale de l'épaule devrait survenir lors de la flexion maximale du genou, afin de permettre aux articulations du membre inférieur d'amorcer leur poussée vers l'avant et vers le

haut et de projeter le centre de masse du sauteur vers l'avant. Les occurrences des vitesses maximales de la hanche, du genou et de la cheville devraient se manifester dans l'ordre de leur énumération et à la fin de la phase d'impulsion pour imprimer au centre de masse du sauteur le plus grand momentum possible au moment de l'impulsion. Ainsi le sauteur bénéficiera d'un plus grand momentum linéaire créé lors de la phase propulsive du saut et augmentera ainsi ses chances d'améliorer sa performance.

Les résultats observés à la Table 11 montrent qu'il n'existe aucune différence significative entre les deux groupes de sujets au niveau des occurrences des vitesses angulaires maximales pour chacune des articulations étudiées. Le temps d'occurrence de la vitesse maximale de l'épaule se produisit presque simultanément au temps d'occurrence de la flexion maximale des genoux permettant ainsi aux articulations du membre inférieur d'amorcer leur poussée vers l'avant et vers le haut et de déplacer ainsi le centre de masse du sujet vers l'avant. Pour les deux groupes de sujets combinés les occurrences des vitesses maximales des articulations de la hanche, du genou et de la cheville se produisirent respectivement à 99.03, à 98.87 et à 99.39 pour cent du début de la phase d'impulsion. Vu la similitude du temps d'occurrence de ces vitesses, il est impossible d'affirmer que le transfert de ces moments partiels se soit effectué lorsque chacune de ces articulations eut atteint sa vitesse maximale. L'articulation de l'épaule connut les plus grandes valeurs de vitesse durant la partie

Table 11. Facteurs temporeux des vélocités angulaires (%)

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Vél. angulaire maximale de l'épaule	54.58	8.10	53.15	19.82	1.43	0.09
Vél. angulaire maximale de la hanche	98.89	4.82	99.16	3.73	0.27	0.04
Vél. angulaire maximale du genou	100.00	0.00	97.80	6.97	2.20	1.88
Vél. angulaire maximale de la cheville	100.00	0.00	98.82	5.26	1.18	0.95
Vél. angulaire nulle de la hanche	31.14	11.03	34.15	13.85	3.01	0.56
Vél. angulaire nulle du genou	54.52	8.18	53.58	13.59	0.94	0.07
Vél. angulaire nulle de la cheville	45.08	5.73	47.03	8.85	1.95	0.66
N	19		20			

* $p < .05$ pour un $F_{.95} (1,37) = 4.7$

médiane de la phase d'impulsion. Avant la flexion maximale des genoux (vélocité angulaire nulle, Table 11), les bras contribuèrent à l'avancement et à l'abaissement du centre de masse. Ils contribuèrent ensuite à propulser le centre de masse du sauteur vers l'avant et vers le haut au début de la phase ascendante. Au début de la phase d'impulsion, les articulations du membre inférieur fléchirent puis freinèrent jusqu'à leur flexion maximale. La hanche puis la cheville connurent leur flexion maximale avant celle du genou. Par la suite, elles commencèrent à s'étendre contribuant ainsi à ralentir la flexion des genoux. Suite à la flexion maximale des genoux toutes les articulations du membre inférieur s'étendirent projetant ainsi le centre de masse du sujet vers l'avant et vers le haut.

Déplacement linéaire à l'impulsion

Cette section de l'étude comprend les parties suivantes: (1) le déplacement horizontal du centre de masse du corps et (2) le déplacement vertical du centre de masse du corps.

Déplacement horizontal du centre de masse du corps. Dans cette partie de l'étude la phase d'impulsion fut divisée en deux parties soit la phase descendante et la phase ascendante du centre de masse. Le déplacement linéaire du centre de masse dépend de chacun des déplacements segmentaires du sujet. Pendant la première partie de la phase d'impulsion, le centre de masse du sujet devrait se déplacer horizontalement sur une

courte distance puisque seul le mouvement des bras l'amène vers l'avant. Durant la seconde moitié de la phase propulsive, le centre de masse devrait être propulsé de plus en plus rapidement vers l'avant suite aux actions des mouvements segmentaires des membres inférieurs et supérieurs.

Suite à la lecture des résultats de la Table 12, on constate un faible déplacement du centre de masse pendant la phase descendante du mouvement. En effet, durant cette période de temps le mouvement effectué par les bras contribua principalement à l'avancement du centre de masse.

Pendant la phase ascendante du mouvement le centre de masse des sujets habiles se déplaça, pour une même période de temps, sur une distance supérieure de .11 mètre à celle des sujets inhabiles. Pour cette partie de la phase d'impulsion les sujets habiles devraient connaître une vitesse horizontale moyenne plus grande que celle des sujets inhabiles.

Déplacement vertical du centre de masse du corps. La vitesse moyenne d'un mouvement est le quotient obtenu en divisant le déplacement accompli par le temps pris pour le réaliser. Pour augmenter sa vitesse, le sujet aura intérêt à faire parcourir une grande distance à son centre de masse dans le temps le plus court possible. Par conséquent le sauteur devra abaisser préalablement son centre de masse pour l'élever le plus rapidement possible par la suite et générer ainsi une grande vitesse verticale. Le centre de masse du sujet devrait atteindre sa hauteur minimale lors de la

Table 12. Déplacements linéaires du centre de masse et facteurs temporeux

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD		
Déplacement horizontal Phase 1 de l'impulsion (m)	0.14	0.07	0.13	0.05	0.01	0.05
Déplacement horizontal Phase 2 de l'impulsion (m)	0.46	0.06	0.37	0.07	0.09	24.68 *
Hauteur Début d'impulsion (m)	0.91	0.15	0.89	0.17	0.02	0.06
Hauteur minimale (m)	0.77	0.14	0.77	0.13	0.00	0.04
Hauteur Fin d'impulsion (m)	1.01	0.14	1.04	0.13	0.03	0.27
Occurrence de la hauteur minimale (%)	46.67	9.73	49.60	10.30	2.93	0.60

* $p < .05$ pour un $F_{.95} (1,37) = 4.7$

flexion maximale des genoux puisque cette articulation est en grande partie responsable de son mouvement vertical. Le centre de masse devrait être aussi plus élevé à la fin de l'impulsion qu'il ne le fut au début de cette phase puisque c'est à ce moment qu'on enregistre l'extension maximale de toutes les articulations.

En se référant aux résultats de la Table 12 on remarque que le sujet abaisse son centre de masse jusqu'à mi-chemin de la phase d'impulsion. Par la suite il y a élévation de celui-ci jusqu'au moment où se

termine la phase propulsive. Entre l'occurrence de la flexion maximale des genoux et celle de la hanche et de la cheville le centre de masse connut son élévation minimale du sol et son avancement vers l'avant augmenta sensiblement jusqu'à la fin de la phase propulsive. Ces phénomènes se produisirent lors du passage du centre de masse au-dessus des appuis du sujet, c'est-à-dire au début de la phase ascendante. Le centre de masse fut aussi plus élevé à la fin de la phase d'impulsion qu'il ne le fut au début de celle-ci.

Vélocité linéaire à l'impulsion

Cette partie du travail traite (1) de la vélocité horizontale du centre de masse, (2) de la vélocité verticale du centre de masse et (3) de la relation temporelle de ces facteurs.

Vélocité horizontale du centre de masse. La performance d'un individu au saut en longueur sans élan dépend de la vélocité horizontale imprimée au centre de masse à la fin de la phase d'impulsion et de la durée de la phase d'envol. Ainsi le sauteur devrait atteindre sa vélocité horizontale maximale à la fin de la phase d'impulsion. Puisque les sujets habiles connaissent de meilleures performances que les sujets inhabiles, ils devraient posséder une plus grande vélocité horizontale terminale comparativement à celles des sujets inhabiles.

Les résultats inclus dans la Table 13 montrent que les vélocités

Table 13. Vélocités linéaires du centre de masse du corps et facteurs temporeux

Facteurs	Sujets habiles		Sujets inhabiles		Différence	F
	X	SD	X	SD		
Vélocité horizontale maximale du CG (m/sec)	2.93	0.39	2.45	0.29	0.48	19.09 *
Vélocité verticale maximale du CG (m/sec)	1.93	0.33	1.99	0.25	0.06	0.39
Occurrence de la vélocité horizontale maximale (%)	97.83	6.53	98.64	6.10	0.81	0.16
Occurrence de la vélocité verticale maximale (%)	96.75	8.58	100.00	0.00	3.25	2.87
N	19		20			

* $p < .05$ pour un $F_{.95}(1,37) = 4.7$

horizontales maximales des deux groupes de sujets furent atteintes à la fin de la phase d'impulsion, et que la vélocité horizontale maximale des sujets habiles fut significativement plus grande que celle des sujets de moindre habileté motrice. Une différence de 0.48 mètre par seconde fut enregistrée pour la vélocité horizontale entre les deux groupes de sujets. Cette différence au niveau de la vélocité horizontale explique en grande partie les différences des performances entre les deux groupes de sujets. Cette augmentation de la vélocité chez les sujets habiles fut possiblement causée

par une plus grande participation des articulations de l'épaule et du genou au mouvement total, éléments techniques discutés précédemment.

Vélocité verticale du centre de masse du corps. La durée totale de la phase d'envol au saut en longueur sans élan dépend de la vélocité verticale du sujet au moment de l'impulsion. Pour augmenter son temps de suspension, le sujet doit imprimer à son centre de masse une vélocité verticale terminale plus grande. Conséquemment, il doit accomplir, pour une durée d'impulsion déterminée, un plus grand déplacement vertical en abaissant préalablement son centre de masse le plus possible et en l'élevant le plus haut possible par la suite. Théoriquement, la vélocité verticale maximale des sujets habiles devrait être supérieure à celle des sujets inhabiles.

Les vélocités verticales se produisirent à la fin de la phase d'impulsion et furent similaires pour les deux groupes de sujets (Table 13). Nonobstant le placement des segments durant la phase d'envol, les sujets des deux groupes devraient demeurer sans contact avec le sol pendant la même durée. Ceci implique qu'au niveau du mouvement balistique, seule la vélocité horizontale maximale a influencé la longueur du saut chez les deux groupes de sujets.

Relations temporelles de ces facteurs. Pour imprimer au centre de masse un momentum linéaire maximal, on doit développer des vélocités

horizontales et verticales terminales qui soient les plus grandes possibles. Les composantes verticales et horizontales de la vitesse linéaire dépendent de l'angle d'impulsion du sauteur. Théoriquement, un angle d'impulsion de 45 degrés fournit les meilleures composantes des vitesses horizontales et verticales permettant d'atteindre une portée maximale lorsque le centre de masse se situe à la même hauteur au moment de l'impulsion et de la réception.

L'étude comparative de l'angle d'impulsion, mesuré à partir de la ligne imaginaire joignant le centre de masse et l'articulation des chevilles et une ligne parallèle au sol, et l'angle d'impulsion tel que mesuré par l'addition vectorielle des composantes de la vitesse linéaire des deux groupes de sujets amène des conclusions intéressantes. En effet, l'angle moyen d'impulsion des deux groupes de sujets fut de 54 degrés tandis que celui produit par l'addition vectorielle des vitesses fut de 36.16 degrés. Cette différence au niveau de ces deux angles peut être expliquée partiellement par les procédés utilisés pour les obtenir. L'angle calculé à partir du centre de masse ne fut pas obtenu exactement lors du dernier contact avec le sol et il fut tracé à partir de l'articulation des chevilles et non du bout des orteils ce qui influença sa grandeur. Par contre, l'angle d'impulsion calculé à partir des vitesses horizontales et verticales maximales fut mesuré avant la fin de la phase d'impulsion, ce qui influença aussi sa grandeur. Il serait peut-être possible en modifiant la définition de l'angle d'impulsion et en prenant les vitesses linéaires à la toute

fin de la phase d'impulsion d'obtenir des angles ayant la même valeur. Toutefois, pour connaître avec plus de précision la durée de la phase d'envol et la distance qui pourrait être atteinte par le sauteur, l'auteur recommande l'utilisation de l'angle d'impulsion fournit par l'addition vectorielle des vitesses verticale et horizontale mesurées à la toute fin de l'impulsion puisqu'il est directement relié à ces composantes et par le fait même indique réellement la direction prise par le centre de masse lors de l'envol.

Pour conclure, la longueur du saut est déterminée par la durée de la phase d'envol et par la vitesse horizontale terminale imprimée au centre de masse. La durée de la phase d'envol est elle-même influencée par la vitesse verticale terminale imprimée au centre de masse et par le placement segmentaire du sauteur immédiatement avant la reprise de contact au sol à la fin de la période d'envol.

RELATION DES VARIABLES ETUDIEES AVEC LA LONGUEUR DU SAUT

La deuxième partie de ce chapitre comprend la détermination de l'équation de prédiction de la longueur du saut. Toutes les analyses de cette partie ont été effectuées en prenant les résultats obtenus pour les 52 sujets de cette étude. Lors de la lecture des résultats de l'équation de régression, il faudra tenir compte qu'elle fut obtenue avec un nombre relativement restreint de sujets.

Avant de procéder à l'analyse de régression, on calcula la corrélation simple de chaque variable étudiée avec la longueur du saut. L'angle de réception s'avéra être la seule variable hautement corrélée avec la longueur du saut ($r = -.76$). On enregistra des coefficients de corrélation s'échelonnant entre 0 et 0.62 (Table 14, Table 17 appendice B) en valeur absolue pour toutes les autres variables étudiées. Suite à ces résultats, on décida de conserver pour l'analyse de régression toutes les variables qui furent moyennement corrélées avec la longueur du saut, c'est-à-dire ces six variables pour lesquelles des coefficients supérieurs à 0.4 en valeur absolue furent obtenus.

A chaque étape de l'analyse de régression, une nouvelle variable était ajoutée à l'équation de prédiction de la longueur du saut. L'équation de la quatrième étape fut retenue parce qu'aucune différence notable ne pût être enregistrée entre le R^2 pour l'analyse de régression avec 4 variables et le R^2 pour celle incluant 5 variables. Les variables indépendantes représentant l'équation linéaire de régression furent les suivantes: (1) l'angle de réception, X_1 , (2) la vélocité angulaire maximale du genou, X_2 , (3) la vélocité horizontale maximale du centre de masse, X_3 , et (4) l'extension maximale de l'épaule, X_4 . Les coefficients de régression partielle, b , observés à la Table 15 représentent les coefficients de l'équation de prédiction de la longueur du saut. Cette équation s'exprime ainsi:

$$Y = 0.692 - 0.004 X_1 + 0.027 X_2 + 0.192 X_3 + 0.001 X_4$$

Table 14. Coefficients de corrélation entre la longueur du saut et les variables utilisées pour l'analyse de régression

Variabiles	r
Angle de réception	-.76 *
Vélocité horizontale maximale du centre de masse	.62 *
Vélocité angulaire maximale du genou	.53 *
Extension maximale de l'épaule	.49 *
Amplitude de l'épaule	.47 *
Amplitude du genou	.45 *

* $\alpha = .05$ pour un r supérieur à .28

Un R multiple de .892 fut enregistré et indiqua un haut degré de corrélation entre les longueurs réelles et prédites. Un R^2 de .796 montra que 79.6 pour cent de la variation de la longueur de saut réelle fut expliquée par la régression multiple sur les variables prédictrices. Les valeurs prédites furent éloignées en moyenne de .104 mètre des valeurs réelles du saut.

L'auteur appliqua l'équation calculée aux valeurs de prédiction de chacun des sujets pour vérifier s'il était possible de les classifier en se basant sur leur longueur de saut prédite tout en respectant les normes de classification établies à partir des longueurs de saut réelles.

Table 15. Sommaire de l'analyse de régression

R multiple	0.892	Degrés de liberté	4,47
R carré	0.796	F	45.838
Ecart-type	0.104		
Facteurs	b	Beta	% contribution
Angle de réception	-0.004	-0.382	29.6
Vélocité angulaire maximale du genou	0.027	0.382	29.6
Vélocité horizontale maximale du genou	0.192	0.334	25.9
Extension maximale de l'épaule	0.001	0.193	14.9
Constante	0.692	---	--

Une erreur de prédiction moyenne de 5.2% pour cent avec un écart-type de 4.20 fut trouvée (Table 18 appendice C). Ceci implique qu'avec l'utilisation de cette équation 50 pour cent des sujets habiles et 65 pour cent des sujets inhabiles furent classés à l'intérieur de leur groupe d'habileté motrice respectif. Toutefois pour classifier correctement les sujets à partir des longueurs prédites, on dut choisir des longueurs prédites de 1.9 et de 1.6 mètres qui correspondirent à des longueurs de saut réelles de 1.8 et de 1.651 mètres.

La contribution relative des quatre variables de l'équation à la prédiction de la variable dépendante est donnée par les coefficients Beta. La contribution relative de chacune de ces variables fut exprimée en pourcentage pour faciliter leur comparaison. L'angle de réception et la vélocité angulaire maximale du genou contribuèrent chacun pour 29.6 pour cent à la prédiction totale; la vélocité horizontale maximale du centre de masse et l'extension maximale de l'épaule connurent une contribution respective de 25.9 et 14.9 pour cent. L'extension maximale de l'épaule contribua deux fois moins que chacune des autres variables à la prédiction de la longueur du saut, tandis que les trois autres variables connurent une contribution de prédiction à peu près semblable.

IMPLICATIONS PRATIQUES

Lors de l'apprentissage du saut en longueur sans élan, l'entraîneur ou l'éducateur physique doit guider le sauteur afin qu'il améliore sa performance dans cette discipline. L'emphase devra être portée sur les éléments techniques relatifs à l'épaule et au genou lors de la phase d'impulsion et sur le placement des segments du corps lors de la réception. En effet, les bras devront se porter loin vers l'arrière au début de la phase d'impulsion pour être à même de développer une plus grande vélocité durant cette phase. De plus ils devront se placer le plus loin possible vers l'avant, à la fin de la phase d'impulsion, pour contribuer à l'élévation du centre de masse du sauteur.

L'articulation du genou règle l'abaissement et l'élévation du centre de masse du sauteur. La flexion progressive de cette articulation abaisse le centre de masse jusqu'à sa valeur minimale du sol. Dans cette position, les muscles des jambes sont à même d'exercer une contraction maximale, afin d'élever rapidement le centre de masse et lui permettre d'atteindre sa vitesse maximale à la fin de la phase d'impulsion.

Lors de la réception, le sujet devra tendre horizontalement les jambes vers l'avant pour augmenter la durée de la phase d'envol et ainsi gagner une distance supplémentaire. Les bras devront aussi se placer le plus loin possible vers l'arrière au moment de la réception. Ce faisant, ils agiront directement sur la position du reste du corps amenant un déplacement plus important des jambes vers l'avant. De plus, de par cette position, les bras pourront agir en développant un plus grand momentum angulaire sur le reste du corps, facilitant ainsi le passage du centre de masse du sauteur au-dessus de ses appuis.

CHAPITRE V

RESUME ET CONCLUSION

Ce chapitre contient un résumé des procédures expérimentales, la présentation des résultats, les conclusions et les recommandations de l'auteur pour les études futures.

Résumé des procédures expérimentales

Le but de cette étude consista à isoler les facteurs cinématiques qui influencèrent la longueur du saut et qui différencièrent les sauteurs habiles des sauteurs moins habiles. Cinquante-trois sujets de sexe féminin, âgés de 19 à 25 ans, furent sélectionnés sur une base volontaire pour participer à ce projet. Chacun des sujets fut classé à l'intérieur de l'un des trois groupes d'habileté motrice en fonction de la longueur de saut réalisée c'est-à-dire dans le groupe des sujets habiles, dans celui des sujets neutres ou dans celui des sujets inhabiles. Toutefois, seuls les résultats des individus faisant partie des groupes de sujets habiles et inhabiles furent retenus pour les analyses. Les critères de sélection pour la répartition des sujets à l'intérieur des groupes furent basés sur le AAPHER Youth Fitness Test (appendice A).

Les sujets se présentèrent à une seule séance expérimentale. Pour chaque sujet les articulations furent marquées et le poids et la grandeur enregistrés. Une période d'échauffement consistant en quatre ou cinq sauts en longueur sans élan leur fut accordée. Suite à cette période d'échauffement un essai du saut en longueur sans élan fut filmé du début de la phase préparatoire à la fin de la phase de réception. Si le sujet dépassait la ligne de saut à l'impulsion, tombait vers l'arrière à la réception ou perdait un diachylon durant l'exécution de son saut un nouvel essai était filmé.

La longueur étalon, les coordonnées articulaires et la longueur du saut furent lues directement sur le film. Tous les autres facteurs étudiés furent obtenus à l'aide d'un programme de transformation ou d'analyse numérique. Une analyse de variance fut calculée pour chacun des facteurs étudiés entre les deux groupes de sujet. En utilisant les résultats de tous les sujets, et des tests statistiques appropriés l'auteur détermina les coefficients de corrélation et l'équation de prédiction se rattachant à la longueur du saut.

Résultats

Les déplacements et vitesses angulaires maximales se rapportant aux articulations de l'épaule et du genou furent significativement plus grands chez les sujets habiles. Par contre aucune différence significative ne fut

enregistrée entre les deux groupes de sujets au niveau des facteurs temporeux se rapportant au mouvement angulaire de l'épaule, de la hanche, du genou et de la cheville ainsi qu'au niveau de la durée totale de la phase d'impulsion.

Le moment de transition entre la phase descendante et la phase ascendante du centre de masse du sujet correspondit à l'occurrence de la flexion maximale des genoux. Une différence significative fut enregistrée en faveur des sujets habiles au niveau de la vitesse linéaire horizontale maximale du centre de masse.

De tous facteurs cinématiques étudiés, seul l'angle de réception fut hautement corrélé avec la longueur du saut. Les facteurs contribuant à la prédiction de la longueur du saut incluent l'angle de réception, la vitesse angulaire maximale du genou, la vitesse linéaire horizontale maximale du centre de masse et l'extension maximale de l'épaule.

Conclusions

En tenant compte des limitations de cette étude, l'auteur est arrivé aux conclusions suivantes:

1. les déplacements et les vitesses angulaires maximales se rapportant aux articulations de l'épaule et du genou, la vitesse horizontale maximale du centre de masse et l'angle de réception différencièrent les deux groupes de sujets d'habileté motrice différentes;

2. l'angle de réception, la vélocité horizontale maximale du centre de masse, la vélocité angulaire maximale du genou et l'extension maximale de l'épaule contribuèrent à prédire la longueur du saut.

Recommandations

L'emploi de sujets plus différenciés au niveau de l'habileté motrice amènerait la possibilité d'isoler plus facilement les facteurs cinématiques qui distinguent les deux groupes de sujets. L'utilisation d'une plate-forme de force permettrait d'acquérir une meilleure connaissance de ce mouvement. L'étude des moments d'inertie ainsi que l'étude des vélocités et des accélérations angulaires et linéaires moyennes faciliteraient la détermination des momenta angulaires et linéaires ainsi que la détermination des forces moyennes générant ces mouvements. L'analyse de la phase d'envol et de la phase de réception pourrait aussi fournir des informations supplémentaires relativement aux facteurs influençant la performance.

BIBLIOGRAPHIE

Livres

Cress, Dirksen, Graham, Fortran IV Watfor and Watfiv, Englewood Cliffs, Prentice-Hall inc., 1970, 421 pp.

Desilets, Antoine, La technique de la photo, Montréal, les éditions de l'Homme, 1971, 262 pp.

Haskins, Mary Jane, Evaluation in Physicla Education, Dubuque, W.M.C. Brown Company, 1971, 290 pp.

Matériel non publié

Clayton, I.A., "A Study of the Evidence of Motor Age Based on Technique of Standing Broad Jump", thèse de maîtrise, Université du Wisconsin, 1936.

Felton, E.A., "A Kinesiological Comparaison of Good and Poor Performers in the Standing Broad Jump", thèse de maîtrise, Université du Wisconsin, 1960.

Gagnon, M., D., Rodrigue, Assessment of Numereral Differentiation Methods for Determination of Velocity and Acceleration Data in Cinematographics Analysis, rapport non publié.

Halverson, L.E., "A Comparaison of Performance of Kindergarten Children in the Take-off Phase of the Standing Broad Jump", thèse de doctorat, Université du Wisconsin, Madison, 1958.

Johnson, B.P., "An Analysis of the Mechanics of the Take-off in the Standing Broad Jump", thèse de maîtrise, Université du Wisconsin, 1958.

Roy, Benoit G., "Kinematics and Kinetics of the Standing Long Jump in the Seven, Ten, Thirteen and Sixteen Year Old Boys", thèse de doctorat, Université du Wisconsin, 1971.

Publication gouvernementale

Dempster, W., "Space Requirements of the Seated Operator", USAF, WADC, Tech. Rep. 55-159, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 1955.

Revues

Dillman, Charles, J., A Kinetic Analysis of the Recovery Leg During Sprint Running, dans Selected topics of Biomechanics, J.M. Cooper (ed), Chicago: Athletic Institute, 1971, p. 137-165.

Eckert, Helen M., Linear Relationships of Isometric Strenthe to Propulsive Force, Angular Velocity and Angular Acceleration in the Standing Broad Jump, dans The Research Quartely, volume 35, no 3, 1964, p. 298-306.

Eckert, Helen M., Angular Velocity and Range of Motion in the Vertical and Standing Broad Jump, dans The Research Quartely, volume 39, no 4, 1968, p. 237-248.

Hershey, Harry C., Jacques L., Zankin, Robert, Simha, Numerical Differentiation of Equally Spaced and not Equally Spaced Experimental Data, dans Subscripts, volume 6, no 3, 1967, p. 413-421.

Zimmerman, Helen M., Characteristic Likeness and Differences Between Skilled and Non-Skilled Performance of Standing Broad Jump, dans The Research Quartely, volume 27, no 3, 1956, p. 352-362.

APPENDICE A

Table 16. AAHPER Youth Fitness Test

Percentile	Distance sautée (m)
100	2.350
95	1.950
90	1.875
85	1.825
80	1.775
75	1.750
70	1.700
65	1.675
60	1.650
55	1.625
50	1.600
45	1.575
40	1.550
35	1.500
30	1.475
25	1.450
20	1.400
15	1.375
10	1.325
5	1.225
0	0.675

APPENDICE B

Table 17. Coefficients de corrélation pour tous les facteurs étudiés avec la longueur du saut

Facteurs	r
Age (an)	-0.06
Poids (kg)	-0.13
Taille (cm)	0.25
Durée totale de la phase d'impulsion (sec)	0.05
Amplitude de l'épaule (degré)	0.47
Amplitude du tronc (degré)	0.10
Amplitude du genou (degré)	0.45
Amplitude de la cheville (degré)	0.09
Flexion maximale de l'épaule (degré)	-0.23
Flexion maximale de tronc (degré)	-0.16
Flexion maximale du genou (degré)	-0.32
Flexion maximale de la cheville (degré)	0.05
Extension maximale de l'épaule (degré)	0.49
Extension maximale du tronc (degré)	-0.08
Extension maximale du genou (degré)	0.34
Extension maximale de la cheville (degré)	0.17
Angle des bras à la réception (degré)	0.36
Angle d'impulsion (degré)	0.03
Angle de réception (degré)	-0.76

Table 17 (suite)

Vélocité linéaire horizontale maximale du centre de masse (m/sec)	0.62
Vélocité linéaire verticale maximale du centre de masse (m/sec)	-0.04
Occurence de la vélocité linéaire horizontale maximale du centre de masse (%)	-0.06
Occurence de la vélocité linéaire verticale maximale du centre de masse (%)	-0.22
Vélocité angulaire maximale de l'épaule (rad/sec)	0.34
Vélocité angulaire maximale du tronc (rad/sec)	0.23
Vélocité angulaire maximale du genou (rad/sec)	0.53
Vélocité angulaire maximale de la cheville (rad/sec)	0.13
Occurence de la vélocité angulaire maximale de l'épaule (%)	0.01
Occurence de la vélocité angulaire maximale du tronc (%)	-0.03
Occurence de la vélocité angulaire maximale du genou (%)	0.18
Occurence de la vélocité angulaire maximale de la cheville (%)	0.08
Occurence de la flexion maximale du tronc (%)	-0.01
Occurence de la flexion maximale du genou (%)	0.04
Occurence de la flexion maximale de la cheville (%)	0.03
Occurence du passage des bras à la verticale (%)	0.00
Occurence de l'extension maximale de l'épaule (%)	0.03
Occurence de la vélocité angulaire nulle de la hanche (%)	0.15
Occurence de la vélocité angulaire nulle du genou (%)	0.16
Occurence de la vélocité angulaire nulle de la cheville (%)	0.11

Table 17 (suite)

Déplacement horizontal. Phase 1 de l'impulsion (m)	0.02
Déplacement horizontal. Phase 2 de l'impulsion (m)	0.24
Hauteur. Début d'impulsion (m)	0.08
Hauteur minimale (m)	0.01
Hauteur. Fin d'impulsion (m)	-0.04
Occurence de la hauteur minimale (%)	0.07

$\alpha = .05$ pour un r supérieur à .28

APPENDICE C

Table 18. Comparaison des distances réelles et prédites

Sujets	Longueur réelle (m)	Longueur prédite (m)	Erreur de prédiction (%)
1	1.935	1.878	- 2.946
2	1.556	1.604	3.085
3	1.708	1.698	- 5.269
4	1.581	1.557	- 1.518
5	1.510	1.556	3.056
6	2.017	2.019	0.099
7	1.771	1.768	- 0.169
8	1.844	1.880	1.952
9	1.951	1.948	- 0.154
10	1.734	1.723	- 0.634
11	1.963	1.937	- 1.325
12	1.402	1.537	9.201
13	1.505	1.589	5.581
14	1.399	1.485	6.147
15	1.536	1.551	0.977
16	1.373	1.647	19.956
17	1.537	1.580	2.799
18	1.439	1.580	9.799
19	1.695	1.779	4.956

Table 18 (suite)

20	1.933	2.273	17.589
21	1.804	1.658	- 8.093
22	1.930	1.924	- 0.311
23	1.806	1.906	5.537
24	1.469	1.585	7.897
25	1.684	1.734	2.969
26	1.812	1.891	4.360
27	1.782	1.786	0.224
28	1.780	1.646	- 7.528
29	1.416	1.463	3.319
30	1.573	1.684	7.057
31	1.478	1.608	8.796
32	1.814	1.785	- 1.579
33	1.627	1.465	- 9.957
34	1.346	1.238	- 8.024
35	1.742	1.651	- 5.224
36	2.051	1.946	- 5.119
37	1.724	1.563	- 9.339
38	1.537	1.640	6.701
39	1.564	1.414	- 9.591
40	1.172	1.192	1.678

Table 18 (suite)

41	2.069	2.010	- 2.852
42	1.916	1.816	- 5.532
43	1.677	1.792	6.857
44	1.726	1.792	3.824
45	1.675	1.759	4.955
46	2.061	1.969	- 4.464
47	1.358	1.298	- 4.418
48	2.053	2.308	12.585
49	1.874	1.840	- 1.814
50	2.017	1.966	- 2.529
51	1.812	1.674	- 7.616
52	1.716	1.874	9.207
Moyenne	1.701	1.722	5.277
Ecart-type	0.220	0.225	4.202
