Modélisation de la course de vitesse de l'enfant [Texte imprimé] : contribution à l'amélioration de l'habileté de lecture du mouvement de l'enseignant

Jean-Paul Gérard

▶ **To cite this version:**

Jean-Paul Gérard. Modélisation de la course de vitesse de l'enfant [Texte imprimé] : contribution à l'amélioration de l'habileté de lecture du mouvement de l'enseignant. Autre [q-bio.OT]. Université de la Réunion, 2003. Français. NNT : 2003lare0008 . tel-00745253

HAL Id: tel-00745253

https://theses.hal.science/tel-00745253

Submitted on 25 Oct 2012

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

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

UNIVERSITE DE LA REUNION

n° d'ordre :

THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE LA REUNION

***Spécialité* : DIDACTIQUE DES DISCIPLINES**
***Option* : Sciences et techniques des activités physiques et sportives**

Présentée et soutenue publiquement

par

Jean Paul Gérard

le 6 octobre 2003

MODELISATION DE LA COURSE DE VITESSE DE L'ENFANT : CONTRIBUTION A L'AMELIORATION DE L'HABILETE DE LECTURE DU MOUVEMENT DE L'ENSEIGNANT

Directeurs de thèse : **Alain Durey/ Daniel Bouthier et Gabriel OLIVIER**

Jury

Monsieur MARTINAND J-L., Professeur à l'ENS de Cachan, Président.
Monsieur PORTERO P., Professeur à l'Université Paris XII, rapporteur.
Monsieur BOUTHIER D., Professeur à l'IUFM de Bordeaux, codirecteur.
Monsieur OLIVIER G., Professeur à l'IUFM de la Réunion, codirecteur.
Monsieur PRADET M., Professeur agrégé à l'UFR STAPS de Montpellier.

SCD UNIVERSITE DE LA REUNION
273151 0350

à Alain

Ce travail terminé, je pense à Alain Durey, je voudrais le remercier. C'est grâce à lui que j'ai pu entreprendre cette recherche, et malgré les épreuves, il m'a encouragé, soutenu, aidé et montré le chemin d'un travail précis et rigoureux. Je voudrais le remercier pour sa grande disponibilité, sa gentillesse, et la qualité de ses conseils. Je pense également à sa famille qui malgré les difficultés m'a accueilli. Alain, Guylaine et les enfants de tout cœur merci.

Je tiens à remercier particulièrement Daniel Bouthier qui a accepté de prendre la direction de cette thèse dans des conditions pour lui aussi difficiles et qui m'a consacré de larges parties de son temps.

Cette thèse n'aurait pas vu le jour sans l'incitation donnée par Monsieur Gabriel Olivier et je voudrais également associer à ces remerciements Monsieur Jean Louis Martinand pour ses conseils. ainsi que Messieurs Daniel Tilmont, Jean Paul Euzet , Jean Simon et Philippe Varin qui ont permis que ce travail soit mené à son terme.

Ensuite c'est ma famille, ma femme et mes enfants que je tiens à remercier pour le soutien, l'aide, les encouragements qu'ils m'ont prodigués et la patience dont ils ont fait preuve tout au long de ces 5 années, un grand merci à vous.

Je ne saurais oublier dans mes remerciements les collègues et les élèves des deux écoles ainsi que les stagiaires sans lesquels je n'aurais pu conduire ce travail.

273151

Plan

INTRODUCTION

CHAPITRE I. POSITION DU PROBLEME : FINALITES DE LA RECHERCHE, ETAT DES CONNAISSANCES TECHNIQUES ET DES MODELES ANTERIEURS RELATIFS A L'ACTION ETUDIEE 5

I.1. UNE RECHERCHE SUR LA COURSE 7
I.2. UNE RECHERCHE SUR LE DEVELOPPEMENT 17
I.3. UNE RECHERCHE BIOMECANIQUE 26
I.4. UNE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE A VISEE DIDACTIQUE 54
I.5. CONCLUSION DU CHAPITRE 67

CHAPITRE II. MODELISATION DE DEVELOPPEMENT DE LA COURSE A VITESSE MAXIMALE CHEZ L'ENFANT ENTRE 2 ET 11 ANS 68

II.1. CHOIX DE LA REPRESENTATION PARAMETRIQUE : POULAINE D'OREILLE VERSUS POULAINE DE HANCHE 70
II.2. REPARTITION DE LA POPULATION ETUDIEE EN CLASSES DISTINCTES 106
II.3. LES DIFFERENTES CLASSES DANS NOTRE POPULATION : 117
II.4. LES DIFFERENTS NIVEAUX D'HABILETE EN COURSE A VITESSE MAXIMALE CHEZ L'ENFANT ENTRE 2 ET 11 ANS 146

CHAPITRE III. DEVELOPPEMENT DE L'INSTRUMENT PERMETTANT D'APPRENDRE A LIRE LE COMPORTEMENT DE L'ENFANT EN COURSE 208

III.1. ELABORATION THEORIQUE DE L'OUTIL POUR APPRENDRE A LIRE LA FOULEE 211
III.2. MISE EN ŒUVRE DES ESSAIS ET EVALUATION 245

CONCLUSION : EVALUATION DE LA RECHERCHE 296

BIBLIOGRAPHIE 376

TABLE DES ILLUSTRATIONS 416

TABLE DES TABLEAUX 423

ANNEXES ..... Tome 2

Introduction

L'école primaire est un lieu de mise en œuvre de techniques du corps, tant en éducation physique et sportive, que dans d'autres domaines : graphisme, arts plastiques, musique ou danse. Enseigner, faire apprendre, exercer, l'enseignant professeur d'école est confronté à des apprentissages moteurs très variés.

Dans le domaine moteur, les professeurs des écoles sont amenés à construire des contenus d'enseignement qui visent des apprentissages spécifiques et à en évaluer les effets. Pour concevoir ces contenus et mettre en œuvre les situations d'apprentissage correspondantes, l'enseignant définit clairement les savoirs, savoir-faire et savoir-être visés, mais doit également être capable d'identifier le niveau de départ des enfants, de constater les transformations en cours et en fin d'apprentissage. Les enseignants ont donc besoin de repères, d'indicateurs pour analyser les comportements moteurs des enfants, pour construire les progressions et permettre les interventions en cours d'apprentissage ; ils donnent du sens à ce qu'ils voient, aux transformations qui interviennent, à l'évolution de leurs élèves.

Un enseignant, s'il veut faire apprendre un savoir moteur nouveau ou en faire évoluer un pour partie déjà acquis, doit faire preuve d'une habileté de lecture des comportements moteurs qu'il enseigne. La construction de cette habileté s'appuie le plus souvent sur l'expérience. Les enseignants construisent leurs repères à la fois dans la pratique mais également grâce à un ensemble de données, d'informations, de connaissances issues de travaux scientifiques ou empiriques tirées d'ouvrages professionnels. En ce qui concerne l'habileté à lire les comportements moteurs, les travaux de Bertsch (1987) montrent qu'un enseignant chevronné est en général plus expert qu'un enseignant débutant dans l'analyse des réponses motrices des enfants, comme dans la proposition des remédiations à envisager.

Une question se pose à nous pour la formation initiale : comment aider les enseignants, et toutes les personnes qui souhaitent intervenir sur des comportements moteurs, à construire cette habileté de lecture des activités motrices de leurs élèves, comment former pour faire acquérir une technicité de lecture (Combarnous 1982).

A l'école primaire, les programmes sont orientés vers l'acquisition par les enfants de compétences disciplinaires et transversales. Les compétences à acquérir représentent la référence pour les maîtres en ce qui concerne les contenus disciplinaires. La notion de compétence est prise dans le sens courant de la psychologie à savoir, la compétence représente ce qu'un individu est capable de réaliser, la compétence est latente, sa manifestation est la performance (Dictionnaire de la pédagogie 1996). Une compétence est "*un ensemble de savoirs, savoir-faire et savoir être qui permet d'exercer convenablement un rôle, une fonction, une activité*" (Hainaut 1988). L'éducation physique et sportive à l'école primaire favorise la construction des actions motrices fondamentales. Elle vise l'acquisition de compétences spécifiques notamment " *réaliser une action que l'on peut mesurer* " et nous nous proposons, parmi les actions motrices fondamentales, d'examiner le problème de l'analyse des comportements moteurs en course à vitesse maximale et à en améliorer l'évaluation.

Notre travail a donc comme point de départ un problème de formation de formateurs et donc de construction de contenus de formation pour faire acquérir à de futurs enseignants une habileté de lecture des comportements moteurs en course. Nous avons cherché un cadre de

référence qui conviendrait à ce type de recherche, et nous avons tout d'abord opté pour l'ingénierie didactique.

L'ingénierie didactique

Une démarche méthodologique pour organiser notre travail de recherche, celle proposée par Artigue (1990), nous a séduit de prime abord. La démarche de l'ingénierie didactique est largement utilisée dans les recherches en EPS (Chantal Amade-Escot, Jacqueline Marsenach 1995, Raymond Dhellemmes 1995, Monique Loquet 1996).

En effet Michèle Artigue (1990) définit l'ingénierie comme " *un schéma expérimental basé sur des réalisations de classe, c'est-à-dire la conception, la réalisation et l'analyse de séquences d'enseignement.* " La démarche est articulée en 4 phases, une phase d'analyse préalable, une phase de conception a priori du projet, une phase d'expérimentation/réalisation et une phase d'analyse a posteriori.

Dans notre travail, l'analyse préalable consistait à faire le point sur les savoirs scientifiques actuels, sur les savoirs issus du terrain à propos des comportements moteurs en course à vitesse maximale et sur les repères proposés actuellement pour identifier, évaluer les différentes habiletés en course. Mais plus nous avancions dans cette voie et moins ce cadre permettait de rendre compte de l'importance que nous accordions à la nécessaire étude pour construire les savoirs à propos de l'évolution de la foulée de course chez l'enfant. Dans le cas de l'ingénierie didactique les savoirs de référence sont stabilisés, or nous procédions à l'identification de niveaux d'habileté entre 2 et 11 ans et à la production et l'utilisation de nouveaux artefacts (la poulaine d'oreille, viseur) pour l'observation de l'activité des enfants en course, deux domaines qui n'avaient pas encore été étudiés de ce point de vue.

Notre étude nous conduit également à construire une situation de formation à la lecture de comportement moteur pour des étudiants ou stagiaires par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs artefacts. C'est une situation isolée appartenant à une formation plus large. Dans le cadre d'une recherche d'ingénierie didactique, l'objet de la recherche est généralement une unité d'enseignement/apprentissage qui regroupe un ensemble de situations d'apprentissage. Dans ce cas, la phase de conception a priori est importante. Elle est de moindre importance lorsqu'il s'agit d'une situation isolée.

Pour notre travail, cette démarche séduisante de la recherche didactique ne nous semblait plus très pertinente et nous avons donc décidé de choisir un autre cadre de référence permettant de mieux prendre en compte cette construction de savoirs et l'élaboration de nouveaux artefacts, nous nous sommes orienté vers le cadre des recherches technologiques en APS.

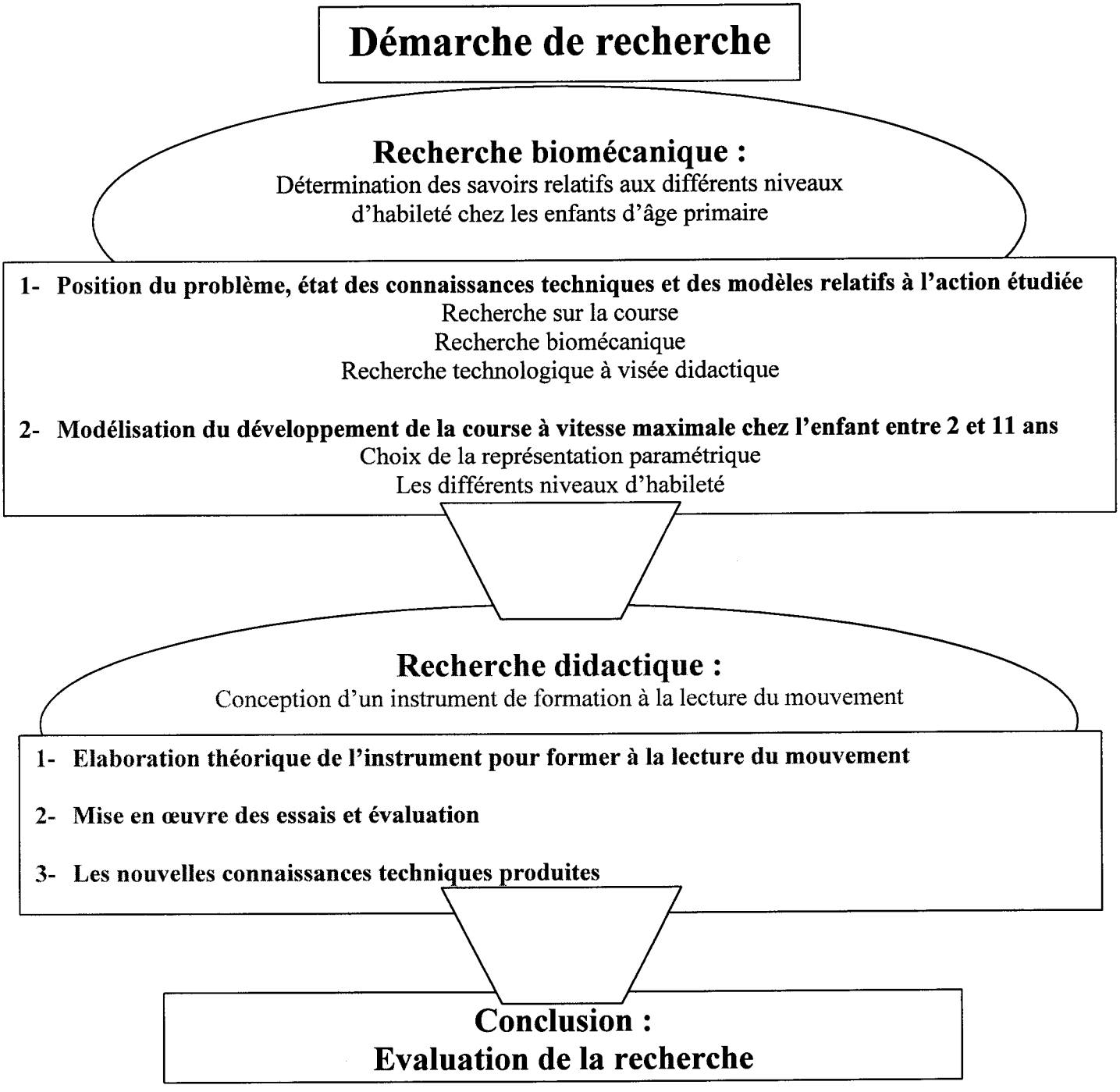
La recherche en technologie des APS

Si l'éducation physique dans l'enseignement du second degré est construite à partir d'une référence à des Activités Physiques Sportives (APS) depuis 1967, c'est seulement en 2002 que les Instructions Officielles du cycle 1 (petite et moyenne section de maternelle) font référence aux activités athlétiques pour la mise en œuvre de la compétence spécifique visée : "*réaliser une action que l'on peut mesurer* ", les Instructions Officielles de 1985 et de 1995 prévoyaient encore pour les cours élémentaires des activités à caractère athlétiques, l'approche de l'athlétisme étant réservée au seul Cours Moyen (fin du cycle 3). Nous nous inscrivons donc dans la perspective d'une recherche sur une APS. Chaque APS, l'athlétisme

en général et le sprint en particulier produit une technique corporelle " *manières de faire, procédés visant l'efficacité ; un ensemble de repères stables permettant répétition et affinement par l'action*" (Vigarello 1988).

Suite aux manques de travaux constatés dans l'analyse de l'évolution de la foulée en course chez l'enfant nous nous sommes orientés vers une approche qui permet une meilleure présentation des résultats obtenus, le courant de recherche défini par Bouthier D. & Durey A. (1994) de l'approche technologique des APS. Nous adapterons le cadre proposé par Alain Durey (2000) pour ce type de recherche et nous proposons de suivre le plan suivant pour présenter notre travail :

Figure 1 : Trame de recherche



CHAPITRE I.

POSITION DU PROBLEME :

FINALITES DE LA RECHERCHE, ETAT DES CONNAISSANCES TECHNIQUES ET DES MODELES ANTERIEURS RELATIFS A L'ACTION ETUDIEE

Depuis la mise en cycle (1989), les enfants, dans une même classe à l'école primaire, sont sensiblement tous du même âge. Toutefois, ils montrent des réponses différentes quand ils sont en activité, cela corresponds aux observations de Burns (1971) et nous suivrons volontiers, parmi les sept postulats qu'il a formulés, les postulats un et cinq plus particulièrement :

1. " ***Il n'y a pas deux apprenants qui progressent à la même vitesse.***
2. *Il n'y a pas deux apprenants qui soient prêts à apprendre en même temps.*
3. *Il n'y a pas deux apprenants qui utilisent les mêmes techniques d'étude.*
4. *Il n'y a pas deux apprenants qui résolvent les problèmes exactement de la même manière.*
5. ***Il n'y a pas deux apprenants qui possèdent le même répertoire de comportements.***
6. *Il n'y a pas deux apprenants qui possèdent le même profil d'intérêt.*
7. *Il n'y a pas deux apprenants qui sont motivés pour atteindre les mêmes buts.* "

Dans sa classe, en éducation physique, un enseignant est donc confronté à des enfants qui manifestent des comportements moteurs différents. Chaque activité mise en place apporte son lot d'interrogations et la nécessité pour l'enseignant de déterminer les différents niveaux auxquels il est confronté. C'est pourquoi nous souhaitons améliorer son habileté à observer la motricité des enfants. Nous choisissons de le faire dans une activité qui fait partie des activités fondamentales à l'école primaire : la course.

Nous sommes, en posant le problème de l'amélioration de cette l'habileté de lecture de l'enseignant, en présence d'une question au carrefour de plusieurs champs de recherche, l'ontogenèse, la biomécanique, la didactique, les Technologies de l'Information et de la Communication Educatives (TICE). Il nous faudra questionner ces champs pour appuyer notre recherche sur les connaissances actuelles.

Mais avant d'envisager ce questionnement, il nous faut dans un premier temps définir notre objet, apporter des précisions et présenter nos choix sur un certain nombre de termes.

I.1. Une recherche sur la course

Notre travail s'intéresse à la course de vitesse. Quand on aborde les études sur le mouvement un certain nombre de termes est employé : compétence, capacité, aptitude, habileté, patron moteur, performance ou en langue anglaise skill, ability, motor pattern. Ces mots n'ont pas toujours la même signification pour tous les auteurs, c'est pourquoi il nous paraît nécessaire de nous positionner. Nous proposons de définir les termes que nous utiliserons dans notre travail, en premier lieu la course et les différentes phases qui la composent, puis les termes de compétence, d'aptitude, de capacité et d'habileté.

I.1.1. La course

La marche et la course sont deux comportements de la locomotion humaine. Ce sont des activités sensori-motrices rythmiques. La marche se distingue de la course par l'existence d'une période de double appui et l'absence de temps de suspension. A contrario, il est possible de définir la course par la présence d'un temps de suspension et l'absence de double appui. Cette première définition ne reconnaît donc pas comme course, l'activité des enfants ou des adultes avec présence d'un double appui.

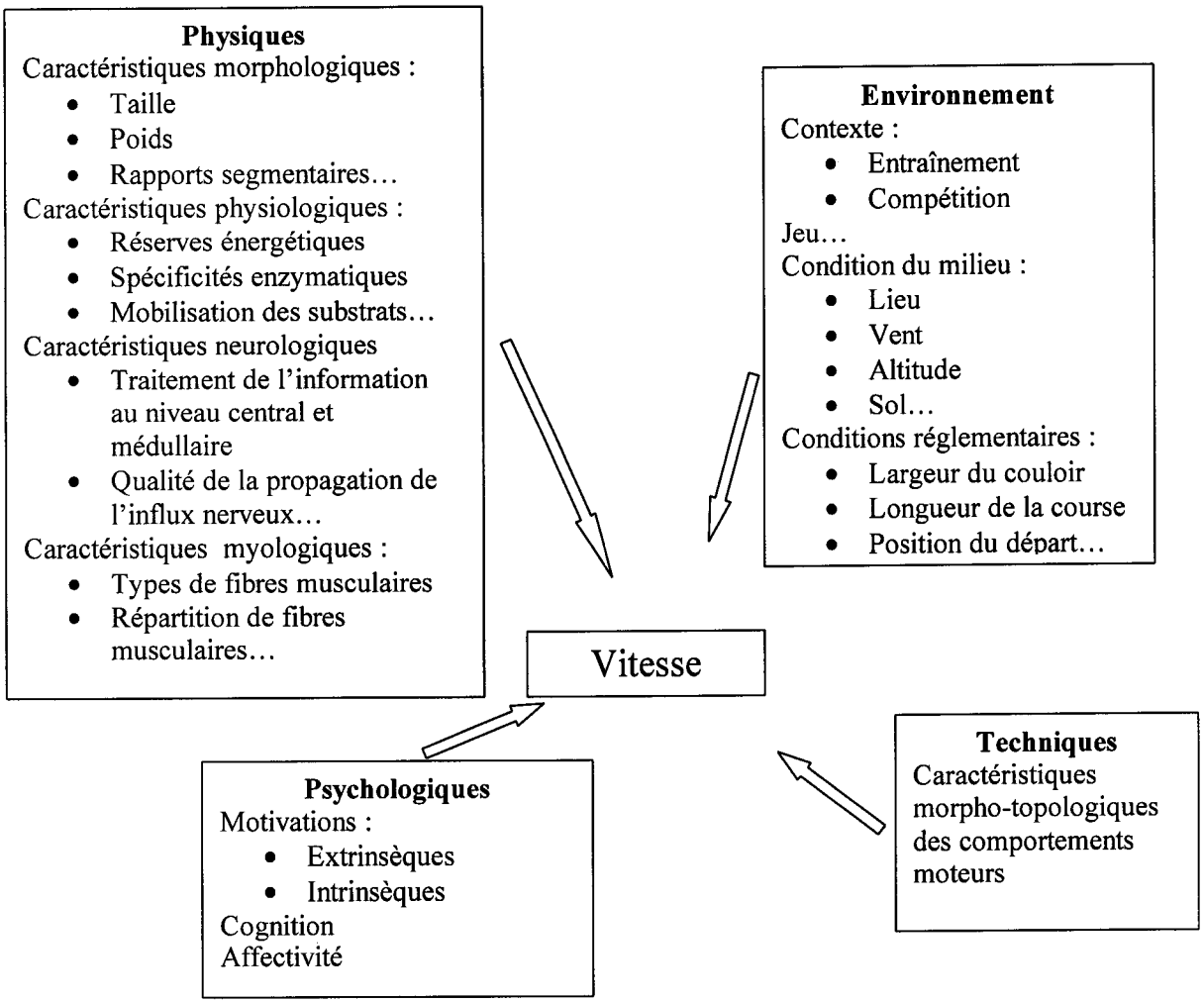
La course regroupe des activités qui vont du simple moyen de locomotion utilisé lorsqu'on est pressé ou dans des activités physiques diverses, jeux, sports collectifs, aux activités athlétiques codifiées en salle ou sur le stade, en ville ou dans la montagne en passant par des activités de loisir. La course se caractérise par une succession d'appuis et de suspensions, c'est une activité cyclique, et c'est avant tout une activité complexe dans laquelle la performance obtenue est le résultat d'interactions entre de nombreux facteurs. Nous limiterons notre investigation à la course de vitesse.

I.1.1.1. La course de vitesse : un système complexe

La course de vitesse est une pratique sociale régie par un système de règles et de conventions. La course de vitesse est pour l'homme en général et l'enfant dans notre cas, " *la capacité à mettre en œuvre plusieurs paramètres* " (Hubiche & Pradet 1993). C'est une activité codifiée de performance motrice. La performance obtenue est le résultat d'interactions complexes dans un système de ressources et de contraintes, liées à l'environnement mais également à des facteurs physiques, psychologiques et techniques.

En nous inspirant d'un schéma pour le javelot produit par Dhellemmes (1995) nous avons construit le schéma suivant qui rend compte des différents facteurs influençant les résultats dans cette activité. Nous distinguerons les caractéristiques physiques (morphologiques, neurologiques, myologiques), l'environnement (contexte, règlement, milieu), les caractéristiques techniques et les caractéristiques psychologiques.

Figure 2 : Facteurs de la performance en course de vitesse



Ce schéma présente, pour l'essentiel, les facteurs qui permettent d'expliquer le résultat obtenu par un individu en course de vitesse. Nous n'avons pas développé intégralement chacun d'entre eux, mais la vitesse est la résultante des interactions parfois contradictoires entre tous ces facteurs.

Une recherche sur le développement de la course peut être abordée de multiples points de vue. Différents champs disciplinaires peuvent être appelés pour éclairer le sujet : la physiologie, l'anatomie, les neurosciences, la psychologie, la biomécanique (cinétique et cinématique). Chacun de ces champs permet de comprendre, d'expliquer, de décrire ou prédire une partie des comportements des individus observés.

I.1.1.2. Les différentes phases de la course à vitesse maximale

Ikai (1968), Ae & al (1991), Pradet & Hubiche (1993), Delecluze & al (1995), Gazeau (1997) ont étudié les variations de la vitesse sur des courtes distances en particulier sur la course de 100 mètres, et distinguent communément trois phases dans une course de vitesse. La course à vitesse maximale, activité physique scolaire proche de la pratique sociale de

référence (le sprint court) se décompose également en trois grandes phases identifiées à partir de l'analyse de l'évolution de la vitesse au cours de cette activité. Nous distinguons :

- Le départ.
- La mise en action, phase qui permet au coureur d'atteindre sa vitesse maximale.
- La phase de maintien de la vitesse maximale.

Nous situons notre travail dans la phase de maintien de la vitesse maximale qu'il est pratique de décomposer de différentes façons. Il est important d'en faire l'inventaire, car la plupart des paramètres du mouvement inventoriés dans les différentes recherches ont été quantifiés et interprétés en relation avec ces décompositions.

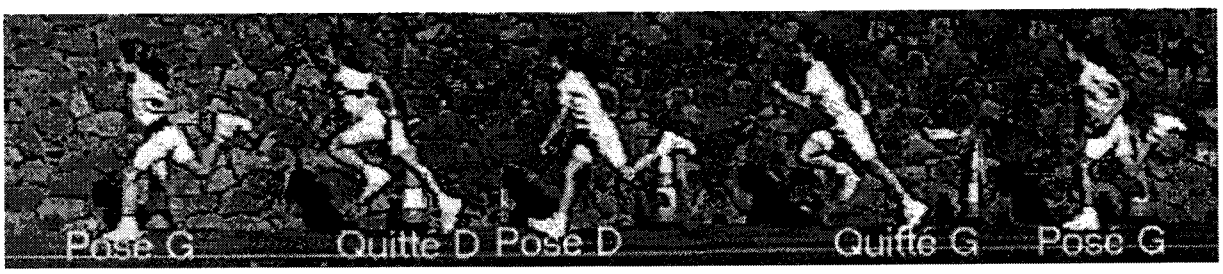
Une première manière de décomposer la course est d'isoler la structure qui se reproduit, **la foulée**. Elle se définit comme la longueur de l'enjambée, c'est-à-dire la distance couverte par deux appuis successifs. Dans une foulée nous pouvons distinguer deux phases :

- une **phase d'appui** qui commence à l'instant du posé du pied et se termine quand le pied d'appui quitte le sol
- une **phase de suspension** qui commence au quitté du pied d'appui et se termine à l'instant du posé du pied controlatéral.

La foulée est la plus petite unité reproductible en course, mais sa présentation ne permet pas d'envisager l'ensemble des différentes actions d'une jambe au cours de la course.

Il est possible également de prendre en considération **un cycle,** deux foulées successives, qui commence au posé d'un pied sur le sol et se termine quand le même pied reprend contact avec le sol. Il existe donc 5 instants qui permettent de structurer un cycle en course, qui sont, dans un plan sagittal, pour un cycle de jambe gauche: le posé gauche, le quitté gauche, le posé droit, le quitté droit, et le posé gauche.

Figure 3 : Instants caractéristiques d'un cycle en course

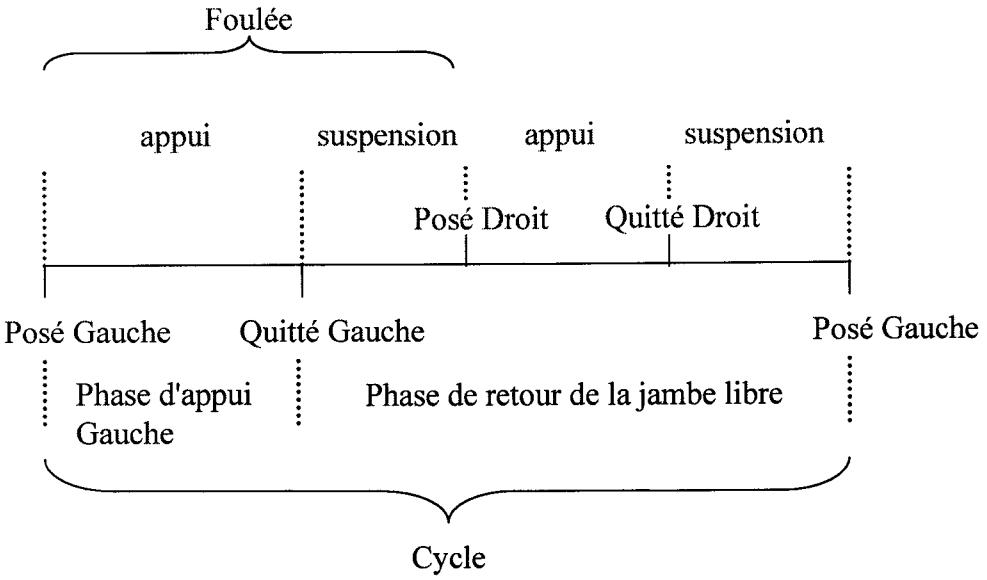


Quand on observe un coureur dans un plan sagittal, au cours d'un cycle pour une jambe, il existe deux grandes phases :

- **La phase d'appui**, la période pendant laquelle le pied est en contact avec le sol.

- **la phase de retour de la jambe libre** commence au quitté et se termine quand le pied revient en contact avec le sol. Pendant la phase de retour de la jambe libre, nous trouvons une première phase de suspension, un posé controlatéral, un quitté controlatéral et une nouvelle phase de suspension.

Figure 4 : Décomposition en phases de la foulée et du cycle de course.



Tous les chercheurs sont d'accord pour cette décomposition à des fins d'analyse de la foulée et du cycle de course aussi bien en ce qui concerne les instants caractéristiques, que des termes employés. Par contre, dans le cadre d'analyses plus fines, les termes comme les instants choisis différent. Ils reflètent alors les théories ou les points de vue sous-jacents.

C'est en particulier la phase d'appui pour laquelle les limites varient le plus. Elle est décomposée en deux phases avec le moment de la transformation identifié ou non. Ainsi, dans la littérature scientifique, nous rencontrons les découpages suivants de la phase d'appui :

- Elle est décomposée en deux parties. Les chercheurs parlent alors de première partie et de seconde partie de la phase d'appui (Zulin & Lamp 1978, Miyamaru & al 1987, Yokoi & al 1987, Ae & al 1987, Farley & Ferris 1998).

- Elle est décrite en référence à une analyse cinétique de la foulée. Les auteurs parlent alors de phase d'absorption et de génération (Novacheck 1998). La phase d'absorption correspond à la période du cycle où le centre de gravité dans son oscillation verticale est en phase descendante, la phase de génération correspondant à la partie montante de l'oscillation verticale. La phase de génération comprend alors une partie de la phase d'appui et de la phase de suspension, la phase de d'absorption une partie de la phase de suspension et le début de la phase d'appui. Certains auteurs limitent la description en phase d'absorption et en phase d'impulsion à la seule phase d'appui (Thordarson 1997, Schache & al 1999). D'autres, en référence aux forces de réaction du sol parlent de phase de freinage et de phase de propulsion (Méro, Luthanen & Komi 1986, Frederick, Robinson & Hamill 1987, Hinrichs, Cavanagh & Williams 1987, Miller 1990).

- Certains chercheurs décomposent le mouvement en référence à une analyse cinématique du mouvement et parlent alors de phase de flexion et de phase d'extension (Nilsson & al 1985, Derrick, Hamill & Caldwell 1998). Dans ce cas, la durée des phases varie en fonction de l'articulation étudiée, l'instant du changement entre flexion et extension n'étant pas obligatoirement le même au niveau de la cheville, du genou de la hanche ou du tronc.

- D'autres organisent les différents moments de la phase d'appui en phase concentrique et phase excentrique en relation avec les activités musculaires (Méro, Luthanen & Komi 1986, Méro & Komi 1986).

- L'instant choisi par les auteurs pour faire la partition des phases d'appui et de suspension diffère également. Parfois le terme employé traduit une décomposition en deux parties égales des deux phases (Mann & Sprague 1980) ou laisse supposer que la durée des différentes parties des phases sont équivalentes (Ounpuu 1990, 1994), les auteurs parlent de *"midsupport"* et "*midstance*". L'événement le plus fréquemment utilisé pour la partition des deux phases est le point d'inflexion de la courbe d'oscillation du centre de gravité. La durée des parties de la phase d'appui est alors inégale en course à vitesse maximale, ce point se situant sensiblement aux 4/10e de la phase d'appui (Méro & al 1986). Pour certains auteurs, le découpage en parties de la phase d'appui ou de la phase de suspension se fait, non pas globalement pour l'ensemble du corps, mais pour chaque articulation, les instants de changement de sens de l'activité des différents groupes musculaires ou des articulations n'étant pas synchrones.

Dans la littérature professionnelle, non scientifique, les auteurs dans leur pragmatisme proposent également des décompositions de la phase d'appui et la terminologie employée reflète les conceptions théoriques qu'ils ont de l'activité.

- La conception traditionnelle dans la littérature professionnelle française (Revue de la Fédération Française d'Athlétisme 1973) s'appuie sur une conception mécanique du fonctionnement du corps (Barnier 1955) et découpe la phase d'appui de la foulée par un instant dit *"soutien"* défini comme le moment où le bassin passe à la verticale de l'appui. Cet instant sépare deux périodes, la première, une phase d'amortissement entre le posé et le *"soutien"*, est dite négative. Pendant cette période le corps du coureur perd de la vitesse. La seconde période est appelée impulsion. Elle est dite positive, commence au "*soutien*" et se termine au moment du quitté. Les deux périodes sont définies en relation avec la représentation des forces de réaction du sol dans le plan sagittal. Avant le *"soutien"* les forces sont négatives car leur résultante est orientée dans le sens contraire au sens du déplacement du coureur, après le soutien, les forces sont positives dans la phase de propulsion, (de poussée) car la résultante est orientée dans le sens du déplacement du coureur. Dans cette conception, il est très concevable qu'il faille diminuer au maximum la durée et l'intensité de la phase dite négative et augmenter la phase dite propulsive, ce qui ne correspond pas au fonctionnement du corps en course à vitesse lente en particulier. D'autre part, l'instant séparant les deux phases est situé au moment du passage du bassin à la verticale de l'appui alors que les références à une conception mécanique imposent la prise en considération du centre de gravité comme repère.

- Dans une perspective à la fois descriptive et en s'appuyant également sur une conception mécanique, Dessons, Drut, Dubois & al (1982), dans leur traité sur

l'athlétisme décomposent la foulée en 4 phases, le contact, l'appui (période limitée par le contact et l'instant où la verticale du centre de gravité a dépassé le point d'appui du talon), la phase propulsive (jusqu'au quitté) et la phase de suspension. Si les instants de posé et de quitté sont clairement identifiables, l'appui tel qu'il est défini est impossible à situer en particulier en course à vitesse maximale, le talon ne touchant pas le sol pour certains coureurs.

- Dans une perspective plus fonctionnelle et s'appuyant sur une analyse du fonctionnement des fibres musculaires et une analyse mécanique, Piron (1973-1975, 1987), Gacon, Durand & Gauthier (1983), Urtebise (1987), Ontanon (1999), décomposent la phase d'appui en deux phases : une phase de mise en tension et une phase de renvoi, indissociablement liées (Piron 1987), séparées par un instant de soutien défini par l'instant où une ligne imaginaire reliant cheville, genou, hanche, épaule passe à la verticale de l'appui (Ontanon 1999). C'est le modèle du ressort, de la chaîne musculaire qui fonctionne en étirement et en détente.

- Dans la même optique descriptive et s'appuyant sur les mêmes conceptions mécaniques du mouvement humain, mais avec également une approche un peu plus fonctionnelle, Hubiche & Pradet (1993) décomposent l'appui en amortissement, soutien et poussée. Pour eux, la poussée commence au moment où le centre de gravité remonte avec comme conséquence " *la poussée peut se concevoir comme une action intervenant avant même le passage du centre de gravité à la verticale de l'appui* " (Hubiche & Pradet 1993).

Notre recherche vise l'aide à l'intervention. Nous devons donc outiller le regard des enseignants et leur permettre un apprentissage de la lecture du mouvement. La décomposition que nous choisissons doit permettre une grande précision dans l'analyse du mouvement pour donner des indicateurs pertinents aux enseignants. Le découpage et la terminologie ne sont pas sans incidence du point de vue didactique et la terminologie fonctionnelle permet une bonne compréhension du fonctionnement moteur en course. C'est pourquoi nous retiendrons les définitions suivantes :

- **Le posé** se définit comme l'instant où une partie du pied touche le sol.

- **Le quitté** est l'instant suivant une période d'appui où l'ensemble du pied a quitté le sol.

- **La phase d'appui** est la période pendant laquelle un pied est en contact avec le sol. Elle se décompose en deux phases séparées par l'instant où le centre de gravité infléchit sa courbe et passe d'une phase descendante à une phase montante. Nous suivrons la terminologie de Hubiche & Pradet (1993) pour désigner cet instant, **le soutien**. Par contre nous utiliserons les termes de phase de **mise en tension** et phase de **renvoi** plus pertinents, car ils allient les conceptions mécaniques et le fonctionnement du muscle en étirement et détente.

- **La phase de mise en tension** est la première partie de la phase d'appui. Elle commence au moment du posé et se termine au soutien.

- **La phase de renvoi** commence au soutien et se termine au quitté.

Par contre dans la description du mouvement au niveau de chaque articulation, nous utiliserons les termes de flexion extension au niveau de chaque articulation, les changements de sens ne se situant pas obligatoirement au même instant.

I.1.2. Précisions terminologiques

Certains termes employés quand on étudie le mouvement demande à être précisés.

I.1.2.1. Aptitudes et capacités

Les premiers termes à définir sont ceux d'aptitude et de capacité et pour ce faire nous prendrons comme référence le Vocabulaire de Psychologie (Henri Piéron 1973).

L'aptitude désigne *" le substrat constitutionnel d'une capacité, préexistant à celle-ci, qui dépendra du développement naturel de l'aptitude, de la formation éducative, éventuellement de l'exercice; la capacité seule peut être l'objet d'évaluation directe, l'aptitude étant une virtualité".*

La capacité *"représente la possibilité de réussite dans l'exécution d'une tâche ou l'exercice d'une profession; elle est conditionnée par une aptitude qu'elle révèle indirectement, mais dépend de conditions préalables parmi lesquelles jouent le degré de maturation, -ou en sens inverse, d'involution, et les divers effets du milieu".*

La distinction entre aptitude et capacité pour expliquer la conduite d'un individu confronté à une tâche intellectuelle ou motrice semble relever de la nécessité de distinguer, dans le résultat obtenu dans la tâche à réaliser, la part de l'hérédité. Si elle est difficile à isoler dans un comportement, elle ne peut être niée, en particulier pour les capacités sportives. Les travaux sur les jumeaux cités par Thomas (1989) dans une revue de question en sont une illustration. Fox et Mathews (1984) ont dressé un tableau de l'influence de l'hérédité sur les fonctions musculaire et neuromusculaire.

Si la capacité représente "*la possibilité de réussite dans l'exécution d'une tâche*" et non ce qui est réalisé, alors nous sommes d'accord avec Marc Durand (1988) quand il dit : "*la notion de capacité, au même titre que les savoir-faire, n'est qu'un niveau intermédiaire entre les comportements de surface et les traits constitutifs de la personnalité*", les traits constitutifs de la personnalité étant les aptitudes telles qu'elles sont définies par Piéron (1973). Il est alors nécessaire d'introduire une autre notion, celle de performance que nous définirons avec Famose & Durand (1988) qui distinguent: "*les performances qui sont les comportements observables d'un individu dans une situation donnée à un moment donné, des aptitudes qui désignent des caractéristiques individuelles stables constantes inchangées par la tâche réalisée*".

Pour notre part, nous définirons l'aptitude et la capacité comme potentialité, la performance étant le résultat fortement contextualisé, variable en fonction du temps.

I.1.2.2. Capacité et compétence

Dans le cadre scolaire, le concept de capacité est dialectiquement lié à celui de compétence et les deux concepts suscitent des confusions (Bonne-Pierron 1994 pour une revue de question).

Pour nous situer, nous partirons de deux définitions. Celle de Cardinet (1988), "*une capacité est une formation générale commune à plusieurs situations ; une compétence, au contraire, est une visée de formation globale, qui met en jeu plusieurs capacités dans une même situation*". Raynal et Rieunier (1998) proposent pour définir une compétence la définition suivante : "*ensemble de comportements potentiels qui permettent à un individu d'exercer une activité considérée généralement comme complexe.*" C'est la complexité de la tâche ou du groupe de tâches concerné qui introduit une hiérarchie dans "*la possibilité de réussite dans l'exécution d'une tâche*" : capacité pour des tâches simples, compétences pour des tâches plus complexes.

Dans notre système de définition cela introduit une hiérarchie en fonction du degré de complexité de la tâche. Pour certains, la hiérarchie se traduit ainsi :

Capacité ⟹ Compétence

, pour d'autres :

Compétence ⟹ Capacité

Les Instructions Officielles de 2002 de l'Ecole Primaire orientent la compréhension du terme de compétence dans le sens : compétences ⟹ capacités. Notre travail ayant une orientation didactique, nous retiendrons cette distinction en réintégrant la notion d'aptitude.

Pour nous, les aptitudes sont des potentialités largement dépendantes de l'inné. Dans l'ensemble des comportements potentiels, il est possible de distinguer les capacités, lorsque la tâche à accomplir est simple, des compétences, lorsque la tâche à remplir est complexe et qu'elle impose la sollicitation de multiples capacités. Le résultat observable se traduit par une performance.

I.1.2.3. l'habileté motrice

Dans les recherches sur la motricité et sur l'apprentissage moteur, le concept d'habileté motrice est très souvent utilisé. On retrouve chez les différents auteurs traitant des habiletés motrices, des définitions qui recoupent les problèmes terminologiques vus précédemment. Ainsi Guthrie (1957) définit l'habileté comme "*la capacité acquise par apprentissage d'atteindre des résultats fixés à l'avance, avec un maximum de réussite, et souvent un minimum de temps, d'énergie ou des deux*", pour Famose (1985) c'est "*le niveau de compétence ou de savoir-faire acquis par un pratiquant dans une tâche particulière ou dans un groupe de tâches très limité*" ; Camus (1985) souligne les deux aspects qui caractérisent une habileté : une compétence et une performance ; Durand (1989) définit une habileté motrice "*comme la compétence acquise par un individu dans une tâche particulière*".

Jacques Leplat (1987) quand il dit : "*la notion d'habileté est très voisine de celle de compétence, capacité, expertise, savoir-faire*", et qu'il la définit comme : "*la possibilité acquise par un individu d'exécuter une classe de tâches à un niveau élevé d'efficacité et d'efficience*" fait une synthèse des définitions. Cette définition est celle d'une capacité et plus particulièrement d'un niveau dans une capacité. Une habileté désigne donc la possibilité de

réalisation d'une conduite motrice pour répondre à une tâche ou à une catégorie de tâches. Dans ce cadre, la notion d'habileté recouvre celle de capacité.

Une notion supplémentaire est parfois introduite, celle du niveau atteint. Cette possibilité peut alors se manifester à des niveaux différents, niveaux qui vont d'un niveau initial à un niveau représentant l'excellence, c'est-à-dire le niveau le plus élevé d'efficience et d'efficacité.

En fonction de l'âge des enfants les capacités évoluent, et un niveau élevé à un âge donné ne l'est plus à un autre âge. Il est possible d'envisager des niveaux dans une capacité, l'efficacité et l'efficience d'une époque n'étant plus celle de l'époque précédente, dans un sens ou dans l'autre en fonction de la maturation ou de l'involution.

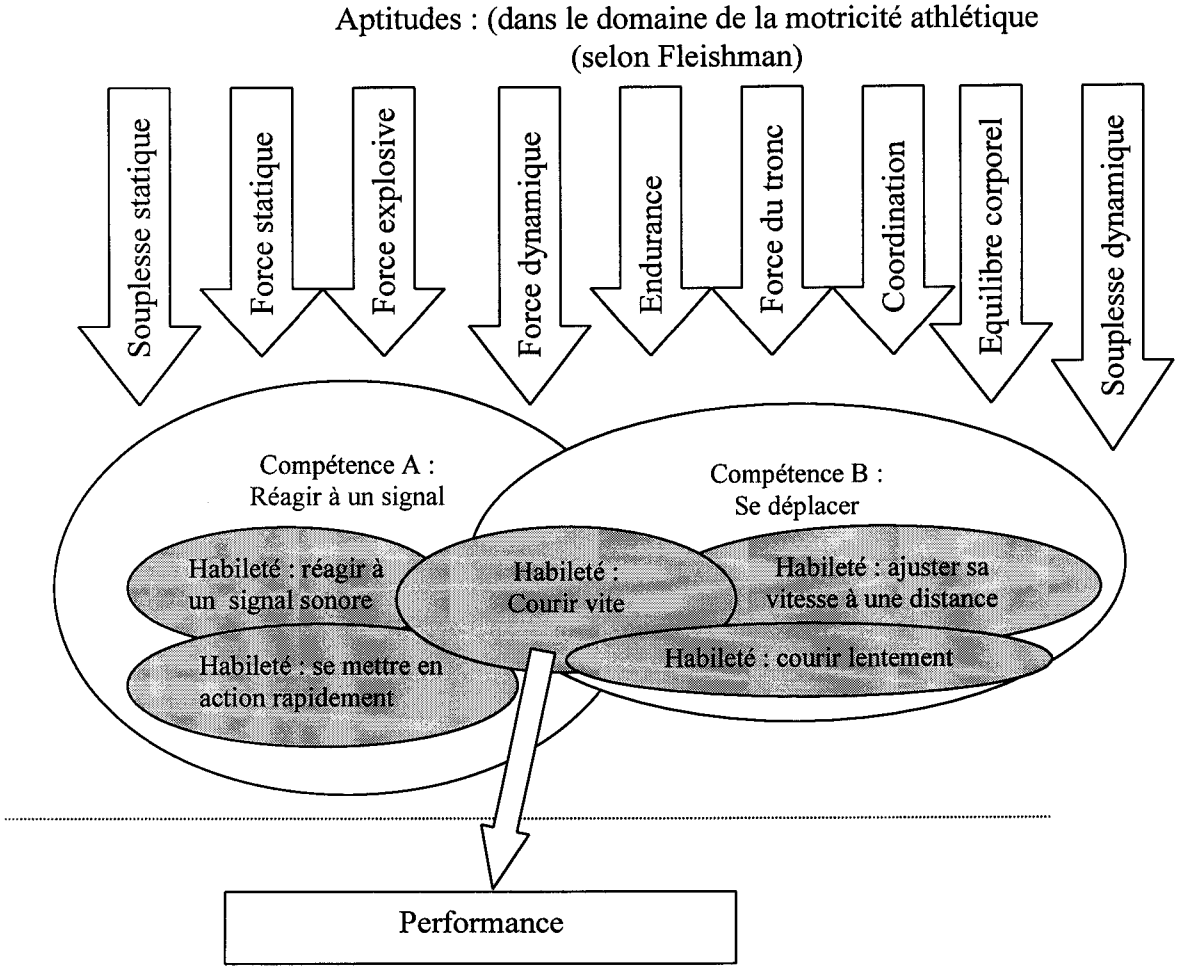
Pour notre étude, dans le développement de la motricité, nous préférerons le terme d'habileté à celui de capacité que nous définirons ainsi :

l'habileté est la possibilité acquise de réussite dans l'exécution d'une tâche ou d'une classe de tâches; elle manifeste une ou des aptitudes et se concrétise par une performance ; elle dépend de conditions préalables parmi lesquelles jouent le degré de maturation (ou en sens inverse, d'involution) et les divers effets du milieu.

Le niveau dans une habileté pour un individu dans une tâche ou un groupe de tâches, à un moment donné de son histoire, dépend donc de son degré de maturation ou d'involution, de la formation reçue, de la quantité et de la qualité de l'exercice de cette habileté et donc de l'apprentissage pris au sens large. Keller (1999) précise par exemple, que "*le développement d'une habileté motrice comme la marche, longtemps considérée comme directement liée à la maturation du système neuromusculaire, n'en nécessite pas moins un très long apprentissage*".

Pour faire une synthèse, nous proposons le schéma suivant indiquant les relations entre les différents termes :

Figure 5 : schématisation des relations aptitudes, compétences, habileté, performance



I.2. Une recherche sur le développement

Les enseignants à l'école primaire se posent souvent cette question en éducation physique, provoquent-ils des apprentissages moteurs ou bien accompagnent-ils seulement le développement de l'enfant. Les enfants se transforment au cours de leur scolarité du fait du développement ; les enfants grandissent et grossissent, se transforment aux plans physique, nerveux, psychologique mais également du fait des apprentissages, ils sont en effet également confrontés à des expériences multiples. Il est peut-être utile de faire une distinction entre développement moteur et apprentissage moteur.

I.2.1. Le développement moteur / l'apprentissage moteur : définitions

L'ontogenèse est le développement de l'individu, depuis l'œuf jusqu'à l'âge adulte. Les recherches en psychologie du développement ont clairement montré que le développement des comportements de tout individu est conditionné par son héritage génétique et par son environnement. Le développement moteur ou psychomoteur de l'enfant "*est un processus complexe qui se déroule sur une longue période de la vie, impliquant à la fois maturation des structures nerveuses de l'organisme et amélioration fonctionnelle de ces systèmes*" (Keller 1999). Il est soumis à deux processus qui interagissent en permanence la croissance/maturation et l'expérience/apprentissage.

Apprendre consiste selon le courant neurobiologique en "*une stabilisation sélective de synapses en cours de développement*" (Changeux 1983 , Azémar 1982). C'est selon Durand (1989) prendre le terme d'apprentissage au sens très large qui n'est pas le sens qu'en donne les psychologues. Ils associent apprentissage à la transformation des conduites dans une tâche précise. Pour Reuchlin (1977) "*il y a apprentissage lorsqu'un organisme, placé plusieurs fois dans la même situation, modifie sa conduite de façon systématique et relativement durable*". Dans tous les cas, il existe une insistance sur la notion de stabilité et de modification du comportement. L'apprentissage moteur (et le comportement moteur qui en résulte) est selon Delignières (1998) un phénomène émergeant d'un réseau de contraintes lié soit à la tâche, soit à l'organisme, soit à l'environnement. Pour Simonet (1985) l'apprentissage moteur renvoie "*à toute modification du comportement qui résulte de l'exercice, à l'exclusion des manifestations évolutives dues à d'autres causes (maturation, croissance, fluctuations motivationnelles...)*".

Les différences entre les courants se situent sur l'origine de l'acquisition motrice ou de la transformation du comportement moteur qui peut être variée, pour cela, on peut évoquer avec George & Richard (1982) "*l'innéisme, la maturation, l'apprentissage ou plus largement l'expérience, et l'auto organisation*".

Il peut être nécessaire de distinguer des apprentissages au sens large comme marcher courir, parler qui sont étroitement liés au développement et des apprentissages au sens strict qui sont la conséquence de pratiques délibérées, planifiées, et largement arbitraires.

I.2.1.1. Développement versus apprentissage

Si l'on distingue des apprentissages au sens large et des apprentissages au sens strict, selon Hauert (1995) les critères permettant de différencier développement et apprentissage peuvent être :

Tableau 1 : critères permettant de différencier développement et apprentissage moteur d'après Hauert (1995).

Développement	Apprentissage
Echelle temporelle longue	Echelle temporelle brève
Irréversibilité de l'acquisition	Possibilité d'oubli
Multitudes d'aspects communs	Diversités des modes d'apprentissage
Nécessités adaptatives	Adaptation pas obligatoirement nécessaire au sens strict
Contraintes temporelles par les programmes de croissances	Non soumis systématiquement aux contraintes de croissance
Développement comme condition préalable aux apprentissages	L'apprentissage n'est pas une condition du développement
Etude des modifications en fonction de l'âge	Etude des modifications en fonction de la répétition, de l'expérience

Mais alors chacun de ces critères peut être discuté.

I.2.1.2. L'échelle temporelle

Il est vrai que certains apprentissages moteurs tels que la marche, la course sont longs à s'installer mais les auteurs divergent sur la durée de l'apprentissage. Ainsi Clark & Phillips (1987) soutiennent que la marche mature est acquise après trois mois de marche indépendante, alors que Bril (1995), Bril & Brenière (1998) soutiennent qu'il faut 5 à 6 ans de marche autonome pour que la marche de l'enfant acquiert les mêmes caractéristiques que la marche de l'adulte. De la même manière, si un apprentissage particulier dans le cas d'une tâche unidimensionnelle s'améliore en fonction du nombre de répétitions (Simonet 1985), l'apprentissage d'un geste sportif plus complexe, comme le revers au tennis demande une plus grande période.

Cette différence temporelle pour distinguer développement moteur et apprentissage moteur est donc très relative.

I.2.1.3. L'irréversibilité versus possibilité d'oubli

L'irréversibilité de l'acquisition semble être un critère pertinent, on "*n'oublie pas*" quand on a su marcher ou faire de la bicyclette. Par contre une acquisition motrice restreinte si elle n'est pas pratiquée peut "s'oublier". Pourtant Grabiner & Enoka (1995) montrent que les capacités motrices diminuent avec la vieillesse et affectent les performances musculaires donc motrices. Gehlsen, Demchak & Walters (1996) ne trouvent quant à eux pas de changement statistique en course lente pour la vitesse, la fréquence, les temps d'appui et de suspension de la foulée pour des coureurs restant actifs à 25 ans d'intervalle (les mêmes coureurs à 29 et 51 ans). Enfin Hamilton (1993) pour des sprinters entre 30 et 90 ans a trouvé une diminution significative de la vitesse, de la longueur des foulées, du temps de suspension, du mouvement

au niveau de la hanche et au niveau du genou. L'habileté apprise se modifie avec l'âge, elle devient moins performante, on parle d'involution. Il est établi que les capacités physiques se transforment avec l'âge.

C'est l'échelle temporelle prise comme référence pour apprendre ou désapprendre qui nous permet de dire que dans un cas il y a possibilité d'oubli et dans l'autre cas non.

I.2.1.4. Multitude d'aspects communs, versus diversité des modes d'apprentissage

Si on peut considérer que pendant le développement les individus présentent une multitude d'aspects communs et s'il est vrai qu'un apprentissage moteur particulier peut se faire de multiples façons en fonction des conditions d'apprentissage, du style de l'apprenant, on peut également trouver dans le développement des "*fonctionnements différents*", l'avance dans l'âge d'acquisition de la marche chez les enfants entraînés à la marche automatique ou chez des enfants de culture non occidentale sont des exemples de "*fonctionnements différents*" dans le développement (Bril 1995). Les théories de l'apprentissage moteur indiquent que les apprentissages moteurs, s'ils dépendent des caractéristiques des apprenants, reposent sur un fonctionnement identique.

En fait le développement moteur ou les apprentissages moteurs présentent à la fois des aspects communs mais également des diversités possibles.

I.2.1.5. Contraintes temporelles par les programmes de croissance versus apprentissage non soumis systématiquement à ces contraintes.

Il est reconnu par tous les chercheurs du développement que les programmes de croissance imposent des contraintes temporelles au développement, et, en opposition, l'apprentissage, lui, n'y serait pas soumis. Les recherches sur l'ontogenèse des mécanismes de traitement de l'information impliqués dans le déclenchement et l'exécution d'un mouvement d'interception conduites par Olivier, Ripoll & Audrifen (1995) montrent que les opérations impliquées dans la sélection de la réponse évoluent avec le développement et présentent une phase critique à l'âge de 11 ans. Hauert & al (1999) montrent que les enfant entre 6 et 10 ans pour des activités de pointage et de visées visuo-manuelles présentent une évolution non monotone et une réorganisation des processus vers l'âge de 6-8 ans Cet apprentissage moteur peut être qualifié de pratique délibérée, planifiée, et largement arbitraire donc compris comme un apprentissage au sens strict d'après la définition de Hauert (1995).

On peut donc comprendre que l'apprentissage moteur sur une courte période n'est pas soumis aux contraintes des programmes de croissances et de maturation, mais le même apprentissage évolue avec le temps en fonction de ces contraintes.

I.2.1.6. Développement comme condition préalable aux apprentissages versus apprentissage non obligatoire pour le développement.

Pour la grande majorité des aspects du développement, il est indéniable que le développement est une condition aux apprentissages, les modifications du système nerveux, l'arborisation dendritique au cours des deux premières années de la vie postnatale en est un

exemple. Au sens strict, l'apprentissage ne peut pas être une condition au développement, les horloges internes, la maturation biologique, la croissance sont régies par des programmes biologiques. Pourtant on ne peut maintenant dénier l'importance des carences d'activités ou de stimulation du milieu sur le développement, et par exemple l'expérience individuelle est indispensable à la confirmation et à la stabilisation des capacités perceptives (Azémar 1982).

I.2.1.7. Modifications en fonction de l'âge versus modifications en fonction de la répétition ou de l'expérience.

Le dernier point est certainement de notre point de vue le plus intéressant, les études sur le développement s'intéressent aux modifications du comportement en fonction de l'âge, alors que les études sur l'apprentissage moteur sont centrées sur les modifications en fonction des situations d'apprentissage, de la répétition et de l'expérience.

Les résultats des études développementales sont effectivement organisés en fonction de l'âge chronologique des individus testés. Tous les chercheurs qui s'intéressent au développement moteur en course ont présenté leurs résultats ainsi. C'est le cas pour Ikai (1968), Balsevich (1985, 1987) Branta &al (1984) pour les variations de performances, également pour Gesell (1929), Wickstrom (1975), Keller (1992) pour l'évolution de la forme de la course, et pour Fortney (1983), Marino et McDonald (1986), Amano & al (1987), Shepens & al (1998) pour les modifications cinématiques et cinétiques. Les recherches sur des processus sous-jacents aux apprentissages moteurs étudient les transformations en fonction de l'âge chronologique (Azémar 1982, Roberton & Halverson 1988, Durand et Barna 1987, Ripoll, Keller & Olivier 1994)

L'âge chronologique, s'il est un repère facile pour exprimer le développement, ne traduit pas les différences qui peuvent exister entre des individus au même âge. Les écarts à la moyenne dans les résultats d'une classe d'âge signalés dans toutes les recherches sont le reflet du biais introduit dans les études développementales par le fait de rapporter les résultats à l'âge chronologique. Les principaux indices de croissance sont l'âge dentaire, crânien, pondéral, statural, sexuel, thoracique, osseux. Tanner en 1962 propose de déterminer l'âge biologique en utilisant 4 facteurs, le degré d'ossification du squelette, l'âge d'éruption des dents, les caractères bio métriques (la taille, le poids et le développement des caractères sexuels secondaires)(Gerbeaux 1984). Mais le développement moteur est en étroite relation avec l'expérience du sujet, il serait peut-être alors intéressant de parler de niveau d'expérience ou de niveau d'acquisition. Dans l'étude du développement de la course chez l'enfant d'âge scolaire, il semble plus intéressant d'organiser les regroupements par niveau d'habileté. L'âge chronologique étant la base de l'organisation de l'école, la relation entre niveau d'habileté et âge chronologique sera malgré tout un élément à étudier.

Distinguer développement moteur et apprentissage moteur revient à distinguer deux approches d'un phénomène particulièrement complexe sur lequel interagissent croissance, maturation, expérience, quantité de pratique, motivation, mais aussi, si nous envisageons le développement moteur jusqu'aux personnes âgées, transformations musculaires, nerveuses, psychologiques dues à l'âge. C'est faire la différence entre une étude synchronique et une étude diachronique de phénomènes qui varient en fonction de l'avancée en âge des sujets. Il est bien entendu évident que des apprentissages systématiques sont très importants dans l'évolution du comportement moteur de l'enfant. Si nous prenons comme définition pour l'apprentissage moteur le sens strict c'est à dire des études des modifications des comportements moteurs en fonction de la répétition et de l'expérience, cette définition

convient partiellement au développement moteur qui est lui aussi conditionné par le nombre de répétitions et par les expériences du sujet.

Nous pourrions définir le développement moteur comme l'ensemble des modifications qui permettent à un individu de former des séquences sensori-motrices nouvelles et d'y devenir habile, l'apprentissage moteur systématique étant un facteur stimulant. Pour répondre à l'interrogation des enseignants en début de paragraphe, les apprentissages systématiques sont des stimulants, les expériences variées à l'école mais également en dehors de l'école sont des éléments indispensables qui accompagnent le développement moteur de l'enfant. L'école, occupant une grande période de la vie d'un enfant, doit prendre en charge des apprentissages moteurs systématiques mais aussi des moments libres d'expérience motrice.

I.2.2. les recherches sur le développement moteur

La recherche sur le développement d'une habileté motrice peut s'envisager selon deux grands points de vue, la recherche des processus ou la description des productions.

Les recherches sur les processus sous-jacents sont fondamentales et la compréhension du développement moteur, des mécanismes du contrôle moteur, des liens entre développement moteur et cognitif, des relations entre la perception et l'action sont essentielles pour un enseignant. C'est le courant actuel des recherches pour la compréhension du développement des habiletés motrices.

D'une manière plus générale, dans le cadre de travaux sur le développement moteur les auteurs organisent les transformations en grandes périodes.

Gesell proposait 24 niveaux d'âge entre 0 et 16 ans. Ces coupures sont à la fois artificielles, instrumentales et psychologiquement significatives. Tran Thong (1978) a proposé de ramener les 24 niveaux d'âge en 7 périodes, 0-1 mois, 1 à 7 mois, 7 à 18 mois, 18 à 3 ans, 3 à 5 ans, 5 à 10 ans et 10 à 16 ans.

Gallahue (1992) propose 4 stades du développement moteur, 2 concernent les enfants entre 2 et 11 ans : entre 2 et 6-7 ans le stade des mouvements fondamentaux, entre 7 et 14 ans le stade des mouvements spécialisés. Le développement moteur entre 2 et 11 ans semble marquer un pallier vers l'âge de 5-7 ans qui correspond au passage d'une motricité qui se construit davantage par essai et erreur, centrée sur la perception des effets de l'action dans la période de 2 à 7 ans à une motricité qui se construit alors plus sur le mode réflexif (Gallahue 1992, Durand 1987, 1989).

Historiquement les recherches sur l'examen des productions motrices des enfants ont précédé les recherches sur les processus et elles ont abouti à la production d'indicateurs comportementaux qui ont intéressé les médecins et les pédagogues. Cette démarche est peu heuristique du point de vue de la compréhension de l'évolution des processus moteurs. Mais notre but est de rechercher les indicateurs susceptibles d'aider les enseignants à identifier les transformations motrices vécues par leurs élèves. C'est pourquoi cette démarche nous semble la plus prometteuse pour notre objet de recherche. Dans un but d'aide à l'intervention, nous focaliserons notre attention sur les études descriptives.

Déterminer les différents niveaux en course de vitesse chez les enfants d'âge scolaire est alors un problème qui peut se résoudre de plusieurs façons. Dans la littérature nous

trouvons deux grandes catégories de recherches sur le développement, la méthode transversale et la méthode longitudinale.

La méthode transversale consiste à former des groupes d'enfants d'âges chronologiques différents et à les comparer entre eux. Rapide, elle permet de déterminer les critères de normalité pour les groupes envisagés, mais présente le défaut méthodologique d'admettre que les enfants de 5 ans acquièrent les caractéristiques des enfants de 6 ans en une année.

La méthode longitudinale consiste à suivre les mêmes enfants tout au long de leur croissance en notant régulièrement les différences survenues. Plus précise, mais plus longue à mettre en œuvre, cette méthode dans notre cas porterait la durée de la prise de données, sur l'ensemble de la scolarité primaire c'est-à-dire une période de 9 ans.

Pour notre travail, nous retiendrons une méthode transversale, nous prendrons un nombre conséquent d'enfants de chaque niveau d'âge, mais nous choisirons de considérer que ces enfants constituent une seule population dont nous chercherons à comprendre l'organisation entre continuité ou rupture, continuum dans le développement ou identification de niveaux d'habileté.

I.2.3. Les recherches développementales descriptives en course de vitesse

Les études descriptives abordent l'étude des habiletés soit de manière globale ou d'une manière segmentaire.

I.2.3.1. Etudes descriptives globales

Dans ce type de recherche, on retrouve Arnold Gesell à partir de 1925, Wickstrom (1975, 1977, 1983), Branta, Haubenstricker & Seefeld (1984). La cohérence des relations inter-segmentaires permet de justifier l'approche globale.

Gesell dans ses travaux aborde, entre autre, le développement moteur ; il propose des facteurs, des lois du développement et un développement en stade présenté par âge. Toutefois, *" Les niveaux d'âge geselliens sont des niveaux de maturité, qui s'expriment en terme d'âge chronologique mais n'y coïncide pas "* (Tran Thong 1978). Deux raisons éclairent cette affirmation, le temps de développement n'a pas la même valeur pour toutes les tranches d'âge de même durée et un niveau d'âge n'est pas une date précise mais plutôt une zone d'âge. Dans cette notion de stade Gesell indique que ce sont des structures artificielles et que le développement est continu, celui-ci se construit par étape et selon une succession ordonnée.

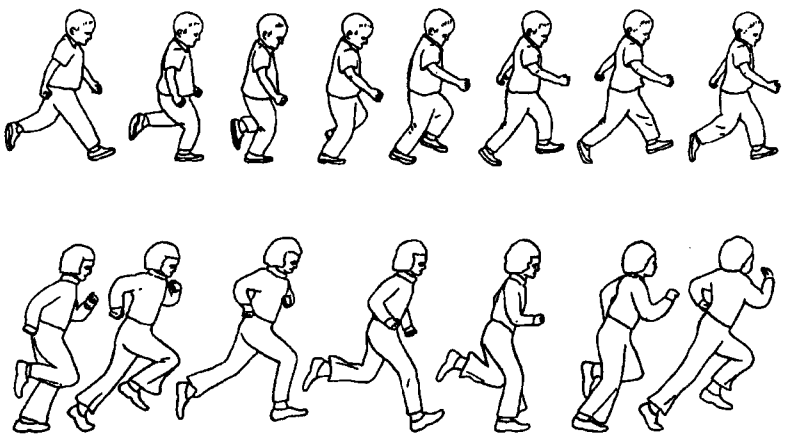
Branta, Haubenstricker & Seefeld (1984) ont déterminé des niveaux d'habileté dans huit habiletés dites fondamentales, le lancer, le tir au pied, la course de vitesse, l'attraper d'une balle, la frappe avec une batte de base-ball, le saut à cloche-pied et le saut à la corde. Pour eux, en course de vitesse, les garçons atteignent le niveau 4, c'est-à-dire l'âge auquel 60% des individus " courent bien", vers 4 ans alors que pour les filles ce niveau est atteint vers 5 ans.

Tout comme Gesell, Wickstrom (1975, 1977, 1983) propose des stades de développement délimités par des âges. Il a analysé plusieurs habiletés dites fondamentales la course, le saut à pieds joints (vertical et horizontal), le lancer léger, la frappe avec une batte de base-ball et le tir au pied. Il propose les formes d'organisation corporelles à différents moments et pour chacun d'eux, les descriptions des évolutions de la forme de l'organisation corporelle en relation avec une forme mature qui est celle des adultes entraînés dans cette habileté. Il définit les orientations constatées dans les changements d'organisation corporelle. Pour la course, il note :

- l'augmentation de la longueur de la foulée,
- la diminution de l'oscillation verticale du centre de gravité,
- l'augmentation de la hauteur du retour arrière du talon de la jambe libre,
- la diminution de la distance entre la verticale du centre de gravité et le posé du pied d'appui
- un trajet en aller-retour des bras de plus en plus long et de plus en plus uniforme.

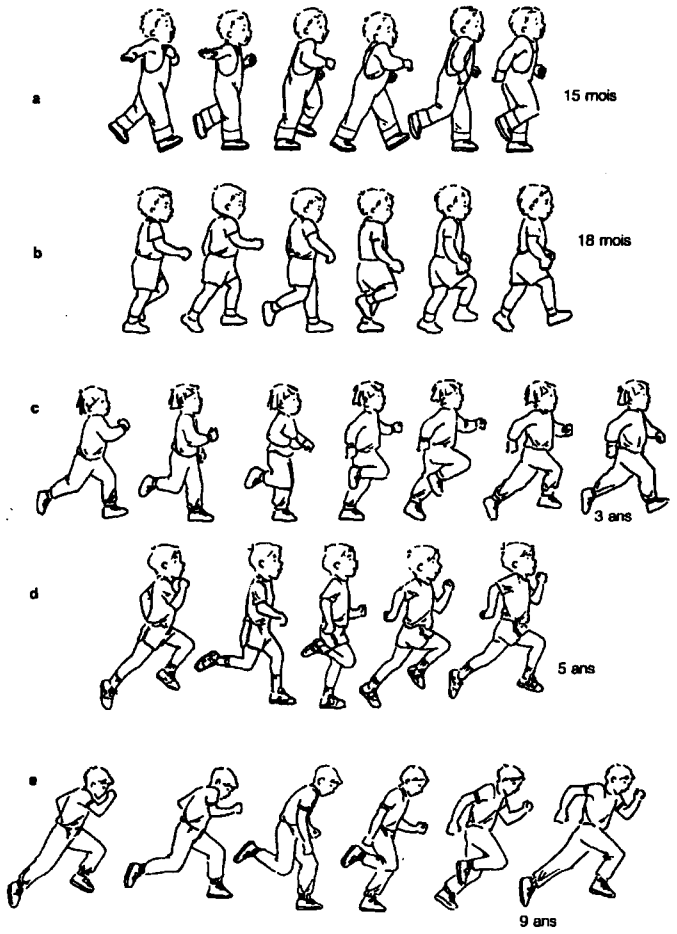
Il caractérise les transformations d'un système bondissant et en zigzag vers un système recherchant la vitesse horizontale. Il illustre ses propos par des modélisations sous forme de kinogramme. Il indique deux grandes étapes, la forme de la course passe chez les enfants d'une forme bondissante et zigzagante pour l'enfant de 27 mois à une forme corporelle qui met l'accent sur la recherche de la vitesse horizontale chez les enfants de 8 ans.

Figure 6 : Proposition de stades de développement en course à vitesse maximale selon Wickstrom (1983).



Keller (1992), reprenant les études de Wickstrom, propose une illustration de l'évolution de la course à vitesse maximale chez les enfants entre 15 mois et 9 ans. Il propose et illustre ainsi entre 2 et 9 ans 5 étapes caractéristiques en fonction de l'âge.

Figure 7 : Proposition de stades de développement selon Keller (1992).



Reprenant en synthèse les travaux de différents auteurs, Keller (1992) propose une configuration motrice pour la course à vitesse maximale arrivée à maturité chez l'enfant.

- Flexion légère de la cheville et du genou après la pose du pied d'appui
- Action de propulsion simultanée de la cheville du genou et de la hanche orientée vers le haut et vers l'avant
- Flexion de la jambe libre révélée par le retour talon-fesse et la montée de la jambe libre
- Extension de cette jambe libre avant le contact avec le sol sous le centre de gravité
- Tronc presque vertical légèrement incliné vers l'avant
- Balancement ample des bras synchronisés

Si l'évolution de l'habileté motrice en course de vitesse est dessinée à grands traits et par âge, les différences interindividuelles constatées dans une même tranche d'âge imposent

une autre approche de la description de l'évolution des formes d'organisation corporelles en course chez l'enfant.

I.2.3.2. Les études descriptives segmentaires

Le second courant (Roberton, Halverson, Williams...) reprend les recherches descriptives avec une analyse des séquences développementales des différents membres et du tronc, étant entendu que chaque niveau reprend le précédent en l'améliorant, l'ensemble des niveaux étant organisé hiérarchiquement.

I.2.4. Conclusion

Nous pouvons retirer de ces études, les critères pris en considération et le sens des transformations repéré. Les enfants ont comportement que l'on peut caractériser par : une inhibition du balancement des bras, des mouvements de rotations et de croisement de l'axe corporel, un placement inadapté du pied, des mouvements de bras asynchrones, des arythmies, une pose de pied à plat ou en talon. Les critères retenus pour observer les comportements en course sont l'amplitude puis, au cours de la phase d'appui, la distance de pose du pied par rapport au centre de gravité, l'orientation de l'impulsion et l'extension de la jambe d'appui en fin de renvoi,et enfin pendant la phase de retour de la jambe libre la hauteur à laquelle monte le genou et la hauteur du retour du talon.

Nous sommes restés à une conception très globale de l'évolution expliquée en fonction de l'âge des enfants ou en fonction des voies de transformation des formes de coordination. La notion de stade à caractère universel, fortement dépendante du modèle piagétien du développement, doit être revisitée pour tenir compte des décalages constatés par rapport à l'âge d'apparition d'une structure. Ces décalages peuvent avoir différentes origines, le contexte, les différences d'activité exploratoire, le style cognitif des enfants (Keller 1995).

Déterminer les différents niveaux en course de vitesse chez les enfants d'âge scolaire est alors un problème.

Dans un niveau de classe donné, les enfants présentent des niveaux d'habileté différents que l'enseignant doit cerner. Le problème de l'identification de niveaux d'habileté dans une classe est en relation étroite avec ceux des classes précédentes et suivantes, certains enfants atteignent un niveau d'habileté donné d'une manière plus précoce que d'autres. Ainsi, le niveau le plus faible identifié dans une classe peut se trouver être le niveau le plus fort dans une classe antérieure. Notre recherche sera conduite sur toute la scolarité et prendra en compte des enfants de toutes les classes de l'école primaire, de la petite section au CM2, que nous examinerons d'une part en fonction de l'âge et d'aiutre part comme une population globale.

I.3. Une recherche biomécanique

Notre étude est centrée sur l'analyse du mouvement humain. Nous souhaitons outiller nos étudiants et stagiaires pour l'observation des enfants en course, les amener à se construire des observables, des repères qu'ils puissent utiliser.

Nous devons au préalable borner, dans le temps, l'enfance. Vandervael (1980) propose les étapes suivantes pour décrire la croissance humaine, la petite enfance de la naissance à 2,5 ans, la moyenne enfance de 2 à 6-7 ans, la grande enfance de 7 à 10-11 ans, l'adolescence de 11 ans à 16-17 ans, puis la jeunesse qui se termine vers 23-24 ans au moment de l'ossification définitive du squelette. Pour Mansour (1994), l'enfance est une période qui peut être définie comme la " *période de la vie pendant laquelle le petit de l'homme est considéré comme un enfant* ". La période ne semble pas se délimiter clairement; si la limite inférieure de l'enfance est en général facile à définir (la naissance), sa fin est fonction du domaine d'application spécifique du concept. En éducation, il est courant de décomposer la vie en trois grandes périodes, l'enfance de 0 à 11 /12 ans, l'adolescence de 11/12 ans à 18 ans et l'âge adulte. En ce qui nous concerne, nous limiterons notre investigation à l'enfant en âge de fréquenter l'école primaire, en France : de 2 ans, l'âge des toutes petites sections du cycle des apprentissages premiers, à 11 ans, l'âge des enfants en troisième année du cycle des approfondissements de l'école primaire.

L'analyse du mouvement commence très tôt dans l'histoire contemporaine : des vases grecs datés de 470 avant JC représentant différents moments de la foulée de sprinter ou l'intérêt porté par Aristote (384-322 avant JC) pour la locomotion humaine, en sont l'illustration.

Marey et Démeny, à la fin du XIXè siècle révolutionnent l'étude des mouvements en introduisant l'instrument de la chronophotographie et en liant " *l'aspect cinématique, l'aspect dynamique et l'aspect artistique pour analyser le mouvement animal et humain* " (Pociello 1999).

Les études cinématiques des gestes humains font partie de l'approche biomécanique. Elles s'appuient sur la mesure des déplacements des segments du corps de l'athlète (Junqua 1996). La cinématique s'intéresse à la géométrie du mouvement à travers des mesures de distance, de temps, des changements de forme du corps. Elle permet de constater les moments des transformations corporelles, d'identifier les repères dont l'enseignant à besoin. Aujourd'hui, nous disposons d'instruments de mesure, comme les caméscopes et les systèmes intégrés d'analyse du mouvement (Durey 1997).

Les études cinématiques sur la course chez l'enfant sont relativement peu nombreuses chez les enfants. (Fortney 1983, Marino & MacDonald 1986, Miyamaru & al 1987, Ounpuu 1990, 1994, Ikai 1968, Matsuo & Fukunaga 1983, Branta, C., Haubenstricker, J., Seefeld, V. 1984, Balsevich 1987, Morgan, Tseh, Caputo, & al 1997…)

Ces études nous offrent l'opportunité de recueillir les indicateurs des transformations de la course à vitesse maximale au cours du développement chez l'enfant de 2 à 11 ans. Tous les chercheurs ne se sont pas intéressés à tous les paramètres. Certains ont porté leur attention sur la variation de la vitesse et sur ses composantes, d'autres aux transformations

morphologiques. Nous présenterons les connaissances biomécaniques actuelles comme suit. Dans un premier temps, nous envisagerons l'évolution de la vitesse et des paramètres spatio-temporels, puis nous ferons le point des connaissances sur les aspects cinématiques en vue de relever les étapes identifiables chez les enfants au cours de l'ontogenèse. Dans un second temps et pour mieux comprendre le sens de l'évolution de la foulée, nous examinerons les travaux des recherches de biomécanique descriptive sur les adultes. Nous en retiendrons les principales conclusions, la revue de question proprement dite se trouvant en annexe 1.

I.3.1. Evolution de la course à vitesse maximale chez l'enfant

I.3.1.1. Evolution des paramètres spatio-temporels

L'étude de ces facteurs permet de répondre aux questions suivantes : Comment évolue la vitesse maximale avec l'âge ? Quels sont les facteurs qui permettent de comprendre cette évolution ? Comment peut-on la caractériser ?

Parmi les paramètres spatio-temporels étudiés par les différents chercheurs nous trouvons la vitesse. La vitesse d'un coureur est égale au produit de deux facteurs : l'amplitude, "*la distance que le coureur couvre lors de chacune de ses foulées*" et la fréquence qui représente " *le nombre de foulées qu'il (le coureur) fait en un temps donné* " (Hay 1980). Nous envisagerons donc les variations de la vitesse, de l'amplitude et de la fréquence en fonction de l'âge et/ou du niveau d'habileté.

Dans un cycle de course, les chercheurs ont également étudié l'évolution des différentes phases et des moments importants qui permettent de décrire le mouvement : la phase d'appui et la phase de retour de la jambe libre, cette dernière comprend la phase de suspension et la phase d'appui du pied controlatéral.

Dans les paramètres spatio-temporels, certains chercheurs se sont penchés sur les oscillations verticales, par le biais de la variation de la trajectoire du centre de gravité. Nous l'aborderons également.

I.3.1.1.1. Evolution de la vitesse en course à vitesse maximale chez les enfants de 2 à 11 ans

Roy (1982) compare, dans le même tableau, les résultats obtenus par des enfants de 2 à 6 ans en course et les résultats d'adultes Il constate que les valeurs des forces verticales sont supérieures chez les enfants.

Il compare en fait pour une vitesse sensiblement identique des enfants qui courent à vitesse maximale (4.26 $m.s^{-1}$) et des adultes qui courent à une vitesse librement choisie en général proche de la vitesse de jogging (4.5 $m.s^{-1}$).

Chez les enfants, une vitesse en sprint est quasiment identique à la vitesse lente chez les adultes experts. Si les vitesses sont proches, la taille et l'âge des enfants expliquent les différences de performance et, pour une même vitesse, les organisations corporelles qui les initient sont fondamentalement différentes. Si les valeurs des forces verticales trouvées par

Roy (1982) sont plus élevées pour les enfants d'après c'est parce que ces valeurs sont celles des forces en course de vitesse pour les enfants et celles des forces en course lente pour les adultes, deux formes de courses différentes.

Il n'est pas possible de proposer une étude sur les courses sans tenir compte de l'âge et du type de course (vitesse ou jogging).

Le tableau ci-dessous regroupe, pour différents âges, les valeurs de la vitesse lors de courses à vitesse maximale trouvées dans les différents résultats que nous avons pu consulter.

Tableau 2 : Vitesse de course en $m.s^{-1}$ chez les enfants en course à vitesse maximale.

Références	Age Nombre	2 ans	3ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11ans
Ikai 1967	407 G					4.82	5.26	5.63	6.02	6.23	6.35
	324 F					4.67	5.11	5.36	5.68	5.81	6.19
Imanaka & al 1981	G				4.08 ±0.27						
	F				3.95 ±0.23						
Morris & al 1982	144 G		3.44 ± 0.44	3.73 ± 0.44	4.44 ± 0.62	4.65 ± 0.36					
	125 F		3.07 ± 0.39	3.63 ± 0.45	4.23 ± 0.45	4.41 ± 0.41					
Fortney 1983	28 E	2.13		3.75		4.26					
Matsuo & Fukunaga 1983	10 G							5.5		6.1	
	10 F							5.2		5.7	
Branta & al 1984	90 G				4.05	4.56	4.95	5.25	5.51	5.78	
	80 F				4.03	4.42	4.89	5.17	5.40	5.66	
Marino et McDonald 1986	63 G					4.35 ± 0.8	5.07 ± 0.68	5.15 ± 0.69	5.29 ± 0.77	5.06 ± 0.63	6.12 ± 0.87
Balsevich 1987	245				4.70 ± 0.42		4.80 ± 0.49		5.09 ± 0.45		
Miyamaru & al 1987	89 G			3.84 ± 0.35	4.21 ± 0.42	4.84 ± 0.25	5.14 ± 0.34				
	106 F			3.61 ± 0.35	4.20 ± 0.39	4.63 ± 0.38	4.74 ± 0.23				
Amano & al 1987	27 G 26 F			3.52	3.70	4.22	4.41	4.76	4.83	5.08	5.26

F = fille, G = garçon, E = enfant

Nous remarquons que, entre 2 et 11 ans, il existe une évolution de la vitesse avec l'âge. Pour la course à vitesse maximale, le tableau ci-dessus appelle un certain nombre de

commentaires en ce qui concerne, les périodes étudiées, les conditions expérimentales, les écarts à la moyenne et la composition de la population.

a) Les périodes de l'enfance étudiées

Les périodes de l'enfance étudiées n'ont pas toutes les mêmes limites et les études envisagent seulement une partie de la tranche d'âge, mais jamais l'ensemble de cette période de la vie. Une seule étude commence à 2 ans, celle de Fortney (1983), une autre commence à 3 ans celle de Morris & al (1982), les autres commencent en général vers 4-5 ans et couvrent une période de 5 à 6 années. Pour certaines elles se poursuivent bien au-delà et couvrent alors l'ensemble de l'évolution et de l'involution de la course chez l'homme. L'étude de Balsevich (1987) se poursuit jusqu'à l'âge de 65 ans par exemple.

Les travaux de différents chercheurs en particulier ceux de Ikai (1968), Morris & al (1982), Fortney (1983), Balsevich (1987) permettent de constater que l'augmentation de la vitesse n'est pas linéaire mais qu'elle marque des paliers. Les progrès sont importants entre 2 et 4-5 ans, puis l'amélioration qui paraissait linéaire au cours des années antérieures semble marquer le pas à partir de 4-5 ans jusqu'à 11 ans. Par contre les limites des paliers ne sont pas homogènes, Fortney (1983) situe le début du deuxième palier vers 4 -5 ans, Balsevich (1987) vers 5 ans, alors que Amano & al (1983, 1987) décomposent la période en 2 paliers 4-7 ans et 7-11 ans. Il semble donc nécessaire de mettre en rapport les résultats que nous trouverons en étudiant une population qui couvre l'ensemble de la période.

b)Les conditions expérimentales

Les moyennes trouvées par les différents auteurs varient pour des âges similaires et les écarts proviennent certainement pour partie des conditions expérimentales. Elles ne sont pas identiques d'une étude à l'autre :

- vitesse moyenne sur 30 mètres lancés (Amano & al 1987),
- conditions expérimentales non précisées (Balsevich 1987),
- vitesse mesurée sur et autour d'une plate forme de force (Fortney 1983, Marino et McDonald 1986, Miyamaru & al 1987, Matsuo & Fukunaga 1983, Ounpuu 1990, 1994),
- vitesse maximale atteinte dans un sprint sur 50 mètres pour les 6 et 7 ans (Ikai 1968),
- vitesse maximale atteinte au cours d'une course sur 100 m pour les 8, 9, 10 et 11 ans (Ikai 1968).
- vitesse moyenne sur 12 et 19 m départ lancé (Morris & al 1982),
- vitesse moyenne sur un tapis roulant (Morgan et al 1997).

Amano & al (1987) pour une population mixte (garçons et filles) trouvent des valeurs toujours inférieures à celles de Miyamaru & al (1987), même quand ils distinguent les moyennes des garçons et de celles des filles. Les différences de valeurs entre les moyennes des deux études doivent s'expliquer en partie par les conditions d'expérience, moyenne sur 30m lancés pour Amano & al, vitesse maximale mesurée après une distance de mise en action

pour Miyamaru. La vitesse n'est pas régulière pendant tout un sprint et nous distinguons la phase de mise en action pendant laquelle la vitesse passe de l'arrêt à la vitesse de "x" $m.s^{-1}$ et la phase de maintien de cette vitesse "x". Pour comparer les enfants, il est impératif que les enfants aient atteint leur vitesse maximale et que ce soit celle-ci qui se mesure. La distance proposée aux enfants pour atteindre leur vitesse maximale n'est pas toujours précisée. Or la phase de mise en action fait baisser la valeur de la vitesse moyenne. Ikai (1968) indique dans son étude que les enfants atteignent leur vitesse maximale dans un sprint vers 25 mètres pour les garçons de 8, 9, 10 et 11 ans, et vers 20 mètres pour les filles du même âge. Fortney (1983) précise ses conditions expérimentales et évalue la vitesse maximale après une mise en action de longueur différente en fonction de l'âge, environ 18 m à 6 ans et environ 10 mètres à 2 ans.

Glize & Laurent (1990), dans une étude chez les adultes, ont montré qu'une course d'élan de saut en longueur où la précision spatiale est requise, entraîne des modifications du comportement en course. Le fait d'obliger les enfants à passer sur une plate forme de force entraîne certainement des adaptations de la foulée et doit avoir des conséquences sur l'amplitude, la fréquence et la vitesse. Les conditions les plus écologiques possibles sont souhaitables pour éviter que l'expérimentation introduise un biais méthodologique. Ainsi, l'organisation de l'expérimentation devra, si nous voulons comparer les enfants dans leur course à vitesse maximale, prendre en compte ces considérations : longueur de l'élan suffisante et pas d'espace matérialisé sur lequel ils doivent poser le pied.

c) Les écarts à la moyenne dans une même tranche d'âge

Il existe des différences interindividuelles de grande ampleur pour un même âge et les écarts entre les performances sont importants, l'étude de Amano & al (1987) illustre bien ce propos. Le tableau ci-dessous en présente les résultats.

Tableau 3: Performances moyennes en secondes par âge en course à vitesse maximale.

Age Temps en seconde	4 ans	5 ans	6ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans
Performance moyenne sur 30 m	8.5	8.1	7.1	6. 8	6.3	6.2	5.9	5.7
Performance minimale	10.1	9.9	8.8	8.4	7.2	7.3	6.5	6.4
Performance maximale	7.3	6.9	6.3	5.9	5. 8	5. 5	5. 2	5.1

Nous constatons dans ce tableau que les performances maximales sont de l'ordre de 40% supérieures aux performances minimales dans la tranche d'âge 4-7 ans. Pour les enfants entre 8 et 11 ans, les performances maximales sont seulement de l'ordre de 25% supérieures au minimales. Les différences de performance sur 30 m entre les individus dans une population de garçons et de filles entre 4 et 11 ans sont plus importantes pour les enfants de 4 à 7 ans, (Amano & al 1987).

Nous proposons dans le tableau suivant, les moyennes indiquées dans certaines études pondérées par des écarts à la moyenne.

Tableau 4 : Vitesse en $m.s^{-1}$ et écart type en course à vitesse maximale.

Références	Age Nb	2 ans	3ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11ans
Morris & al (1982)	144 G		3.44 ± 0.44	3.73 ± 0.44	4.44 ± 0.62	4.65 ± 0.36					
	125 F		3.07 ± 0.39	3.63 ± 0.45	4.23 ± 0.45	4.41 ± 0.41					
Marino & McDonald (1986)	63 G					4.35 ± 0.8	5.07 ± 0.68	5.15 ± 0.69	5.29 ± 0.77	5.06 ± 0.63	6.12 ± 0.87
Balsevich (1987)	245				4.70 ± 0.42		4.80 ± 0.49		5.09 ± 0.45		
Miyamaru & al (1987)	89 G			3.84 ± 0.35	4.21 ± 0.42	4.84 ± 0.25	5.14 ± 0.34				
	106 F			3.61 ± 0.35	4.20 ± 0.39	4.63 ± 0.38	4.74 ± 0.23				

F = fille, G = garçon, E = enfant

Les écarts à la moyenne indiquent que dans une tranche d'âge les enfants ont des performances très différentes. Les écarts à la moyenne varient en fonction des auteurs et des âges. Par exemple pour l'âge de 6 ans, les écarts à la moyenne varient de 5% (les garçons de Miyamaru & al 1987) à 18 % (les garçons de Marino & McDonald 1986) de la vitesse mesurée.

Dans une optique de connaissance pour l'intervention, la répartition des différences interindividuelles dans une même tranche d'âge doit être prise en considération. Il paraît important de comprendre si les différences de performance dépendent de niveaux d'habileté différents ou si elles sont dues à d'autres facteurs, en particulier morphologiques.

Si les différences interindividuelles de vitesse maximale dans une même tranche d'âge manifestent des niveaux d'habileté différents, alors les présentations dans les ouvrages théoriques de niveau d'habileté par âge ne permettent pas de rendre compte de la réalité. Si elles dépendent pour partie de facteurs anthropométriques, musculaires, sexuels, alors il faut, pour que la vitesse soit prise en compte dans la détermination des niveaux d'habileté, qu'elle soit pondérée en fonction de l'influence de ces facteurs.

d Les facteurs influençant la vitesse de course dans une même tranche d'âge

Il existe de fortes différences interindividuelles dans une même tranche d'âge. Un certain nombre de facteurs peut expliquer ces différences interindividuelles et nous allons les examiner pour comprendre leur influence respective et en tenir compte dans l'établissement des niveaux d'habileté en course.

La taille et l'augmentation de la vitesse

Atwater et al (1981), Fortney (1983), Marino et McDonald (1986), Miyamaru & al. (1987), Balsevich (1987) confirment cette augmentation concomitante de la taille et de la performance en course de vitesse. Harada (1978) en comparant les vitesses moyennes des

enfants les plus grands de leur tranche d'âge avec les enfants les plus petits de la tranche d'âge immédiatement supérieure, montre que les enfants plus grands courent plus vite, en moyenne, que les enfants plus petits de l'âge supérieur. A des âges proches, la taille semble donc plus discriminante que l'âge pour la performance en course.

Virginia Fortney (1983) propose, pour comparer les enfants de deux ans et les enfants de 4 et 6 ans, de calculer une vitesse pondérée. Cette vitesse est obtenue en divisant la vitesse réelle par la taille du coureur. Le tableau ci-dessous propose les résultats trouvés par Fortney (1983) pour la comparaison entre vitesse absolue et vitesse pondérée.

Tableau 5 : Variation de la vitesse en course maximale en $m.s^{-1}$ et vitesse pondérée en course à vitesse maximale en $m.s^{-1}/m$ d'après V. Fortney (1983).

	2 ans	4 ans	6 ans
Vitesse de course	2.13	3.75	4.26
Vitesse pondérée	2.37	3.48	3.57

En pondérant la vitesse de course par un index de stature, Fortney trouve une différence significative statistiquement entre le groupe des 2 ans et les groupes des 4 ans et des 6 ans, par contre cette variation n'est pas significative statistiquement entre le groupe des 4 ans et le groupe des 6 ans. L'augmentation de la vitesse maximale entre 4 et 6 ans qui semblait due à une amélioration de l'habileté en course chez les enfants apparaît à la lecture des résultats, comme essentiellement due à la croissance. Entre 2 et 4 ans cette amélioration n'est pas entièrement due à la croissance mais dépend bien d'autres facteurs parmi lesquels nous pouvons faire l'hypothèse d'une transformation de l'habileté motrice en course.

En étudiant l'effet de la taille chez des coureurs experts, Yokoi & al (1987) montrent que des coureurs plus petits, pour parvenir à une vitesse équivalente doivent avoir une organisation corporelle différente. C'est l'organisation motrice qui leur permet une plus grande efficacité.

Il apparaît clairement que la taille est un facteur expliquant les différences de performance, mais elle n'explique pas obligatoirement les différences d'habileté. La vitesse, si nous voulons la prendre en compte comme élément discriminant des niveaux d'habileté motrice, doit être pondérée par un index de stature. La vitesse pondérée ainsi trouvée permet d'une manière plus efficace d'établir des comparaisons interindividuelles à différents âges en gommant l'effet taille sur la performance.

La longueur de jambe et l'augmentation de la vitesse avec l'âge

Dans certaines recherches, en particulier chez les adultes, le paramètre morphologique pris en compte comme index de stature n'est pas la taille, mais l'enfourchure. Atwater & al (1981) montrent que taille et longueur de jambes sont corrélés à l'amplitude des foulées entre 3 et 6 ans, mais que les gains en vitesse et en amplitude ne s'expliquent pas seulement par l'augmentation en stature.

Fortney (1983) a rapporté la vitesse à la longueur de jambe. Les résultats se trouvent dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Vitesse maximale en $m.s^{-1}$ et vitesse pondérée par la longueur de la jambe en $m.s^{-1}/m$ d'après V. Fortney (1983).

	2ans	4ans	6ans
Vitesse de course	2.13	3.75	4.26
Vitesse/longueur de jambe	5.98	8.33	8.33

Il apparaît une différence significative entre le groupe des 2 ans et les deux autres groupes, mais pas de différence entre le groupe des 4 ans et le groupe des 6 ans. La différence significative entre le groupe des 2 ans et les groupes des 4 et 6 ans confirme l'hypothèse que des modifications, autres que la taille, expliquent le gain de performance entre 2 et 4 ans. Par contre les valeurs équivalentes, pour le groupe des 4 ans et le groupe des 6 ans, nous interrogent. Pour ces deux ages, la valeur de la vitesse pondérée par l'enfourchure reste de 8.33 $m.s^{-1}/m$, cela semble indiquer qu'il n'existe aucune transformation entre 4 et 6 ans, du point de vue de l'habileté en course.

Si les résultats indiqués confirment le palier dans la progression de la vitesse indiquée par les différents auteurs, il semble étonnant qu'aucune amélioration ne se soit produite en deux ans. Ce fait mérite une confirmation et une attention particulière devra être portée aux résultats de cette tranche d'âge. D'autres hypothèses peuvent être émises, avant 4 ans l'âge est discriminant du niveau d'habileté, après il ne l'est plus ou du moins d'une manière beaucoup moins importante.

D'autre part le fait de pondérer la vitesse par la taille de l'individu permet de mieux rendre compte de l'habileté en course, le rapport apparaît comme un indicateur pertinent que nous retiendrons.

Le poids

Il existe des évolutions concomitantes de la taille et du poids avec l'âge. Harada (1978) indique que des enfants d'âge inférieur, mais de taille supérieure ont un poids qui est en moyenne toujours supérieur. Ils ont une meilleure performance de vitesse sur 20 mètres que des enfants plus âgés mais plus petits et plus légers. Amano & al (1987) constatent une augmentation synchronique de la puissance des jambes et du poids entre 4 et 11 ans.

Pour des âges très voisins, la taille semble beaucoup plus importante que le poids. L'index de stature est donc un facteur déterminant qui permet d'expliquer efficacement les différences interindividuelles en course à vitesse maximale chez les enfants.

L'entraînement

La quantité, mais aussi la qualité des pratiques influencent le niveau de performance chez les enfants. L'entraînement peut expliquer des différences interindividuelles constatées au même âge. En course de vitesse, Emmanouel & al (1992) indiquent qu'une méthode d'entraînement incluant des jeux, des relais permet une plus grande amélioration de la performance en sprint, que trois autres méthodes d'entraînement. Mészaros & al (1986) montrent des différences significatives pour des enfants du même âge entre ceux qui sont entraînés et ceux qui ne le sont pas.

En course lente Yoshizawa (1997) montre une augmentation significative de la vitesse de course chez des enfants de 4 ans après 18 mois d'entraînement, les enfants entraînés montrant une plus grande augmentation que les enfants du groupe témoin.

La quantité de pratique et le choix des activités vécues par les enfants expliquent en partie les différences de performance constatées au même âge, aussi bien en course de vitesse qu'en course lente. Il est donc normal qu'au même âge nous trouvions des niveaux d'habileté différents. La présentation par niveau d'âge du développement d'une habileté motrice, si elle permet de comprendre l'évolution globale de l'organisation corporelle envisagée, ne rend pas compte de la réalité pour chaque enfant. Une présentation par niveau d'habileté semble plus congruente avec les exigences de l'intervention.

Composition de la population : garçons et filles

Les travaux de Ikai (1968), Morris & al (1982), Matsuo & Fukunaga (1983), Branta & al (1984), Miyamaru & al (1987) ont fait la distinction dans leur population entre garçons et filles. Dans le tableau ci-dessous, nous regroupons les différentes valeurs des vitesses moyennes pour les garçons et les filles, en fonction de l'âge.

Tableau 7 : Vitesse de course en m..s-1 chez les garçons et les filles en course à vitesse maximale.

Références	Age Nb	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	10-11
Balsevich (1979)	245								6.74 6.89	7.14 7.14
Morris et al (1982)	141G 126F	3.4 3.07	3.7 3.6	4.4 4.2	4.6 4.4					
Matsuo et Fukunaga (1983)	10 G 10 F						5.5 5.2		6.1 5.7	
Branta, Haubenstricker, Seefeld, (1984) 30 yards	90 G 80 F			4.05 4.03	4.56 4.42	4.95 4.89	5.25 5.17	5.51 5.40	5.78 5.66	
Miyamaru & al (1987)	89 G 106 F		3.84 3.61	4.21 4.20	4.84 4.63	5.14 4.74				

F = fille, G = garçon, E = enfant

Les performances en course de vitesse sont différentes pour les filles et les garçons. Au même âge, les garçons obtiennent en moyenne de meilleures performances que les filles.

Ces différences de résultat en course à vitesse maximale entre garçons et filles au même âge ne sont pas toujours validées statistiquement. Morris & al (1982), sur une population de 269 garçons et filles de 3 à 6 ans, trouvent que les garçons ont en moyenne des performances supérieures aux filles en course de vitesse quand elle est mesurée sur 40 pieds après une accélération de 12 pieds. Par contre les corrélations trouvées sont moindres que pour d'autres tests, en particulier les lancers de balle et les tests d'équilibre et les seules

différences significatives statistiquement en course de vitesse sont entre les garçons et les filles de 5 ans.

Faut-il voir dans cet écart entre garçons et filles au même âge, une différence de niveau d'habileté, c'est-à-dire une différence dans l'organisation corporelle ?

Matsuo et Fukunaga (1983) dans une étude portant sur 10 garçons et 10 filles à chaque âge entre 8 et 20 ans, montrent que, en moyenne, la vitesse maximale est acquise à 14 ans pour les garçons comme pour les filles. Cette vitesse s'établit à 7.8 $m.s^{-1}$ pour les garçons et 6.8 $m.s^{-1}$ pour les filles. Ils indiquent une différence de performance, mais pas une différence dans l'âge d'acquisition. Ikai (1968) indiquait des valeurs similaires (7.9 $m.s^{-1}$ pour les garçons et 6.3 $m.s^{-1}$ pour les filles) mais à des âges différents, 12 ans pour les filles et 17 ans pour les garçons. Pour les performances les chercheurs ne sont pas d'accord sur l'âge d'acquisition de la meilleure performance, donc de l'organisation corporelle la plus efficace pour une population de non-spécialistes.

Chez les plus petits, Branta, Haubenstricker & Seefeld (1984) définissent plusieurs niveaux d'habileté en course. Ils indiquent que 60 % des garçons atteignent une habileté de niveau 4, c'est-à-dire un style de course comme les adultes, vers 48 mois alors que les filles l'atteignent vers 60 mois. Selon Balsevich (1985) les garçons atteignent leur faculté à utiliser leur forme physique pour améliorer leur course de vitesse deux ans avant les filles. Il confirme les résultats trouvés par Branta et al (1984). Fortney (1963, 1983) indique quant à elle des différences statistiquement valides entre les garçons et les filles pour l'angle de la hanche de la jambe libre au moment du posé (inférieur chez les garçons) et au moment du quitté (supérieur chez les garçons), et pour l'angle du genou de la jambe libre au moment du quitté (supérieur chez les garçons), mais elle n'indique pas de différences statistiquement valides pour la vitesse entre les deux sexes. Ces différences montrent que les garçons sont en plus grande extension au moment du posé et en plus grande flexion de la jambe libre au moment du quitté, il semble exister des différences d'organisation corporelle qui expliquent les écarts entre les performances, sans que ces écarts soient statistiquement valides. Miyamaru & al (1986) montrent que, entre 4 et 6 ans, les garçons sont plus légers en moyenne que les filles, et ont de meilleures performances.

Tableau 8: Poids en kg et vitesse en $m.s^{-1}$ chez les Garçons et les Filles entre 3 et 7 ans selon Miyamaru & al (1986).

	Population	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans
Vitesse	89 G	3.84	4.21	4.84	5.14
Poids		16.79	18.68	20.29	24.11
Vitesse	106 F	3.61	4.20	4.63	4.74
Poids		17.40	19.34	21.37	22.31

F = fille, G = garçon

Faut-il voir dans cette différence de performance entre garçons et filles au même âge, le résultat d'une organisation corporelle en course différente ou le résultat de caractéristiques morphologiques, anatomiques, physiologiques ou psychologiques différentes ou encore comme le suppose Atwater (1990) pour la course de longue durée une différence résultant d'une quantité de pratique inégale liée à la culture ?

Le sexe des enfants sera un élément à prendre en considération dans l'analyse des résultats de notre étude.

I.3.1.1.2. Variations de l'amplitude de la foulée avec l'âge

Un des paramètres de la foulée est son amplitude. Le tableau ci-dessous regroupe les amplitudes des foulées aux différents âges.

Tableau 9: Longueur des foulées en centimètres selon l'âge en course à vitesse maximale.

Références	Age Nb	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans
Fortney (1983)	28 E	56		94		117						
Balsevich (1987)	245 E				98		120		123		158	
Miyamaru & al (1987)	89 G 106 F			88.7 90.3	93.4 103.2	109.8 112.3	114.8 122.2					
Marino et McDonald (1986)	63 G					114	126	133	133	133	143	154
Amano(1987)	53 E			97		121	125	134	142	148	159	

E= enfant, G= Garçon, F= Fille.

En course à vitesse maximale, les valeurs indiquées pour l'amplitude de la foulée selon l'âge varient en fonction des études. Il existe un écart de l'ordre de10% entre les résultats de l'étude de Miyamaru & al (1987) et ceux de Amano & al (1987). Les différences peuvent s'expliquer nous l'avons vu par différents facteurs :

- l'âge moyen, une population d'enfants de quatre ans par exemple est composée d'enfants entre 48 et 60 mois; l'âge moyen de la population n'est pas toujours précisé,
- la taille, les enfants grandissent vite, or Morris et al (1982) indiquent une corrélation entre la longueur des jambes et l'amplitude des foulées,
- l'expérience qui, nous l'avons vu, modifie les performances,
- la population retenue et son pourcentage de garçons et de filles, les filles ayant au même âge des performances inférieures,
- les conditions expérimentales.

Quelles que soient les différences de protocole, nous pouvons constater une forte augmentation de l'amplitude de la foulée entre 2 et 4 ans, une augmentation moins importante mais régulière entre 4 et 10 ans, et vers 11 ans une nouvelle et importante augmentation. L'étude longitudinale de Amano & al (1987) et celle de Balsevich (1987) sur une large population montrent bien cette évolution entre 4 et 10 ans et la brusque accélération vers l'âge de 11 ans. Les paliers de l'ontogenèse de la course à vitesse maximale sont repérables avec les

variations de l'amplitude, premier palier vers 4-5 ans, deuxième palier vers 11ans. L'amplitude est un facteur qui doit entrer dans la détermination des niveaux d'habileté.

Les garçons ont en moyenne, d'après l'étude de Miyamaru & al (1987), une amplitude inférieure à celle des filles. Cela montre une organisation corporelle différente qui traduit, la vitesse étant supérieure en moyenne pour les garçons, un niveau différent d'habileté.

I.3.1.1.3. Variations de la fréquence avec l'âge

Peu d'études rapportent l'évolution de la fréquence avec l'âge. Comme la fréquence est le résultat du rapport entre vitesse et amplitude, nous pouvons extrapoler les fréquences pour certaines études.

Tableau 10: Evolution avec l'âge des fréquences moyennes des foulées en herz à vitesse maximale

Références	Age / Nb	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans	6ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans
Fortney (1983)	28 E	3.80		3.98		3.64					
Miyamaru & al (1987)	89 G			4.36	4.56	4.44	4.49				
	106 F			4.01	4.08	4.14	3.89				
Balsevich (1987)					4,7		4		4,1		
Marino et McDonald (1986)	63 G					3,81	4	3,87	3,97	3,8	4,2

E= enfant, G= Garçon, F= Fille.

Les auteurs divergent sur la fluctuation de la fréquence avec l'âge pour les courses à vitesse maximale. Ainsi, Morris & al (1982) indiquent que la fréquence augmente faiblement avec l'âge, entre 3 et 6 ans; Miyamaru & al (1987) signalent une augmentation jusqu'à 5 ans chez les garçons, une augmentation jusqu'à 6 ans chez les filles et une relative stabilité de la fréquence chez les enfants ensuite. Alors que Shepens & al (1998) indiquent un résultat différent, pour eux, la fréquence reste constante à sensiblement 4 Hz quel que soit l'âge.

Les résultats des études et les propositions contradictoires entre les auteurs sont à mettre en perspective, comme pour l'amplitude, avec les facteurs qui expliquent les différences interindividuelles au même âge. Miyamaru & al (1987) font état d'écarts types relativement importants pour la fréquence au même âge. Le tableau ci-dessous reprend les valeurs indiquées par ces chercheurs.

Tableau 11: Fréquence en herz et écart type en course à vitesse maximale selon Miyamaru & al (1987)

	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans
89 G	4.36	4.56	4.44	4.49
Ecart type	0.49	0.41	0.37	0.30
106 F	4.01	4.08	4.14	3.89
Ecart type	0.40	0.30	0.33	0.21

G= Garçon, F= Fille.

Les écarts à la moyenne signalent les différences interindividuelles et appuient l'hypothèse de niveaux d'habileté différents au même âge. Dans le même registre, la vitesse et la fréquence supérieures, l'amplitude inférieure des garçons par rapport aux filles nous laissent supposer, au même âge, des différences d'organisations corporelles en fonction du sexe.

En course, à une allure librement choisie, la fréquence passe de 4 hertz à 2 ans à 2.5 Hz à 12 ans, en dessous d'une vitesse de 3 $m.s^{-1}$ (Schepens & al 1998). La fréquence moyenne estimée par Ounpuu (1994), entre 5 et 11 ans, est élevée 3.55 Hz et nous semble haute par rapport à celle indiquée par Schepens & al (1998). Cette fréquence élevée est peut-être la conséquence du calcul de la moyenne entre 5 et 11 ans, à 5 ans les fréquences doivent être encore proches de 4 Hz, à 11 ans elles doivent se rapprocher de 2 Hz. La fréquence moyenne ne semble pas être un bon indicateur.

La fréquence en course, à une vitesse librement choisie, chez les tout petits, est proche de la fréquence en course à vitesse maximale : 4 Hz. L'évolution de la fréquence constatée n'est-elle pas due au fait que certains enfants ne distinguent pas course lente et course à vitesse maximale en particulier chez les tout- petits ?

I.3.1.1.4. Les variations du temps d'appui, du temps de suspension et du temps de retour de la jambe libre avec l'âge.

La différence entre marche et course se trouve dans la proportion d'appui et de retour de la jambe libre dans une foulée. En marche, ce rapport est normalement de 60 % d'appui pour 40 % de retour de la jambe libre. Il existe alors un temps, appelé phase de double appui, pendant lequel les deux pieds sont au sol. En course, ce rapport s'inverse et par exemple dans son étude sur la course lente chez les enfants Ounpuu (1990), pour des enfants de 5 à 12 ans, a trouvé un rapport de 43 % pour l'appui et 57 % pour le retour de la jambe libre, pour une vitesse moyenne de 2.23$m.s^{-1}$. Il existe un temps de suspension qui représente 7% de la durée du cycle, les enfants sont donc en course, ils ne marchent plus.

En course à vitesse maximale, on peut constater, avec les auteurs qui rendent compte de la variation du temps d'appui et du temps de suspension de la foulée, Balsevich (1979 et 1987), Miyamaru & al (1987), que le temps d'appui d'une foulée diminue avec l'âge chez les enfants et passe de 164 ms à 5-6 ans à 128 ms à 11-12 ans selon Balsevich (1987). Dans le même temps, la durée de la suspension passe de 78 ms à 107 ms.

Dans un article sur la sélection de futurs sprinters, le même auteur en 1979 indiquait des temps d'appui inférieurs : 110 ms entre 11 et 12 ans pour les garçons et 115 ms pour les filles. Le temps d'appui qui diminue et le temps de suspension qui augmente entre 5 et 11 ans

semblent indiquer que l'appui devient de plus en plus efficace avec l'âge, un temps d'appui plus court permettant d'obtenir une vitesse plus grande. Un temps d'appui inférieur chez les futurs sprinters en comparaison avec des enfants du même âge non-spécialistes semble indiquer que ce temps d'appui est un indicateur du niveau d'habileté.

Dillman (1975), rapportant une étude de Beck de 1966, montre que l'amélioration de la vitesse maximale chez les enfants a des causes différentes en fonction de l'âge. Le groupe le plus jeune 6-8 ans améliore sa performance par une diminution du temps d'appui, le groupe des 9-10 ans améliore sa performance avec une légère augmentation de ce temps d'appui, tandis que le groupe des 11-12 ans a amélioré sa performance en l'augmentant largement. La diminution du temps d'appui en fonction de l'âge ne semble pas linéaire et des études complémentaires sont à mener pour comprendre les fluctuations de ce paramètre de la foulée en fonction de l'âge.

Certains chercheurs, pour caractériser les courses à vitesse maximale, ont utilisé les variations du rapport reliant le temps d'appui et le temps de suspension (Balsevich 1987, Miyamaru & al 1987). Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs du rapport temps de suspension/temps d'appui indiquées par ces auteurs.

Tableau 12 : Evolution du rapport temps de suspension /temps d'appui en course à vitesse maximale

	Age Nb	4 ans	5 ans	6ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11ans	12 ans
Balsevich 1987	245E		0.47		0. 54		0. 54		0.83	
Miyamaru 1987	89 G	0.49 ± 0.07	0.48± 0.10	0.54± 0.07	0.65± 0.09					
	106 F	0. 52 ± 0.09	0.61± 0.09	0.62± 0.08	0.69± 0.09					

E= enfant, G= Garçon, F= Fille.

Le rapport temps de suspension/temps d'appui augmente avec l'âge, reflétant une diminution du temps d'appui pour une augmentation du temps de suspension. Cette augmentation peut présenter des stagnations, entre 7 et 10 ans pour l'étude de Balsevich, et entre 4 et 5 ans pour les garçons, et entre 5 et 6 ans pour les filles dans l'étude de Miyamaru & al (1987). Le sens de l'évolution en course de vitesse chez les enfants semble donc être une augmentation du rapport et aurait pu manifester l'élévation du niveau d'habileté motrice. Mais les rapports supérieurs des filles comparés à ceux des garçons au même âge, pour des vitesses inférieures, nous conduisent à limiter la relation entre ce rapport et le niveau d'habileté en course à vitesse maximale. On peut penser que la suspension plus longue chez les filles peut être moins bien orientée (vers le haut), et que le temps d'appui plus bref peut être associé à une mise en tension et un renvoi de moins bonne qualité.

I.3.1.1.5. Variation de l'oscillation verticale du centre de gravité avec l'âge

Le centre de gravité est par définition " *le point du solide dont le mouvement est identique au mouvement qu'aurait le solide tout entier si toute sa masse était concentrée en ce point et si toutes les forces s'appliquaient sur lui*" (Durey 1997). La localisation du centre de gravité, le calcul de sa position à différents moments et son oscillation sont intéressants car ils indiquent à la fois l'affaissement dans la phase d'appui au sol et l'amplitude de l'envol. La courbe du centre de gravité au cours du cycle de course permet de préciser le moment où la phase d'appui devient propulsive.

L'emplacement du centre de gravité se fait par calcul et repose sur l'application de modèles du corps humain. Les méthodes de calcul, différentes selon les auteurs, rendent les comparaisons difficiles. Pour calculer l'emplacement du centre de gravité, Miyamaru & al 1987 ont utilisé une méthode basée sur un modèle mathématique fourni par Yokoi & al en 1985 pour des enfants japonais. Fortney (1983), quant à elle, a utilisé le modèle de Dempster (1955), modèle construit à partir de mesures d'adultes. Durey 1998, dans son ouvrage " *Physique pour les sciences du sport*" propose un modèle adapté de celui de Winter (1979), mais qui concerne également la localisation de centre de gravité pour les adultes. Le calcul des centres de gravité se fait par l'application d'un pourcentage de la masse corporelle attribuée aux différents segments. Or les proportions corporelles ne sont pas identiques en fonction de l'âge, l'évolution du diamètre crânien en est l'illustration flagrante, le périmètre crânien passe de 49 cm à 24 mois, à 52, 4 cm à 84 mois alors que dans le même temps la taille passe de 85 cm à 120 cm (Baudet & Abbadie 1966). Les différences morphologiques entre adultes et enfants sont très importantes et les évolutions de la tête, du tronc et des membres avec l'âge demandent certainement plusieurs modèles pour calculer la position exacte du centre de gravité en fonction de l'âge.

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs trouvées par certains auteurs pour le déplacement vertical du centre de gravité.

Tableau 13 : Déplacement vertical du centre de gravité en course à vitesse maximale,

Références	Age Nb	2 ans	3ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans
Fortney (1983)	28 E	36		57		62	
Miyamaru & al(1987)	89 G 106 F			34 41	34 45	33 44	40 50

Déplacement en mm pour Fortney (1983) et $mm.m^{-1}$ pour Miyamaru & al (1987), E = enfant, G = garçons, F = filles

Les méthodes de calcul sont différentes pour les deux auteurs. Les données rapportées sur la variation de la hauteur du centre de gravité en course sont alors différentes et peuvent être interprétées.

En course à vitesse maximale, Fortney (1983) n'a pas trouvé de différences significatives statistiquement en ce qui concerne le déplacement vertical du centre de gravité en fonction de l'âge, même si elle constate une augmentation avec l'âge. Elle exprime des déplacements du centre de gravité en valeur réelle, en mm. Miyamaru & al 1987 expriment les variations du déplacement du centre de gravité en valeur pondérée, c'est-à-dire rapportées à la taille des individus, soit en $mm.m^{-1}$. La comparaison des valeurs d'oscillation entre les

âges pose le problème de la valeur absolue et de la valeur pondérée. L'oscillation de 3.6 cm à 2 ans pour des enfants qui mesurent en moyenne 95 cm n'a pas la même valeur que celle d' enfants de 6 ans, 6.2 cm pour une taille moyenne de 125 cm. Les différences sont à mettre également en relation avec la taille, pour que la comparaison soit correcte. Les valeurs pondérées dans l'étude Fortney (1983) sont de 3.7 $mm.m^{-1}$ à 2 ans et de 4.9 $mm.m^{-1}$ à 6 ans. L'augmentation constatée par les deux chercheurs entre 2 et 7 ans, apparaît moins importante en valeur pondérée. D'autre part les variations de l'oscillation sont plus importantes entre 2 et 4 ans qu'après. Nous n'avons pas trouvé d'étude sur l'évolution de ce paramètre entre 7 et 11 ans.

Le calcul exact de l'emplacement du centre de gravité est pour le moment une chose malaisée chez les enfants et demande certainement l'application de modèles en fonction de l'âge. Les oscillations du centre de gravité permettent de déterminer les différentes phases de la phase d'appui et l'organisation de la phase de suspension. Le centre de gravité se situe dans l'abdomen qui constitue selon les modèles anatomiques étudiés un élément du corps avec le tronc. Il nous semble donc possible d'accéder à une approximation des oscillations verticales du centre de gravité en proposant un repère sur le bassin. Toutefois on peut remarquer les différences entre les sexes indiquées par Miyamaru & al (1987). Les garçons, qui vont plus vite, ont un déplacement du centre de gravité relatif moins important que celui des filles. Pour un niveau d'efficacité supérieur les garçons ont un déplacement du centre de gravité inférieur. Il semble donc que le sens de l'évolution soit dans l'augmentation du déplacement vertical du centre de gravité avec l'âge, mais dans le même temps, la plus grande efficacité est dans la recherche d'un déplacement de moins grande ampleur. Les évolutions des oscillations verticales du corps, en course à vitesse maximale sont incomplètes et demandent d'autres recherches.

I.3.1.2. Analyse cinématique

Les descriptions de l'évolution de la forme de la course en fonction de l'âge sont peu nombreuses.

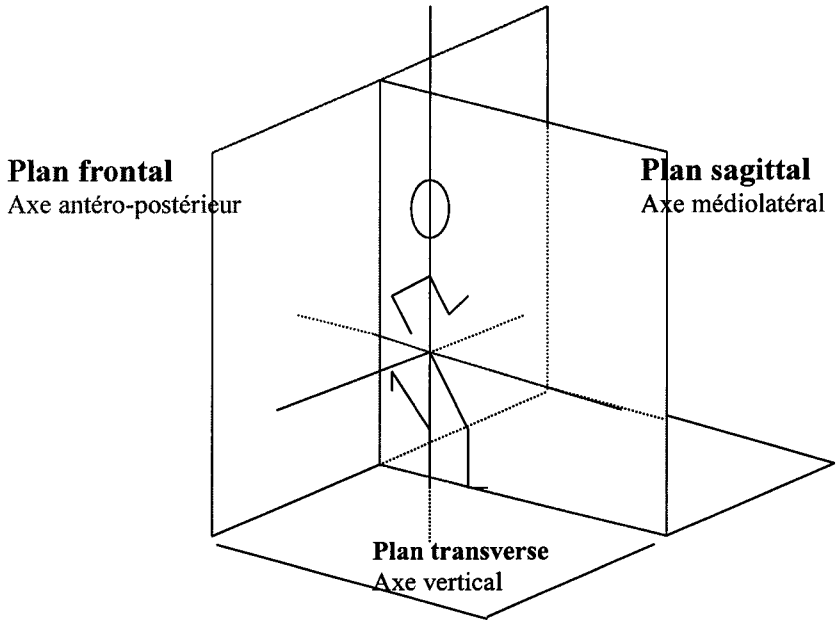
On peut analyser la forme gestuelle de la foulée par les variations des positions des différents segments. Comme toute étude cinématique, ces descriptions peuvent se faire en trois dimensions, soit dans les trois plans sagittal, frontal et transverse :

- Le plan sagittal, selon un axe médio-latéral, ce sont des mouvements en flexion extension.

- Le plan frontal, les mouvements sont décrits selon un axe antéro-postérieur, ce sont des mouvements en abduction/adduction.

- Le plan transverse, selon un axe vertical, les mouvements sont décrits comme des mouvements de rotation interne ou externe.

Figure 8: Description des trois plans et de leurs axes, pour l'étude cinématique de la foulée chez l'enfant.

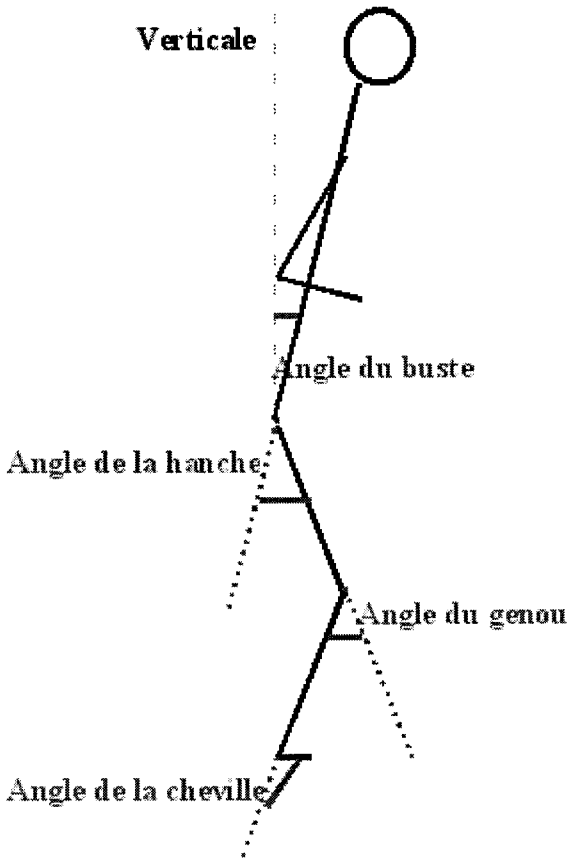


Ces descriptions de comportements moteurs peuvent s'appuyer sur les positions des membres et du tronc aux différents instants. Nous allons examiner les recherches dans un plan sagittal, puis dans un plan frontal et enfin dans un plan transverse. Pour faire l'état des recherches sur les variations dans les trois plans, nous proposons de commencer par la cheville, puis le genou, la hanche et le pelvis.

I.3.1.2.1. Dans le plan sagittal

Les mouvements sont étudiés dans le plan sagittal, selon l'axe médiolatéral et reflètent les mouvements en flexion extension. Les différents auteurs qui rendent compte des variations angulaires en course ne prennent pas toujours les mêmes repères pour établir les angles. C'est pourquoi nous avons recalculé les valeurs angulaires en adoptant une convention unique :

Figure 9 : Convention pour le calcul des angles inter segmentaires



- l'angle de la hanche est calculé à partir de l'angle tronc/cuisse, pour cela on utilise les deux segments suivants : épaule/grand trochanter et grand trochanter/axe du genou,

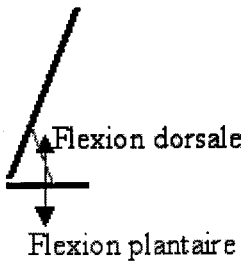
- l'angle du genou est calculé à partir des deux segments suivants : grand trochanter/axe du genou et axe du genou/malléole du péroné,

- l'angle de la cheville est calculé à partir des deux segments ci après : axe du genou/malléole du péroné et axe du talon/pointe du pied.

a) Variation de l'angle de la cheville avec l'âge

Les mouvements de la cheville, dans un plan sagittal, sont des mouvements en flexion/extension qu'il est fréquent d'appeler flexion dorsale et flexion plantaire. Le schéma ci-dessous illustre ces mouvements.

Figure 10 : Mouvements de la cheville dans un plan sagittal



En course, au moment du posé les coureurs adultes présentent des organisations corporelles différentes (Cavanagh & Lafortune 1980, Payne 1983, Williams 1985a, 1985b). Il est possible de distinguer 4 grands styles de coureurs :

- "en talon" : le pied se pose d'abord par le talon, puis dans la première partie de la phase d'amortissement, la cheville montre une extension, ainsi, le pied passe d'une position neutre à une flexion plantaire, pour terminer à plat sur le sol. A partir de cet instant, il entame une flexion dorsale, puis commence alors un mouvement d'extension, en phase de propulsion, le talon décolle du sol,

- " pied à plat " : les coureurs posent le pied à plat sur le sol, l'angle de la cheville est en général en position neutre au posé ou en flexion plantaire, le mouvement vers la flexion dorsale commençe immédiatement pour se terminer à la fin de la phase d'amortissement; puis débute la phase d'extension,

- " avant-pied -pied à plat " : dans ce style, les coureurs attaquent le sol avec l'avant pied ; puis, dans la première partie de la phase d'amortissement, la flexion dorsale entraîne la pose du talon sur le sol, la fin de la flexion est alors suivie de l'extension,

- " avant pied " : les coureurs attaquent le sol avec l'avant pied, il n'y a pas de flexion dorsale mais seulement un mouvement d'extension qui se termine au quitté.

Dans une population de coureurs adultes qui pratiquent en compétition, Payne (1983) a analysé les styles de coureurs de différentes spécialités. Le tableau ci-dessous présente les résultats de ses travaux.

Tableau 14 : Répartition en pourcentage des styles de coureurs en fonction de la spécialité pratiquée d'après Payne (1983).

Spécialités	Style Pourcentage	en talon	pied à plat	avant-pied--pied à plat	avant pied
Sprint en dessous de 200 m	18	28	11	56	6
Du 400 au 1500m	41	27	32	27	15
5000m et au-dessus	90	64	29	7	0

En sprint la tendance des coureurs est en majorité à une attaque du sol par l'avant pied, en course lente, celle-ci se fait prioritairement en talon.

Pour les enfants, nous avons relevé dans la littérature les valeurs indiquées pour l'angle de la cheville à différents moments du cycle. Les travaux de Fortney (1983) ne précisent pas le style des coureurs.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs de l'angle de la cheville à différents moments.

Tableau 15: Angle de la cheville en degré, en course à vitesse maximale en fonction de l'âge d'après Fortney (1983).

2 ans	3ans	4 ans	5 ans	6 ans
Au moment du posé de la jambe d'appui				
89.83		98.58		98.2
Au moment de la flexion maximale pendant l'appui				
91.17		97.92		100.3
Angle de la cheville de la jambe libre au moment du quitté de la jambe controlatérale				
88.67		95.83		101.8

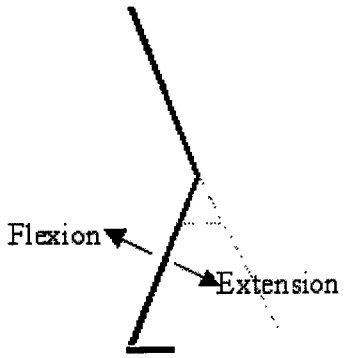
Dans l'étude de Fortney (1983), en course à vitesse maximale entre 2 et 6 ans, le pied se présente au moment du posé en position neutre, sensiblement 90° à deux ans, alors qu'il se trouve en légère flexion dorsale à 4 et 6 ans. Cette flexion dorsale augmente avec l'âge entre 2 et 4 ans, puis semble se stabiliser. Pendant la première partie de l'appui, le pied fléchit et la flexion dorsale semble augmenter en amplitude avec l'âge. Pendant la phase de retour de la jambe libre, le pied de cette jambe libre prépare la réception sur le sol. Cette préparation est différente en fonction de l'âge. L'angle de la cheville de la jambe libre au moment du quitté de la jambe d'appui indique une flexion plantaire pour les enfants de 2 ans, alors que le groupe des 4 ans et le groupe des 6 ans montrent une flexion dorsale, cette flexion augmente avec l'âge. L'évolution se manifeste, non pas dans une plus grande amplitude des mouvements au niveau de la cheville pendant l'appui, mais dans une plus grande flexion dorsale au moment du posé et pendant l'appui. Le pied des enfants de deux ans semble peu réactif en rapport à la position anatomique de 90°; le pied des groupes d'âge supérieur semble plus réactif, mais il nous manque les valeurs au quitté qui nous permettraient d'envisager l'amplitude du mouvement pendant toute la durée de la phase d'appui. La mise en perspective des classes d'âge supérieur avec entre autres les valeurs de l'angle de la cheville mature, c'est-à-dire de la

cheville adulte, est nécessaire pour mieux comprendre l'évolution de ce paramètre de la foulée de course à vitesse maximale.

b) Variation de l'angle du genou avec l'âge

Les mouvements du genou dans un plan sagittal sont des mouvements de flexion/extension. Le schéma ci-dessous illustre le sens des mouvements.

Figure 11 : Mouvements du genou dans un plan sagittal.



D'une manière globale, les mouvements du genou en course dans le plan sagittal peuvent se décrire ainsi : le genou se présente au moment du posé en légère flexion, cette flexion augmente pendant la phase d'amortissement ; dans la phase de propulsion, le genou s'étend ; Après le quitté, dans la phase de retour de la jambe libre, le genou fléchit d'une manière plus ou moins prononcée et s'étend à nouveau dans la dernière partie de la phase pour préparer le posé. Nous avons recherché les valeurs trouvées dans la littérature pour l'angle du genou à différents moments du cycle de course. Dans son étude, Fortney (1983) n'a rapporté que les valeurs statistiquement différentes entre les âges, quand les valeurs ne sont pas communiquées c'est qu'elles n'étaient pas statistiquement différentes. Le tableau ci-dessous présente la synthèse des valeurs trouvées en course à vitesse maximale.

Tableau 16 : Variations de la valeur de l'angle en degré du genou en course à vitesse maximale en fonction de l'âge selon Fortney (1983).

2 ans	3ans	4 ans	5 ans	6 ans
Au moment du quitté de la jambe d'appui				
33.7		19.8		15.2
Au moment du posé controlatéral (phase de retour de la jambe libre)				
67.7		97		97
Au moment du quitté controlatéral (phase de retour de la jambe libre)				
44.2		78.6		87.5

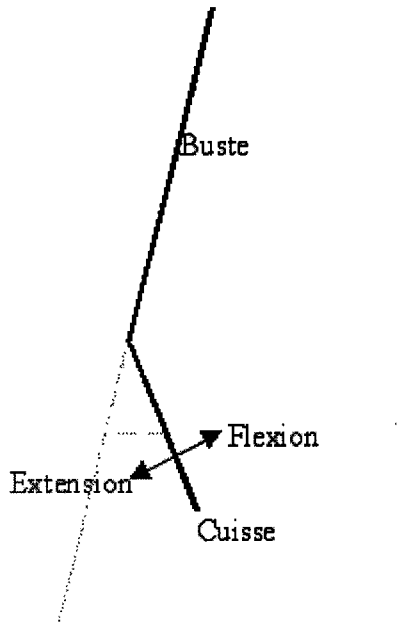
En course à vitesse maximale, l'évolution entre 2 et 6 ans tend vers une plus grande flexion pendant la phase de retour de la jambe libre. L'évolution se manifeste par une capacité à monter le pied plus haut dans la phase de retour de la jambe libre. Les résultats des recherches ne sont pas assez nombreux pour avoir une vue exacte des variations de l'angle du genou avec l'âge. Si les valeurs angulaires au moment des posés et quittés droit et gauche permettent de percevoir des différences, les valeurs de flexion maximale pendant l'appui et

pendant la phase de retour de la jambe libre devraient être des indicateurs intéressants pour la compréhension de l'évolution de l'habileté en course.

c) Variation de l'angle de la hanche avec l'âge

Les mouvements de la hanche dans un plan sagittal sont des mouvements de flexion extension qui sont décrits dans le schéma ci-dessous. L'angle de la hanche est défini par l'angle tronc/cuisse.

Figure 12 : Mouvements au niveau de la hanche dans un plan sagittal.



Les variations de l'angle de la hanche (représenté par l'angle tronc/cuisse), dans le plan sagittal, indiquent des mouvements de flexion – extension tout au long d'un cycle en course. Au moment du posé, l'angle tronc/cuisse est en général de l'ordre de 45° (Williams 1985, Novacheck 1998). Un mouvement d'extension commence alors, qui se termine à l'instant du quitté ou juste après. Pendant la phase de retour de la jambe libre, le mouvement, dans un premier temps, se fait dans le sens de la flexion, l'angle cuisse tronc augmente, dans un deuxième temps, en fin de phase, un mouvement d'extension s'amorce qui se poursuivra pendant toute la période d'appui.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs trouvées dans la littérature pour les variations de l'angle de la hanche, en course à vitesse maximale chez les enfants entre 2 et 11 ans, au moment du quitté controlatéral (phase de retour de la jambe libre).

Tableau 17: Variations de la valeur de l'angle en degré de la hanche en course à vitesse maximale en fonction de l'âge selon Fortney (1983).

2 ans	3ans	4 ans	5 ans	6 ans
48		65		61

Fortney (1983) indique une variation significative avec l'âge en course à vitesse maximale pour l'angle de la hanche uniquement au moment du quitté controlatéral, pendant la

phase de retour de la jambe libre. La hanche est plus étendue chez les 2 ans que chez les 4 et 6 ans alors que les angles varient peu entre 4 et 6 ans. Pour les autres moments, les variations ne sont pas significatives du point de vue statistique.

Nous n'avons que peu de données pour éclairer l'évolution des formes corporelles en course à vitesse maximale chez les enfants, nous devrons compléter ces informations dans nos travaux.

Les angles donnés pour la hanche sont calculés à partir de l'angle formé par l'axe épaule-grand trochanter et grand trochanter-axe du genou, mais il manque les valeurs d'inclinaison du tronc par rapport à la verticale qui devraient être une autre indication de l'évolution de la course chez l'enfant. L'axe de l'épaule et l'axe de l'articulation de la hanche sont en général pris comme repères anatomiques pour définir le tronc. Pendant la course l'épaule est mobile et accompagne le mouvement du bras. L'angle de la hanche obtenu par l'intersection des deux segments "*axe de l'épaule- axe de la hanche*" et "*axe de la hanche- axe du genou*" ne reflète qu'imparfaitement les mouvements du tronc.

Il est possible de compléter l'étude au niveau du tronc par le calcul de l'inclinaison du tronc par rapport à la verticale et nous nous proposons de le prendre en considération.

d) Les bras

En course, les bras sont généralement fléchis à angle droit et les mouvements sont coordonnés avec l'avancement de la jambe libre (Dyson 1971).

Nous n'avons trouvé aucune recherche précisant l'évolution des angles des membres supérieurs chez les enfants en course à vitesse maximale. Nous essaierons dans notre travail de prendre en compte les bras pour l'évaluation des différents niveaux d'habileté en course de vitesse.

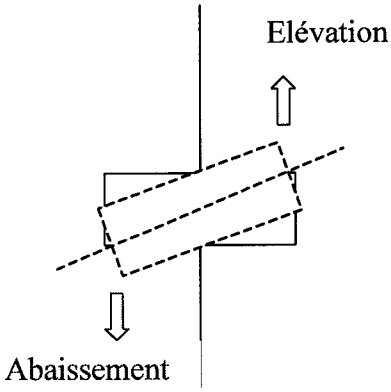
I.3.1.2.2. Dans le plan frontal

Les mouvements dans ce plan se font autour d'un axe antéro-postérieur. Ils sont limités au niveau du genou et de la cheville par les tendons musculaires et les ligaments. Novacheck (1998) et les études qui rapportent des mesures dans ce plan s'intéressent au pelvis et à la hanche.

a) Variations de l'angle du pelvis

L'obliquité représente le mouvement du bassin dans un plan frontal.

Figure 13 : Mouvements du bassin dans un plan frontal ou obliquité



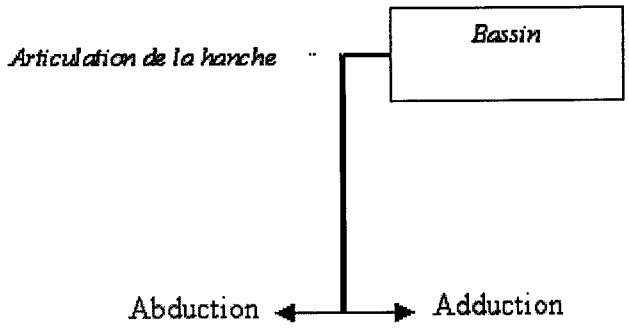
Les mécanismes du mouvement du bassin dans le plan frontal sont connus. A l'instant du posé, le bassin est dans une position sensiblement neutre. Pendant la première partie de la phase d'appui, dans la phase d'absorption, le bassin présente un mouvement d'élévation, ensuite apparaît un mouvement d'abaissement dans la seconde partie de la phase d'appui, c'est-à-dire dans la phase de propulsion. Dans la phase de retour de la jambe libre, le mouvement s'inverse (Novacheck 1998). Les mouvements du bassin jouent un rôle dans l'absorption du choc du posé et dans le contrôle du mouvement de descente du centre de gravité (Schache & al 1999). C'est un des mécanismes pour découpler les mouvements importants des membres inférieurs, des mouvements du tronc et de la tête (Novacheck 1998).

Cependant, chez les enfants, nous n'avons pas de données sur les mouvements du bassin en course à vitesse maximale dans le plan frontal.

b) Variation de l'angle de la hanche

Dans un plan frontal, les mouvements au niveau de la hanche sont appelés mouvements d'abduction ou d'adduction.

Figure 14 : Mouvements de la hanche dans un plan frontal



En course, au moment du posé, la hanche est en adduction. Celle-ci augmente pendant la phase d'amortissement puis le mouvement s'inverse dans la phase de propulsion. La hanche termine la phase de propulsion dans une position de légère abduction. Le mouvement se poursuit pendant la première partie de la phase de retour de la jambe libre, la position

d'abduction maximale est atteinte vers le milieu de la phase de retour de la jambe libre. Ensuite le mouvement se fait dans le sens de l'adduction (Novacheck 1998, Schache & al 1999).

Nous n'avons pas de données concernant les variations de l'angle de la hanche chez l'enfant en course à vitesse maximale.

I.3.1.2.3. 2.2.3 Dans le plan transverse

Dans ce plan, les mouvements se font autour d'un axe vertical, ils sont appelés mouvements de rotation. Au niveau du genou les mouvements sont limités par les tendons des muscles et les ligaments du genou. Dans ce plan, pour les enfants, nous n'avons pas de données concernant la course à vitesse maximale.

I.3.1.3. Conclusions

De cette première revue de question sur les variations de la vitesse en course à vitesse maximale et en course lente chez l'enfant, nous pouvons retenir certains points que nous énonçons ci-dessous.

Pour l'étude de la course à vitesse maximale, les variations de la vitesse et de l'amplitude entre 2 et 11 ans sont relativement bien connues. Leur évolution semble marquer un palier vers 4-5 ans, âge qui marque l'arrêt des transformations rapides; puis la progression des performances est beaucoup plus lente entre 4-5 ans et 11 ans; après cet âge une nouvelle phase de transformation rapide apparaît.

La vitesse et l'amplitude sont des facteurs discriminants entre les coureurs. Une étude de Saito et Ito (1995) confirme l'augmentation de la vitesse et de l'amplitude avec l'âge entre 2 et 12 ans et la relative stabilité de la fréquence après 6 ans. Si tous les auteurs reconnaissent la corrélation entre l'augmentation de la taille et l'augmentation de la vitesse ou de l'amplitude, ce facteur taille ne semble pas expliquer l'ensemble de l'amélioration.

Pour chaque âge, d'importantes différences de performance entre les enfants existent, reflétées par les écarts à la moyenne relevés par les différents chercheurs. Ces différences nous amènent à compléter l'ontogenèse de la course à vitesse maximale chez l'enfant par une autre approche, l'étude des transformations des organisations corporelles entre 2 et 11 ans.

La pondération des performances de vitesse et d'amplitude par un index de stature, pour comparer des coureurs de tailles différentes est une manière de supprimer l'influence de ce facteur taille (taille ou taille de jambe, les deux étant fortement corrélées).

Les résultats des recherches sur l'influence du sexe sur la performance en course à vitesse maximale sont contrastés. Des différences apparaissent dans certains travaux comme statistiquement valides alors que pour d'autres elles ne le sont pas. Nous porterons donc une attention particulière à ce facteur et il sera intéressant de voir dans les différents niveaux d'organisation corporelle comment se répartissent garçons et filles.

Nous pouvons retenir des différentes recherches que, pour étudier la course à vitesse maximale, il faut supprimer le facteur mise en action et que le point de départ doit donc se

situer vers 25 mètres pour les enfants entre 8 et 11 ans, vers 18 mètres pour les enfants de 6 ans, 16 mètres pour les enfants de 4 ans, et une dizaine de mètres pour les enfants de 2 ans.

Les variations de l'organisation corporelle sont décrites d'une manière parcellaire mais surtout elles le sont par âge et non par niveau d'habileté.

I.3.2. La cinématique de la course de vitesse des adultes comparée à celle des enfants

Dans un souci de mise en perspective des résultats, pour une compréhension du sens du développement de la foulée après l'enfance, nous avons fait une revue bibliographique de la cinématique de la course à vitesse maximale pour les adultes.

Les études sur les adultes en course à vitesse maximale sont nombreuses et portent à la fois sur les adultes experts dans la discipline de sprint, champions du monde et détenteurs de records ou sur des sujets dont le degré d'expertise est moindre, athlète de niveau régional, mais également sur les adultes plus âgés, qu'ils soient anciens experts ou non. Dans le but d'examiner la course à vitesse maximale mature en relation avec celle des enfants, nous avons entrepris la revue des mêmes points: les paramètres spatio-temporels et l'analyse cinématique. Dans un soucis de lisibilité du document nous présentons l'intégralité de cette revue en annexe 1.

I.3.3. Conclusion :

De cette revue de question des études cinématiques sur la course à vitesse maximale chez les enfants entre 2 et 11 ans et chez les adultes, nous pouvons tirer certaines conclusions sur l'ontogenèse de la course à vitesse maximale, prendre en considération certains faits établis concernant les conditions expérimentales, dégager le sens des progrès et les paramètres pertinents qui autorisent la comparaison entre plusieurs individus et proposer des orientations pour notre travail.

Le sens des progrès en course à vitesse maximale

Les différents travaux que nous avons étudiés permettent de constater que les améliorations en course ne sont pas linéaires (en particulier ceux de Ikai 1968 , Morris & al 1982, Fortney 1983, Balsevich 1987). Les progrès sont importants entre 2 et 4-5 ans, puis l'amélioration qui paraissait linéaire au cours des années antérieures semble marquer le pas à partir de 4-5 ans jusqu'à 11 ans. Par contre les limites des paliers ne sont pas homogènes. Fortney (1983) situe le début du deuxième palier vers 4 -5 ans, Balsevich (1987) vers 5 ans, alors que Amano & al (1987) décomposent la période en 2 paliers 4-7 ans et 7-11 ans. Globalement une transformation interviendrait entre 4 et 7 ans.

Les variations de la vitesse et de l'amplitude entre 2 et 11 ans sont relativement bien connues. Leur évolution semble marquer un palier vers 4-5 ans, âge qui marque l'arrêt de

transformations rapides; puis la progression des performances est beaucoup plus lente entre 4-5 ans et 11 ans ; après cet âge une nouvelle phase de transformation rapide apparaît.

L'amplitude pondérée par la taille augmente jusqu'à l'âge de 13 ans. Le rapport optimal amplitude/fréquence est ensuite individuel.

Les débutants en course peuvent se caractériser par une phase de suspension réduite. Les variations au niveau du temps d'appui chez les enfants passent par une diminution du temps d'appui et une augmentation du temps de suspension. Le sens du progrès chez l'adulte est ensuite dans une diminution du temps de suspension.

Les oscillations verticales semblent augmenter chez les enfants jusqu'à l'âge de 13 ans puis ces oscillations diminuent pour l'adulte spécialiste, le sens du progrès étant alors dans un bassin très haut sur l'appui.

Pour la description de l'habileté, d'une manière générale, chez les enfants la jambe libre présente des mouvements d'amplitude faible, l'extension de la jambe d'appui est incomplète. Les jambes présentent également des " *décalages latéraux* " qui élargissent la base de sustentation. Le sens de l'évolution se trouve dans une extension de la jambe d'appui plus complète, des mouvements de plus grande amplitude pour la jambe libre avec un retour talon–fesse et une montée de genou plus importante.

Les paramètres à prendre en compte pour l'analyse de la foulée

La revue de question nous conduit à retenir certains paramètres qui permettront d'analyser la population : la vitesse, l'amplitude, les oscillations verticales du corps représenté par les mouvements verticaux du buste, dans la mesure où ces valeurs sont pondérées par la taille, la fréquence et la durée de l'appui exprimée en pourcentage et pour représenter les formes d'organisation corporelles, les angles au niveau des différentes articulations. En ce qui concerne les bras, nous ne retiendrons que les rotations autour de l'épaule, les mouvements de l'avant bras dans un plan sagittal étant trop difficiles à quantifier du fait de l'existence de rotations dans le plan frontal. Le timing des différents événements est également à prendre en considération.

Les conditions expérimentales

Nous pouvons retenir des différentes recherches que, pour étudier la course à vitesse maximale, il faut supprimer le facteur mise en action et que le point de départ doit donc se situer vers 25 m pour les enfants entre 8 et 11 ans, vers 18 mètres pour les enfants de 6 ans, 16 mètres pour les enfants de 4 ans et une dizaine de mètres pour les enfants de 2 ans.

Pour étudier l'habileté motrice sans influence des conditions expérimentales, les enfants ne doivent pas être contraints par le milieu. Nous choisirons un lieu habituel pour effectuer les prises de performance, sans zone de posé obligatoire et sans appareillage sur les enfants.

Chez les enfants, les plus importantes transformations apparaissent dans le plan sagittal. Dans les deux autres plans l'amplitude des mouvements est faible. Le plan sagittal devra nous intéresser au premier chef.

Nous proposons donc d'étudier une population importante d'enfants dont l'âge serait reparti entre 2 et 11 ans. Une trentaine d'enfants par âge est nécessaire pour que la diversité puisse s'exprimer et que l'établissement des niveaux d'habileté puisse être distingué statistiquement. L'ensemble de la population doit donc être de 270 enfants. Les enfants ne seront pas des spécialistes entraînés, l'étude étant dirigée vers une aide à l'intervention, il semble préférable de prendre les enfants de classe entière dans une école.

Les orientations pour l'analyse des données

Nous faisons l'hypothèse de l'existence de niveaux d'habileté motrice en course à vitesse maximale chez l'enfant pour lesquels l'âge ne sera qu'un des éléments discriminants.

Les résultats des recherches sur l'influence du sexe sur la performance en course à vitesse maximale sont contrastés, les différences apparaissant dans certains travaux statistiquement valides, alors que pour d'autres elles ne le sont pas. Nous porterons donc une attention particulière à ce facteur et il sera intéressant de voir dans les différents niveaux d'organisation corporelle comment se répartissent garçons et filles.

Pour établir s'il existe des niveaux d'habileté, les données issues de la recherche sont incomplètes. Seules certaines variations dans l'organisation corporelle ont été relatées, parcellaires, les âges étudiés ne couvrent pas l'ensemble de la période de 2 à 11 ans.

Enfin pour mieux comprendre le sens de l'évolution des organisations corporelles en course à vitesse maximale et en course lente chez l'enfant, nous devrons les mettre en perspective avec la foulée mature.

I.4. Une recherche technologique à visée didactique

I.4.1. un problème de didactique

Nous cherchons à identifier les savoirs qui permettent la compréhension d'une activité motrice, sa lecture et son enseignement. Si nous acceptons la définition de la didactique donnée par Mialaret (1979) comme " *la science dont l'objet de recherche est l'étude des procédures d'enseignement et de formation* ", alors notre problème est un problème didactique. Or les recherches didactiques qui visent à éclairer des décisions ou à transformer les pratiques d'intervention sont aussi à ce titre des recherches technologiques (Bouthier & Durey 1994). Nous nous situons donc dans cette perspective, d'une recherche technologique en ce sens que nous cherchons à produire d'une part des connaissances plus précises sur l'évolution de la foulée chez l'enfant et un outil qui permette de mieux comprendre cette évolution. Nous nous situons également dans une perspective de recherche en didactique dans la mesure où nous proposons de transposer les connaissances et d'utiliser l'outil construit dans une situation d'apprentissage de la lecture des comportements moteurs en sprint.

Le système didactique est selon Amade-Escot (1998) un système dynamique opérant des transformations de savoirs, de pratiques et de connaissances. Dans la perspective d'une étude de ce système et de rassemblement des savoirs actuels sur l'un des points du système (sur le développement de la foulée chez l'enfant dans notre cas), il convient, après avoir examiné les savoirs scientifiques issus de la biomécanique descriptive et ceux tirés des études développementales, de recueillir et de discuter les savoirs qui proviennent des praticiens. Nous examinerons les savoirs issus de la pratique de référence (Martinand 1996) correspondant à cette activité motrice c'est-à-dire les connaissances des experts en athlétisme et les connaissances des praticiens de la discipline scolaire.

L'approche de ces savoirs est " *une forme du travail didactique, comparable au travail de l'ingénieur, qui pour réaliser un projet précis s'appuie sur des connaissances scientifiques de son domaine, accepte de se soumette à un contrôle de type scientifique, mais en même temps se trouve obligé de travailler sur des objets beaucoup plus complexes que les objets épurés de la science*" (Artigue 1990).

Les savoirs des praticiens constituent les savoirs enseignés et les savoirs réellement enseignés dans la logique de la transposition didactique (Chevallard 1991). Nous pouvons les qualifier de savoirs pragmatiques, de savoirs pour la pratique ou de savoirs professionnels empiriques (Dhellemmes 1988).

Les savoirs professionnels empiriques actuels sur le développement de la foulée chez l'enfant sont pour l'essentiel tirés de théorisation de la pratique ou de connaissances pragmatiques non validées par des recherches. Ces connaissances se retrouvent dans les revues professionnelles et les livres concernant l'athlétisme et son enseignement. Nous aurions pu également recueillir les connaissances des experts, au sens défini par Giordan (1993), c'est-à-dire " *un professionnel de l'acte d'apprendre* ", quelqu'un qui sait définir, mettre en œuvre, réguler et évaluer un projet éducatif. Mais dans la plupart des cas les

connaissances de ces experts se retrouvent pour partie dans les produits de diffusion de la littérature professionnelle. Aussi limiterons-nous notre approche à l'investigation de celle-ci.

Les savoirs enseignés peuvent être recueillis dans trois grandes catégories de productions professionnelles :

- les instructions officielles de l'école primaire. Elles sont le reflet des savoirs à enseigner définis par la noosphère et des moyens de contrôler l'acquisition de ces savoirs par les élèves. Nous étudierons les Instructions Officielles et les savoirs enseignés recommandés au cours des 25 dernières années.

- les livres sur l'enseignement de l'athlétisme aux enfants. Ils permettent d'accéder aux savoirs enseignés tels que traduits par des enseignants reconnus, (les experts selon Giordan 1993), et aux indicateurs de transformation en cours d'apprentissage.

- les revues pédagogiques. Elles proposent des situations d'apprentissage dans lesquelles il est possible de retrouver les savoirs enseignés par les praticiens et les indicateurs leur permettant d'évaluer les comportements moteurs des apprenants et leurs évolutions pendant le déroulement de la situation d'apprentissage.

Les indicateurs de transformation des comportements moteurs sont en général indiqués par les auteurs des productions professionnelles dans ce que l'on nomme communément les critères de réalisation de la tâche ou encore comportements attendus des apprenants.

Nous proposons d'extraire de ces littératures les critères de réalisation ou comportements attendus concernant la foulée de course à vitesse maximale chez les enfants.

I.4.2. les savoirs à transmettre recommandés par les Instructions officielles

Les textes officiels concernant l'éducation physique à l'école primaire ont toujours été marqués par les courants de l'éducation physique de leur époque : hébertisme, gymnastique suédoise, gymnastique de maintien, méthode sportive. Après les expériences de Vanves (1950) sous l'influence de différentes organisations pédagogiques, le Groupe Français d'Education Nouvelle d'Adolphe Ferrière, le mouvement Freinet, les Centres d'Entraînement aux Méthodes Actives, les Instructions Officielles entre 1946 et 1969 s'orientent progressivement vers une prise en compte plus importante des activités sportives dans l'enseignement de l'éducation physique à l'école primaire.

L'examen des propositions de savoirs à faire acquérir proposés dans les différentes instructions officielles à partir de 1967 et qui concernent l'arrêté du 7 août 1969 portant sur la mise en place du tiers temps pédagogique, l'arrêté du 18 mars 1977 sur les objectifs, programmes, instructions au cycle préparatoire, l'arrêté du 7 juillet 1978 sur les horaires du cycle élémentaire, Objectifs, Programmes, Instructions du cycle élémentaire, l'arrêté du 23 avril 1985 fixant les programmes et instructions pour l'école élémentaire et l'arrêté du 25

janvier 2002 sur les horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire, nous permet de constater que, en particulier pour la course, les savoirs ne sont jamais clairement explicités.

Les plus explicites sont peut-être les derniers programmes. Ainsi, en 2002, un élève doit avoir acquis les compétences suivantes :

- au cycle 1, être capable de courir vite (en ligne droite),
- au cycle 2, de partir vite à un signal, de maintenir sa vitesse pendant 6 à 7 secondes, de franchir la ligne d'arrivée sans ralentir,
- et au cycle 3, de prendre un départ rapide, de maintenir sa vitesse pendant 8 à 9 secondes et de franchir la ligne d'arrivée sans ralentir.

Les progrès à travers les 3 cycles se traduisent par l'augmentation de la durée de la phase de maintien de la vitesse et la prise en compte à partir du cycle 2 du départ et de l'arrivée en relation avec une pratique athlétique. Les programmes ne sont pas très explicites sur les savoirs attendus en fin d'apprentissage. Exprimés en termes de compétences, ils restent très généraux et ne fournissent aux enseignants qu'un repère sur le temps d'activité des enfants. Il faut, pour trouver une déclinaison de ces compétences visées en savoirs, examiner les savoirs proposés par les enseignants eux-mêmes dans leur littérature professionnelle et les repères qu'ils proposent et utilisent pour constater les progrès de leurs élèves.

I.4.3. Les savoirs professionnels empiriques

Les praticiens explicitent dans leurs écrits les indicateurs qu'ils utilisent ou qu'ils préconisent pour observer des coureurs en course à vitesse maximale. Ce sont ces indicateurs et leurs valeurs qui nous intéressent comme participant des savoirs issus de la pratique de référence.

En France et concernant la course de vitesse chez les enfants d'âge primaire, la revue EPS 1er degré est la revue de référence. Nous allons examiner les critères de réalisation, les observables, les indicateurs sur la course de vitesse proposés par les praticiens dans leurs revues professionnelles, la revue EPS 1 (revue professionnelle pour l'EPS à l'école primaire) et la revue EPS (revue professionnelle des enseignants d'éducation physique et sportive).

Nous avons pris comme définition d'expert celle de Giordan (1993). La notion d'expertise est relative et il est possible de distinguer parmi eux ceux qui, reconnus par les éditeurs et leur comité de lecture, ont publié un ouvrage sur l'athlétisme et ceux qui, d'une manière plus modeste, ont publié un article.

1- Les productions du ministère de l'éducation nationale en particulier quand elles proposent des situations d'apprentissage en course de vitesse, soit ne précisent aucun observable des transformations motrices, c'est le cas dans l'éducation physique au cycle élémentaire (1995), soit restent très vague sur les comportements attendus (l'éducation physique au cycle préparatoire (1992), ou les unités d'apprentissage (2000). Ces observables sont alors définis ainsi : courir en utilisant les bras, courir droit, en regardant devant, courir en montant les genoux.

2- Dans la revue EPS 1, la revue professionnelle des enseignants du premier degré en Education physique, depuis 1981, seulement 8 articles sont consacrés peu ou prou à la course de vitesse : Eps Equipe CPD-CPC de Charente (1981). Repères en EPS. *Revue EPS1*, 2, 10-13, Equipe CPD-CPC de Seine St Denis (1981). Jeux de vitesse. *Revue EPS1*, 5, 12-13, Strady, J. (1983) Athlétisme course, saut lancer, *Revue EPS1*, 15, 28-29, Pettermann, J. & Schaab, R. (1987). Découverte de l'athlétisme. *Revue EPS1*, 32, 26-28, Plesttran, F. (1993). Courir. *Revue EPS1,* 61, 15-16, Equipe Eps Haute Loire. (1993) Courir, *Revue EPS1*. 64, 19-20, Boudon, S. & Carlux, C. (1994). La course de vitesse. *Revue EPS1*. 70, 7-9, Commission maternelle du groupe CPC-CPD de Paris (1998). Courir à la maternelle. *Revue EPS1*. 88, 13-14.

Une situation d'apprentissage peut se définir en éducation physique et sportive comme une tâche à accomplir. Pour la décrire nous pouvons reprendre les caractéristiques d'une tâche à savoir matériel : organisation, consigne, but, critères de réussite et critères de réalisation (Famose & al 1983). C'est au niveau de ces critères de réalisation que nous retrouvons pour les enseignants et les élèves les comportements moteurs, affectifs et cognitifs attendus. Il est surprenant de constater que les comportements moteurs attendus ne sont jamais décrits dans les articles en course de vitesse, les seules attentes sont d'ordre général, à savoir réagir vite, accélérer, maintenir sa vitesse et finir vite. La seule évaluation des progrès se fait sur la performance. Nous retrouvons dans les faits les compétences décrites par les Instructions officielles. Les comportements attendus ne sont pas clairement explicités, les progrès se mesurent sur la performance et quand on sait que celle-ci évolue naturellement avec l'âge on peut se demander ce qu'apprennent les enfants.

3- Si nous élargissons notre recherche aux livres sur l'athlétisme et à la revue EPS, les auteurs précisent alors des comportements de débutants en athlétisme. La notion de débutant reste floue, des enfants du collège pour les enseignants d'EPS, des enfants entre 8 et 10 ans pour les ouvrages sur l'athlétisme.

Parmi ces auteurs, un certain nombre indique les observables dans le comportement moteur en course d'une manière générale (Barnier 1955, Cercle d'étude d'athlétisme 1973, Goriot 1982a, Goriot 1982b, Pithon 1985a et 1985b, Urtebize 1987, Raguz 1994, Dhellemmes 1988, Hubiche & Pradet 1993, Bonhomme, Chirat & Jallon 1993, Piasenta 1994, Havage & Havage 1995, Lamotte 1995, Murer & Bucher 1999, Iceaga-Tanguy 2001). Ils précisent en général que ce sont des comportements de débutants en athlétisme qu'ils souhaitent caractériser et évaluer.

D'autres auteurs caractérisent plusieurs niveaux :

- 2 niveaux : débutant et athlète confirmé (Piasenta 1988),
- 3 niveaux (débutant, débrouillés, confirmés) (Réga 2000),
- 4 niveaux (Jovis 2001, Dupré & Janin 2002).

Une modélisation en cycle avant pour les experts et en cycle arrière pour les débutants est très souvent proposée à la suite des travaux de Piasenta (1988, 1994). Cette modélisation est reprise comme moyen de distinguer des niveaux (Pradet & Hubiche 1993, Réga 2000, Iceaga-Tanguy 2001).

Si nous listons les observables proposés, nous trouvons deux grandes catégories, les observables relatifs aux caractéristiques spatio-temporelles de la course et ceux relatifs à l'organisation corporelle, nous trouvons parfois une modélisation des comportements attendus.

Les observables relatifs aux caractéristiques spatio-temporelles de la course sont l'amplitude, la vitesse, la fréquence.

Certains auteurs ne prennent en compte que la performance (Morth 1978, Bonhomme, Chirat & Jallon 1993). D'autres proposent une évaluation sur les comparaisons des performances entre plusieurs sprints courts et sur la maîtrise de la gestion amplitude fréquence (Lamotte 1995).

L'amplitude et la fréquence sont l'objet de l'attention de nombreux auteurs, parfois avec des sens de transformations qui se contredisent :

- recherche de l'amplitude et de la fréquence optimale (Dhellemmes 1988, Lamotte 1995, Jovis 2001),
- recherche de l'amplitude maximale et de la fréquence la plus élevée (Hubiche & Pradet 1993, Pithon 1995b, Murer & Bucher 1999, Cercle d'étude de l'athlétisme 1973)
- conservation de la fréquence acquise en augmentant l'amplitude (Réga 2000)
- diminution de la fréquence pour augmenter en amplitude (Raguz 1994).

Les observables relatifs à l'organisation corporelle sont nombreux et variés.

Ils sont parfois très généraux, crispation, relâchement (cercle d'étude d'athlétisme 1973, Raguz 1994, Iceaga–Tanguy 2001), notion de gainage du tronc (Goriot 1982, Jovis 2001), attitude haute en course, cycle avant opposé au cycle arrière (Hubiche & Pradet 1993, Piasenta 1988, 1994, Réga 2000, Jovis 2001), Courir droit (MEN 2000, MEN 1992, Barnier 1955, Dupré & Janin 2002), verticalité, allongement, torsion abaissement du centre de gravité (Havage 1995)

Dans la plupart des cas, ils indiquent le sens des transformations attendues ou ils l'établissent en proposant des niveaux d'habileté. Nous pouvons alors retenir les observables suivants dans la chronologie d'un cycle de course observé en partant de la pose du pied à la fin du retour de la jambe libre. On peut noter toutefois que, dans la grande majorité des textes, ces indicateurs sont donnés pour une observation des coureurs dans le plan sagittal, la position de l'entraîneur ou de l'enseignant quand il regarde ses élèves à l'entraînement.

L'appui

- Pose du pied : en plante (Goriot 1982, Jovis 2001) ou la qualité de la reprise de contact, pleine plante, à plat, en talon (Piasenta 1988, 1994, Iceaga-Tanguy 2001).

La position de la pose du pied d'appui est parfois précisée. Il doit être à la projection du centre de gravité (Urtebize 1987), sous le genou (Jovis 2001), en avant de l'aplomb du bassin (Piasenta 1988).

La notion de " *griffé du pied* " ou l'action de "*faire rouler le sol vers l'arrière* " ou "*la pose de pied en flexion d'étirement grâce à une vitesse arrière*" à la reprise d'appui sont très souvent indiquées comme des indicateurs du bon comportement en course à vitesse maximale. (Urtebize 1987, Pradet & Hubiche 1993, Réga 2000, Iceaga-Tanguy 2001, Jovis 2001, Dupré & Janin 2002).

- Au soutien, le bassin reste haut placé pour (Piasenta 1988, 1994).Cela rejoint la notion de course haute (Hubiche & Pradet 1993, Réga 2000, Jovis 2001.

- Au quitté, les critères de réalisation sont donnés de différentes manières : angle hanche-cheville /verticale plus fermé (Piasenta 1998), impulsion oblique (Goriot 1982a), extension de la jambe d'appui (Murer & Bucher 1999).

Le retour de la jambe libre :

- La première partie du retour de la jambe libre est décrite également de différentes façons : la cuisse s'engage tout de suite vers l'avant chez les bons coureurs, continue à osciller vers l'arrière pour les débutants (Piasenta 1988, 1994), retour rapide de la jambe libre le talon monte moins haut qu'en course lente (Pradet & Hubiche 1993, Réga 2000), retour actif du genou vers l'avant (Jovis 2001)

- La deuxième partie du retour de la jambe libre doit se faire genoux hauts (Goriot1982, M.E.N. 1992, Raguz 1994, Iceaga- Tanguy 2001, Jovis 2001, Pithon 1985a et 1985b, Piasenta 1988, 1994, Pradet & Hubiche 1993, Réga 2000, Jovis 2001)

- A la fin du retour de la jambe libre les auteurs précisent la position du pied avec la notion d'armé (Jovis 2001), de pied en flexion (Urtebize 1987), de pied tonique (Iceaga-Tanguy 2001)

Les bras

Les mouvements des bras sont indiqués comme devant être synchrones (Goriot 1982a), mais bien souvent les auteurs restent très vagues, par exemple : " *bras équilibrés, balancement synchrones* " (Goriot 1982a) " *utiliser les bras et comprendre leur rôle*" (Raguz 1994), " *courir en utilisant efficacement les bras* " (MEN 2000), " *agir sur le travail des bras* " (Dupré & Janin 2002). Nous avons peu de renseignements sur les indicateursconcernant la flexion bras-avant bras et l'amplitude des mouvements.

Les articles sur la course de vitesse sont relativement peu nombreux en ce qui concerne les élèves de l'école primaire et peu explicites des comportements moteurs attendus. Pour le collège, les articles sont plus nombreux et plus explicites des transformations motrices attendues. L'observation des transformations motrices provoquées par les séances d'éducation physique ne semble pas être, en course de vitesse, un souci des enseignants du primaire. L'absence de critère de réalisation dans la plupart des situations d'apprentissage dans les autres activités enseignées à l'école nous montre également que ce n'est pas un souci pour les autres activités. Il semble que l'éducation physique à l'école se préoccupe des transformations cognitives, affectives mais très peu des transformations motrices. A l'école courir semble se résumer à partir et finir, entre les deux il ne se passe rien. Au collège et au lycée, les apprentissages visés semblent plus orientés vers une amélioration des comportements

moteurs. Mais Joris (2001) sur une étude des connaissances en action menée chez les étudiants STAPS (que l'on peut considérer comme des élèves fortement motivés en EPS) à propos de la course de vitesse a montré qu'ils avaient une méconnaissance des critères d'observation pour les sprinters. Les étudiants déclarent avoir appris à partir mais pas à courir, et'ils éprouvent des difficultés à expliquer ce qu'ils cherchent à faire quand ils courent, ainsi ceci confirme le peu d'attention que les enseignants apportent aux transformations motrices en course de vitesse.

I.4.4. les modélisations au service de l'apprentissage

Notre travail s'inscrit dans la logique des recherches du Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Education Scientifique et Technologique (LIREST) du Groupe de Didactique des Sciences et de la Technique de Cachan (GDSTC) pour ce qui concerne les travaux sur les Activités Physiques et Sportives. Ces travaux peuvent se caractériser, selon Martinand (1987) et Durey (1995) comme une "*phénoméno-technique*" à des fins d'intervention. C'est une approche technologique spécifique aux Activités Physiques et Sportives qui poursuit les travaux sur la course menés sous la direction de Alain Durey dans ce laboratoire, travaux empiriques de Olivier Pauly (1991), et travaux scientifiques de Bruno Gajer (1995), Frédéric Aubert (1995, travaux non publiés).

" *La complexité des systèmes réels nous contraint le plus souvent à les simplifier afin d'être en mesure de répondre aux questions et aux problèmes qu'ils soulèvent* " (Durey 1997). Les représentations du mouvement comme les kinogrammes, les chronophotographies et les chronocyclogrammes sont des outils. Mais la représentation du réel, la représentation des techniques du corps est un enjeu : l'objet obtenu devient un objet d'étude. L'enjeu est la production de nouvelles connaissances à partir de la modélisation tirée de la représentation graphique du phénomène observé.

Notre travail est une recherche de modèle c'est-à-dire une recherche descriptive avec intention de généralisation.

I.4.4.1. Qu'est-ce que modéliser ?

Un modèle est une représentation du réel en le réduisant et en le simplifiant pour rendre compte des phénomènes. Construire un modèle est une grande partie du travail des scientifiques pour rendre plus intelligible le réel (Pallascio 1990). "*Le modèle n'est pas l'hypothèse ou la théorie, il en est une représentation datée*" (Amalberti 1991).

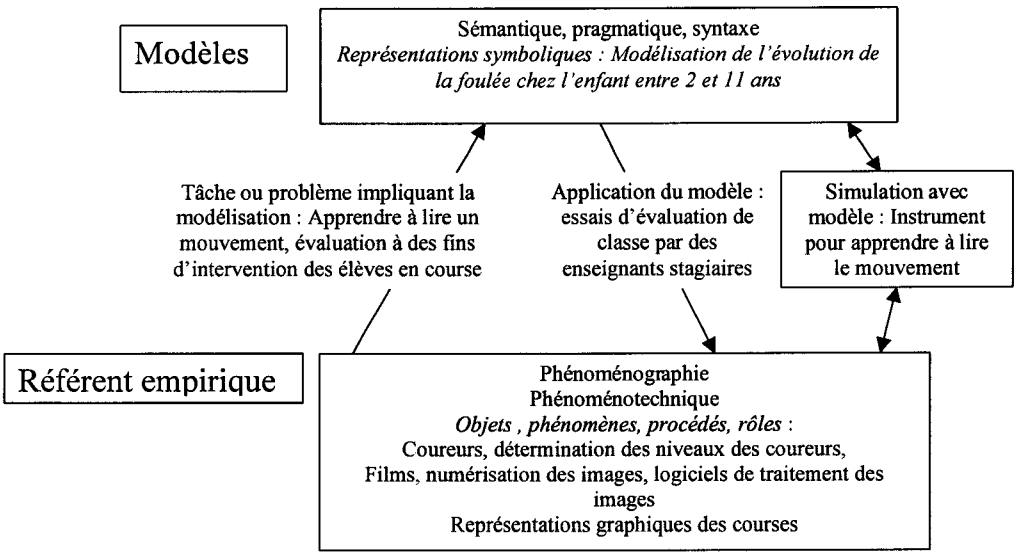
Mais en même temps, les modèles sont également, pour le Moigne (1987), des processus, opérateurs de connaissance, la modélisation étant soit modélisation de la connaissance-projet (modèle représentation théâtrale), soit modélisation de la connaissance objet (modèle représentation-diplomatique).

Le modèle est construit comme un intermédiaire entre un champ empirique et un champ théorique qui " *favoriserait la connaissance et la compréhension* " (Amans-Passaga 1997).

J.L. Martinand (1992) dans la présentation du livre " *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences* " propose un schéma permettant de comprendre le processus de

modélisation. En nous y référant nous pouvons situer les différentes étapes de notre travail de conception d'un outil permettant de modéliser le développement de la foulée chez l'enfant entre 2 et 11 ans, puis de construction de l'instrument qui doit permettre à nos étudiants stagiaires d'apprendre à mieux appréhender le référent empirique.

Figure 15 : Phénomène de modélisation d'après une proposition de Martinand (1992).



La modélisation est le processus de construction, à partir d'un référent empirique, de représentations symboliques qui permettent la compréhension, l'appréhension et l'analyse de ce référent empirique dans sa complexité. Les modèles, aboutissement du processus, se construisent par un va et vient, une série d'aller et retour entre ce référent empirique et sa représentation (ou ses représentations). Fortement motivé par une tâche ou un problème qui nécessite une abstraction pour une meilleure appropriation, le modèle est élaboré. C'est une construction qui donne du sens, grâce aux relations qu'elle établit entre les signes et les indicateurs extraits de la situation.

Appliqué à notre étude ce schéma de la modélisation nous permet de comprendre la construction du modèle du développement de la course chez l'enfant.

Le référent empirique est complexe. Il est composé tout à la fois des productions motrices des enfants entre 2 et 11 ans, des propositions empiriques de modélisation, des moyens d'abstraction qui rendent possible une première abstraction.

La tâche impliquant la modélisation est, dans le cas de notre recherche, le fait d'apprendre à lire un mouvement, apprendre à lire les comportements des élèves en course de vitesse à des fins d'intervention. L'évaluation des élèves par des enseignants requiert un cadre qui peut être fourni par une modélisation du développement de la foulée chez l'enfant entre 2 et 11 ans.

La modélisation du développement peut prendre plusieurs formes et il nous faudra choisir la plus efficace pour la formation des stagiaires professeurs d'école.

L'application du modèle est, dans le cadre de notre travail de recherche, l'utilisation de la modélisation proposée pour identifier les différents niveaux d'habileté des élèves d'une classe pour une évaluation de course de vitesse. Nous faisons l'hypothèse que cette utilisation

permet l'amélioration de l'habileté de lecture du comportement moteur en course. Cette utilisation du modèle est double : utilisation de la modélisation comme cadre de référence ou modélisation de chaque course d'élève par l'intermédiaire du modèle proposé et comparaison de la représentation symbolique obtenue à la modélisation du développement de la foulée chez l'enfant.

L'instrument que nous souhaitons construire, qui doit faciliter l'apprentissage de la lecture de la foulée, peut être compris comme une simulation. C'est l'utilisation, en liaison avec le référent empirique, de graphiques, de films, de bonhommes fil de fer, de photos pour illustrer, faire comprendre, apprendre à lire et prédire le développement des coureurs observés.

I.4.4.2. Pourquoi modéliser ?

Un modèle à quatre fonctions : réduire, décrire, expliquer, simuler (Amalberti 1991).

Comme lui, nous pourrons nous poser les trois questions sur la spécificité des modèles construits : modèle de quoi, modèle pourquoi, modèle pour qui.

• modèle de quoi : nous pouvons répondre qu'il s'agit d'un essai de modélisation des foulées de différents types de course et de leurs différences.

• modèle pourquoi : les connaissances produites à partir de cet objet (représentation graphique ou modèle) sont une aide à l'intervention dans deux axes de nature bien distincte :

- aide à l'intervention sur les techniques du corps

- aide à l'intervention sur les conditions de la pratique, par la création de nouveaux modèles permettant soit l'optimisation de la performance, soit l'étalonnage des matériaux et matériels supports.

• modèle pour qui : à partir des axes reconnus, tous les intervenants sur la performance motrice en course sont intéressés (entraîneurs, athlètes, professeurs d'EPS, fabricants de matériel sportif...).

Nous pouvons ajouter, un aspect qui nous paraît intéressant, celui de l'aide à la représentation par l'individu de sa propre action. En effet, en plus de l'image vidéo, les courbes paramétriques obtenues nous semblent être des feed-backs pertinents, car elles permettent une visualisation objectivée de sa propre action. Il serait intéressant de voir si l'apprentissage est amélioré quand on rend les apprenants capables d'analyser leurs courbes paramétriques.

I.4.4.3. Les différentes modélisations de la foulée

Le modèle a pour fonction de se substituer au réel pour permettre de le comprendre par l'intermédiaire de " *quelque chose, objet concret, représentation imagée, système d'équation...*" (Drouin 1988). Pallascio (1990) à la suite de Guibert & Osborne (1980), proposent de classer les modèles en 4 grandes catégories que nous prendrons à notre compte :

- Modèle iconique (réduction à l'échelle, photographies...)
- Modèle analogique (simulation, représentation cybernétiques...)
- Modèle formel (programme d'ordinateur, système d'équations mathématiques...)
- Modèle théorique (système de principes et de relations abstraites...)

Certaines modélisations ont recours au sein du même " *outil pour penser* " à plusieurs de ces catégories de modèles. En tout état de cause, il s'agit d'élaborer une représentation du réel et par voie d'analogie de rendre compte du phénomène.

Pour la course de vitesse, nous retrouvons plusieurs formes de modélisation.

I.4.4.3.1. Modèles iconiques

Ce sont par exemple les réductions à l'échelle, les photographies, les kinogrammes, bonhomme fil de fer. Nous retrouvons ce genre de modélisation dans les recherches développementales (Wickstrom 1975, 1977, 1983, Keller 1992, 1995). Nous en trouvons fréquemment dans la littérature professionnelle, en particulier chez Barnier (1955), Piasenta (1988, 1994), Goriot (1982) et Hubiche & Pradet (1993).

Les bonhommes fil de fer se retrouvent dans beaucoup de travaux scientifiques, ils servent de présentation des formes corporelles observées et modélisées.

Un des avantages de ce type de modélisation est l'analogie très proche entre le réel et sa représentation.

Les modèles développementaux proposent une évolution du modèle en fonction de l'âge, les modèles issus de la littérature professionnelle proposent pour le mieux les caractéristiques d'un niveau débutant et celle d'un athlète confirmé (Piasenta 1988, 1994), et pour le moindre le modèle d'un niveau évolué de coureur.

I.4.4.3.2. Modèles analogiques

Dans les différentes recherches scientifiques et travaux de terrain que nous avons consultés, les graphiques ont été largement utilisés pour modéliser le cycle de course. Nous trouvons deux grands modèles : la poulaine et les diagrammes d'angles.

La poulaine

La poulaine ou représentation paramétrique de la trajectoire de la cheville, du pied ou de la pointe de pied autour de la hanche est un moyen largement utilisé dans la littérature professionnelle et dans les travaux scientifiques comme modélisation de la forme de la foulée de course. Nous retrouvons des modèles issus de travaux de terrain (Piasenta 1988, 1994 ; Pauly 1991) et des modèles issus de travaux scientifiques (Hoshikawa, Matsui & Miyashita 1973 ; Blanchi & al 1982 ; Kurihara & al 1985 ; Yokoi & al 1987 ; Gager & al 1996 ; Gager 1994, 1995 ; Gérard & Gérard 1998 ; Aubert 1994, 1996, 2000).

Ces études ont permis de normaliser et de comparer ces poulaines et de dégager des indicateurs pertinents pour comparer les foulées de différents coureurs (Blanqui 1982 ; Yokoi & al 1987 ; Gajer & al 1995 ; Gérard & Gérard 1998) :

- Analyse temporelle des phases aériennes et des phases de contact au sol
- Longueur et hauteur de la poulaine
- Hauteur de déplacement de la hanche sur l'appui
- Angles de fixation du genou
- Décalage des index des posés et quittés au sol
- Attaque du pied au sol/projection verticale de la hanche
- Dénivellation du retour avant du pied
- Epaisseur de la corne avant de la poulaine
- Position des posés et des quittés
- Position au mi-appui

Cette modélisation est intéressante dans notre étude car elle permet une comparaison de forme de course ce que nous cherchons à établir. Par contre la question de la prise en compte des mouvements du tronc, très importants chez les enfants d'après les résultats des études développementales et de par notre propre expérience, nous incitent à questionner la hanche prise comme référence et à émettre l'hypothèse d'une construction d'un modèle similaire mais à partir du lobe de l'oreille.

Les diagrammes d'angles

Les diagrammes d'angles sont des représentations graphiques qui inscrivent en ordonnée les différentes valeurs de l'angle d'une articulation au cours d'un cycle de course, et en abscisse soit l'angle d'une autre articulation, soit les variations de la vitesse angulaire de l'articulation concernée, soit l'accélération angulaire. Ces diagrammes sont largement utilisés dans la littérature scientifique nord-américaine (Milliron & Cavanagh 1990 ; Shapiro & al 1981 ; Stefanyshin & Nigg 1998 ; Vermeulen & Nigg 1987 ; Williams 1985a, 1985b, 1990, 1992) et repris en France (Keller 1992).

Ces diagrammes sont très intéressants pour rendre compte d'activité cyclique. Mais le degré d'abstraction est très important et même si les variations des foulées en fonction des vitesses ou des coureurs sont perceptibles sur les différents diagrammes (Milliron & Cavanagh 1990 ; Keller 1992), de l'avis même de leurs utilisateurs, ces modélisations sont trop abstraites pour être utilisées avec des enseignants non-spécialistes et doivent être à notre avis réservées aux chercheurs.

I.4.4.3.3. Modèle formel

Les modèles formels sont les programmes d'ordinateur et les systèmes d'équations mathématiques.

Les équations mathématiques

Ce sont les études cinétiques qui produisent les principales modélisations mathématiques (Hatze 1977, Dapena 1981, Selbie & Chapman 1987). Ces modélisations très intéressantes pour la compréhension du fonctionnement humain en course sont de par leur complexité d'approche un obstacle à leur utilisation par des enseignants professeurs d'école non-spécialistes.

Les logiciels

Les différents laboratoires de biomécanique utilisent aujourd'hui des logiciels d'analyse et de modélisation du mouvement. Il existe maintenant différents logiciels développés pour ce travail. Pour notre part, travaillant avec le LIREST, nous utiliserons le logiciel de Gilles Dietrich 3D vision de 1998.

I.4.4.3.4. Modèle théorique

Il existe deux grandes théories actuelles appliquées à la compréhension du corps humain en mouvement en athlétisme :

- l'une mécanique, qui applique les lois de la physique au fonctionnement du corps humain, Marey et Demeny en étant les principaux artisans précurseurs.

- L'autre qui se veut plus fonctionnelle (sans renier les lois de la physique) intègre le fonctionnement physiologique du muscle, ce dernier ayant un plus grand rendement après étirement. C'est la théorie de la mise en tension renvoi développée par Alain Piron dans ses cours à l'UFRSTAPS de Dijon dans les années 70-75, relayée par Gacon (1983), Urtebize (1987), Thys (1987). Elle est aujourd'hui intégrée dans une large partie par les différents auteurs sur l'athlétisme. Cette théorie distingue deux grandes catégories de comportements moteurs, la motricité habituelle résultat d'une activité physique quotidienne et une motricité athlétique résultat d'une recherche de la performance dans une pratique codifiée.

Ces modèles sont une aide à la compréhension du mouvement, de son évolution, mais tous les deux sont d'une relative complexité d'approche.

I.4.4.4. Conclusions

A l'école primaire en course de vitesse, pour différencier les individus en fonction de leur niveau d'habileté, les experts et les instructions officielles ne proposent que très peu d'indicateurs de transformation du mouvement.

Les indicateurs utilisés par les spécialistes pour différencier les " *débutants* ", les " *débrouillés* " et les " *confirmés* " en athlétisme peuvent nous aider à identifier des niveaux chez les enfants. Les indicateurs pertinents retenus sont observés à différents moments du

cycle de course, le posé et le quitté. Les positions maximales au cours des deux grandes phases sont utilisées dans l'observation des comportements moteurs, pendant l'appui et pendant le retour de la jambe libre.

Les indicateurs retenus sont l'inclinaison du tronc, les angles de la hanche, du genou et de la cheville. Le timing des événements est pris en compte notamment pour le retour de la jambe libre.

La poulaine est une anamorphose de la foulée. C'est une modélisation scientifique de la foulée de course. Elle peut être étudiée comme objet représentant les caractéristiques des individus en course et à ce titre ses dimensions sont des indicateurs pertinents pour comparer les individus entre eux. La poulaine peut représenter une catégorie de coureurs et permettre une bonne compréhension des différences de comportements moteurs en course. En l'état actuel des connaissances, dans une perspective d'utilisation d'un modèle dans une formation d'enseignants du premier degré, c'est la modélisation qui nous semble la plus pertinente. Nous la retiendrons à la fois pour identifier les différents comportements en course, mais aussi pour l'apprentissage par les enseignants de la lecture des comportements moteurs de leurs élèves.

I.5. Conclusion du chapitre

Le sens des transformations de la foulée de course chez l'enfant entre 2 et 11 ans est globalement identifié, mais nous manquons de données précises. Les descriptions des transformations motrices en course, qui pourraient servir de base pour la construction d'une situation d'apprentissage de lecture du mouvement sont aujourd'hui insuffisantes et dans la plupart des cas elles sont traitées par âge et non par niveau d'habileté motrice. Il convient donc de compléter ces connaissances et d'établir, si cela est possible, différents niveaux d'habileté en course de vitesse. Pour cela une population importante doit être étudiée, pour permettre le traitement statistique des données recueillies.

Des différentes études examinées, nous pouvons retenir les observables suivants pour différencier des individus :

- les caractéristiques de la performance (vitesse amplitude et fréquence), toutefois la pondération de ces valeurs par la taille semble pertinente.
- les valeurs angulaires de la cheville, du genou, de la hanche, des mouvements du bras. Ces valeurs doivent être prises à différents moments du cycle de la foulée, au posé et quitté, et au moment de flexion et d'extension maximale dans la phase d'appui et dans la phase de retour de la jambe libre.
- les mesures de la poulaine.

Il nous semble important d'étudier le plan sagittal et de nous limiter à l'étude de ce seul plan pour plusieurs raisons :

- Les mouvements et les différences apparentes entre les individus sont très importants dans le plan sagittal.
- Dans les plans transverse et frontal, les mouvements sont de faible amplitude et s'ils permettent aux spécialistes de mieux comprendre le fonctionnement en course, ils semblent difficiles à observer pour des enseignants non spécialistes.
- Les enseignants quand ils observent un élève en train de courir sur un stade se placent en général sur le côté de la piste et observent les coureurs dans le plan sagittal. Il paraît souhaitable de leur proposer des repères de niveaux d'habileté dans ce plan.

Nous avons pu retenir également les conditions de prise de vue en particulier :

- la nécessité d'étudier le cycle de course après la phase de mise en action,
- Pour la caméra nécessaire à la prise de données, le champ de prise de vue sera différent en fonction de l'âge des enfants et donc de l'amplitude de leur cycle de course.

CHAPITRE II.

MODELISATION DE DEVELOPPEMENT DE LA COURSE A VITESSE MAXIMALE CHEZ L'ENFANT ENTRE 2 ET 11 ANS.

Les recherches sur le développement de l'enfant sont de deux ordres, les recherches longitudinales et les recherches transversales. Le temps imparti pour notre travail de recherche nous conduit à choisir une démarche transversale pour compléter les connaissances sur le développement de la course avec l'âge mais aussi modéliser l'évolution de l'habileté motrice.

Notre objet est donc, dans une population d'enfants d'âge scolaire, entre 2 et 11 ans, de déterminer l'existence de niveaux d'habileté en course à vitesse maximale.

Au regard des connaissances actuelles et des exemples de modélisation de la course, pour caractériser les individus, il est possible d'utiliser, les performances, les variables angulaires mais également la représentation du cycle de course par la poulaine et les mesures de ces poulaines. Les travaux actuels ont utilisé la poulaine de hanche comme modèle et comme objet d'étude. Nous souhaitons investiguer les propriétés de la poulaine d'oreille, comme modélisation du cycle de course.

La démarche que nous proposons pour étudier le développement de la foulée de course chez l'enfant entre 2 et 11 ans est la suivante :

- Il nous faut dans un premier temps vérifier la pertinence de la poulaine d'oreille par rapport à la poulaine de hanche.

- Dans un deuxième temps nous utiliserons alors les mesures de l'une ou de l'autre des représentations paramétriques et les variables angulaires pour établir les niveaux d'habileté successifs entre 2 et 11 ans.

- nous proposerons ensuite une description de l'évolution du cycle de course chez l'enfant en niveau d'habileté, basée sur les résultats obtenus.

- Une carte modélisant le développement sera alors proposée.

II.1. Choix de la représentation paramétrique : poulaine d'oreille versus poulaine de hanche

Pour choisir la poulaine que nous utiliserons pour déterminer les niveaux, il nous faut comparer les poulaines d'oreille et de hanche. A priori, la poulaine d'oreille incorporant les mouvements du tronc, nous semble donner une meilleure représentation du cycle de course que la poulaine de hanche.

La plupart des recherches caractérisent les coureurs par un certain nombre d'indicateurs qui rendent compte de l'organisation corporelle en course, comme les paramètres de vitesse, amplitude et fréquence, les indicateurs angulaires au niveau des différentes articulations, et/ou des modélisations de la course. La poulaine, une anamorphose du cycle de course, est une modélisation, ses mesures sont des indicateurs qu'il est possible d'utiliser pour comparer des individus.

Pour établir la représentation paramétrique la plus représentative de l'organisation corporelle en course, nous proposons de comparer les corrélations entre les mesures des différentes poulaines et les indicateurs relevés pour chaque course. L'existence de corrélations sera une confirmation de l'anamorphose entre les poulaines et les courses. Nous retiendrons alors la poulaine qui sera la plus corrélée aux indicateurs et en particulier ceux de l'organisation corporelle en course.

Notre hypothèse est alors la suivante :

la poulaine d'oreille est plus corrélée que la poulaine de hanche aux indicateurs des courses.

Pour vérifier notre hypothèse, nous allons tout d'abord présenter les sujets, le matériel, les modalités choisies et préciser les standards de nos indicateurs. Nous établirons la comparaison des corrélations entre les mesures des poulaines et les indicateurs de l'organisation corporelle et nous discuterons les résultats.

II.1.1. Sujets

Cette étude doit porter sur un nombre important d'enfants, environ 30 enfants par classe d'âge et doit se faire dans les conditions les plus "écologiques" possible pour obtenir le reflet de l'habileté motrice réelle.

Nous avons choisi de faire notre étude sur deux écoles de centre ville. Choisir deux écoles permet de compenser les effets éventuels d'un apprentissage systématique en course sur un niveau de classe. Nous allons présenter ces deux écoles.

II.1.1.1. Présentation des écoles

Le niveau de chaque enfant est influencé par la maturation, mais également par les conditions de vie et les apprentissages systématiques effectués en classe.

De par notre expérience à la fois de conseiller pédagogique départemental (9 ans) et de professeur à l'IUFM (10 ans) ces deux écoles ressemblent à la moyenne des écoles du département, une éducation physique y est dispensée par les enseignants d'une manière plus ou moins régulière et par des moniteurs municipaux à raison d'une activité par classe pour une année scolaire.

Les cours de récréation permettent matériellement de faire des jeux collectifs et des activités de course courte (30, 40 m). Ce fait a également présidé au choix de ces écoles car le prélèvement de données a pu se faire sans trop perturber les enfants, la vie de l'école et le déroulement normal des classes.

Ce sont des enfants vivant en milieu urbain et pratiquant pour certains des activités scolaires dans le cadre de clubs sportifs ou dans le cadre de l'USEP organisée à l'école.

Nous avons interrogé les enseignants en fin d'année pour connaître le vécu des enfants en éducation physique dans l'école. Les activités qu'ils ont déclarées avoir conduites ou auxquelles les enfants ont participé avec des intervenants sont décrites dans les deux tableaux suivants :

Tableau 18 : liste des unités d'apprentissages en EPS conduites au cours d'une année dans l'école A

Activités dans l'école A									
activités	TPS	PS	MS	GS	CP	CE1	CE2	CM1	CM2
Nombre d'heures/semaine	2 h	1h30	2 h	2 h	1 h	2h15	3 h	1 h	2h30
Petit matériel	X	X	X			X			
GRS				X					
Gymnastique	X			X					
Course Vite		X (6)	X(6)	X(8)		X(10)	X(10)		
Endurance					X	X			
Lancer	X	X	X	X					
Saut		X	X	X					
Danse		X	X	X	X	X	X	X	X
Rondes	X	X	X						
gymnastique			X						
Jeux collectifs		X	X	X	X	X	X	X	X
Basket							X	X	X
Hand							X	X	X
Foot							X	X	X
Jeux d'opposition						X			
orientation				X	X				
Natation	X			X					
tricycle	X								

Tableau 19 : liste des unités d'apprentissages en EPS conduites au cours d'une année dans l'école B

Activités dans l'école B					
activités	CP	CE1	CE2	CM1	CM2
Nombre d'heures/semaine	1H30	2 h	2H30	3 h	3 h
Petit matériel	X	X			
Gymnastique				X	
Courir Vite		X(6)	X(8)	X(6)	X (4)
Endurance		X	X	X	X
Lancer		X	X	X	X
Natation					X
Danse	X	X		X	
Expression			X		
gymnastique			X		
Jeux collectifs	X	X			
Foot				X	X
Pelote basque			X		
Volley			X		
Badminton			X		

Il apparaît qu'un certain nombre de séances est consacré à l'athlétisme, la course en particulier, mais que ces activités sont plus pratiquées dans les petites classes jusqu'au CE2 inclus. Ces activités sont pratiquées sous forme de jeux de vitesse et de tests sur 30 m ou 40m.

Nous pouvons remarquer que dans les grandes classes l'école A pratique plus de sports collectifs et moins d'athlétisme, alors que l'école B offre à ses élèves plus d'athlétisme.

La durée des unités d'apprentissage n'est pas très importante, entre 6 à 10 séances, les séances sont organisées en ateliers ; Ainsi, en règle générale nous avons un atelier vitesse et un atelier lancer ce qui diminue d'autant le temps de travail en course de vitesse.

Il est à noter toutefois que les séances des autres activités sauf la danse et la natation sont précédées d'échauffement sous forme de course.

II.1.1.2. Démarche de présentation de l'étude aux écoles

Dans notre étude, nous devions filmer les enfants avec des vêtements très collants ou en maillot de bain pour pouvoir analyser des points précis sur les images. Pour obtenir la participation des enfants, nous avons tout d'abord sollicité l'accord de l'Inspectrice de l'Education Nationale de la circonscription. Puis les conditions et les buts de la recherche ont été présentés dans un premier temps à un conseil des maîtres, puis à un conseil d'école en présence des parents délégués pour informer les parents de la recherche entreprise et des conditions de l'expérimentation. Les parents des classes volontaires ont été sollicités individuellement par écrit en vue d'obtenir l'autorisation de filmer leur enfant et d'utiliser leur image à des fins pédagogiques. Très peu de parents ont refusé cette autorisation, les enfants concernés ont couru avec leurs camarades pour ne pas les pénaliser, mais ils n'ont pas été filmés.

II.1.1.3. Descriptif de la population étudiée

Nous avons filmé 21 classes, 2 à 3 classes par niveau, pour obtenir et retenir dans notre population expérimentale un nombre de 30 enfants composé sensiblement par autant de filles que de garçons. Les conditions expérimentales ont entraîné la non prise en compte d'un certain nombre de courses (perturbation de la course par le passage d'un enfant ou d'un adulte, le passage d'une classe, un ralentissement inopiné du coureur...). De même, nous avons défini la course comme « une succession de phases d'appui séparées par des phases de suspension » en opposition à la marche où il existe des phases de double appui. Pour cette raison nous avons retiré de l'échantillon de départ les courses qui présentaient un temps de double appui. Ce sont en particulier des enfants de toute petite section que nous avons retirés. Dans les autres niveaux, ce sont davantage les conditions expérimentales et les imprévus qui nous ont conduit à éliminer certains individus du panel.

Le tableau ci-dessous présente par tranche d'âge entre 24 et 132 mois le profil de la population étudiée. Notre étude, en définitive, porte sur 276 enfants de 2 à 11 ans en course à vitesse maximale, 138 filles et 138 garçons.

Tableau 20 : Population concernée par l'étude

		Course de vitesse		
Nombre de mois	Catégorie	Total	Filles	Garçons
24-36	2 ans	26	16	10
37-48	3 ans	34	14	20
49-60	4 ans	30	15	15
61-72	5 ans	30	16	14
73-84	6 ans	33	14	19
85-96	7 ans	28	13	15
97-108	8 ans	34	19	15
109-120	9 ans	32	15	17
121-132	10 ans	29	16	13
	Total	276	138	138

II.1.2. Matériel

La caméra et la présence de personnes étrangères à une école perturbent les enfants en particulier les tout-petits. Dans le but d'habituer les enfants à notre présence et aux conditions de l'expérience, la prise de vue définitive a été précédée par trois séances. Au cours de la première, nous avons fait courir les enfants après un échauffement dans les conditions de l'expérience. Pendant la deuxième séance nous les avons filmés. Nous sommes revenus dans chaque classe à un moment convenu avec l'enseignant pour présenter les films aux enfants. Enfin, c'est au cours d'une quatrième séance que nous avons pris les films définitifs.

Pour décrire les courses des enfants, nous avons utilisé un banc de mesure pour l'analyse du mouvement qui permet de passer du mouvement des enfants à un traitement informatique des données prélevées. Ce banc est composé d'une caméra, d'un magnétoscope et d'un écran de contrôle, d'un ordinateur équipé d'une carte d'acquisition et d'un logiciel de

digitalisation des images qui transforme les repères en données numériques au format texte. Ces données peuvent être traitées par le logiciel pour obtenir les valeurs angulaires, les vitesses, les représentations paramétriques souhaitées ou par un logiciel de traitement de données, Excel par exemple.

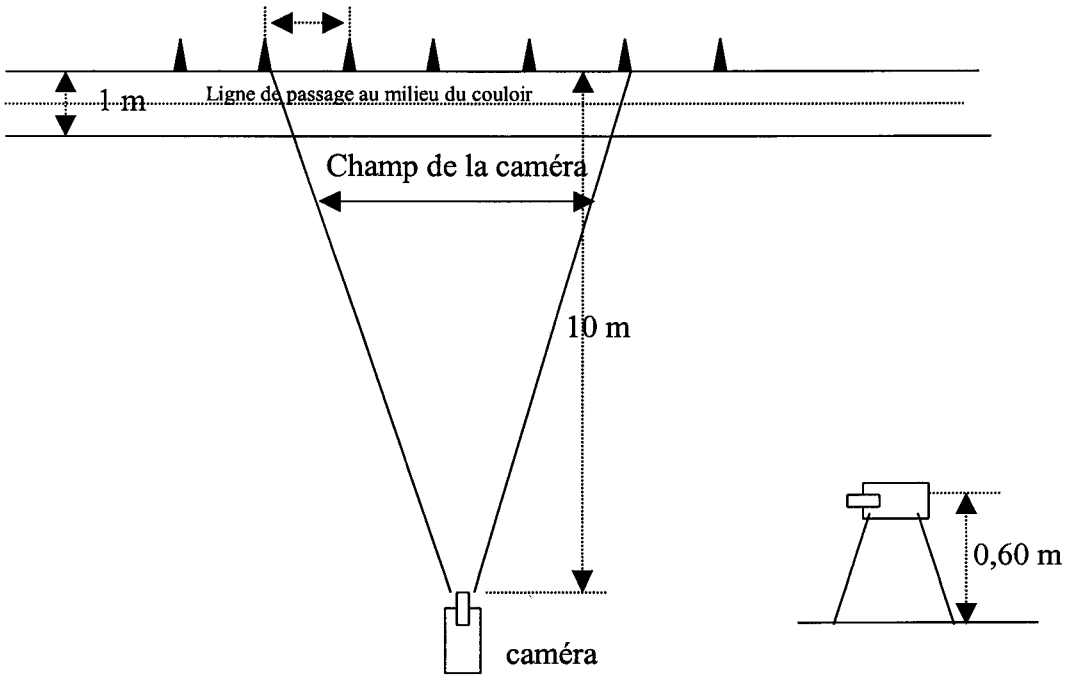
Nous avons filmé dans un plan sagittal avec une caméra Sony Hi8, puis chaque course a été numérisée en utilisant une carte d'acquisition vidéo Miro DC 30 plus qui permet une acquisition par trame des films. Cette manipulation permet la récupération des films avec une fréquence de 50 images par seconde (Aubert 1994). Le logiciel 3D vision de Gilles Dietrich 1999 permet la saisie et une partie de l'analyse des courses à partir des points caractéristiques que nous avons identifiés.

Les conditions de prise de vue sont les suivantes :

- une caméra fixe, horizontale, en position prise de vue sportive, autofocus désactivé, mise au point manuelle sur un sujet avant le début de la prise de vue, placée à une hauteur de 60 cm et à 10 m des coureurs

- des repères métriques sont placés en arrière plan d'un couloir de 1 m limité par une corde posée à terre, les enfants sont invités à courir au centre de ce couloir.

Figure 16 : Dispositif expérimental



Nous avons choisi de pas appareiller les enfants avec des sticks. En effet les sticks permettent un pointage plus précis et plus automatisé, mais ils donnent le repère réel de l'articulation seulement lorsque celle-ci est alignée avec le stick dans le plan de prise de vue. Le repérage sans stick produit des erreurs systématiques de pointage d'un même point sur une image, mais en revanche, il autorise une meilleure appréciation de la position de l'articulation quand elle est en rotation (Durey & Varin 1996). Pour permettre une saisie des différents points sans perturber les enfants par un appareillage, nous utiliserons les repères anatomiques

et, pour qu'ils soient plus visibles, nous avons demandé aux enfants de courir en maillot de bain ou de porter des vêtements collants. Les repères anatomiques sont l'oreille (le lobe), l'épaule (le grand tubercule de l'humérus), le coude (l'épicondyle latéral), la hanche (le grand trochanter), le genou (l'épicondyle latéral), la cheville (la malléole externe du péroné), le talon (l'extrémité arrière de la chaussure), la pointe de pied (l'extrémité avant de la chaussure).

L'image des enfants, dans le cadre de l'écran, doit être la plus grande possible pour que la numérisation des différents points de repères soit la plus fiable possible. Pour cela nous avons déterminé la distance que le champ de la caméra (cf. dispositif expérimental) devait couvrir pour obtenir un cycle complet à l'image et nous avons utilisé le zoom le plus efficace. Le tableau ci-dessous indique la distance couverte par le champ de la caméra en fonction du niveau de classe. Ces distances permettent toutes de saisir un cycle complet.

Tableau 21 : Champ couvert par la caméra en mètres pour les courses à vitesse maximale.

Niveau de classe	Dimension
Toute petite section	3 m
Petite section	3 m
Moyenne section	5,5 m
Grande section	6 m
Cours préparatoire	6,5 m
Cours élémentaire 1	7 m
Cours élémentaire 2	7.5 m
Cours moyen 1	8 m
Cours moyen 2	8 m

Pour obtenir les vitesses maximales en course nous avons fixé le départ différemment en fonction de l'âge. Le choix des distances nous est dicté par notre revue de littérature et par nos essais : 10 m pour les enfants de 2-3 ans; 14 m pour les enfants de 4-5 ans, 18 m pour les enfants de 6 ans, 20 m pour les enfants de 7 ans, 25 m pour les enfants de 8 à 11 ans.

Enfin nous souhaitons concevoir un outil de formation à la lecture du mouvement. Nos prises de vue doivent refléter la vue d'un enseignant quand il dirige ses leçons ou qu'il évalue ses élèves. Quand nous regardons des coureurs comme entraîneur ou enseignant, nous sommes en général dans le stade et les coureurs vont sur la piste dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre. Nous apercevons alors leur côté gauche au premier plan. Nous placerons donc la caméra à l'intérieur du stade et nous analyserons et présenterons les films en ayant ce côté gauche comme premier plan.

II.1.3. Modalités

Si une étude en 3 dimensions est, bien entendu, plus exhaustive, l'étude dans le plan sagittal nous semble suffisante pour établir une première modélisation de l'évolution du comportement locomoteur en course chez l'enfant, et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les variations de l'organisation corporelle sont plus importantes dans le plan sagittal en regard de variations plus faibles dans les deux autres plans. Ensuite, la modélisation vise une aide à la lecture de la foulée en course pour des enseignants "professeur d'école" ou pour des éducateurs concernés par ces niveaux d'âge et leur position "géographique" quand ils

enseignent la course fait qu'ils "voient" le plus souvent leurs élèves dans ce plan. De plus, le souhait d'avoir les conditions les plus écologiques, c'est-à-dire celles que rencontre l'enseignant, celles qui permettent de produire les courses les plus authentiques, impose le moins d'instrumentation possible de la situation. Les études en 3 dimensions par les contraintes matérielles qu'elles imposent ne nous semblent pas compatibles avec l'obtention d'une course authentique surtout chez des enfants et plus encore quand ils sont en toute petite section. Les exigences expérimentales ne permettent pas d'envisager un dépouillement automatique des films. C'est donc manuellement que nous devrons saisir l'ensemble des courses des enfants. L'intérêt non négligeable d'une étude en 3 dimensions ne semble pas compatible avec la masse de travail que représente une saisie manuelle de 540 courses d'enfants. Nous limiterons donc notre investigation à l'étude du plan sagittal.

La représentation paramétrique de la trajectoire de la pointe de pied par rapport à l'oreille ou par rapport à la hanche, la "poulaine", doit permettre une modélisation des transformations du cycle de course. Chaque course devra donc être identifiée par sa poulaine et ses différentes mesures. Nous avons pris comme point fixe la hanche et nous avons construit les poulaines de l'ensemble des individus, puis nous avons pris comme point fixe l'oreille et nous avons à nouveau construit l'ensemble des poulaines. Les courbes obtenues ont été lissées par une moyenne mobile de 3 valeurs. Puis les courbes ont été pondérées par un rapport à la taille. Nous avons alors relevé pour chaque poulaine ses caractéristiques que nous décrivons ci-dessous. Elles constitueront les variables sur les poulaines.

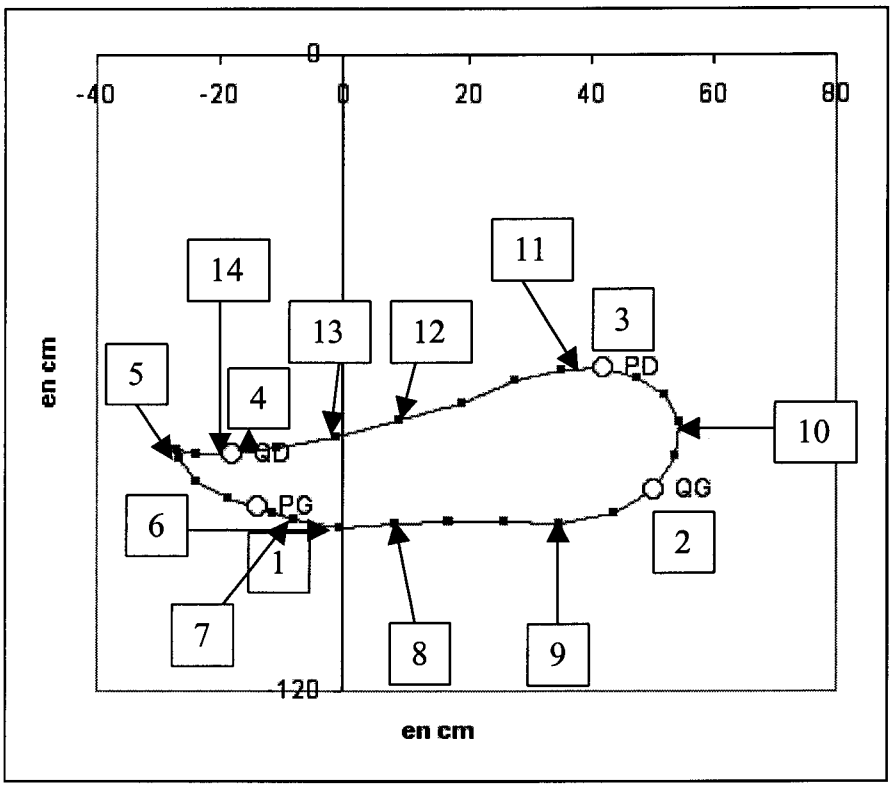
Pour établir la comparaison, mais également, par la suite, identifier et décrire les niveaux d'habileté, chaque course doit être décrite par un certain nombre d'autres indicateurs, d'identification de sujets, de performance et de forme d'organisation corporelle. Nous nous attacherons à les préciser et à définir les conventions que nous utiliserons. Ils constitueront les variables d'identification, de performance et de forme d'organisation corporelle. Pour terminer nous envisagerons les erreurs possibles sur les mesures prises.

II.1.3.1. Les variables sur la poulaine

Les études qui ont utilisé cette forme de représentation du cycle de course ont mis l'accent sur certaines dimensions qui sont : la longueur avant et la longueur arrière, l'épaisseur de corne, de ventre ou de bosse et la position des posés et quittés.

Pour obtenir ces dimensions, nous avons relevé pour chaque poulaine les coordonnées d'un certain nombre de points décrits dans la figure ci-dessous. Ce travail a été fait sur les poulaines de hanche et d'oreille en course à vitesse maximale.

Figure 17 : Points caractéristiques d'une poulaine



Les points 1, 2, 3 et 4 sont respectivement les coordonnées des posés et quittés (PG, QG, PD, QD)

Le point 5 représente l'extrémité avant de la corne de la poulaine.

Le point 6 indique le point le plus bas de la corne.

Les points 7 et 8 sont les points de la courbe les plus proches de part et d'autre de la verticale abaissée du point fixe, lorsque la courbe coupe cette verticale dans la partie basse de la poulaine (A', B'). Ils permettent de déterminer le passage à la verticale.

Le point 9 est déterminé par le point le plus bas de la bosse arrière.

Le point 10 correspond au point le plus en arrière de la poulaine.

Le point 11 indique le sommet de la bosse arrière.

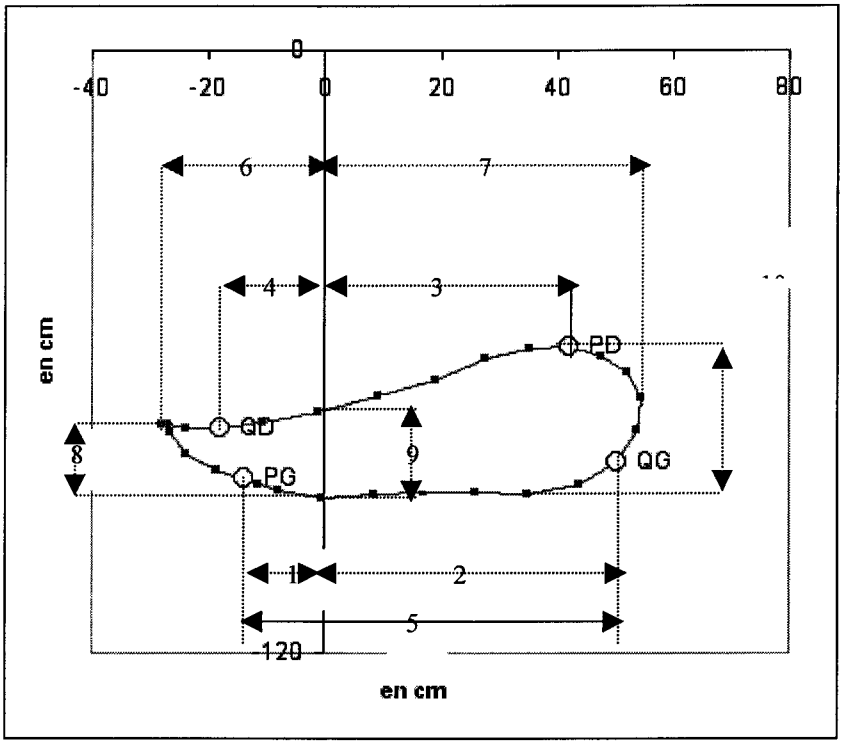
Les points 12 et 13 sont les points de la courbe les plus proches de part et d'autre de la verticale abaissée du point fixe, lorsque la courbe coupe cette verticale dans la partie haute de la poulaine (A, B).

Le point 14 est le point le plus bas de la partie supérieure de la corne avant.

Les valeurs des coordonnées pour les poulaines en course à vitesse maximale se trouvent en annexe 7.

Chaque courbe devient un objet d'étude qui peut être caractérisé par ses dimensions. Le schéma ci-dessous indique les dimensions prise en considération sur les poulaines, et qui constituent les variables étudiées.

Figure 18 :Mesures prises sur une poulaine



Toutes les valeurs des points particuliers sur la poulaine lissée sont exprimées en centimètres. Pour les poulaines, les mesures s'effectuent par rapport à la projection verticale du point fixe (oreille ou hanche). Elles constituent les variables 1 à 10.

Mesure 1 : Position du posé gauche sur l'axe des abscisses

Mesure 2 : Position du quitté gauche sur l'axe des abscisses

Mesure 3 : Position du posé droit sur l'axe des abscisses

Mesure 4 : position du quitté droit sur l'axe des abscisses

Mesure 5 : Longueur du segment PG/QG

Mesure 6 : Longueur avant de la poulaine

Mesure 7 : Longueur arrière de la poulaine

Mesure 8 : Epaisseur de corne

Mesure 9 : Epaisseur de ventre

Mesure 10 : Epaisseur de bosse arrière

Pour minimiser l'influence de la taille dans la détermination des habiletés, nous avons décidé de pondérer ces mesures par la taille des coureurs, les variables sont exprimées en pourcentage de la taille. Elles constituent alors les variables 11 à 20. Un tableau synthétique des variables que nous prélèverons se trouve en annexe 2.

II.1.3.2. Les autres descripteurs d'une course

Chaque course peut également être caractérisée par trois groupes de variables, les variables d'identification des sujets, les variables de performance et les variables de forme corporelle.

II.1.3.2.1. Les variables d'identification des sujets

Chaque enfant est identifié par son âge et son sexe et certains paramètres anthropométriques. A l'issue de la séance de course, les enfants sont pesés et mesurés, taille totale et taille à l'épaule, à la hanche et au genou. Ils constituent les indicateurs 1 à 7. Vous trouverez les données en annexe 3.

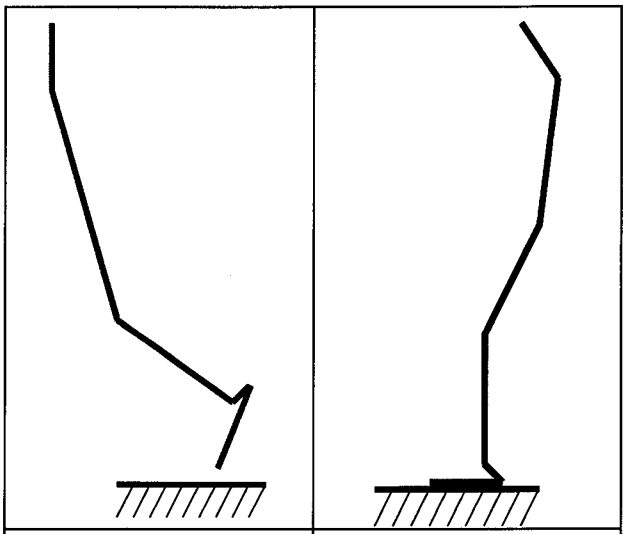
Tableau 22 :Indicateurs d'identification des sujets

Indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 1	Sexe :	Fille = 1 garçon = 2
Indicateur n° 2	Age	mois
Indicateur n° 3	Poids	kg
Indicateur n° 4	Taille	cm
Indicateur n° 5	Taille à l'épaule	cm
Indicateur n° 6	Taille à la hanche	cm
Indicateur n° 7	Taille au genou	cm

Un cycle de course peut être découpé par des instants particuliers, nous avons décidé de retenir les instants des posés et des quittés. Ce sont des moments facilement identifiables qui peuvent ensuite servir aux enseignants et aux éducateurs.

Pour notre part nous identifions l'instant du posé lorsque le pied cesse d'avancer sur l'axe des abscisses (en général le talon, mais parfois la pointe) et l'instant du quitté lorsque le pied (la pointe du pied) a quitté le sol, c'est-à-dire lorsque la pointe a recommencé à avancer sur l'axe des abscisses. Les figures ci-dessous illustrent ces deux moments.

Figure 19 :Définition du posé : le pied est en contact avec le sol; définition du quitté : le pied a décollé du sol.



La manière dont les enfants abordent le sol nous permet d'identifier leur style de course. Grâce aux plates-formes de forces, trois styles ont été définis : coureur en talon, coureur pied à plat, coureur en pointe. Pour notre part les conditions expérimentales, en particulier le nombre d'images par seconde, limitent les possibilités d'identifier clairement les styles de coureur, c'est pourquoi nous nous limiterons à deux styles opposés, coureur en talon et coureur pied à plat. Cet indicateur porte le numéro 8 dont vous trouverez les données en annexe 3.

Tableau 23 :Indicateur du style du coureur

Indicateur	Signification	Unité
Indicateur 8	Style de Posé	talon =1, plat = 2

II.1.3.2.2. Les variables représentant la performance

Pour décrire la performance nous avons choisi de retenir des indicateurs relatifs à l'espace et au temps. Parmi les indicateurs temporels, nous en avons précisé un certain nombre de généraux qui concernent l'ensemble du corps, mais nous avons également des indicateurs temporels particuliers pour les articulations de la cheville, du genou, de la hanche.

Les indicateurs temporels généraux

Les instants remarquables dans le cycle permettent de calculer la durée des appuis gauche et droit, la durée des suspensions droite et gauche.

La durée des différentes phases se calcule à partir des différents instants identifiés, posé et quitté. Cette durée est dépendante de la manière de définir ces différents moments. La méthode employée (cf. définition de l'indicateur de style de posé) a pour conséquence pour le posé de sous-estimer la durée de la phase d'appui, l'instant réel du posé se trouvant entre l'image où le talon bouge encore et l'image où il ne bouge plus. D'autre part, nous avons défini le quitté à la première image où le pied n'est plus en contact avec le sol. En procédant

ainsi, à l'inverse du posé, nous surestimons la durée de la phase d'appui. La durée de la phase d'appui est donc à la fois surestimée et sous-estimée. Il en est de même pour la durée de la suspension ou de la phase de retour de la jambe libre. La sur-estimation et la sous-estimation du temps s'équilibrent pour le calcul des durées.

Pour pouvoir comparer la place des différents instants entre les coureurs, il est nécessaire de les situer, comme nous l'avons vu dans les différentes études, en pourcentage de la durée du cycle. Certains auteurs signalaient des asymétries entre les deux appuis. Nous proposons de calculer la différence entre les pourcentages d'appui droit et gauche.

Ces paramètres temporels constituent les indicateurs 9 à 17. Vous trouverez les valeurs dans l'annexe 4.

Tableau 24 :Indicateurs temporels

Indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 9	Durée Posé Gauche	seconde
Indicateur n° 10	Durée Suspension Gauche	seconde
Indicateur n° 11	Durée Posé Droit	seconde
Indicateur n° 12	Durée Suspension Droite	seconde
Indicateur n° 13	Durée du cycle	seconde
Indicateur n° 14	Instant du quitté gauche	% du cycle
Indicateur n° 15	Instant du posé droit	% du cycle
Indicateur n° 16	Instant du quitté droit	% du cycle
Indicateur n° 17	Différence entre appui gauche et droit	% du cycle

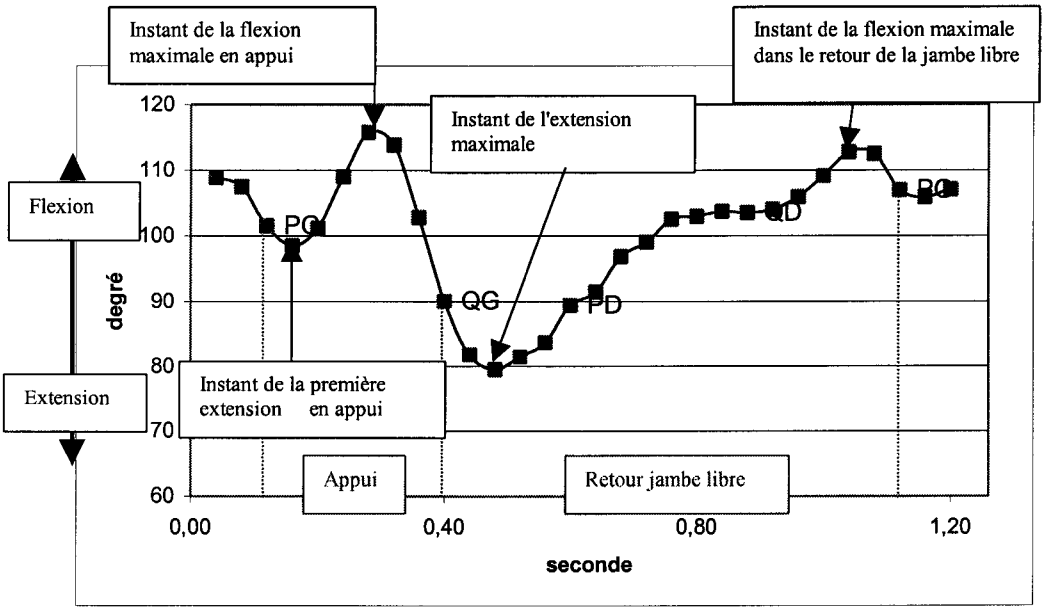
La population étant importante, les indicateurs nombreux, la vérification de la première hypothèse se fera par traitement statistique.

Indicateurs temporels particuliers

Au niveau de chaque articulation, les instants de flexion maximale et minimale ne correspondent pas aux moments des posés et des quittés. De plus ils n'ont pas lieu en même temps pour les différentes articulations.

Le graphique ci-dessous présente les variations de l'angle de la cheville au cours d'un cycle.

Figure 20 : Instants particuliers de la variation de l'angle de la cheville au cours d'un cycle en course de vitesse



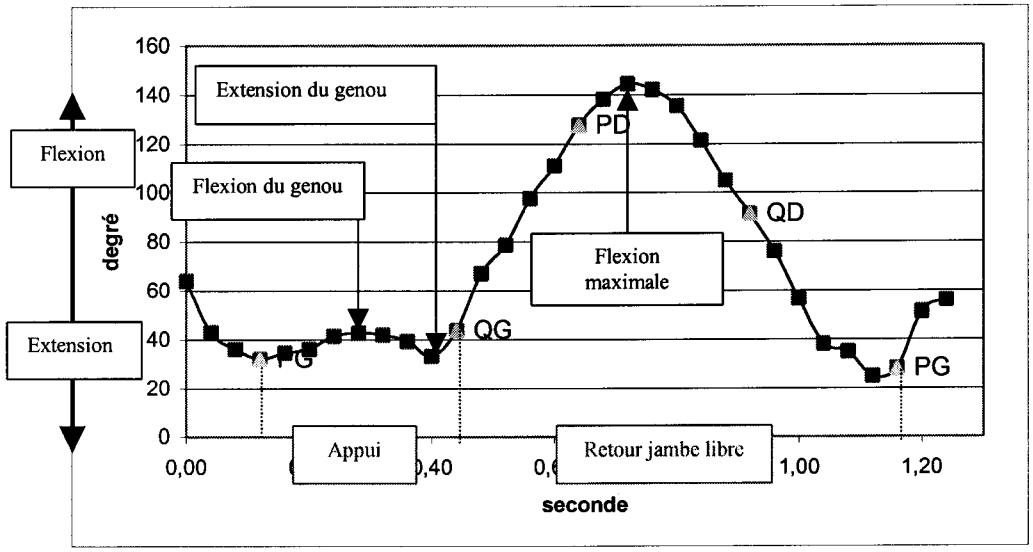
Pour la cheville, la flexion et l'extension maximale dans l'appui et dans la phase de retour de la jambe libre ne correspondent pas aux instants des quittés et posés. Nous retiendrons donc comme indicateurs les moments de flexion et d'extension maximale en appui et dans la phase de retour de la jambe libre. Ce sont les indicateurs 18 à 21, dont vous trouverez les valeurs dans l'annexe 4.

Tableau 25 : Indicateurs temporels de la cheville

Indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 18	Instant de la première extension de la cheville pendant l'appui.	en % de la durée du cycle
Indicateur n° 19	Instant de flexion maximale pendant l'appui de la cheville	en % de la durée du cycle
Indicateur n° 20	Instant de l'extension maximale de la cheville	en % de la durée du cycle
Indicateur n° 21	Instant de la flexion maximale de la cheville pendant le retour de la jambe libre	en % de la durée du cycle

Le graphique ci-dessous présente les variations de l'angle du genou au cours d'un cycle.

Figure 21 : Instants particuliers de la variation de l'angle du genou au cours d'un cycle en course de vitesse



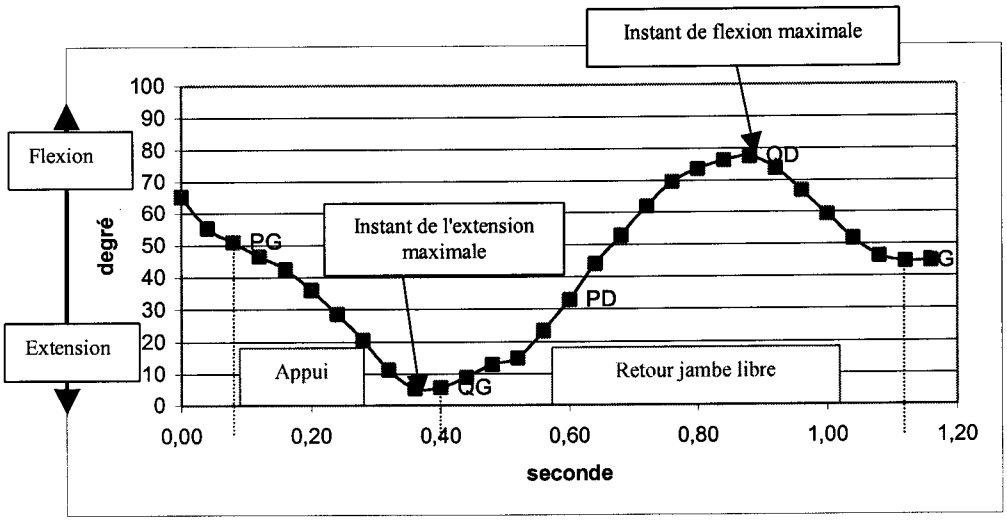
Pour le genou, le graphique permet d'identifier trois moments particuliers, le moment de flexion maximale pendant l'appui, le moment d'extension maximale vers le quitté et le moment de flexion maximale dans le retour de la jambe libre. Nous retiendrons ces trois indicateurs (22 à 24).

Tableau 26 : Indicateurs temporels pour le genou

Indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 22	Instant de la flexion maximale du genou pendant l'appui	en % de la durée du cycle
Indicateur n° 23	Instant de l'extension maximale du genou vers le quitté	en % de la durée du cycle
Indicateur n° 24	Instant de la flexion maximale du genou	en % de la durée du cycle

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la hanche au cours d'un cycle en course de vitesse.

Figure 22 : Instants particuliers de la variation de l'angle de la hanche en course de vitesse



Nous retiendrons deux moments particuliers l'instant de flexion maximale et d'extension maximale, respectivement proches du quitté gauche ou du quitté droit mais qui en fonction des individus ne se situent pas exactement aux mêmes dates. Ce sont les indicateurs 25 et 26 dont les valeurs sont en annexe 4.

Tableau 27 :Indicateurs temporels pour la hanche

Indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 25	Instant de l'extension maximale de la hanche	en % de la durée du cycle
Indicateur n° 26	Instant de la flexion maximale de la hanche	en % de la durée du cycle

La cheville et le genou dans la phase d'appui ne sont pas toujours synchrones dans leurs mouvements de flexion et d'extension. Le relevé des dates des différents événements nous permet de calculer les écarts entre ceux-ci. Pendant l'appui, il paraît important de connaître les différences dans l'apparition de l'extension de la cheville et du genou, le début de l'extension marquant la fin de la phase de mise en tension et le début de la phase de renvoi. Nous proposons d'établir le déphasage en faisant la différence entre les deux dates exprimées en pourcentage de la durée du cycle de la flexion maximale de la cheville et du genou dans la phase d'appui. Dans le même ordre d'idée, le déphasage en extension peut être un indicateur de l'habileté en course, la fin de l'extension se situant le plus près possible du quitté, permettant un retour rapide de la jambe libre. Nous proposons d'établir les écarts entre les dates des extensions maximales en fin d'appui de la cheville, du genou et de la hanche, et la date du quitté. Pour quantifier ce déphasage en extension nous proposons de faire la somme des trois déphasages en extension en valeur absolue, les valeurs négatives ne devant pas diminuer la hauteur de cet indicateur.

Déphasage de flexion en appui = %Flex max cheville- % Flex max genou
Déphasage en extension cheville = %QG - % Ext max cheville appui
Déphasage en extension genou = %QG - % Ext max genou appui
Déphasage en extension hanche = %QG - % Ext max hanche appui

Déphasage en extension = |Déphasage en extension cheville| + |Déphasage en extension genou| + |Déphasage en extension hanche|

L'ensemble des indicateurs temporels constitue les indicateurs 27 à 31, dont les valeurs se trouvent en annexe 4.

Tableau 28 : Indicateurs temporels de déphasage.

Indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 27	Ecart entre les dates de flexion maximale pour la cheville et le genou en appui	en % de la durée du cycle
Indicateur n° 28	Déphasage entre les dates de l'extension maximum de la cheville et QG en pourcentage du cycle	en % de la durée du cycle
Indicateur n° 29	Déphasage entre les dates de l'extension maximum du genou et QG en pourcentage du cycle	en % de la durée du cycle
Indicateur n° 30	Déphasage entre les dates de l'extension maximum de la hanche et QG en pourcentage du cycle	en % de la durée du cycle
Indicateur n° 31	Déphasage en extension	en % de la durée du cycle

Indicateurs spatiaux et spatio-temporels

Parmi les indicateurs de l'habileté motrice en course, nous avons choisi de retenir l'indice de sautillement, l'amplitude, la fréquence et la vitesse. Ces indicateurs sont calculés après conversion de la valeur en pixels des différents points en leur valeur métrique.

L'indice de sautillement

L'indice de sautillement correspond dans certaines études à l'oscillation du centre de gravité pendant la course (Fortney 1983, Miyamaru 1987), alors que d'autres proposent l'oscillation de la hanche (Aubert 1996, Gérard & Gérard 1998).

Pour notre part nous en ferons une approximation en l'approchant de deux manières. La première est de considérer que les oscillations au niveau de la hanche permettent d'approcher les oscillations verticales du corps en course. En effet le centre de gravité se situe en course dans le buste et celui-ci est considéré comme un segment rigide dans toutes les représentations de modèle du corps humain (Junqua 1996), ce qui nous permet de considérer qu'un point de ce segment rigide permet une approximation des oscillations de tous les autres points. Ce calcul n'est qu'une approximation qui intègre en particulier les variations de hauteur de la hanche dans le plan sagittal, les mouvements d'élévation et d'abaissement du bassin dans le plan frontal.

La seconde manière d'aborder les oscillations verticales du corps est d'envisager celles de la tête en prenant comme point de repère le lobe de l'oreille. Cette mesure intègre les mouvements de flexion de la tête qui ne sont pas sans conséquence pour l'appréciation des oscillations verticales du corps. En effet chez les enfants, en particulier pour les enfants du cycle I, les 2-3 ans, le périmètre du crâne est relativement important par rapport au reste du

corps (Gerbeaux 1984). En prenant comme référence l'oreille, nous prenons en considération l'ensemble de la chaîne motrice.

Les indices d'oscillation verticale au niveau de la tête et de la hanche sont calculés à partir du décours de l'oreille et de la hanche par rapport à l'origine en faisant la différence entre l'ordonnée de la hauteur minimum et celle de la hauteur maximum de l'oreille ou de la hanche pendant un cycle. Ils s'expriment en centimètre. « Ih » représente l'indice de sautillement au niveau de la hanche, « It » celui de la tête

$$I\,h = yh(max)-yh(min)$$

$$I\,t = yt(max)-yt(min)$$

La valeur de l'indice de sautillement est dépendante de la taille des individus donc, pour réduire l'influence de celle-ci dans la détermination de l'habileté motrice, nous proposons de calculer les indices pondérés, en rapport à la taille.

$$I\,h \text{ pondéré} = (Ih/taille)x\ 100$$

$$I\,t \text{ pondéré} = (It/taille)x\ 100$$

L'amplitude

L'amplitude est la distance parcourue au cours d'un cycle en course. Elle est obtenue par le calcul de la distance entre deux posés du même pied. Pour l'évaluer, nous avons travaillé à partir des tableaux sous Excel, après conversion des pixels en centimètres. Les amplitudes seront exprimées en centimètres. Comme pour l'indice de sautillement, nous avons calculé l'amplitude pondérée en rapportant l'amplitude à une taille égale à 100.

$$A = d(PG)-d(PG-1).$$

$$A \text{ pondérée} = (A/taille)x\ 100.$$

La fréquence

Elle représente le nombre de contacts par seconde, elle s'exprime en hertz. C'est le rapport de un sur le temps écoulé entre deux posés successifs ou le rapport de 2 sur le temps écoulé entre deux posé du même pied. Les temps d'appui gauche et droit pouvant être asymétriques, nous avons choisi de calculer la fréquence à partir du second rapport.

$$f = 2/ (\Delta PG - \Delta PG-1).$$

La vitesse

Nous n'avons pas mesuré la vitesse des coureurs, mais nous l'avons calculée. La vitesse est le rapport entre la distance et le temps. C'est donc le rapport entre l'amplitude et le temps mis entre deux appuis. L'amplitude est la distance parcourue par un coureur pendant un cycle de course. La fréquence est le nombre d'appuis par seconde. La vitesse sera calculée par le produit de l'amplitude par la fréquence, produit divisé par deux. L'indicateur de vitesse peut être influencé par la taille des individus, nous avons également calculé la vitesse pondérée.

$$V = (A \times f)/ 2$$

V pondérée = (V/ taille) x 100

L'ensemble de ces indicateurs spatiaux et spatio-temporels constitue les indicateurs 32 à 40. Les valeurs de ces indicateurs pour les différents individus se trouvent en annexe 5.

Tableau 29 : Indicateurs spatiaux et spatio-temporels.

Indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 32	Indice de sautillement oreille	Cm
Indicateur n° 33	Indice de sautillement hanche	Cm
Indicateur n° 34	Amplitude	Cm
Indicateur n° 35	Fréquence	Hz
Indicateur n° 36	Vitesse	cm.s-1
Indicateur n° 37	Indice de sautillement oreille pondéré	Cm
Indicateur n° 38	Indice de sautillement de hanche pondéré	Cm
Indicateur n° 39	Amplitude pondérée	Cm
Indicateur n° 40	Vitesse pondérée	cm.s-1

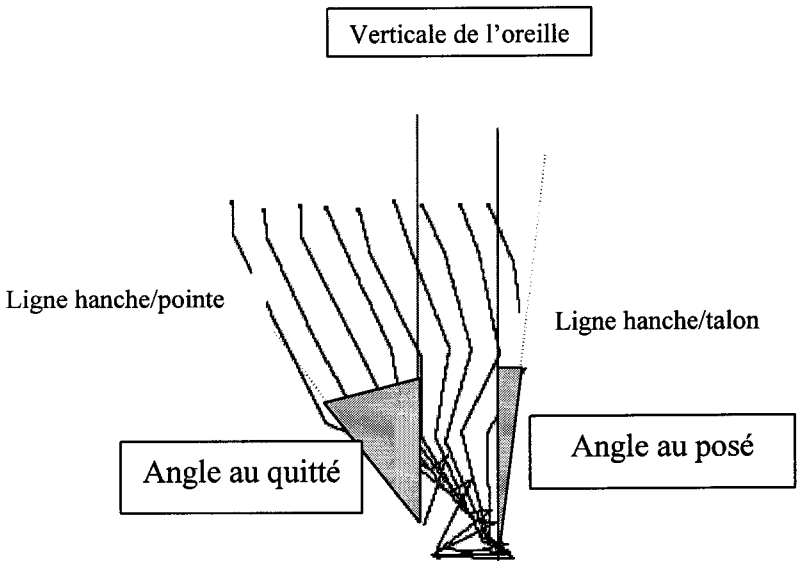
II.1.3.2.3. Les indicateurs angulaires

Pour ce qui concerne les indicateurs angulaires, qui représentent la forme d'organisation corporelle, nous avons choisi de travailler avec le logiciel 3D vision de Gilles Dietrich (1998), logiciel complémentaire de celui d'acquisition. Le calcul des angles dans le logiciel se fait par des formules qui introduisent un biais méthodologique. En effet si l'angle fait exactement 30° ou 60° ou 90° le logiciel change de registre et donne une valeur complémentaire. Le lissage des courbes entraîne la prise en considération d'angle faux. Pour cette raison, nos avons étudié chaque courbe une par une pour en extraire les différentes valeurs angulaires et nous avons choisi de ne pas lisser les courbes.

Le secteur angulaire balayé par la hanche lors de l'appui

L'habileté en course peut être approchée par la valeur de l'angle que forme le centre de gravité et la verticale au moment du posé (Kunz & Kaufmann 1981). Pour approcher cette mesure nous retiendrons les valeurs de l'angle composé par le segment hanche/talon et la verticale au moment du posé qui représente la trajectoire du corps dans la phase de mise en tension et la valeur de l'angle composé par le segment hanche/pointe au moment du quitté qui représente la trajectoire du corps dans la phase de renvoi. La somme de ces deux angles constitue le secteur angulaire balayé par la hanche au cours de la phase d'appui.

Figure 23 :Secteur angulaire balayé par la hanche lors de la phase d'appui



Ils constituent les indicateurs 41, 42 et 43. Les valeurs de ces indicateurs se trouvent en annexe 5.

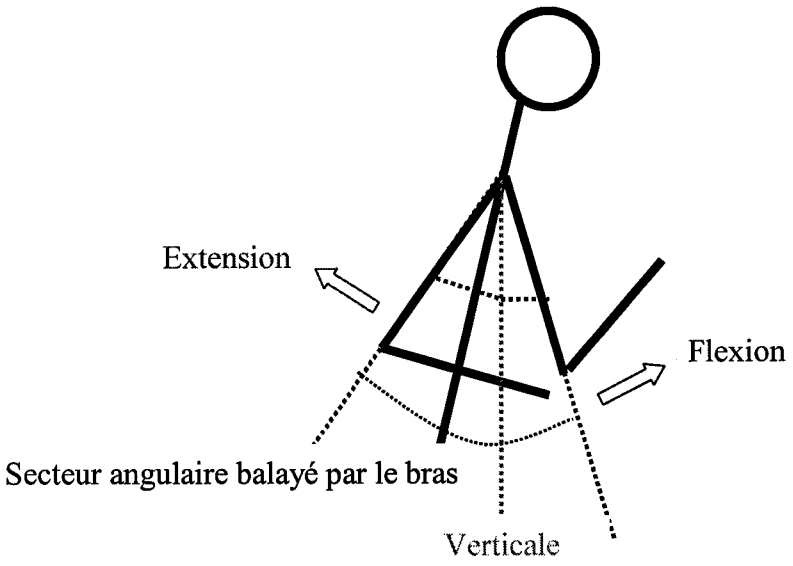
Tableau 30 : Indicateurs angulaires du secteur angulaire balayé par la hanche au cours de l'appui.

Indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 41	Angle hanche/talon- verticale au posé	degré
Indicateur n° 42	Angle hanche/pointe- verticale au quitté	degré
Indicateur n° 43	Secteur angulaire balayé par la hanche	degré

Les angles au niveau des bras

Pour les bras, l'articulation de l'épaule permet des mouvements de grande ampleur dans tous les plans. Dans le plan sagittal, les mouvements de l'avant bras peuvent être cachés par une rotation dans le plan frontal. C'est pourquoi nous ne pourrons avoir accès qu'à l'angle formé par le segment coude/épaule et la verticale. Le schéma ci-dessous indique les conventions en flexion et extension.

Figure 24 : Angle en flexion et extension, secteur angulaire balayé par le bras



L'angle en extension maximale est donné par la position la plus en arrière du déplacement du bras. Il est noté positif si le bras va au-delà de la verticale, il est noté négatif si le bras ne franchit pas la verticale au cours d'un cycle.

L'angle en flexion maximale est donné par la position la plus en avant du bras au cours d'un cycle. Lorsque le bras est en avant de la verticale dans le sens du déplacement, cet angle est noté négatif, si le bras ne dépasse pas la verticale il sera noté positif.

Le secteur angulaire balayé par les bras sera composé de la somme des deux angles.

Ces 3 angles constituent les indicateurs 44 à 46. Les valeurs de ces indicateurs se trouvent dans l'annexe 5.

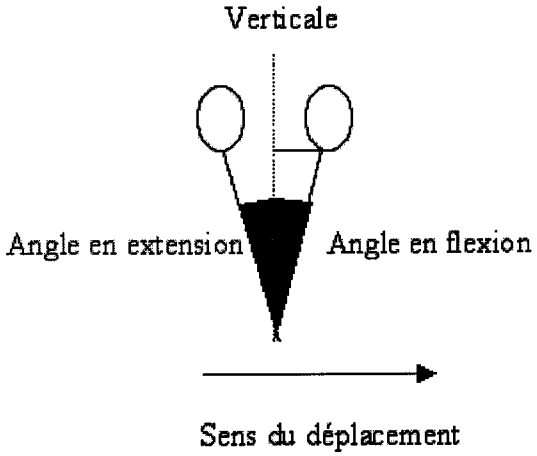
Tableau 31 : Indicateurs angulaires du secteur angulaire balayé par le bras au cours d'un cycle.

N° de Indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 44	Angle bras/verticale en extension	degré
Indicateur n° 45	Angle bras/verticale en flexion	degré
Indicateur n° 46	Amplitude des mouvements du bras	degré

Les angles au niveau du tronc

Les angles du tronc sont mesurés par l'angle dessiné par le segment épaule/hanche et la verticale. La convention suivante est adoptée.

Figure 25 : Angle en flexion et extension au niveau du tronc, secteur balayé par le tronc pendant un cycle de course



La valeur de l'angle lorsque le tronc est en flexion est dite positive, lorsqu'il est en extension la valeur est dite négative. Nous retiendrons comme indicateurs, la valeur maximale et la valeur minimale.

Pour établir le style des coureurs, nous proposons de calculer également la moyenne des angles du tronc au cours d'un cycle de course.

Le secteur balayé par le tronc pendant un cycle de course peut être également intéressant. Il montre l'importance des mouvements à ce niveau corporel. Nous proposons de le calculer par la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale de l'angle du tronc.

Les valeurs angulaires du tronc constituent les indicateurs 47 à 50. Ces valeurs sont disponibles en annexe 5.

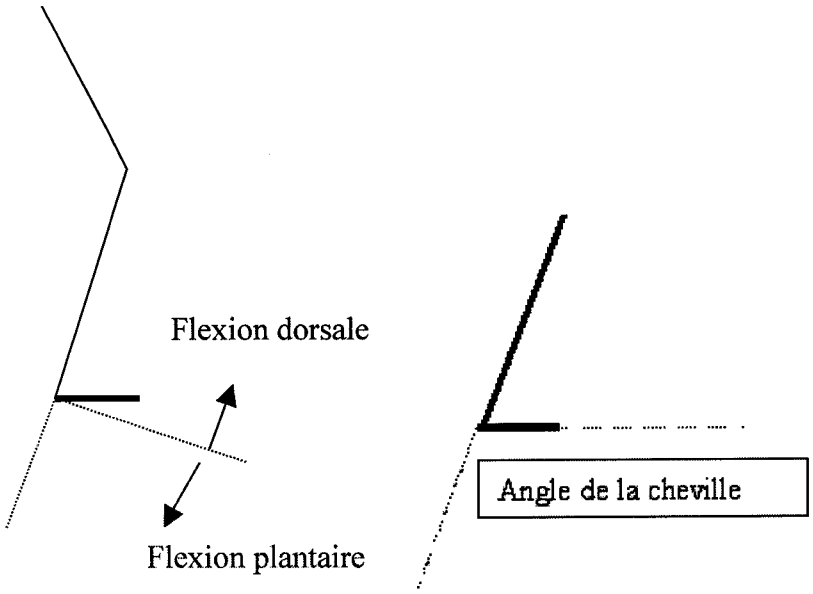
Tableau 32 : Indicateurs angulaires du tronc au cours d'un cycle.

N° de l'indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 47	Angle tronc/verticale minimum	degré
Indicateur n° 48	Angle tronc/verticale maximum	degré
Indicateur n° 49	Angle tronc/verticale moyen	degré
Indicateur n° 50	Amplitude des mouvements du tronc	degré

Les angles au niveau de la cheville

Nous avons retenu comme angle pour la cheville, l'angle formé par l'intersection entre le segment talon/pointe et la ligne prolongeant le segment genou/cheville. Lorsque le pied est en flexion plantaire (ou en extension) les valeurs de cet angle seront inférieures à 90°, lorsqu'il est en flexion dorsale (ou flexion) l'angle sera supérieur à 90°.

Figure 26 :Conventions pour l'angle de la cheville



Nous retiendrons les valeurs de cet angle aux différentes dates des posés et des quittés, ainsi qu'aux moments particuliers que nous avons identifiés, les instants de la flexion et de l'extension maximale dans la phase d'appui et dans la phase de soutien. Comme pour les autres articulations, nous établirons l'amplitude du mouvement en chiffrant le secteur balayé par la cheville. Celui-ci est le résultat de la différence entre la valeur maximale et de la valeur minimale de l'angle de la cheville.

Les valeurs trouvées pour l'angle de la cheville constituent les indicateurs 51 à 58.

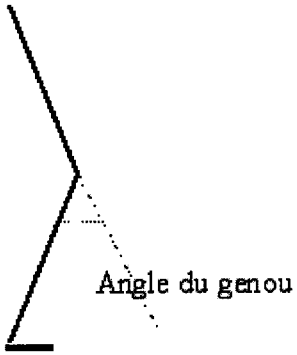
Tableau 33 : Indicateurs angulaires de la cheville au cours d'un cycle.

N° de l'indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 51	Angle de la cheville au PG	degré
Indicateur n° 52	Angle de la cheville au QG	degré
Indicateur n° 53	Angle de la cheville au PD	degré
Indicateur n° 54	Angle de la cheville au QD	degré
Indicateur n° 55	Angle de la cheville en flexion maximale pendant l'appui	degré
Indicateur n° 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre	degré
Indicateur n° 57	Angle de la cheville en flexion maximale pendant le retour de la jambe libre	degré
Indicateur n° 58	Amplitude des mouvements de la cheville	degré

Les angles au niveau du genou

Nous avons retenu comme angle pour le genou, l'angle formé par l'intersection entre le segment cheville/genou et la ligne prolongeant le segment hanche/genou. Lorsque le genou est en extension la valeur de l'angle diminue, lorsqu'il est en flexion cette valeur augmente.

Figure 27 : Convention pour le calcul de l'angle du genou



Comme pour la cheville nous retiendrons les valeurs de cet angle aux moments des posés et des quittés, ainsi qu'aux dates particulières, c'est-à-dire la flexion maximale dans la phase d'appui, la flexion maximale dans la phase de retour de la jambe libre et l'extension maximale.

De la même manière, nous établirons l'amplitude du mouvement au niveau du genou en calculant le secteur balayé par le segment de la jambe en rapport avec la cuisse. Il sera établi par la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale de l'angle du genou.

L'ensemble des valeurs de l'angle du genou constitue les indicateurs 59 à 66. Les valeurs correspondantes se trouvent en annexe 6.

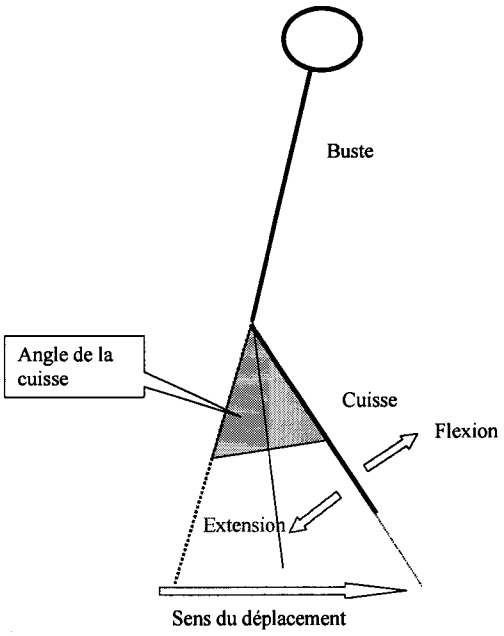
Tableau 34 : Indicateurs angulaires pour le genou au cours d'un cycle.

N° de l'indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 59	Angle du genou au PG	degré
Indicateur n° 60	Angle du genou QG	degré
Indicateur n° 61	Angle du genou PD	degré
Indicateur n° 62	Angle du genou QD	degré
Indicateur n° 63	Flexion du genou pendant l'appui	degré
Indicateur n° 64	extension maximum du genou	degré
Indicateur n° 65	Flexion maximale du genou dans la phase de retour de la jambe libre	degré
Indicateur n° 66	Amplitude des mouvements du genou	degré

Les angles au niveau de la hanche

L'angle de la hanche est calculé par l'intersection entre le segment genou/hanche et la ligne prolongeant le segment épaule/hanche. Lorsque la cuisse fait un mouvement de flexion sur le buste (ou le buste sur la cuisse), cet angle augmente. Lorsque la cuisse et le tronc font un mouvement d'extension cet angle diminue. Les angles sont notés positifs lorsque la cuisse et le tronc font un angle supérieur à 0°. Si le mouvement d'extension se prolonge, les angles sont dits négatifs.

Figure 28 : Convention pour l'angle de la hanche



Comme pour les autres articulations, nous retiendrons les valeurs de cet angle au moment des posés et quittés, la valeur de la flexion maximale pendant l'appui et celle de la flexion maximale pendant la suspension, ainsi que la valeur de l'extension maximale.

Nous avons établi également l'amplitude des mouvements au niveau de la hanche en faisant la différence entre l'angle en flexion maximale et l'angle en extension maximale.

L'ensemble de ces mesures constitue les indicateurs 67 à 74, dont les valeurs se trouvent en annexe 6.

Tableau 35 : Indicateurs angulaires pour le genou au cours d'un cycle.

N° de l'indicateur	Signification	Unité
Indicateur n° 67	Angle de la hanche au PG	degré
Indicateur n° 68	Angle de la hanche au QG	degré
Indicateur n° 69	Angle de la hanche au PD	degré
Indicateur n° 70	Angle de la hanche au QD	degré
Indicateur n° 71	Flexion maximale de la hanche dans la phase d'appui	degré
Indicateur n° 72	Extension maximale de la hanche	degré
Indicateur n° 73	Flexion maximale de la hanche pendant le retour de la jambe libre	degré
Indicateur n° 74	Amplitude des mouvements de la hanche par la hanche	degré

La liste des variables et indicateurs se trouve en annexe 2.

II.1.3.3. Les erreurs possibles.

La démarche pour accéder aux indicateurs de course, le matériel utilisé, les modalités de calcul, autant de choix qui sont à l'origine d'erreurs possible qu'il nous faut préciser. Les erreurs peuvent être, relatives à l'imprécision des saisies ou à celle des mesures.

Des imprécisions sur les saisies

Le premier type d'erreur est celui que signale Frédéric Aubert (1996) dans son rapport de stage en laboratoire, cette erreur est relative "au pointé du pixel". Le pointé est sujet à une erreur de un pixel dans toutes les directions.

Le second type d'erreur est celui cité dans le document d'Alain Durey et Philippe Varin (1996) dans le rapport de stage "Analyse biomécanique du geste sportif". Il s'agit des erreurs de pointage avec ou sans pastille collée sur le point à repérer. Nous avons fait le choix d'opérer sans pastille pour la pointe de pied, la cheville, le talon, et l'oreille. Sur certaines images, en fonction de l'arrière-plan, il a été parfois difficile de situer exactement le point.

Nous n'avons pas fait d'étude pour mesurer ces erreurs, mais nous les estimons à un ou deux pixels dans toutes les directions, nous noterons qu'une partie d'entre elles disparaît avec le lissage.

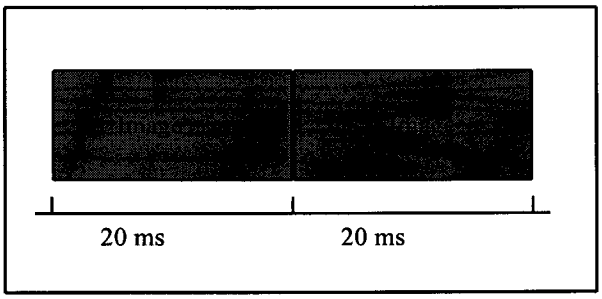
Des imprécisions sur les mesures

Les imprécisions sur les mesures peuvent avoir lieu sur la mesure du temps et la mesure de l'espace

le temps

La mesure du temps est donnée par la fréquence des images. Nous avons travaillé avec une caméra HI8 dans la norme Pal qui permet 25 images par seconde. Le logiciel utilisé permet un détramage du film vidéo et donne accès à 50 images par seconde, c'est-à-dire, une image toutes les 0.02 secondes.

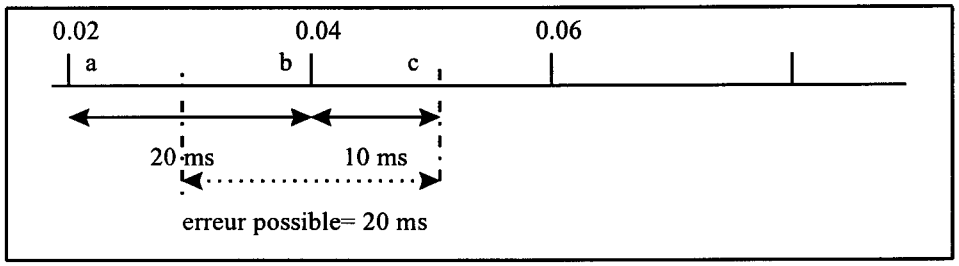
Figure 29 : Représentation de la succession de deux images



fréquence = 50 hrz : une image toute les 20 ms

La mesure du temps écoulé entre deux points caractéristiques est fonction de la précision dans la définition des index.

Figure 30 : Représentation de l'erreur possible sur l'estimation de l'instant du posé.



Erreur possible sur l'estimation de l'instant du posé

Si le moment du posé est apprécié vers "b", il lui sera attribué le temps 0.04 seconde. Si le moment est situé vers "c" les index seront alors PG-1 = 0.04, PG+ 1 = 0.06, soit le temps estimé à 0.05. Si le moment se situe vers "a", il sera attribué le temps de 0.02 seconde. L'erreur maximum pour la pose d'un index est donc de 0.01 seconde.

La même erreur se répète pour l'indexation du quitté, si on calcule une durée (différence entre le moment du posé et le moment du quitté). Pour le calcul d'une durée une erreur de 0.02 seconde est donc possible.

Si nous prenons l'exemple d'un individu, dont les temps de passage ont été déterminés comme l'indique le tableau ci-dessous :

Tableau 36 :Temps des posés et quittés de l'individu n° 276 en course de vitesse.

	PG	QG	PD	QD	PG
Individu 276	0.10 s ± 0.01	0.27 s ± 0.01	0.36 s ± 0.01	0.53 s ± 0.01	0.63 s ± 0.01

Dans ce cas l'erreur sur le temps entre deux posés ipsilatéraux représente une erreur de 3.8 %.

Mais l'importance de l'erreur croît avec la diminution des durées mesurées. Ainsi pour la durée du posé gauche, dans le cas étudié, l'erreur possible est de 11,7%. Les durées des posés et des quittés sont très brèves, les pourcentages d'erreurs sont alors plus importants et peuvent aller jusqu'à 20% pour la durée des posés.

Dans le cas étudié, l'erreur pour la suspension gauche peut être de 22%. Les suspensions peuvent être extrêmement brèves, la durée de la suspension minimale en course de vitesse étant chez les tout-petits de 0,02 s, l'erreur possible alors est de 100 %.

Ces erreurs possibles sur les mesures du temps nous conduisent à être extrêmement prudent dans l'utilisation des indicateurs temporels pour des temps mesurés très brefs.

l'espace

Les calculs sur l'espace se font grâce à la transformation des images numérisées en pixels et aux repères métriques placés dans le champ de la caméra. Nous avons numérisé les films au format le plus grand autorisé par le logiciel, à savoir 768 x 576

Grâce aux repères de calibrage, nous connaissons la valeur d'un pixel. Nous avons utilisé des pixels quadratiques, les dimensions en longueur et hauteur sont identiques. Nos

repères métriques se trouvaient dans le sens de la longueur et variaient avec les courses et les âges. Les repères permettaient une vérification en hauteur. Pour calculer la valeur d'un pixel il suffisait d'appliquer la formule suivante/

Valeur d'un pixel = champ de la caméra / 768

Le tableau ci-dessous nous indique les valeurs d'un pixel dans les différentes courses et aux différents niveaux de classe.

Tableau 37 : Valeurs d'un pixel dans les différents films

Valeur d'un pixel en cm	Course vitesse
Toute petite section	0,4
Petite section	0,4
Moyenne section	0,7
Grande section	0,8
Cours préparatoire	0,8
Cours élémentaire 1	0,9
Cours élémentaire 2	1,0
Cours moyen 1	1,0
Cours moyen 2	1,0

Sur chaque pointé nous pouvons donc avoir une erreur de 1 cm au maximum dans chaque direction. Sur une mesure entre deux points, nous pouvons avoir une erreur de 2 cm.

Le tableau ci-dessous indique les distances pour les différents événements pour un coureur en course de vitesse en CM2.

Tableau 38 : Distance des posés et quittés de l'individu n° 276 (classe de cm2) en course de vitesse.

	d PG1	d QG	d PD	d QD	d PG2
Individu 276	5.13 m ± 0.01	4.20 m ± 0.01	3.71 m ± 0.01	2.83 m ± 0.01	2.24 m ± 0.01

Pour la mesure de l'amplitude entre les deux posés ipsilatéraux l'erreur possible est de 0.7% ce qui est relativement minime. Si nous ajoutons les erreurs dues à la pose des index, l'erreur totale peut être de deux pixels, l'erreur serait alors de 4 cm pour une mesure, ce qui représenterait une erreur de 1.4 % sur la distance totale pour cet élève.

Par contre pour les mesures des indices de sautillement les valeurs étant beaucoup plus faibles, l'importance de l'erreur possible croît également. Ainsi pour le coureur 276, l'indice de sautillement est de 6.8 cm, l'erreur possible est alors de 28% ce qui est considérable.

Pour que, sur une mesure, l'erreur soit la moins importante possible, nous avons travaillé dans le champ de caméra le plus étroit possible. Certains coureurs, pour qui les posés et quittés dans le champ ne permettaient pas l'analyse de leur course, n'ont pas été retenus.

Des imprécisions sur les angles

Comme pour l'estimation des posés et quittés, la position des différents segments corporels est conditionnée par le pointé de l'articulation, ce pointé étant estimé à un écart d'un

pixel dans toutes les directions, l'erreur possible pour le calcul de l'angle du genou de l'individu 276 peut être calculé.

Milliron et Cavanagh (1990) estimaient une erreur possible de 7° pour une valeur angulaire correspondant à un écart de 1cm dans toutes les directions. Pour nos mesures angulaires l'incertitude sur la mesure sera donc au maximum de ± 3.5°.

Conclusion

Les erreurs possibles dues au temps et à la distance restent acceptables pour ce qui est des calculs de vitesse d'ensemble du coureur et de la fréquence des appuis.

Par contre, nous avions envisagé de faire des calculs de vitesse "instantanée" (au moment du posé de pied, pour voir le griffé, par exemple) mais, entre des points rapprochés cela s'avère impossible la marge d'erreur augmentant avec la réduction de la distance et du temps, elle devient trop importante.

Les erreurs possibles sur des laps de temps très courts exigent une extrême prudence dans l'interprétation des résultats, notamment sur les différences de durée des posés et quittés, gauche et droit et surtout des durées des suspensions.

Les erreurs possibles sur le calcul des angles doivent également être prises en considération dans l'analyse que nous pourrons faire des résultats, elles doivent nous conduire à rechercher les grandes variations angulaires et à minimiser l'importance des petites variations.

II.1.4. Traitement des données

La première étape consiste à vérifier l'homogénéité de la population, par une analyse des individus et des variables, au moyen de tests préalables à toute analyse de données, à savoir un tri hiérarchique des individus pour identifier éventuellement les individus atypiques dans notre panel.

Pour le traitement statistique de nos données, nous utiliserons le logiciel SPSS version 7.5 et les feuilles de calcul du logiciel Excel.

II.1.5. Résultats

II.1.5.1. Vérification de la population

Nous utilisons comme stratégie d'agrégation pour les distances entre sous-ensembles la méthode de la distance moyenne entre classes : les points sont regroupés de telle sorte que la distance entre deux classes soit égale à la plus petite distance possible entre deux points quelconques appartenant à chacune des classes. Cette méthode est sensible aux données atypiques et c'est ce que nous recherchons. Nous choisissons de porter au carré la distance euclidienne entre classes. Le fait de porter au carré accentue les écarts les plus grands.

Poulaines de hanche

Après de nombreux tris successifs qui ont permis de trouver des erreurs de signe qui s'étaient glissées dans le tableau de résultat, le tri hiérarchique ne fait plus apparaître d'individu atypique. Le dendogramme est visible en annexe 8.

Pour confirmation, nous faisons une tentative avec la méthode d'agrégation de la distance dans la classe qui favorise le regroupement en classes bien réparties autour de leur barycentre, il n'apparaît pas d'individu atypique. Le dendogramme est également présenté en annexe 8.

Poulaines d'oreille

Le tri hiérarchique par la méthode de la distance entre classes, distance égale au carré de la distance euclidienne, mesures non standardisées n'a pas fait apparaître d'individus atypiques. Le dendogramme se trouve en annexe 8. La tentative avec la méthode d'agrégation de la distance dans la classe montre que les individus sont bien regroupés.

Ces vérifications faites nous pouvons envisager le travail de comparaison entre les deux formes de représentation de la course.

II.1.5.2. Comparaison des corrélations

II.1.5.2.1. Démarche

L'existence d'une corrélation est forte lorsque celle-ci s'établit à 0.8, en deçà les corrélations sont dites faibles. Pour notre part, c'est l'écart entre les corrélations existant entre les variables des poulaines de hanche et les corrélations des poulaines d'oreille qui nous intéresse. Pour cela nous proposons la démarche suivante : nous décidons pour comparer la représentativité des deux modèles de faire la différence entre la corrélation poulaine d'oreille et la corrélation de la poulaine de hanche entre chaque valeur en terme à terme, une valeur positive indique alors que la mesure de la poulaine d'oreille est plus corrélée. La représentation doit nous servir à déterminer les niveaux d'habileté indépendamment de la taille des individus, c'est pourquoi nous choisissons de travailler sur les valeurs des poulaines pondérées.

II.1.5.2.2. Résultats

Le tableau ci-dessous présente les résultats des différences entre les corrélations pour les mesures des poulaines pondérées, en rose la somme des différences pour les paramètres anthropométriques, en vert la somme des différences pour les indicateurs de performance, en jaune, la somme des différences pour les indicateurs angulaires. L'ensemble des résultats se trouve dans l'annexe 9.

Tableau 39 : Différences des corrélations entre les mesures de poulaines et les indicateurs pour les courses des poulaines d'oreille et des poulaines de hanches pondérées.

Mesures des poulaines Indicateurs	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	Total par type d'indicateur
Indicateurs anthropométriques											0,84
Indicateurs de performance	-0,07	0,08	0,02	-0,42	-0,34	-2,20	-0,52	0,09	-0,45	0,20	
Indicateurs angulaires	1,84	0,61	0,54	1,41	-0,93	-0,14	0,25	0,33	-1,00	0,07	2,99
Total par mesure	2,70	0,76	0,84	0,86				0,62		0,42	Total général : 0,01

Si nous examinons les résultats, il apparaît que les poulaines d'oreille sont plus corrélées que les poulaines de hanche, pour les indicateurs anthropométriques (+0,84) et pour les indicateurs angulaires (+2,99), et moins corrélées pour les indicateurs de performance (-3,8). Au total l'avantage pris par l'une ou l'autre des représentations s'annule (+0,01).

Globalement les différences entre les deux types de représentations sont minimes, la poulaine d'oreille étant plus représentative que la poulaine de hanche pour les mesures des posés et quittés (M11 =+2,70, M12=+0,76, M13=+0,84, M14=+0,86), pour l'épaisseur à la verticale (M18=0,62) et pour la hauteur de bosse (M20=+0,42). Mais la poulaine d'oreille est moins représentative au niveau de la distance entre le posé et le quitté gauche (M15=-1,48) de sa longueur avant (M16=-2,78), de sa longueur arrière (M17=-0,51) et de l'épaisseur (M19=-1,39). L'explication tient certainement au fait que la prise en compte des mouvements du tronc minimise certaines dimensions de la poulaine, en particulier la longueur avant, l'épaisseur et la longueur arrière.

Nous allons maintenant rechercher les corrélations les plus prononcées entre les mesures des poulaines et l'ensemble des indicateurs anthropométriques, de performance ou angulaires. Le tableau ci-dessous présente les indicateurs pour lesquels les différences sont les plus grandes entre les deux types de représentation du cycle de course, en rose les indicateurs anthropométriques, en vert les indicateurs de performance, en jaune les indicateurs angulaires.

Nb = corrélation poulaine d'oreille- corrélation poulaine de hanche.

Un nombre positif indique un avantage à la poulaine d'oreille, un nombre négatif à la poulaine de hanche.

Tableau 40: Différences entre les corrélations de poulaine d'oreille et de poulaine de hanche pour les indicateurs les plus significatifs.

Mesures des poulaines Indicateurs	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	total
i01	[illegible]										0,66
i29	-0,18	-0,03	-0,04	-0,01	-0,09	-0,15	-0,09	0,02	-0,06	0,01	-0,62
i39	-0,16	0,00	0,00	0,01	-0,03	-0,28	-0,05	0,01	-0,02	0,01	-0,56
i44	0,26	0,12	0,14	0,13	-0,02	-0,01	0,14	-0,04	-0,01	0,02	0,72
i47	0,54	0,36	0,31	0,34	-0,03	0,64	0,31	0,00	-0,11	0,01	2,38
i48	0,53	0,38	0,29	0,29	0,02	0,39	0,31	0,02	-0,15	0,00	2,08
i49	0,59	0,37	0,31	0,33	-0,03	0,53	0,31	0,00	-0,14	0,01	2,28
i68	0,05	-0,25	-0,16	-0,11	-0,13	0,15	-0,21	-0,01	0,05	-0,01	-0,63

Il apparaît que les poulaines d'oreille sont plus corrélées avec l'âge des enfants (i 01 = 0,66), l'angle bras /verticale en extension(i 44= 0,72). Mais les indicateurs pour lesquels la différence en faveur des poulaines d'oreille est la plus importante sont ceux qui rendent compte des mouvements du tronc, l'angle tronc verticale minimum (i 47=2,3), l'angle tronc verticale maximum (i48=2,08), l'angle tronc verticale moyen (i49=2,28).

Par contre les poulaines d'oreille sont moins représentatives pour deux indicateurs de performance, le déphasage entre les dates de l'extension maximale du genou et le quitté gauche (i29=-0,62), l'amplitude pondérée (i39=-0,56) et un indicateur angulaire relatif à la hanche, l'angle de la hanche au quitté gauche (i68=-0,63).

II.1.6. Discussion des résultats

Nous avions émis l'hypothèse que les poulaines d'oreille permettaient de mieux représenter les différences entre des individus de 2 à 11 ans en course de vitesse. L'analyse des corrélations entre les mesures des poulaines pondérées, les mesures 11 à 20 et les descripteurs des courses, les indicateurs 1 à 74, montre que les différences sont minimes, tantôt à l'avantage des poulaines de hanche, tantôt aux poulaines d'oreille.

Par contre, la population que nous étudions est composée d'enfants de 2 à 11 ans. Les mesures de la poulaine pondérée d'oreille sont plus corrélées avec l'âge des enfants que la poulaine de hanche. Or les poulaines de hanche ont été utilisées dans des recherches exclusivement avec des adultes. La poulaine d'oreille semble donc être plus pertinente pour la population que nous étudions.

D'autre part, la différence entre la poulaine d'oreille et la poulaine de hanche est l'intégration des mouvements du tronc et de la tête dans la représentation du cycle de course. Les mesures des poulaines d'oreille sont plus corrélées avec les indicateurs des mouvements du tronc (indicateurs 46, 47, 48). Cette différence importante indique une meilleure prise en compte par la poulaine d'oreille des variations des angles du tronc, ce qui paraît logique puisque le point fixe retenu est l'oreille. Or les travaux de Wickstrom (1975, 1983) et Keller (1992) faisaient état de modifications dans l'inclinaison du tronc pendant la course au cours de l'enfance. Ces valeurs sont importantes dans la détermination de l'évolution de la course chez l'enfant, c'est pourquoi il apparaît souhaitable d'utiliser les poulaines d'oreille comme outil pour étudier les différences entre les individus.

En revanche, les poulaines d'oreille sont moins performantes en regard de la représentation de l'amplitude pondérée (i39), du déphasage extension maximum genou/quitté et de l'angle de la hanche au quitté. On peut supposer que la poulaine de hanche qui ne prend pas en compte les mouvements du tronc, rend mieux compte de l'enjambée, car les dimensions de la poulaine d'oreille sont modifiées par l'intégration dans la représentation les mouvements du tronc.

Peu de différence globalement entre les deux types de représentation, mais deux différences importantes militent pour le choix de la poulaine d'oreille, d'autres de moindre importance nous inciteraient à choisir la poulaine de hanche. Compte tenu de notre population et de l'importance de transformations au niveau de l'inclinaison du tronc dans la course au cours du développement chez les enfants, pour la détermination des niveaux d'habileté entre 2 et 11 ans, il nous semble souhaitable que la représentation paramétrique utilisée soit la poulaine d'oreille.

Au-delà de la validation de l'hypothèse, ce travail permet de déduire un certain nombre de corrélations entre les variables des poulaines d'oreille que nous retenons pour la suite de notre recherche et les éléments descripteurs de la course à vitesse maximale.

Dans un souci de compréhension des variations des poulaines, nous avons relevé les indicateurs qui sont les plus corrélés avec les mesures des poulaines, en bleu les indicateurs de performance présentant une corrélation supérieure à 0.5, en rouge les indicateurs les plus corrélés à la mesure.

Tableau 41 : indicateurs de performance les plus corrélés aux mesures des poulaines d'oreille en course chez les enfants entre 2 et 11 ans.

	M11	*M12*	*M13*	*M14*	*M15*	*M16*	*M17*	*M18*	*M19*	*M20*
i 10							0,53			0,65
i 12							0,54			0,67
i 14							-0,55		-0,55	-0,66
i 16							-0,59		-0,52	-0,66
i 34		0,57	0,50				0,73		0,54	0,67
i 36		0,55					0,68			0,57
i 39					0,61				0,53	
i 40		0,60					0,68		0,52	0,56

D'un point de vue général, les mesures de la poulaine qui sont les plus corrélées avec les indicateurs de performance sont : la position du quitté gauche (M12), la position du posé droit (M13), la longueur arrière (M17), l'épaisseur à la verticale (M19), la hauteur de bosse (M2O).

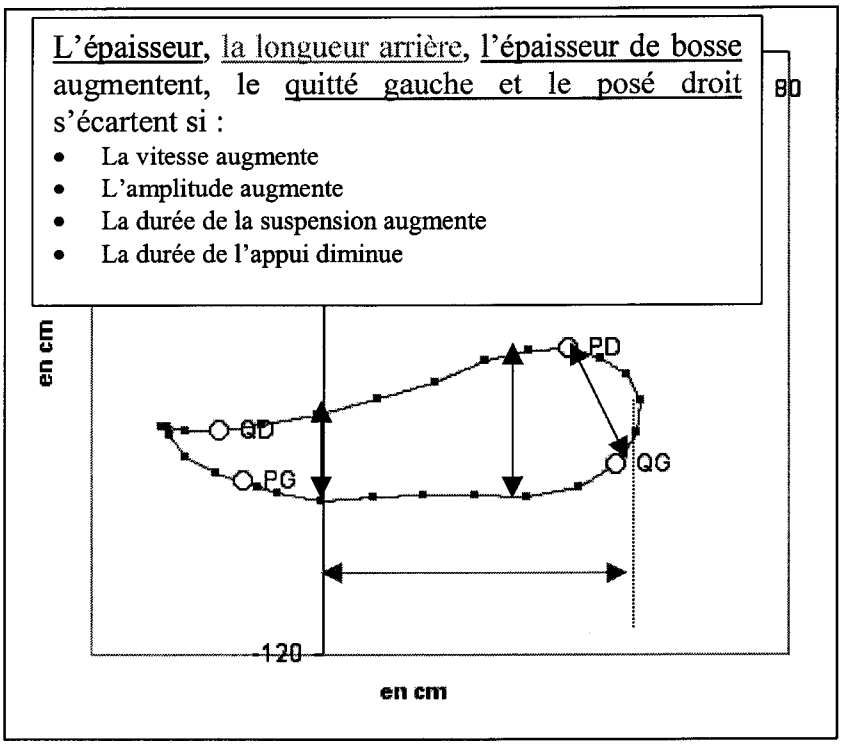
On peut remarquer que les mesures des poulaines ne sont pas très fortement corrélées avec les indicateurs de performance. Les corrélations les plus significatives se trouvent être celles entre l'amplitude pondérée et la partie arrière de la poulaine, la longueur, l'épaisseur, la position du quitté gauche et celle du posé posé droit.

Quand la vitesse (réelle : i34 ou pondérée : i40) et l'amplitude (réelle i36 ou pondérée : i39) augmentent alors d'une part le quitté gauche et le posé droit s'écartent, d'autre part la longueur arrière, l'épaisseur au niveau de la verticale de l'oreille et l'épaisseur de la bosse augmentent.

De même, si la durée de la suspension augmente (durée suspension gauche : i10 et durée suspension droite : i12) ou si les instants des quittés en pourcentage diminuent, alors la longueur arrière et l'épaisseur de la bosse augmentent.

Pour synthétiser les variations, nous pouvons les illustrer sur une poulaine.

Figure 31: Modifications des dimensions de la poulaine d'oreille en fonction des performances des sujets



Les mesures des poulaines sont également corrélées avec des indicateurs de forme d'organisation corporelle. Nous proposons ci-dessous en jaune les indicateurs angulaires dont les corrélations avec la poulaine sont supérieures à 0,5, en rouge les indicateurs les plus corrélés.

Tableau 42 : Indicateurs de forme d'organisation corporelle les plus corrélés aux mesures des poulaines d'oreille en course chez les enfants entre 2 et 11 ans

	M11	*M12*	*M13*	*M14*	*M15*	*M16*	*M17*	*M18*	*M19*	*M20*
i 41	-0,50									
i 42		0,66			0,57					
i 43										
i 47		0,50	0,57	0,52			0,52			
i 48	0,54			0,60		-0,51				
i 49	0,60	0,60	0,65	0,59		-0,60	0,62			
i 60										-0,52
i 61									0,61	0,59
i 62							0,59		0,64	0,70
i 65							0,59			

	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
i 66							0,56		0,65	0,84
i 70							0,58		0,54	0,54
i 73									0,56	
i 74									0,55	

D'une manière générale les mesures des poulaines sont corrélées avec des indicateurs de forme d'organisation corporelle. La corrélation est parfois faible. Seule la hauteur de la corne avant (M18) n'est corrélée avec aucun des indicateurs angulaires. Cette mesure ne permet pas de rendre compte des différences qui existent entre les individus.

On peut noter également que les mouvements de la cheville (indicateurs de 51 à 58) ne sont pas corrélés. La poulaine d'oreille constituée par la trajectoire de la pointe de pied, l'oreille étant fixe ne traduit pas ou peu les mouvements de la cheville. On peut supposer que les mouvements sont de trop faible ampleur pour être significativement représentés par une modélisation macroscopique du cycle de la course.

De même les mouvements des bras (i44 et i45) ne sont pas traduits par la poulaine d'oreille, il n'existe aucune corrélation entre les mesures de la poulaine et les variations des indicateurs au niveau des bras. C'est un fait que nous devrons prendre en considération dans le choix de la modélisation pour faire apprendre à lire un mouvement. On peut supposer que l'inexistence de corrélation soit à mettre en relation avec des mouvements des bras chez les enfants particuliers, pas toujours très semblables. Les enfants présentent en effet de grandes différences dans leurs mouvements de bras en course.

L'angle hanche/talon-verticale au posé (i41) est inversement corrélé avec la position du posé gauche sur la poulaine. Plus l'angle au moment du posé est petit, plus la position du posé gauche (PG) s'éloigne de l'axe sur la poulaine. Pour ce qui est du quitté gauche (QG), plus l'angle hanche/talon verticale est grand, plus le quitté s'éloigne de l'axe (corrélation positive). Plus le secteur balayé par la hanche (i43) est important, plus la longueur du segment PG-QG augmente.

Pour l'inclinaison du tronc marquée par les indicateurs i47, i48, i49, les variations sont similaires à celles des positions des posés et quittés et de la longueur arrière. Par contre si les angles augmentent, alors la longueur avant de la poulaine diminue.

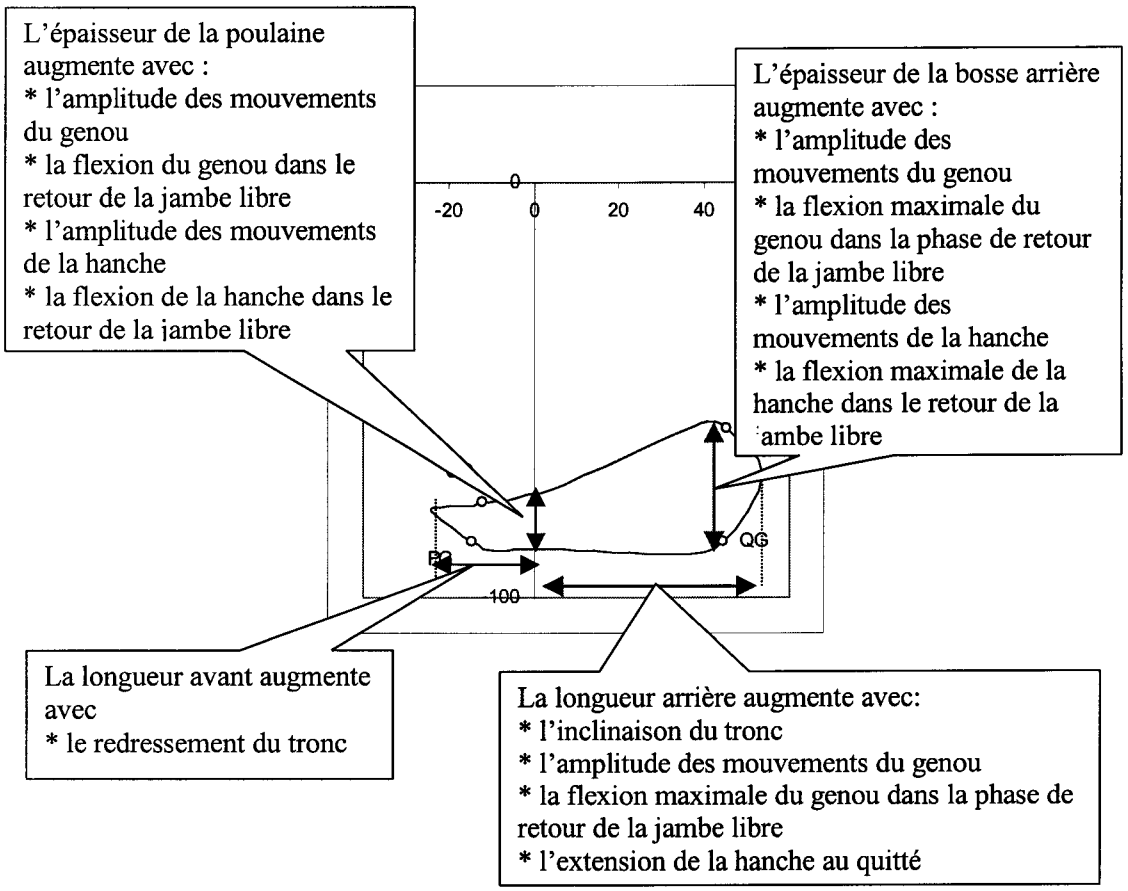
La poulaine d'oreille rend bien compte des mouvements au niveau du genou, en particulier la partie arrière de la poulaine, la longueur arrière, l'épaisseur à la verticale de l'oreille, et l'épaisseur de bosse sont corrélées positivement avec l'angle du genou au posé droit (i61), au quitté droit (i62), la flexion maximale du genou dans la phase de retour de la jambe libre (i65), l'amplitude des mouvements du genou (i66), l'angle de la hanche au quitté droit(i70) et inversement corrélés avec l'angle du genou au quitté gauche.

Les corrélations restent en valeur assez faibles.

Pour la hanche, la flexion maximale de la hanche pendant le retour de la jambe libre et l'amplitude des mouvements de la hanche varient dans le même sens que la hauteur de la bosse arrière de la poulaine.

Pour synthétiser les résultats nous proposons de les traduire sur une poulaine.

Figure 32 : Relations entre les variations des dimensions de la poulaine et les variations des indicateurs de la course.



II.1.7. Conclusion

Notre travail vient d'invalider l'hypothèse émise, la poulaine d'oreille n'est pas plus corrélée que la poulaine de hanche aux indicateurs de courses. Par contre elle est corrélée différemment.

Nous conserverons la poulaine d'oreille pour la suite de nos travaux car elle permet de mieux prendre en compte l'âge et les mouvements au niveau du tronc que nous savons être importants chez les enfants, même si elle moins représentative des indicateurs de performance. Les mesures de la poulaine d'oreille sont par contre relativement bien représentatives des indicateurs angulaires.

Les corrélations entre les mesures de la poulaine d'oreille et les indicateurs de formes d'organisation et de performance nous ont permis de décrire le sens des transformations de la poulaine et de comprendre son développement, en fonction de l'amélioration du niveau en course de vitesse.

La poulaine d'oreille, tout comme la poulaine de hanche ne montrent pas toujours des corrélations très élevées avec les autres descripteurs de la foulée chez l'enfant. Son utilisation

comme moyen pour distinguer les niveaux d'habileté doit être complétée par d'autres indicateurs.

II.2. Répartition de la population étudiée en classes distinctes

Dans une population d'enfants, est-il possible de déterminer des niveaux d'habileté motrice en course à vitesse maximale chez l'enfant entre 2 et 11 ans et d'en comprendre le sens des transformations ?

Notre question peut s'exprimer ainsi :

Au-delà des transformations dues à l'âge est-il possible, à partir des variables de la course, d'établir la carte de l'évolution du cycle de course de l'enfant d'âge scolaire en course à vitesse maximale ?

Dans le triptyque classique de la recherche : décrire, expliquer, prédire, ces opérations ont un poids différent. On comprend bien que la qualité de la description conditionne le caractère explicatif et prédictif du travail. L'accent doit donc être mis d'abord sur la description (Rouanet & Le Roux, 1993). Ensuite la priorité est donnée à la prédiction. Dans notre recherche, ce sera par l'identification du sens des transformations motrices et la répartition de la population étudiée, les explications ne sont intéressantes dans notre cas que si elles présentent une utilité opérationnelle.

Notre recherche s'inscrit dans une perspective développementale, or l'identification des niveaux et du sens des transformations ne sont pas sans influence dans le débat entre continuité et discontinuité du développement qui se trouve être au premier plan dans notre étude.

Classiquement le développement de l'enfant est décrit en stades, Gesell pour le développement moteur et de la personnalité, Freud pour l'approche psychanalytique, Piaget pour le développement intellectuel, Erikson pour le développement psychosocial. Mais la notion de stade est discutée aussi bien au plan cognitif que moteur. Dans le cadre du développement moteur, l'existence de stades à différents points de la courbe d'apprentissage est considérée comme une évidence (Fitts 1964, Adams 1971, Gallahue 1982, Gallahue & Ozmun 1995), il existe des périodes critiques « témoignant d'une transformation des procédures de contrôle central de la motricité » (Azémar 1982). Pourtant, d'après Newell (1995), la perspective dominante actuelle est que l'apprentissage est continu car des transformations continues d'un paramètre peuvent conduire à un changement discontinu d'un autre paramètre du système, de même un changement discontinu peut être concomitant d'un changement continu dans une autre propriété du système. L'échelle de mesure utilisée semble responsable pour une large partie de l'inférence de la continuité ou de la discontinuité dans le développement moteur, «les échelles ordinales ou nominales caractérisent la nature de l'évolution de certains paramètres et conduisent naturellement à une description discontinue du changement de ces paramètres, au cours de l'apprentissage et du développement. Les échelles de rapports et d'intervalles caractérisent le degré de changement d'un paramètre et s'ajustent naturellement à une description continue ; ceci, bien que des discontinuités aient été inférées à partir des changements abrupts du comportement mesurés par des échelles d'intervalles ou de rapports. » (Newell 1995).

Nos visées didactiques nous incitent à rechercher des discontinuités dans le développement de la course à vitesse maximale, même si ces discontinuités s'inscrivent dans un continuum. L'étude de notre population doit nous permettre de déceler s'il est possible d'identifier des discontinuités. Une population homogène devrait nous inciter à inférer une continuité dans les transformations de l'habileté motrice. Dans le cas contraire, si la population étudiée apparaît comme non homogène, une discontinuité devrait nous permettre d'identifier les ruptures, de cerner les étapes et d'indiquer des niveaux d'habileté. Probablement notre population est hétérogène pour des raisons macroscopiques pour certains paramètres, même si pour certains autres paramètres ou pour l'observation d'un individu en particulier, les transformations apparaissent comme s'inscrivant dans un continuum.

Si nous souhaitons identifier le sens des progressions de l'habileté motrice en course chez l'enfant, nous devrons organiser l'ensemble de la population en classe d'individus proches les uns des autres et identifier ce qui distinguent ces classes.

II.2.1. Démarche

Pour répondre à notre question, dans notre population, et à partir des indicateurs prélevés sur les courses des enfants, nous cherchons à identifier les niveaux d'habileté qui s'expriment par les différences d'organisation corporelle en course.

Nous procéderons en deux temps, tout d'abord la vérification de l'homogénéité de la population qui nous permettra d'inférer la continuité ou la discontinuité, puis en fonction des résultats, nous déterminerons l'organisation de la population en classe d'individus.

II.2.2. Vérification de l'homogénéité de la population

II.2.2.1. Traitement des données

Une population homogène est une population dans laquelle il est possible d'identifier, par une analyse des données recueillies sur cette population, 1, 2 ou 3 facteurs qui expriment la variance de cette population. S'il n'est pas possible d'identifier ces facteurs la population étudiée n'est pas homogène. Dans une population non homogène, il est alors possible de distinguer de grandes catégories d'individus qui présentent, entre eux, une ressemblance.

Nous proposons de vérifier cette homogénéité par le biais d'une analyse factorielle. Nous choisissons d'utiliser l'analyse en composante principale (A.C.P.) qui permet dans une population d'identifier les variables latentes, les « facteurs » qui expliquent la variance de la population étudiée.

II.2.2.1.1. Tests préliminaires

Une analyse de données ne peut se faire que sur des variables indépendantes, bien distribuées et dans une population qui ne présente pas d'individus atypiques. Pour vérifier l'homogénéité de notre population en course à vitesse maximale au moyen d'une analyse en composante principale, il est indispensable d'effectuer ce travail préalable de vérification. Le

test sur les individus atypiques ayant été réalisé pour les individus en course à vitesse maximale lors du choix du type de représentation paramétrique, il reste à vérifier la fiabilité des variables.

La fiabilité se vérifie par l'indépendance et la distribution :

- L'indépendance entre les variables est assurée grâce à une analyse des corrélations croisées. Si deux variables sont liées par une corrélation supérieure ou égale à 0.8, nous n'en conservons qu'une seule. Pour effectuer le choix nous proposons une méthode. Nous savons par avance que certaines de nos variables sont redondantes, les mesures des poulaines et les mesures correspondantes pondérées ainsi que les indices de sautillement, la vitesse et l'amplitude. Chaque variable est corrélée avec l'ensemble des autres variables, mais nous cherchons à identifier les variations de la forme de l'organisation corporelle. Nous proposons de calculer l'indice de corrélation, c'est-à-dire la somme, en valeur absolue, des corrélations entre la variable retenue et les variables représentant la forme de l'organisation corporelle (i 41 à i 74). Pour retenir la variable nous choisirons celle qui présente l'indice le plus fort. Ce différentiel entre les variables se trouve en annexe 10.

- La distribution est examinée grâce à un « t de student », si celui-ci est supérieur à 1.96 (valeur indiquée pour ce test statistique), la variable est bien distribuée et nous la conservons pour la suite du traitement, sinon nous ne la retenons pas.

II.2.2.1.2. Analyse en composante principale

Principes et tests

Les principes

L'A.C.P. a pour intérêt de résumer les variations dans une population donnée. (Van Praagh, Falgairette & Bonnemoy 1985). L'A.C.P. est une méthode statistique déjà ancienne qui permet une réduction du nombre des variables, mais cette réduction "ne se fait pas par une simple sélection de certains d'entre eux mais par la construction de nouveaux caractères synthétiques obtenus en combinant les caractères initiaux au moyen de facteurs" (Bouroche et Saporta 1980).

L'exigence pour qu'une ACP soit envisageable est que le nombre d'observations soit supérieur au nombre de variables et au moins égal à 30 ce qui est le cas : 276 individus, pour 86 variables.

Les tests

Un examen de la qualité des variables est nécessaire pour une analyse en composante principale, celui-ci se fera par plusieurs tests sur :

- les variables

Il faut vérifier que les variables ne sont pas distribuées aléatoirement et qu'elles ont une structure commune pour pouvoir utilement chercher des dimensions par une A.C.P.

Le caractère non aléatoire des données sera vérifié par le **test de sphéricité de Bartlett**. Il s'agit de tester un khi 2 calculé sur la différence entre les données étudiées et les données si elles avaient été distribuées de façon aléatoire. Le test de Bartlett est considéré comme satisfaisant quand sa probabilité est < 0.0001. On considère que dans ce cas les données ne sont pas distribuées au hasard.

Un examen des anti-images (la corrélation entre la variable et sa valeur si elle avait été distribuée aléatoirement) dans le tableau des corrélations doit nous montrer des valeurs supérieures à 0.5.

- l'échantillonnage

Selon le principe de Gutman, les indicateurs d'une A.C.P. doivent être tels qu'un indicateur ne doit être que faiblement prédit par une seule autre variable, c'est la corrélation partielle et doit être bien prédit par l'ensemble des autres indicateurs, c'est la corrélation multiple. L'examen au niveau global sera mesuré par le test **Measure of Sampling Adequacy (M.S.A.)**.

La valeur du test M.S.A. est évaluée comme suit :

- 0.9 : excellent
- 0.8 : très bon
- 0.7 : bon
- 0.6 : médiocre
- 0.5 : limite de l'acceptation

Au niveau local, nous utiliserons le test de **Kaiser, Meyer et Olkin (K.M.O.)**.

- La structure de l'espace

Se pose alors pour le chercheur le problème du nombre de dimensions à conserver. Deux critères nous guident pour ce choix, un critère quantitatif et un critère qualitatif. Le critère quantitatif est le pourcentage de variance expliquée par le facteur. En deçà d'une certaine valeur, une dimension supplémentaire n'augmentera plus de façon significative la variance expliquée. Le critère qualitatif est le sens que le chercheur peut donner à la variable latente ainsi exprimée et qui est propre au problème.

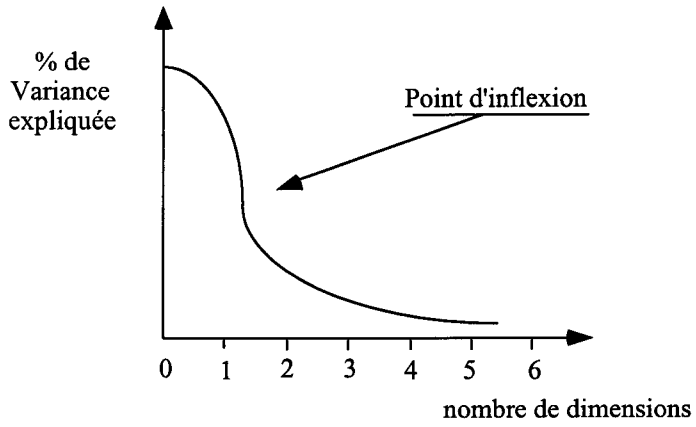
Pour nous aider dans la détermination du nombre de dimensions, trois critères peuvent être utilisés, qui sont généralement contradictoires (Aurifeille et Jolibert, 1998) :

- le test de Kaiser : les dimensions retenues sont celles qui expliquent une variance au moins égale à 1 ;

- le test de Cattell : le graphique des valeurs propres représente graphiquement en fonction du nombre de dimensions le pourcentage de variance. Le point d'inflexion

permet d'indiquer le nombre de dimensions à retenir (on retient le nombre de dimensions qui suit immédiatement ce point).

Figure 33:Graphiques des valeurs propres : test de Cattell



- Le critère des 75 % : Le nombre de dimensions retenu est tel que le pourcentage de variance restituée est au moins de 75 % de la variance totale.

II.2.2.2. Résultats

II.2.2.2.1. Tests préliminaires

Indépendance des variables

Nous présentons, dans le tableau ci-dessous, les variables qui ont une corrélation supérieure ou égale 0.8 et les variables retenues quand plusieurs sont corrélées.

Tableau 43 :Liste des variables corrélées entre elles et choix des variables retenues en course de vitesse

	Corrélation supérieure à 0.8 avec :	Variables retenues
Variable M01	Variable M11 =.89	Variable M11
Variable M02	Variable M03 =.90 Variable M05 =.87 Variable M07 =.94 Variable M12 =.87 Variable M17 =.84 Variable i34 =.85 Variable i36 =.82	Variable M17
Variable M 04	Variable M 14 =.95	Variable M14
Variable M06	Variable M16 =.83	Variable M06
Variable M08	Variable M18 =.92	Variable M08
Variable M09	Variable M19 =.96	Variable M09
Variable M10	Variable M20 =.95	Variable M20
Variable M13	Variable M17 =.88	Variable M17
Variable M17	Variable M20 =.80 Variable i39 =.81	Variable M17
Variable i09	Variable i14 =.81	Variable i14
Variable i10	Variable i14 = -.82	Variable i14
Variable i12	Variable i14 = -.83 Variable i16 = -.87	Variable i16
Variable i13	Variable i35 = -.93	Variable i13
Variable i32	Variable i37 =.85	Variable i37
Variable i33	Variable i38 =.83	Variable i33
Variable i47	Variable i48 =.84 Variable i49 =.91	Variable i48
Variable i56	Variable i58 = -.87	Variable i56
Variable i65	Variable i66 =.91	Variable i65
Variable i67	Variable i71 =.80	Variable i67
Variable i70	Variable i73	Variable i70

L'analyse du tableau des corrélations nous conduit à éliminer de la liste des variables en course à vitesse maximale les variables suivantes : M1 à M5, M7, M12, M13, M16, M18 à M20, i9, i10, i12, i14, i32, i34 à 36, i38, i 39, i47, i49, i58, i66, i71, i73, C'est-à-dire :

Tableau 44 : Nomenclature des variables corrélées entre elles et non retenues en course de vitesse chez les enfants

Numéro	Nomenclature de la variable
M 01	Poulaine lissée abscisse de PG
M 02	Poulaine lissée abscisse de QG
M 03	Poulaine lissée abscisse de PD
M 04	Poulaine lissée abscisse de QD
M 05	Poulaine lissée valeur absolue du segment PG/QG
M 07	Poulaine lissée Longueur arrière
M 12	Poulaine pondérée abscisse de QG
M 13	Poulaine pondérée abscisse de PD
M 16	Poulaine pondérée longueur avant
i 9	Durée Posé Gauche
i 10	Durée Suspension gauche
i 12	Durée Suspension Droite
i 14	Instant du quitté gauche en pourcentage du cycle
i 32	Indice de sautillement oreille
i 34	Amplitude
i 35	Fréquence
i 36	Vitesse
i 38	Indice de sautillement de hanche pondéré
i 39	Amplitude pondérée
i 47	Angle tronc/verticale minimum
i 49	Angle tronc/verticale moyen
i 58	Amplitude des mouvements de la cheville
i 66	Amplitude des mouvements du genou
i 71	Flexion maximale de la hanche dans la phase d'appui
i 73	Flexion maximale de la hanche pendant le retour de la jambe libre

Il nous reste donc 57 variables non fortement corrélées entre elles après ce contrôle des corrélations.

Distribution des variables : T de student

L'ensemble des valeurs se trouve en annexe 11. Le tableau ci-dessous regroupe les variables pour lesquelles le t de student est inférieur ou égal à 1.98.

Tableau 45 :Variables mal distribuées en course de vitesse

Variable	T de student		Variable	T de student
M14	- 1.88		i30	-0.05
i17	-0.03		i31	1.55
i18	1.09		i45	-1.05
i27	0.92		i68	-0.33
i28	-0.73		i69	1.42
i29	0.82		i72	-0.61

L'examen des résultats montre que 12 variables sont mal distribuées. Le tableau ci-dessous indique les variables que nous ne conservons pas à l'issue du t de student.

Tableau 46 : Nomenclature des variables mal distribuées en course de vitesse chez les enfants.

Numéro	Nomenclature des variables
M 14	Poulaine pondérée abscisse de QD
i 17	Différence en pourcentage entre appui gauche et droit
i 18	Instant de la première extension de la cheville pendant l'appui en pourcentage du cycle
i 27	Ecart entre les dates de flexion maximale pour la cheville et le genou en pourcentage du cycle
i 28	Déphasage entre les dates de l'extension maximum de la cheville et QG en pourcentage du cycle
i 29	Déphasage entre les dates de l'extension maximum du genou et QG en pourcentage du cycle
i 30	Déphasage entre les dates de l'extension maximum de la hanche et QG en pourcentage du cycle
i 45	Angle bras verticale en flexion
i 68	Angle de la hanche au QG
i 69	Angle de la hanche au PD
i 72	Extension maximale de la hanche

A l'issue de ces vérifications, les analyses en composantes principales se feront sur une population de 276 individus et sur 45 variables indépendantes et bien distribuées.

II.2.2.2.2. Analyse en composante principale

L'étude sera menée en deux temps, en premier lieu il convient de se demander si tous les indicateurs retenus dans l'étude peuvent être utilisés ou s'il faut en éliminer, puis il nous faut déterminer le nombre de facteurs significatifs qui représentent nos variables latentes.

Premier temps : les variables

Une première ACP est faite, le test de Bartlett donne les résultats suivants :

Test de sphéricité de Bartlett	8802,99
Signification	0,000

Le test de Bartlett peut être considéré comme satisfaisant.

La mesure de précision de l'échantillonnage de K.M.O. indique la valeur suivante : 0.743, la valeur trouvée est jugée satisfaisante.

Le K.M.O. est réalisé, les valeurs de la diagonale doivent être supérieures à.5 (tableau en annexe 12). Ce n'est pas le cas pour la variable « durée du cycle » (i13 =.49), « instant du posé droit » (i15 =.25) et pour la variable « instant de flexion maximale de la cheville pendant l'appui » (i21 =.42) que l'on peut donc enlever.

Nous procédons à une nouvelle analyse : l'A.C.P. exploratoire 2. Les résultats sont les suivants :

- Le test de sphéricité de Bartlett = 7660,57 Signification 0,000

- La mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin.=,781
- K.M.O. Toutes les valeurs de la diagonale de la matrice des corrélations sont supérieures à 0.5 (Tableau en annexe 12).

Nous pouvons conserver les variables à partir desquelles il est légitime de rechercher par A.C.P. les dimensions significatives.

Deuxième temps les facteurs

L'analyse factorielle nous permet de passer d'un espace à « x » dimensions correspondant aux variables conservées à un espace de taille réduite, dont la lisibilité est meilleure.

Trois critères sont pertinents pour choisir le nombre de facteurs. Les données complètes se trouvent en annexe 12. Pour le test de Kaiser, onze facteurs ont une variance supérieure à 1, le test de Cattell ne donne pas d'indication précise et pour le test des 75 %, il n'est vérifié que pour 13 facteurs.

Le nombre de facteurs identifiés est trop important pour qu'ils puissent être analysés. La population étudiée ne se prête pas à une analyse en composante principale, la population étudiée ne semble pas être homogène. Mais il est possible que le fait de regrouper l'ensemble des variables influence les résultats des ACP.

Nous avons vérifié l'homogénéité sur les variables de performance, puis sur les variables de forme d'organisation corporelle. Deux analyses en composante principale effectuées sur les variables de performance seules puis sur les variables d'organisation corporelle seules n'ont pas permis d'identifier un nombre restreint de composantes ce qui confirme le fait que notre population n'est pas homogène.

II.2.2.3. Discussion des résultats

Si nous suivons les résultats des analyses en composante principale, l'ensemble des courses des enfants entre 2 et 11 ans n'apparaît pas comme un ensemble homogène. A la suite de la discussion sur la continuité ou la discontinuité dans le développement, et en particulier celui de la course à vitesse maximale, notre population non homogène nous invite à rechercher de grandes catégories d'individus semblables dans leur organisation corporelle. Nous sommes donc autorisé à entreprendre un tri hiérarchique sur l'ensemble de la population qui proposera une répartition des individus en classes distinctes. Il existe malgré tout des facteurs, nombreux certes, qui expliquent, pour un nombre important de variables pris en considération, la structure de la population. Ce constat permet également d'inférer une certaine continuité dans le développement. Notre souci étant didactique, les résultats peuvent nous inviter à entreprendre un tri en classes dans notre population et à en inférer des niveaux d'habileté.

Au-delà de la vérification sur les variables, le tableau des corrélations entre les variables nous apporte quelques enseignements. Nous n'examinerons pas les corrélations entre les mesures de poulaines et les indicateurs, cela a déjà été fait dans le chapitre précédent, à l'occasion du choix entre les deux formes de poulaines. Il sera intéressant en revanche de réexaminer ces corrélations pour chaque classe quand elles seront identifiées.

Nous avons supposé que les valeurs pondérées permettaient de mieux rendre compte de la réalité. Nous avons pondéré les mesures des poulaines, les indices de sautillement ainsi que la vitesse et l'amplitude. Nous pouvons examiner, pour répondre de cette pertinence, les corrélations entre les deux grands groupes de variables et la pertinence des valeurs pondérées.

Un examen des indices de corrélation peut nous permettre de répondre à la question de la pertinence de ce traitement des données. Nous avions postulé que les valeurs pondérées permettaient de mieux représenter les variations de formes corporelles avec l'âge, l'évolution des performances dépendant pour partie de l'évolution de la taille chez les enfants. Dans ce cas, la valeur de l'indice de corrélation des variables pondérées doit être supérieure à celui de la variable non pondérée.

Le tableau ci-dessous nous indique les indices pour les mesures de poulaines (M1 à M10), leurs valeurs pondérées (M11 à M20), les indicateurs d'indice de sautillement (i 32 et 33), l'amplitude (i 34), la vitesse (i 36), et leurs correspondants pondérés (i 37 à i 40). Le différentiel correspond à la différence entre l'indice des variables pondérées et l'indice des variables non pondérées.

Tableau 47 : Différentiel entre l'indice de corrélation des mesures des poulaines, des indices de sautillement, de l'amplitude et de la vitesse et de leur correspondant pondéré.

Variables	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 07	M 8	M 9	M 10	i32	i33	i34	i36
indice	4,77	9,32	8,64	6,35	8,01	5,36	9,81	7,48	8,27	10,11	2,02	3,52	9,19	9,23
Variables pondérées	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	i37	i38	i39	i40
indice	6,31	9,42	9,06	7,58	7,63	5,11	10,82	6,80	7,95	10,41	3,20	2,79	10,27	9,68
différentiel	1,54	0,10	0,42	1,23	-0,38	-0,25	1,02	-0,68	-0,32	0,30	1,18	-0,73	1,08	0,44

Nous pouvons constater que les différentiels ne sont pas importants, l'apport de la pondération par la taille ne semble pas aussi net que nous l'espérions.

Pour la vitesse, l'amplitude et l'indice de sautillement de l'oreille, les valeurs pondérées sont légèrement plus corrélées que les mesures non pondérées, elles permettent de mieux rendre compte des variations angulaires. Mais pour l'oscillation verticale au niveau de la hanche ce n'est pas le cas.

Pour les indices d'oscillation, les indices de corrélation sont très faibles, ce qui montre le peu de corrélation entre ces indices et les variations angulaires, il est alors difficile de tirer des conclusions à partir de données si peu corrélées.

Pour les mesures des poulaines, les différentiels sont en faveur des variables pondérées pour les abscisses des posés et quittés, la longueur arrière et la hauteur de bosse, mais pas pour la variable longueur de PG/QG, la longueur avant, la hauteur de corne. Les indices pour la partie arrière de la poulaine (M2, M3, M7 et M 10) sont nettement supérieurs à ceux de la partie avant (M1, M6 et M8). Il semble que les valeurs de la partie arrière de la poulaine soient plus sensibles aux indicateurs angulaires. Cette partie représente la phase de renvoi de l'appui et la majeure partie de la phase de retour de la jambe libre. C'est dans cette phase qu'il existe les plus grandes transformations corporelles en particulier au niveau du genou, il n'est donc pas étonnant que les valeurs soient plus corrélées avec les indicateurs angulaires que la partie avant. La pondération semble plus efficace pour les mouvements de grande ampleur, les différences fines sont moins bien prises en compte.

II.2.3. Conclusion

L'analyse en composante principale devait nous permettre de reconnaître l'homogénéité dans notre population et la possibilité de discerner une continuité dans l'évolution de la course de vitesse entre 2 et 11 ans. Les résultats montrent que cette homogénéité n'est pas manifeste qu'il nous faut donc chercher les discontinuités, et par voie de conséquence, les différents niveaux d'habileté en course de vitesse chez l'enfant entre 2 et 11 ans. Nous sommes en droit d'établir un tri pour déterminer les différentes classes dans notre population.

II.3. Les différentes classes dans notre population :

La population que nous étudions n'est pas homogène, il existe une organisation en classes sous-jacentes qu'il nous revient d'établir. Ces classes représentent des regroupements d'individus qui possèdent des caractères communs. « Les méthodes de classification ou de typologie ont pour but de regrouper les individus en un nombre restreint de classes homogènes. Il existe des méthodes statistiques de « classification automatique » : les classes sont obtenues au moyen d'algorithmes formalisés et non par des méthodes subjectives ou visuelles faisant appel à l'initiative du praticien. » (Bouroche & Saporta 1998). Nous utiliserons donc une méthode de classification statistique.

II.3.1. Modalités

Il existe deux grandes catégories de classification, les classifications non hiérarchiques et les classifications hiérarchiques. Dans une classification non hiérarchique, le nombre de classes est fixé au départ par le chercheur, dans une classification hiérarchique, le nombre de classes n'est pas déterminé au départ, mais dépend de l'analyse du dendogramme. Pour notre étude, nous ne savons pas combien de niveaux d'habileté différents sont identifiables, il est donc préférable d'utiliser le principe d'une classification hiérarchique. Par contre nous savons que pour que ces niveaux d'habileté soient utilisables par les enseignants, il ne faut pas que leur nombre soit trop important. Leur observation et leur différenciation, donc leur identification seraient trop difficiles pour les enseignants. Nous utiliserons les principes d'une classification hiérarchique puis nous procéderons par tâtonnement pour limiter le nombre de classes.

Nous utiliserons une méthode de classification par tri hiérarchique. Cette méthode a déjà été décrite dans le chapitre 4, le principe d'une classification hiérarchique est de construire une suite de partitions en n classes, n-1, n-2....emboîtées les unes dans les autres.

Ensuite, il est recommandé de confirmer les résultats d'une classification par l'examen des plans factoriels (Bouroche & Saporta 1998).

Pour analyser les courses, il nous faut retenir les indicateurs les plus pertinents. Chez les enfants nous savons que la taille a une grande influence sur la performance, mais également sur les mesures des poulaines. Les organisations corporelles en course sont responsables également des performances des différents individus. Si nous voulons comparer des individus de taille différente entre eux pour déterminer les niveaux, nous devons prendre les indicateurs qui représentent la forme d'organisation corporelle sans être influencé par la taille. C'est pourquoi pour l'étude de notre population en vue d'effectuer notre classification, nous retiendrons les mesures des poulaines d'oreille pondérées et les indicateurs angulaires, ces valeurs étant plus intéressantes pour la comparaison des individus car elles atténuent l'influence de la taille. Les variables anthropomorphiques et les variables de performance serviront à la comparaison des classes. Les classes seront ensuite comparées entre elles grâce à leur poulaine moyenne obtenue par la moyenne des valeurs des différentes poulaines composant la classe.

II.3.2. Traitement des données

Le traitement des données se fera en deux étapes, tout d'abord la détermination des classes, puis le choix du nombre de classes à retenir.

Pour identifier les différents niveaux d'habileté, nous proposons d'effectuer, sur notre population de 276 individus entre 2 et 11 ans, un tri hiérarchique sur les variables non corrélées et correctement distribuées. Les valeurs étant différentes d'une variable à l'autre, certaines étant positives, d'autres négatives, nous proposons de les standardiser entre –1 et +1. Nous choisissons la méthode de la distance entre classes qui favorise le regroupement en classes bien réparties autour de leur barycentre et pour la distance entre les individus, la distance euclidienne.

Le choix du nombre de classes est lié quant à lui à deux impératifs, l'un humain, la capacité à discerner des niveaux dans un groupe d'enfants, l'autre statistique :

- Notre recherche vise l'aide à la détermination de niveaux d'habileté par les enseignants. Nous pouvons penser que les niveaux d'habileté se chevaucheront sur une classe d'âge. Si les niveaux sont trop nombreux, il sera très difficile de les distinguer en situation. Nous savons qu'un enseignant, dans sa classe, peut distinguer entre 4 et 6 niveaux différents, ce qui constitue la limite pour la sélection du nombre de classes dans le tri hiérarchique.

- Le facteur d'ordre statistique est lié aux vérifications à mener sur les classes identifiées. Nous devons examiner les plans factoriels de chaque classe par des ACP, ce qui exige un nombre d'individus supérieur au nombre de variables.

II.3.3. Résultats

II.3.3.1. Détermination des classes

L'examen du tableau des corrélations croisées sur les variables définies nous indique les corrélations supérieures ou égales à 0.80. Cela nous conduit à retirer de notre tableau de données les variables : m12, m13, m20, i47, i49, i58, i66, i71, i73. L'analyse des « t de student » montre que 5 variables présentent des valeurs non compatibles avec une analyse de données. Cela nous invite à ne pas tenir compte des variables m14, i45, i68, i69, i72. Nous retirons donc les variables suivantes pour la suite de l'examen statistique.

Tableau 48 : Nomenclature des mesures et des indicateurs supprimés pour la classification.

Numéro	Nomenclature des variables
M 12	Poulaine pondérée abscisse de QG
M 13	Poulaine pondérée abscisse de PD
M 14	Poulaine pondérée abscisse de QD
M 20	Poulaine pondérée hauteur de bosse
i 45	Angle bras verticale en flexion

Numéro	Nomenclature des variables
i 47	Angle tronc/verticale minimum
i 49	Angle tronc/verticale moyen
i 58	Amplitude des mouvements de la cheville
i 66	Amplitude des mouvements du genou
i 68	Angle de la hanche au QG
i 69	Angle de la hanche au PD
i 71	Flexion maximale de la hanche dans la phase d'appui
i 72	Extension maximale de la hanche
i 73	Flexion maximale de la hanche pendant le retour de la jambe libre

Il reste donc 30 variables pour effectuer notre tri hiérarchique, dont 25 indicateurs d'organisation corporelle et 5 mesures de poulaine pondérée. Nous supprimons des variables pour des raisons statistiques, il est bien évident que, pour l'analyse des résultats, nous réintégrerons ces variables. En effet les variables corrélées montrent le sens des transformations, les variables mal distribuées indiquent les indicateurs et les mesures pour lesquels dans une classe les individus diffèrent.

L'arbre de classification issu du tri hiérarchique nous permet de déterminer le nombre de classes à retenir. Son examen (annexe 13) montre à l'évidence l'existence de plusieurs plans de coupe qui identifient des classes relativement homogènes.

II.3.3.2. Choix du nombre de classes

Nous l'avons vu, le choix du plan de coupe est dicté par le fait que les groupements doivent identifier des classes d'individus, bien distinctes de par leur performance et leur organisation corporelle, et que ces classes doivent également permettre une étude statistique.

II.3.3.2.1. Critère statistique

Nous pouvons retenir les partitions qui présentent des classes supérieures à 25 individus. Le tableau ci-dessous présente les résultats de différents plans de coupe.

Tableau 49 : Nombre d'individus par classe en fonction du plan de coupe

Nombre d'individus	4 classes	5 classes	6 classes	7 classes	8 classes
Classe 1	39	39	39	39	26
Classe 2	69	69	69	41	41
Classe 3	107	28	28	28	28
Classe 4	61	61	61	61	61
Classe 5		79	31	28	13
Classe 6			48	31	28
Classe 7				48	31
Classe 8					48

Parmi les 5 plans de coupe, seul le plan en 8 classes conduit à proposer une classe avec un nombre d'individus relativement faible. La classe 5, dans cette partition, aurait 13 individus et ce nombre devient insuffisant pour un traitement statistique. Dans une recherche

ultérieure, il serait intéressant de travailler sur un plus grand nombre d'individus, si nous voulons affiner les distinctions entre les différentes organisations corporelles en course.

Ce fait nous conduit dans notre recherche à ne pas aller au-delà de 7 classes pour déterminer les niveaux d'habileté.

II.3.3.2.2. Critères d'ordre perceptif

Pour faciliter l'observation des enseignants, l'examen se fera en deux temps, tout d'abord par la répartition des individus par âge, cette répartition doit nous inciter à choisir un tri qui donne un nombre limité de classes, puis par les formes d'organisation corporelle, les classes constituées doivent être bien différenciées,

Composition de la population des différentes classes en fonction de la partition choisie.

Les classes obtenues par tri sont composées d'individus d'âges différents et représentent des habiletés différentes. La composition doit nous permettre de déterminer si nous pouvons retenir cette division. Eviter un nombre trop grand d'habiletés à distinguer par un enseignant dans sa classe (supérieur à 6) doit nous conduire à diminuer le nombre des partitions. C'est en particulier la composition dans une division en 7 qui doit retenir notre attention. Le tableau ci-dessous indique la répartition des enfants par âge, dans les différentes classes quand on coupe le dendogramme avec une partition en 7 classes.

Tableau 50 : Nombre d'enfants par âge dans une division en 7 classes

		classe 1	classe 2	classe 3	classe 4	classe 5	classe 6	classe 7	Total
Toute petite section	2 ans	18	4	2	1	1			26
Petite section	3 ans	10	13	3	4	1	1	2	34
moyenne section	4 ans	4	6	2	3	8	3	4	30
Grande section	5 ans	2	4	5	4	3	4	8	30
Cours préparatoire	6 ans	1	4	4	6	3	2	13	33
Cours élémentaire 1	7 ans		2	5	10	3	3	5	28
cours élémentaire 2	8 ans	3	1	2	8	1	5	14	34
Cours moyen 1	9 ans	1	1	2	13	4	9	2	32
cours moyen 2	10 ans		6	3	12	4	4		29
	total	39	41	28	61	28	31	48	276

En toute petite section et cours moyen 2, si on effectue un découpage en 7 classes de notre population, il existe 5 niveaux différents à discerner pour un enseignant. Pour les enseignants des cours élémentaires 1, il existe 6 niveaux d'habileté différents dans leur classe, pour tous les autres niveaux d'enseignement, il existe 7 niveaux à identifier. Ce nombre apparaît peu opérationnel, en conséquence nous limiterons notre tri à 6 classes.

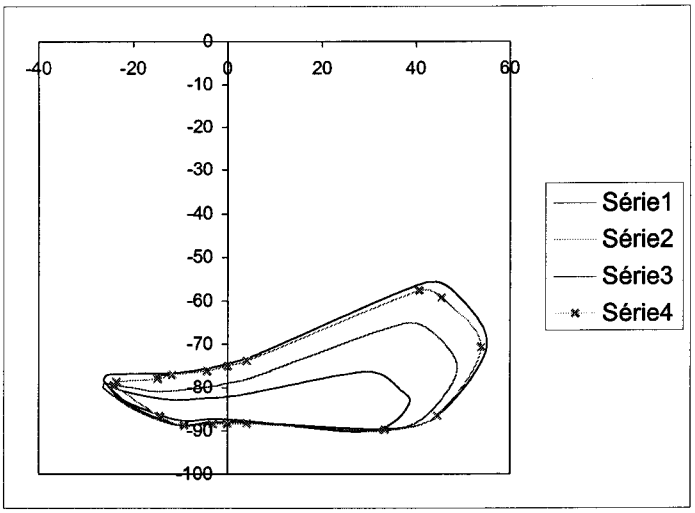
Distinction entre les classes

Pour choisir la partition la plus pertinente nous proposons d'étudier la poulaine moyenne de chaque classe. Les graphiques ci-dessous présentent les poulaines moyennes des classes en fonction du choix de la partition.

Partition en quatre classes

Le graphique ci-dessous représente les poulaines moyennes des classes obtenues par un plan de coupe du dendogramme en quatre classes.

Figure 34 : Poulaines moyennes en course à vitesse maximale de la partition en 4 classes

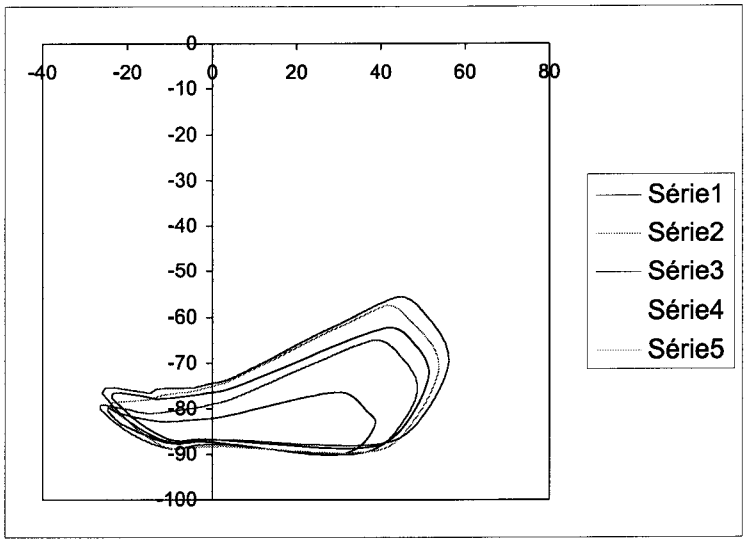


Les formes d'organisation corporelles sont bien distinctes dans une partition en quatre classes. Cette partition permet d'identifier quatre groupements d'individus qui présentent des performances différentes. Par contre la classe 3 qui regroupe 107 individus est très importante en nombre et mérite certainement un affinement. Il est malgré tout possible de retenir cette partition qui identifie des habiletés différentes en course à vitesse maximale chez les enfants, avec une limite, la trop grande globalisation de la classe 3.

Partition en cinq classes

Le graphique ci-dessous représente les poulaines moyennes des classes obtenues par un plan de coupe du dendogramme en cinq classes.

Figure 35 :Poulaines moyennes course en vitesse maximale de la partition en 5 classes

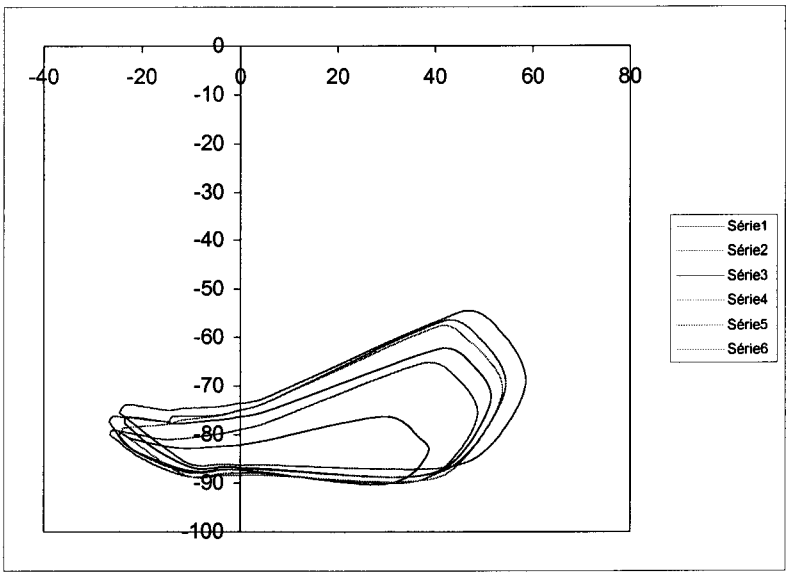


Les formes d'organisation corporelles représentées par les poulaines sont bien distinctes dans une partition en cinq classes. Cette partition définit cinq organisations corporelles différentes et bien distinctes qui correspondent à des niveaux de performance différents. Le nombre d'individus par classe n'est ni trop important ni trop faible, cette partition permet d'identifier cinq niveaux d'habiletés différents. Il nous est donc possible de retenir cette partition en cinq classes.

Partition en six classes

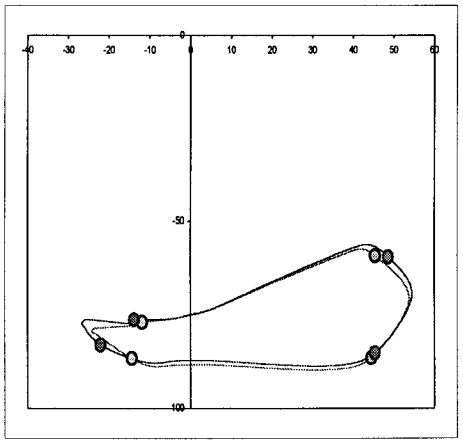
Le graphique ci-dessous représente les poulaines moyennes des classes obtenues par un plan de coupe du dendogramme en six classes.

Figure 36 : Poulaines moyennes en course à vitesse maximale de la partition en six classes



Les représentations de la forme d'organisation corporelle moyennes sont bien distinctes pour les séries 1, 2, 3, 5. Par contre les séries 4 et 6 sont très proches. Le graphique ci-dessous isole les deux classes proches en performance et en poulaine

Figure 37 : Poulaines moyennes en course à vitesse maximale des classes 4 et 6 de la partition en 6 classes



Ces deux classes correspondent à des regroupements d'individus dont l'organisation corporelle reste très proche, mais également dont les vitesses moyennes pondérées sont proches. Par contre l'examen des posés et quittés représentés par les ronds entourés sur le graphique montre des différences sensibles.

La partition en six classes reste judicieuse.

II.3.3.2.3. Conclusion

L'examen de l'arbre hiérarchique issu d'une classification de la population étudiée par les variables de formes d'organisation corporelle et les variables de poulaines pondérées nous montre que différentes partitions sont possibles. L'examen des performances moyennes, du nombre d'individus et des poulaines des différentes classes dans les différentes partitions autorise un tri de nos individus en quatre, cinq ou six classes. Ces classes formalisent des organisations corporelles distinctes, c'est-à-dire des niveaux d'habiletés différents que les enseignants doivent pouvoir identifier dans leur observation de classe. Nous avons le choix entre quatre possibilités : trois, quatre, cinq ou six classes. En conclusion il apparaît que la partition en six classes est utilisable pour la construction du deuxième artefact, l'outil pour apprendre à observer sa classe en course de vitesse. Un enseignant aura dans sa classe plusieurs niveaux à observer.

Tableau 51 : Nombre de niveaux d'habileté à observer par niveau de classe

Classe	Age	Nombre de niveaux
Toute petite section	2 ans	5
Petite section	3 ans	6
moyenne section	4 ans	6
Grande section	5 ans	6
Cours préparatoire	6 ans	6
Cours élémentaire 1	7 ans	5
cours élémentaire 2	8 ans	6
Cours moyen 1	9 ans	6
cours moyen 2	10 ans	5

Il apparaît que les enseignants auront au maximum 6 niveaux d'habileté à observer, ce nombre semble raisonnable.

La méthode suivie permet une analyse de population et la détermination de niveaux d'habileté qui semblent différents, mais la démarche de classification requiert une confirmation des classes par une analyse factorielle. Il conviendra ensuite de caractériser ces différentes classes.

II.3.3.3. Confirmation des six classes par ACP.

L'étude des plans factoriels des différentes classes est une opération qui permet, d'une part de valider le tri hiérarchique obtenu, d'autre part de comprendre les facteurs qui regroupent les individus dans une même classe.

L'indice de dispersion d'une variable se calcule en faisant le rapport de l'écart type par la moyenne de la variable. Plus sa valeur est élevée, plus les valeurs de cette variable sont dispersées, les individus sont donc éloignés dans leur organisation corporelle; plus sa valeur est faible, plus les valeurs de cette variable sont rassemblées, les individus sont alors proches dans leur organisation corporelle.

Nous proposons de vérifier par ACP la validité de nos six classes, puis de décrire, pour chaque classe, les facteurs qui ont permis de regrouper les individus, mais également les facteurs pour lesquels les individus de la classe sont dissemblables grâce aux indices de dispersion des variables.

II.3.3.3.1. Classe 1

Analyse en composante principale

La vérification des corrélations croisées entre les variables indique que les variables 47-48 (cor = 0.88), 47-49 (cor = 0.87), 48-49 (cor = 0.92), 56-58 (cor = -0.83) sont fortement corrélées, ce qui nous amène à éliminer les variables 47, 48, 56. Les variables qui présentent un « t de student inférieur à 1.96 » sont également retirées i45 (t = -0.71), i 68 (t = 1.163), i 69 (t = -0.108) et i 72 (t = 0.28).

Tableau 52 : Nomenclature des variables de la classe 1 supprimées, car corrélées ou mal distribuées.

Variable	Nomenclature des variables
i 45	Angle bras verticale en flexion
i 47	Angle tronc/verticale minimum
i 48	Angle tronc/verticale maximum
i 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre
i 68	Angle de la hanche au QG
i 69	Angle de la hanche au PD
i 72	Extension maximale de la hanche

Une première analyse en composante principale présente des résultats valides, test de Bartlett de 572 avec une signification de 0.0001, un indice KMO de 0.471 nous permet une analyse des tableaux des anti-images. Cela nous conduit à retirer les variables i41, i44, i50, i51, i52, i53, i55, i56, i59, i61, i62, i64, i65.

Tableau 53 : Nomenclature des variables de la classe 1 supprimées dont la corrélation anti-image est inférieure à 0.5.

Variable	Nomenclature des variables
i 41	Angle hanche/talon- verticale au posé
i 44	Angle bras verticale en extension
i 50	Amplitude des mouvements du tronc
i 51	Angle de la cheville au PG
i 52	Angle de la cheville au QG
i 53	Angle de la cheville au PD
i 55	Angle de la cheville en flexion maximale pendant l'appui
i 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre
i 59	Angle du genou au PG
i 61	Angle du genou PD
i 62	Angle du genou QD
i 64	extension maximum du genou
i 65	Flexion maximale du genou dans la phase de retour de la jambe libre

L'ACP avec une rotation quartimax sur les variables restantes répond aux critères de validité : test de Bartlett 142, signification 0.0001, KMO 0.624. Le tableau ci-dessous présente les résultats du test de Kaiser pour lequel on ne retient que les dimensions avec une valeur propre au moins égale à 1.

Tableau 54 :Résultats du test de Kaiser et du pourcentage de variance sur les variables angulaires pour la classe 1.

Composante	Valeur propre initiale	% de la variance	% cumulé
1	3,54	35,42	35,42
2	1,85	18,51	53,93
3	1,29	12,93	66,85
4	0,87	8,65	75,51
5	0,65	6,46	81,96
6	0,55	5,55	87,51
7	0,50	5,02	92,53
8	0,41	4,06	96,59
9	0,21	2,10	98,69
10	0,13	1,31	100,00

Le test de Kaiser permet de distinguer trois composantes qui présentent une valeur propre initiale supérieure à 1. Ces trois composantes représentent 66% de la variance de la population.

Pour l'étude des variables qui constituent les composantes, nous choisissons d'afficher les projections en classant les variables par taille et en supprimant les valeurs absolues inférieures à 0.60, pour mettre en exergue les variables qui interviennent le plus dans la constitution de la composante. Le tableau ci-dessous présente les composantes et leur composition.

Tableau 55 : Composantes de la classe 1 extraites par ACP avec rotation quartimax.

Variable	Composante		
	1	2	3
I73	0,85		
I67	0,79		
I71	0,76		
I74	0,73		
I70	0,65		
I54		0,80	
I42		0,78	
I46		0,68	
I63		0,61	
I60			0,83

La première composante qui permet de comprendre la structure de la population regroupe des variables relatives aux angles de la hanche, au posé (i 67), en flexion maximale pendant l'appui (i 71), pendant le retour de la jambe libre, la flexion maximale (i 73), l'angle au quitté droit, c'est-à-dire au quitté controlatéral et dans l'amplitude des mouvements de la hanche (i 74).

La deuxième composante regroupe des variables de différentes articulations. La population est regroupée autour de l'angle de la cheville au quitté droit, du secteur angulaire balayé par la hanche dans la phase de renvoi (i42), de l'amplitude des mouvements du bras et la flexion du genou pendant l'appui.

La dernière composante est caractérisée par l'angle du genou au quitté (i60).

Dans la description de l'habileté nous porterons une attention particulière à ces variables qui expliquent la population de la classe 1.

Indices de dispersion des variables

Le tableau ci-dessous présente les valeurs des indices de dispersion pour les variables angulaires. Nous avons surligné en jaune les valeurs les plus fortes des indices de dispersion, supérieures à 0.5.

Tableau 56 : Indices de dispersion des variables angulaires de la classe 1.

i41	i42	i43	i44	i45	i46	i47	i48	i49	i50	i51	i52	i53	i54
0,32	0,19	0,16	0,36	-1,41	0,36	0,86	0,35	0,52	0,28	0,07	0,09	0,09	0,07

i55	i56	i57	i58	i59	i60	i61	i62	i63	i64	i65	i66	i67	i68
0,04	0,09	0,06	0,18	0,22	0,33	0,16	0,28	0,15	0,27	0,06	0,10	0,22	9,22

i69	i70	i71	i72	i73	i74
0,85	0,17	0,18	-3,60	0,11	0,14

Les indices de dispersion de six variables sont importants la flexion maximale du bras (i45), le redressement du tronc, l'angle moyen du tronc (i47, i49), l'angle de la hanche au quitté gauche, au posé controlatéral et l'extension maximale de la hanche (i68, i69, i72).

Discussion

Il apparaît donc que, dans la classe 1, les individus sont proches pour les mouvements de flexion de la hanche mais relativement éloignés pour les mouvements d'extension. Au niveau des mouvements de la hanche, c'est au moment du quitté que les individus sont les plus différents dans cette classe. Pourtant, ils se ressemblent pour l'angle verticale/pointe/hanche grâce à la similitude des angles de la cheville et du genou. S'ils sont dissemblables pour l'angle de la hanche à cet instant, c'est en partie par des redressements du tronc (angle tronc verticale minimum) qui présentent des disparités chez les individus de cette classe. Les enfants de cette classe montrent un angle de renvoi similaire, mais au niveau de l'angle de la hanche et du tronc certains ont le tronc en extension (–22°) alors que d'autres sont en flexion (10°). Cette disparité peut provenir du fait que l'angle hanche est calculé à partir des segments épaule/hanche et hanche/genou. Les mouvements au niveau de l'épaule elle-même sont importants et peuvent fausser les résultats.

Les individus sont disparates pour les mouvements des bras en flexion, mais ils restent proches pour l'amplitude des mouvements du bras, celle-ci restant faible.

Les individus de la classe 1 présentent de grandes similitudes au niveau angulaire avec quelques différences dont il faudra tenir compte dans la description de l'habileté identifiée.

II.3.3.3.2. Classe 2

Analyse en composante principale

L'analyse des corrélations croisées entre variables fait apparaître que certaines variables sont fortement corrélées : i47 et i48 (cor = 0.85), i48 et i49 (0.85), 56 et 58 (cor = -0.85). Nous retirons les variables 47, 48 et 56 de l'ensemble des variables à étudier en ACP. Certaines variables présentent un t de student inférieur à 1.96 : i45 (t = -0.9), i 47 (t = 1.3), i 68 (t = 60.3), i69 (t = 1.41), i72 (t = -0.6). Nous les retirons également.

Tableau 57 : Nomenclature des variables de la classe 2 supprimées, car corrélées ou mal distribuées.

Variable	Nomenclature des variables
i 45	Angle bras verticale en flexion
i 47	Angle tronc/verticale minimum
i 48	Angle tronc/verticale maximum
i 49	Angle tronc/verticale moyen
i 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre
i 68	Angle de la hanche au QG
i 69	Angle de la hanche au PD
i 72	Extension maximale de la hanche

Une première ACP exploratoire répondant aux critères de validité, test de Bartlett 727 avec une signification 0.0001, un KMO de 0.526 nous permet une analyse des tableaux des corrélation anti-images. Certaines variables présentent des corrélations inférieures à 0.5 : i 41 (0.48), i42 (0.49), i50 (0.41), i51 (0.49), i55 (0.39), i61 (0.42), i62 (0.40), i64 (0.44), i73 (0.43). Nous décidons de les retirer pour extraire les facteurs les plus pertinents par une ACP de confirmation.

Tableau 58 : Nomenclature des variables de la classe 2 supprimées dont les corrélations anti-images sont inférieures à O,5.

Variable	Nomenclature des variables
i 41	Angle hanche/talon- verticale au posé
i 42	Angle hanche/pointe- verticale au quitté
i 50	Amplitude des mouvements du tronc
i 51	Angle de la cheville au PG
i 55	Angle de la cheville en flexion maximale pendant l'appui
i 61	Angle du genou PD
i 62	Angle du genou QD
i 64	extension maximum du genou
i 73	Flexion maximale de la hanche pendant le retour de la jambe libre

L'ACP de confirmation effectuée avec une rotation quartimax répond aux critères de validité : test de Bartlett 493, signification 0.0001, KMO 0.569. Le tableau ci-dessous présente les résultats du test de Kaiser pour lequel on retient les dimensions supérieures à 1.

Tableau 59 :Résultats du test de Kaiser et du pourcentage de variance sur les variables angulaires pour la classe 2.

Composante	Valeur propre initiale	% de la variance	% cumulé
1	3,23	19,01	19,01
2	3,13	18,39	37,40
3	2,22	13,05	50,45
4	1,44	8,47	58,93
5	1,22	7,20	66,13
6	1,08	6,33	72,45
7	0,86	5,05	77,51
8	0,73	4,28	81,79
9	0,69	4,05	85,84
10	0,51	2,98	88,82
11	0,46	2,73	91,55
12	0,38	2,25	93,80
13	0,35	2,06	95,85
14	0,30	1,76	97,62
15	0,21	1,23	98,84
16	0,12	0,72	99,57
17	0,07	0,43	100,00

Le test de Kaiser indique que six composantes ont une valeur propre supérieure à 1 et sont valides. Ces six composantes représentent 72 % de la variance.

Comme pour la classe 1, nous choisissons d'afficher les projections en classant les variables par taille et en supprimant les valeurs inférieures à 0.60 pour mettre en exergue les variables qui interviennent le plus dans la constitution de la composante. Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'analyse en composante principale.

Tableau 60 : Composantes de la classe 2 extraites par ACP avec rotation quartimax.

	Composantes					
Variables	1	2	3	4	5	6
I65	0,91					
I66	0,89					
I59	-0,62					
I71		0,88				
I67		0,83				
I58			-0,89			
I52			0,66			
I60			0,65			
I44				0,87		
I46				0,83		
I54					0,79	
I57					0,78	
I43						0,76

La première composante est constituée de variables relatives aux mouvements du genou. Elle regroupe l'angle du genou en flexion maximale pendant le retour de la jambe libre (i65), l'amplitude des mouvements du genou (i66) et l'angle du genou au posé. Avec la variable de l'angle du genou au quitté (i60) qui appartient à la troisième composante. Les individus sont donc proches par les mouvements au niveau du genou dans l'appui mais aussi

dans le retour de la jambe libre. Les individus sont donc rassemblés autour des valeurs de l'angle du genou pendant toute la période du cycle.

La deuxième composante est composée de deux variables de hanche, la valeur de l'angle de la hanche au moment du posé (i67) et la valeur de l'angle de la hanche en flexion maximale pendant l'appui. Les individus de la classe 2 sont proches dans leur organisation corporelle au niveau de la hanche dans la phase de mise en tension.

La troisième composante et la cinquième composante regroupent des variables relatives à l'angle de la cheville : au quitté gauche (i52), au quitté controlatéral (i54), en flexion maximale pendant le retour de la jambe libre (i57), l'amplitude des mouvements (i58). Les individus de la classe 2 se ressemblent donc par l'angle de la cheville aux différents moments du cycle de la foulée mais en particulier par les mouvements au moment du renvoi dans la phase d'appui et les mouvements pendant le retour de la jambe libre.

Les individus de cette classe sont également proches par les mouvements des bras en extension (i44), l'amplitude du mouvements des bras (i46) et par le secteur angulaire balayé par la hanche pendant l'appui (i43).

Indice de dispersion des variables

Le tableau ci-dessous présente les valeurs des indices de dispersion des variables pour les individus de la classe 2. Nous avons surligné en jaune les valeurs les plus fortes.

Tableau 61 : Indices de dispersion des variables angulaires de la classe 2.

i 41	i 42	i 43	i 44	i 45	i 46	i 47	i 48	i 49	i 50	i 51	i 52	i 53	i 54
0,31	0,17	0,14	0,31	-1,11	0,31	0,77	0,29	0,39	0,28	0,09	0,10	0,11	0,07

i 55	i 56	i 57	i 58	i 59	i 60	i 61	i 62	i 63	i 64	i 65	i 66	i 67	i 68
0,04	0,12	0,06	0,16	0,21	0,32	0,13	0,21	0,15	0,29	0,08	0,12	0,20	-3,77

i 69	i 70	i 71	i 72	i 73	i 74
0,71	0,13	0,15	-1,76	0,11	0,12

Les indices de dispersion de cinq variables sont importants, signe que pour ces données les individus de cette classe diffèrent. Ce sont les mêmes variables que pour la classe 1, c'est-à-dire l'angle du bras en flexion (i45), la position du tronc minimum par rapport à la verticale (i47), l'angle de la hanche dans la première partie de la phase de retour de la jambe libre, à savoir au quitté gauche (i68), au moment du posé controlatéral (i69) et en extension maximale (i72).

Discussion

Les individus de la classe 2 présentent des similitudes pour leur organisation corporelle en course à vitesse maximale. Cette similitude se retrouve au niveau des mouvements du genou pendant tout le cycle, de la hanche pendant la phase de mise en tension, de la cheville dans la phase de renvoi et de retour de la jambe libre, par les

mouvements des bras en extension et par le secteur angulaire balayé par la hanche qui rend compte de l'angle de la chaîne motrice au posé et au moment du quitté.

Par contre les disparités de l'angle de la hanche et de l'angle minimum du tronc par rapport à la verticale nous renseignent sur des organisations corporelles qui restent différentes en fin d'appui avec des chaînes corporelles plus ou moins dans l'axe de renvoi. Une limite pour la prise en compte de ces angles est leur faible valeur (i68 = -2°, i68 = -11°, i72 = -4°), les risques d'erreurs liées aux mesures nous obligent à être prudent dans l'interprétation des différences et dans la détermination des observables pour les enseignants.

Cette classe est globalement homogène, les observations des enfants doivent se centrer plus sur les mouvements du genou, de la cheville des bras en extension, de la forme générale de l'angle d'impulsion, et pas sur les mouvements de flexion des bras.

II.3.3.3.3. Classe 3

Analyse en composante principale

L'analyse des corrélations croisées nous indiquent que certaines variables sont fortement corrélées : i42-i43 (cor = 0.81), i45-i46 (cor = -0.81), i47-i48 (cor = 0.91), i47-i49 (cor = 0.96), i47-i70 (cor = 0.80), i47-i73 (cor = 0.83), i48-i49 (0.97), i52-i56 (cor = 0.82), i56-i58 (cor = -O.87), i65-i66 (cor = 0.80, i67-i71 (cor = 0.80) et i70-i73 (cor = 0.86). Cceci nous conduit à retirer les variables i42, i45, i47, i48, i52, i56, i65 et i70.

L'analyse des « t de student » sur les variables restantes nous indique que les variables i68 (t =-0.36) et i72 (t = -0.47) sont à retirer des variables pour l'analyse en composante principale.

Tableau 62 : Nomenclature des variables de la classe 3 supprimées, car corrélées ou mal distribuées.

Variable	Nomenclature des variables
i 42	Angle hanche/pointe- verticale au quitté
i 45	Angle bras verticale en flexion
i 47	Angle tronc/verticale minimum
i 48	Angle tronc/verticale maximum
i 52	Angle de la cheville au QG
i 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre
i 65	Flexion maximale du genou dans la phase de retour de la jambe libre
i 68	Angle de la hanche au QG
i 70	Angle de la hanche au QD
i 72	Extension maximale de la hanche

Une analyse en composante principale exploratoire est valide, elle répond aux critères de validité : test de sphéricité de Bartlett =442, signification = 0.0001, mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin = 0.253. Cela nous permet une analyse des tableaux des anti-images. L'examen des corrélations des anti-images nous montre qu'aucune variable ne présente de valeur supérieure à 0.50. Cette classe apparaît comme étant faiblement structurée. Nous décidons d'abaisser le seuil de corrélation des anti-images et de retenir les

variables dont la corrélation anti-image est supérieure à 0.30. Les variables i50, i53, i54, i55, i58, i59, i61, i62, i64, i66, i69, i73, i74 ont des valeurs inférieures à 0.3 et sont donc retirées.

Tableau 63 : Nomenclature des variables de la classe 3 dont la corrélation anti-image est inférieure à 0,3.

Variable	Nomenclature des variables
i 50	Amplitude des mouvements du tronc
i 53	Angle de la cheville au PD
i 54	Angle de la cheville au QD
i 55	Angle de la cheville en flexion maximale pendant l'appui
i 58	Amplitude des mouvements de la cheville
i 59	Angle du genou au PG
i 61	Angle du genou PD
i 62	Angle du genou QD
i 64	extension maximum du genou
i 66	Amplitude des mouvements du genou
i 69	Angle de la hanche au PD
i 73	Flexion maximale de la hanche pendant le retour de la jambe libre
i 74	Amplitude des mouvements de la hanche par la hanche

L'analyse en composante principale confirmative avec rotation quartimax répond aux critères de validité : test de sphéricité de Bartlett = 113, signification 0.0001, mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin = 0.468. Le tableau ci-dessous présente les résultats du test de Kaiser pour lequel on ne retient que les dimensions qui présentent une valeur supérieure à 1.

Tableau 64 : Résultat du test de Kaiser et du pourcentage de variance sur les variables angulaires pour la classe 3.

Composante	Valeurs propres initiales	% de la variance	% cumulés
1	3,13	31,28	31,28
2	2,01	20,08	51,36
3	1,52	15,23	66,58
4	1,11	11,05	77,64
5	0,82	8,17	85,81
6	0,50	4,97	90,78
7	0,39	3,90	94,68
8	0,24	2,44	97,13
9	0,20	2,05	99,17
10	0,08	0,83	100,00

Le test de Kaiser permet de distinguer quatre composantes qui présentent une valeur propre initiale supérieure à 1. Ces quatre composantes représentent 77% de la variance de la population.

Pour l'étude des variables qui constituent ces composantes, nous avons choisi d'afficher les projections en classant les variables par taille et par valeurs supérieures à 0.60.

Tableau 65 :Composantes de la classe 3 extraites par ACP avec rotation quartimax.

Variable	Composante			
	1	2	3	4
I43	0,90			
I41	0,87			
I71	0,72			
I60				
I46		0,91		
I44		0,80		
I49			0,83	
I57			0,79	
I51				
I63				0,79

La première composante regroupe deux variables relatives au secteur angulaire décrit par la hanche lors de l'appui, l'angle hanche/talon/verticale au moment du posé (i41) et l'ensemble du secteur angulaire balayé par la hanche (i43) et une variable précisant l'angle cuisse/tronc en flexion maximale pendant la phase d'appui (i71). C'est bien l'appui dans son ensemble qui rapproche les individus de cette classe.

La deuxième composante regroupe deux variables de bras, l'angle maximum du bras/verticale en extension (i44) et l'amplitude des mouvements du bras (i46). Les enfants de cette classe se ressemblent donc par leurs mouvements de bras, en particulier les mouvements en extension.

Dans la troisième et la quatrième composante, nous avons des ressemblances par les angles de la cheville au moment du posé (i51) et en flexion maximale pendant le retour de la jambe libre (i57), mais également par l'angle tronc/verticale moyen (i49) et la flexion du genou pendant l'appui (i63). Les ressemblances fortes semblent disparates dans cette classe.

Indice de dispersion des variables

L'analyse des indices de dispersion nous renseigne sur les variables pour lesquelles les individus ne se ressemblent pas lorsque la valeur de l'indice est élevée, mais également les variables pour lesquelles les individus se ressemblent lorsque la valeur de l'indice est faible. Le tableau ci-dessous présente les valeurs des indices de dispersion pour les variables angulaires de la classe 3.

Tableau 66 : Indices de dispersion des variables angulaires de la classe 3.

i41	i42	i43	i44	i45	i46	i47	i48	i49	i50	i51	i52	i53	i54
0,27	0,13	0,14	0,19	-0,93	0,26	0,52	0,26	0,33	0,23	0,10	0,08	0,08	0,03

i55	i56	i57	i58	i59	i60	i61	i62	i63	i64	i65	i66	i67	i68
0,03	0,07	0,04	0,15	0,17	0,24	0,15	0,19	0,13	0,29	0,07	0,10	0,17	-2,74

i69	i70	i71	i72	i73	i74
0,51	0,14	0,16	-2,14	0,12	0,14

Les indices de cinq variables présentent des valeurs importantes, l'angle bras verticale en flexion maximale (i45), l'angle tronc/verticale minimum (i47) et les angles cuisse tronc au moment du quitté (i68) du début de la phase de retour de la jambe libre (i69) et en extension maximale (i72).

Les individus sont différents dans les mouvements de bras en flexion, le redressement du tronc en général dans la phase de retour de la jambe libre, et dans l'angle de la hanche en fin d'appui et dans le début de la phase de retour de la jambe libre.

Les indices des autres variables ont des valeurs relativement faibles, ce qui indique que pour toutes les autres variables les individus de cette classe sont relativement proches les uns des autres.

Discussion

Les ressemblances entre individus de cette classe sont difficiles à marquer nettement. Cela s'est traduit par la difficulté à extraire des variables par ACP, les variables extraites semblent alors disparates. Les individus sont différents entre eux par les variables de flexion du bras et dans la période de fin d'appui au niveau du tronc et de la hanche. Ils se ressemblent globalement par toutes les autres variables angulaires, en particulier dans la phase d'appui et pour les mouvements du bras en extension.

II.3.3.3.4. Classe 4

Analyse en composante principale

La vérification des tableaux de corrélations croisées indique que les variables i47-i48 (cor = 0.85), i47-i49 (cor = 0.93), i48-i49 (cor = 0.95), i56-i58 (cor = - 0.86) et i65-i66 (cor = 0.86) sont fortement corrélées, ce qui nous amène à supprimer les variables i48, i49, i56, et i65. Les variables qui présentent un « t de student » inférieur à 1.96 sont également retirées, i45 (t = -1.3), i 47 (t = 1.79), i68 (t = -0.6), i69 (t = 1.76), et i72 (t = -0.91).

Tableau 67 : Nomenclature des variables de la classe 4 supprimées car corrélées ou mal distribuées.

Numéro	Nomenclature des variables
i 45	Angle bras/ verticale en flexion
i 47	Angle tronc/verticale minimum
i 48	Angle tronc/verticale maximum
i 49	Angle tronc/verticale moyen
i 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre
i 65	Flexion maximale du genou dans la phase de retour de la jambe libre
i 68	Angle de la hanche au QG
i 69	Angle de la hanche au PD
i 72	Extension maximale de la hanche
i 74	Amplitude des mouvements de la hanche par la hanche

Une première analyse en composante principale valide, test de sphéricité de Bartlett 739, signification 0.0001, mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser Meyer Olkin =

0.469 nous permet d'analyser le tableau des anti-images et de retirer les variables dont la valeur est inférieure à 0.50 : i41, i42, i51, i52, i55, i57, i58, i61, i63, i64, i66, i71.

Tableau 68 : Nomenclature des variables de la classe 4 supprimées dont la corrélation anti-image est inférieure à 0,5.

Numéro	Nomenclature des variables
i 41	Angle hanche/talon- verticale au posé
i 42	Angle hanche/pointe- verticale au quitté
i 51	Angle de la cheville au PG
i 52	Angle de la cheville au QG
i 55	Angle de la cheville en flexion maximale pendant l'appui
i 57	Angle de la cheville en flexion maximale pendant le retour de la jambe libre
i 58	Amplitude des mouvements de la cheville
i 61	Angle du genou PD
i 63	Flexion du genou pendant l'appui
i 64	extension maximum du genou
i 66	Amplitude des mouvements du genou
i 71	Flexion maximale de la hanche dans la phase d'appui

L'ACP sur les variables restantes répond aux critères de validité : test de sphéricité de Bartlett 246, signification 0.0001, mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser Meyer Olkin = 0.638. Le tableau ci-dessous présente les résultats du test de Kaiser pour lequel on ne retient que les dimensions avec une valeur propre au moins égale à 1.

Tableau 69 : Résultats du test de Kaiser et du pourcentage de variance sur les variables angulaires pour la classe 1.

Composante	Valeurs propres initiales	% de la variance	% cumulés
1	3,41	28,42	28,42
2	1,86	15,50	43,92
3	1,65	13,75	57,66
4	1,27	10,55	68,21
5	0,88	7,37	75,58
6	0,73	6,12	81,70
7	0,66	5,53	87,23
8	0,46	3,85	91,08
9	0,38	3,13	94,21
10	0,28	2,30	96,51
11	0,25	2,08	98,59
12	0,17	1,41	100,00

Le test de Kaiser permet de discerner quatre composantes qui présentent une valeur propre supérieure à 1. Quatre composantes représentent 68% de la variance de la population.

Comme pour les autres classes, pour l'étude des variables qui constituent les composantes, nous choisissons d'afficher les projections en classant les variables par taille et en supprimant les valeurs absolues inférieures à 0.60, pour mettre en exergue les variables qui interviennent le plus dans la constitution de la composante. Le tableau ci-dessous présente les composantes et leur composition.

Tableau 70 : Composantes de la classe 4 extraites par ACP avec rotation quartimax.

Variable	Composantes			
	1	2	3	4
i74	0,88			
i73	0,86			
i70	0,84			
i62				
i60		0,74		
i53		0,71		
I50				
I54				
I44			0,87	
I46			0,85	
I67				0,84
i59				0,83

La première composante qui explique la structure de la population regroupe des variables de hanche, l'amplitude des mouvements de la hanche pendant le cycle de course (i74), la flexion de la hanche pendant le retour de la jambe libre (i73) et l'angle de la hanche pendant le retour de la jambe libre au moment du quitté controlatéral (i70). La quatrième composante est également pour partie une composante de hanche, l'angle de la hanche au posé (i67). Les individus sont donc proches par l'angle de la hanche aussi bien pendant l'appui que pendant le retour de la jambe libre.

La deuxième composante concerne le genou au moment du quitté gauche (i60) une autre variable du genou rapproche les individus de cette classe l'angle du genou au posé (i59). C'est donc l'angle du genou pendant la phase d'appui qui regroupe les individus. Les individus sont proches également par l'angle de la cheville pendant le retour de la jambe libre au moment du posé controlatéral (i53).

La troisième composante regroupe des variables de bras, l'amplitude des mouvements du bras (i46) et l'angle du bras en extension (i44)

Indice de dispersion des variables

Après l'examen des variables qui rassemblent les individus de la classe 4, nous devons porter une attention particulière aux variables pour lesquelles ils ne sont pas proches, en analysant les indices de dispersion des variables. Le tableau ci-dessous présente les indices de dispersion des variables angulaires, surlignés en jaune les indices supérieurs dont la valeur absolue est supérieure à 0.50.

Tableau 71 : Indice de dispersion des variables angulaires de la classe 4.

i41	i42	i43	i44	i45	i46	i47	i48	i49	i50	i51	i52	i53	i54
0,45	0,17	0,16	0,22	-0,77	0,25	0,56	0,23	0,32	0,23	0,07	0,12	0,10	0,06

i55	i56	i57	i58	i59	i60	i61	i62	i63	i64	i65	i66	i67	i68
0,04	0,12	0,05	0,16	0,19	0,37	0,12	0,18	0,14	0,31	0,07	0,09	0,23	-1,67

i69	i70	i71	i72	i73	i74
0,57	0,11	0,19	-1,10	0,10	0,13

Les indices de dispersion de cinq variables sont importants, indiquant que les individus de la classe 4, pour ces variables, présentent des différences dont il faut tenir compte. Ils sont dissemblables pour l'angle du bras par rapport à la verticale en flexion (i45), la position la plus redressée du tronc pendant le cycle (i47), l'angle de la hanche dans la première partie de la phase de retour de la jambe libre à savoir au quitté et jusqu'au moment du posé controlatéral (i68 et i69), donc dans l'extension maximale de la hanche (i72).

Discussion

Les individus de la classe 4 sont proches les uns des autres par l'angle de la hanche pendant tout le cycle sauf dans la première partie de la phase de retour de la jambe libre. Ils sont proches par les mouvements des bras en extension et en amplitude mais présentent des différences parfois dans les mouvements de flexion. Ils se ressemblent également par l'angle du genou dans la phase d'appui. Les indices de dispersion des variables sont tous relativement faibles ce qui nous amène à penser que les individus de cette classe sont bien regroupés et qu'ils constituent une classe homogène. L'attention particulière portée sur l'angle cuisse/tronc pendant le cycle, sur le genou dans l'appui et sur les mouvements du bras en extension devrait permettre d'identifier assez facilement les individus de cette classe.

II.3.3.3.5. Classe 5

Analyse en composante principale

La vérification des tableaux de corrélations croisées indique que les variables i42-i43 (cor = 0.82), i45-i46 (cor = - 0.84), i47-i49 (cor = 0.88), i48-i49 (cor = 0.82), i56-i58 (cor = -0.81), i60-i64 (cor = 0.81) et i73-i74 (cor = -0.84) sont fortement corrélées, ce qui nous conduit à supprimer les variables i42, i45, i47, i48, i56, i60 et i73. Les variables qui présentent un « t de student » inférieur à 1,96 sont également retirées, i45 (t = -1.63), i68 (t = 0.005), i69 (t = -1.4) et i72 (t = -0.62).

Tableau 72 : Nomenclature des variables de la classe 5 supprimées car corrélées ou mal distribuées.

Numéro	Nomenclature des variables
i 42	Angle hanche/pointe- verticale au quitté
i 45	Angle bras/ verticale en flexion
i 47	Angle tronc/verticale minimum
i 48	Angle tronc/verticale maximum

Numéro	Nomenclature des variables
i 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre
i 60	Angle du genou QG
i 68	Angle de la hanche au QG
i 69	Angle de la hanche au PD
i 72	Extension maximale de la hanche
i 73	Flexion maximale de la hanche pendant le retour de la jambe libre

Une analyse en composante principale exploratoire valide (test de sphéricité de Bartlett = 305, signification 0.0001, mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin = 0.293) nous permet de faire l'analyse des tableaux des anti-images et de retirer les variables dont la valeur est inférieure à 0.50 : i41, i43, i46, i49, i50, i51, i52, i53, i54, i55, i57, i58, i59, i61, i63, i64, i65, i70, i74.

Tableau 73 : Nomenclature des variables de la classe 5 supprimées, dont la corrélation anti-image est inférieure à 0,5.

Variable	Nomenclature des variables
i 41	Angle hanche/talon- verticale au posé
i 43	Secteur angulaire balayé par la hanche
i 46	Amplitude des mouvements du bras
i 49	Angle tronc/verticale moyen
i 50	Amplitude des mouvements du tronc
i 51	Angle de la cheville au PG
i 52	Angle de la cheville au QG
i 53	Angle de la cheville au PD
i 54	Angle de la cheville au QD
i 55	Angle de la cheville en flexion maximale pendant l'appui
i 57	Angle de la cheville en flexion maximale pendant le retour de la jambe libre
i 58	Amplitude des mouvements de la cheville
i 59	Angle du genou au PG
i 61	Angle du genou PD
i 63	Flexion du genou pendant l'appui
i 64	extension maximum du genou
i 65	Flexion maximale du genou dans la phase de retour de la jambe libre
i 70	Angle de la hanche au QD
i 74	Amplitude des mouvements de la hanche par la hanche

L'analyse en composante principale sur les variables restantes est valide (test de Bartlett =32, signification 0.000, mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin =0.479). Le tableau ci-dessous présente les résultats du test de Kaiser pour lequel on ne retient que les dimensions avec une valeur propre au moins égale à 1.

Tableau 74 : Test de Kaiser et pourcentage de variance sur les variables angulaires pour la classe 5.

Composante	Valeur propre initiale	% de la variance	% cumulé
1	1,91	38,27	38,27
2	1,39	27,80	66,07

Composante	Valeur propre initiale	% de la variance	% cumulé
3	0,90	17,98	84,05
4	0,58	11,52	95,57
5	0,22	4,43	100,00

Le test de Kaiser permet d'extraire deux composantes avec une valeur propre initiale supérieure à 1. Ces deux composantes représentent 66% de la variance de la population. Comme pour les autres classes nous choisissons d'afficher les projections en classant les variables par taille et en supprimant les valeurs inférieures à 0.60 pour mettre en valeur les variables qui interviennent le plus dans chacune des composantes. Le tableau ci-dessous présente les composantes et les variables qui les constituent.

Tableau 75 : Composantes de la classe 5 extraites par ACP avec rotation quartimax.

Variable	Composante	
	1	2
i67	0,92	
i71	0,90	
i44		
i62		-0,83
i66		0,77

La première composante qui explique le regroupement des individus de la classe 5 regroupe deux variables relatives à la hanche, l'angle de la hanche au moment du posé (i67) et l'angle de la hanche en flexion maximale pendant l'appui (i71). Les individus se ressemblent fortement par l'angle cuisse tronc pendant la phase de mise en tension de l'appui.

La deuxième composante est constituée de deux variables relatives au genou, l'angle du genou de la jambe libre au moment du posé controlatéral (i62) et l'amplitude des mouvements du genou (i66).

L'observation de ces deux composantes en particulier (genou de la jambe libre et hanche pendant l'appui) devrait permettre une identification des individus de la classe 5.

Indice de dispersion des variables

Si les individus sont proches par certaines variables, l'examen des indices de dispersion nous signale les variables pour lesquelles ils sont éloignés. Le tableau ci-dessous présente les indices de dispersion des variables angulaires avec surlignés en jaune les valeurs supérieures à 0.5.

Tableau 76 : Indices de dispersion des variables angulaires de la classe 5.

i41	i42	i43	i44	i45	i46	i47	i48	i49	i50	i51	i52	i53	i54
0,21	0,13	0,09	0,15	-0,61	0,20	0,35	0,22	0,26	0,27	0,07	0,14	0,14	0,06

i55	i56	i57	i58	i59	i60	i61	i62	i63	i64	i65	i66	i67	i68
0,04	0,12	0,05	0,15	0,17	0,26	0,15	0,17	0,11	0,31	0,04	0,07	0,16	-203

i69	i70	i71	i72	i73	i74

0,71	0,13	0,13	-1,61	0,10	0,11

Les indices de dispersion de quatre variables sont importants, l'angle bras/ verticale en flexion (i45), l'angle de la hanche au quitté gauche et au posé controlatéral et donc l'extension maximale de la hanche (i68, i69 et i72).

Tous les autres indices de dispersion sont faibles, ce qui indique que les individus sont bien regroupés pour ces variables angulaires.

Discussion

Il apparaît donc que les individus de la classe 5 sont proches pour un grand nombre de variables angulaires, particulièrement proches pour l'angle du genou de la jambe libre et l'angle cuisse/tronc pendant la phase de mise en tension de l'appui. Ils restent différents pour l'angle cuisse/tronc en fin d'appui et dans le début du retour de la jambe libre, mais également pour les mouvements du bras en flexion.

Les individus de cette classe sont bien regroupés, ils constituent une classe homogène dont l'identification sera facilitée par l'observation du genou de la jambe libre et de la hanche pendant l'appui. Il faudra en contrepartie éviter de porter une attention particulière aux mouvements de flexion du bras et à l'angle cuisse tronc en fin d'appui et au début de la suspension.

II.3.3.3.6. Classe 6

Analyse en composante principale

La vérification des corrélations croisées entre variables indique que les variables i42-i43 (cor = 0.84), i45-i46 (cor = -0.91), i47-i48 (cor = 0.89), i47-i49 (cor = 0.93), i48-i49 (cor = 0.93), i56-i58 (cor = -0.90), i65-i66 (cor = 0.91) et i70-i73 (cor 0.90) sont fortement corrélées, ce qui nous amène, pour réaliser une analyse en composante principale à retirer les variables i42, i45, i47, i48, i56, i65, i70 afin d'obtenir des variables indépendantes. Les variables qui présentent un « t de student » inférieur à 1.96 doivent également être retirées car elles sont mal distribuées : i68 (t = -0.67) et i69 (t = 1.25).

Tableau 77 : Nomenclature des variables de la classe 6 supprimées car corrélées ou mal distribuées.

Numéro	Nomenclature des variables
i 42	Angle hanche/pointe- verticale au quitté
i 45	Angle bras/ verticale en flexion
i 47	Angle tronc/verticale minimum
i 48	Angle tronc/verticale maximum
i 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre
i 65	Flexion maximale du genou dans la phase de retour de la jambe libre
i 68	Angle de la hanche au QG
i 69	Angle de la hanche au PD
i 70	Angle de la hanche au QD

Une première ACP faite sur les variables restantes est valide : test de sphéricité de Bartlett =550, signification 0.0001, mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin = 0.402. Elle permet une analyse des tableaux des anti-images pour lesquelles une valeur supérieure à 0.50 est requise. Les variables i41, i44, i46, i50, i53, i54, i55, i56, i57, i58, i60, i61, i64, i67, i71, i72, i73 ont une valeur inférieure à 0.50 et sont donc retirées.

Tableau 78 : Nomenclature des variables de la classe 6 supprimées dont la corrélation anti-image est inférieure à 0,5.

Variable	Nomenclature des variables
i 41	Angle hanche/talon- verticale au posé
i 44	Angle bras/ verticale en extension
i 46	Amplitude des mouvements du bras
i 50	Amplitude des mouvements du tronc
i 53	Angle de la cheville au PD
i 54	Angle de la cheville au QD
i 55	Angle de la cheville en flexion maximale pendant l'appui
i 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre
i 57	Angle de la cheville en flexion maximale pendant le retour de la jambe libre
i 58	Amplitude des mouvements de la cheville
i 60	Angle du genou QG
i 61	Angle du genou PD
i 64	extension maximum du genou
i 67	Angle de la hanche au PG
i 71	Flexion maximale de la hanche dans la phase d'appui
i 72	Extension maximale de la hanche
i 73	Flexion maximale de la hanche pendant le retour de la jambe libre

L'analyse en composante principale sur les variables restantes répond aux critères de validité d'une ACP, test de sphéricité de Bartlett de 86 signification 0.000, mesure de précision de l'échantillonnage de Kaiser-Meyer-Olkin = 0.546. Le tableau ci-dessous présente les résultats du test de Kaiser pour lequel on ne retient que les dimensions au moins égale à 1.

Tableau 79 : Test de Kaiser et pourcentage de variance sur les variables angulaires pour la classe 6.

Composante	Valeur propre initiale	% de la variance	% cumulé
1	2,32	25,77	25,77
2	1,68	18,63	44,40
3	1,41	15,68	60,07
4	1,13	12,60	72,67
5	0,73	8,16	80,83
6	0,58	6,48	87,31
7	0,49	5,41	92,73
8	0,39	4,35	97,08
9	0,26	2,92	100,00

Le test de Kaiser permet de distinguer quatre composantes dont la valeur propre est supérieure à 1. Ces composantes représentent 72% de la variance de la population.

La composition des composantes, en classant les variables par taille et en n'affichant que les valeurs absolues supérieures à 0.60, est donnée par le tableau suivant.

Tableau 80 :Composante de la classe 6 extraites par ACP avec rotation quartimax.

Variables	Composante			
	1	2	3	4
I52	-0,86			
I43	0,83			
I63	0,63			
I66		0,85		
I62		0,81		
I51			0,80	
I59			0,73	
I74				0,85
I49				-0,65

Une première composante regroupe les individus sur les valeurs angulaires de la cheville en fin d'appui, au moment du quitté (i52), du secteur angulaire balayé par la hanche pendant l'appui (i43) et de l'angle du genou en flexion pendant l'appui (i63). C'est sur des valeurs angulaires au moment de la phase d'appui que les individus de la classe 6 sont semblables.

La seconde composante concerne l'amplitude des mouvements du genou (i66) et la valeur de l'angle du genou pendant la phase de retour de la jambe libre au moment du quitté controlatéral (i62). La plus grande partie des mouvements au niveau du genou se situe dans la phase de retour de la jambe libre. Ce sont donc les valeurs angulaires du genou pendant cette phase qui rassemblent, pour partie, les individus de la classe 6.

La troisième composante regroupe deux variables relatives aux mouvements de la cheville, l'amplitude de mouvements (i59) et l'angle au début de l'appui au moment du posé (i51). Un observable pour cette classe sera donc les mouvements de la cheville pendant tout le cycle, au début de l'appui, mais également pendant l'appui et pendant le retour de la jambe libre à l'occasion duquel la plus grande partie des mouvements de la cheville s'effectuent.

La dernière composante rassemble deux variables qui concernent les mouvements du tronc pendant le cycle, l'amplitude de mouvements de la hanche (i74) c'est-à-dire l'amplitude des mouvements au niveau de l'angle cuisse/tronc, et l'inclinaison moyenne du tronc en course (i49). Un des observables pour ce niveau est donc l'inclinaison du tronc en course.

Les observations de la phase d'appui, des mouvements au niveau de la cheville et du genou pendant la phase de retour de la jambe libre et des mouvements du tronc devraient être particulièrement pertinentes pour cette classe.

Indice de dispersion des variables

L'examen des indices de dispersion permet d'identifier les variables pour lesquelles la population est bien regroupée mais aussi pour lesquelles les individus de cette classe diffèrent. Le tableau ci-dessous présente les indices de dispersion des variables pour la classe 6.

Tableau 81 : Indices de dispersion des variables de la classe 6.

i41	i42	i43	i44	i45	i46	i47	i48	i49	i50	i51	i52	i53	i54
0,20	0,14	0,12	0,18	-0,92	0,31	0,58	0,20	0,29	0,23	0,06	0,14	0,11	0,07

i55	i56	i57	i58	i59	i60	i61	i62	i63	i64	i65	i66	i67	i68
0,04	0,13	0,04	0,16	0,21	0,27	0,11	0,23	0,14	0,27	0,08	0,11	0,14	-1,50

i69	i70	i71	i72	i73	i74
0,80	0,11	0,15	-1,54	0,10	0,13

L'examen du tableau montre que cinq variables ont un indice de dispersion supérieur à 0.50. Cette population est mal rassemblée sur les critères suivants : l'angle du bras en flexion (i45), l'angle verticale/tronc minimum (i47), les angles de la hanche en fin d'appui et au début du retour de la jambe libre, l'angle au quitté (i68), l'angle de la jambe libre au moment du posé controlatéral (i69) et enfin l'angle de la hanche en extension maximale (i72).

Pour le reste des variables, le faible indice montre que les individus de cette classe sont bien regroupés.

Discussion

Les individus de la classe 6 sont très proches par différentes valeurs angulaires au moment de l'appui, par les angles de la cheville et du genou pendant la phase de retour de la jambe libre et par l'inclinaison du tronc en course, sauf peut-être en fin d'appui au moment du quitté et du début de retour de la jambe libre où, comme pour les autres classes, les individus diffèrent.

Cette classe, comme les autres classes en course de vitesse chez les enfants, est relativement bien homogène, mais les individus présentent malgré tout quelques différences.

II.3.4. Conclusion

Les analyses en composante principale effectuées avec une rotation quartimax pour mettre en exergue les facteurs responsables de la structure de la population répondent aux différents tests de validité. Les ACP sur chaque classe ont permis de déterminer les principaux facteurs les expliquant. Le calcul de l'indice de dispersion de variables nous a permis de montrer que si les classes sont relativement homogènes pour certaines variables, il n'en était pas toujours de même pour certaines autres. Notre classification est cohérente au plan statistique, mais nous regroupons des individus qui ne présentent pas tous une organisation corporelle strictement identique. Nous tentons de mettre de l'ordre dans la complexité, cette tentative est imparfaite, nous en sommes conscient.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus. Il présente le nombre de facteurs qui permettent de représenter plus de 75 % de la variance de la population de chaque classe.

Tableau 82 : Nombre de facteurs par classe et pourcentage correspondant de la variance de la population.

Classe	Nb de facteurs	%
Classe 1	4	75%
Classe 2	7	77%
Classe 3	4	77%
Classe 4	5	75%
Classe 5	3	84%
Classe 6	4	81%

La classification obtenue semble satisfaisante, les individus qui composent les différentes classes sont bien regroupés. Mais les classes sont inégalement homogènes. La classe 2 pour laquelle il faut 7 facteurs pour expliquer 77% de la variance de la population n'est pas très homogène, la classe la plus homogène est la classe 5 avec 3 facteurs qui expliquent 84% de la population. Pour les autres classes la population semble bien regroupée autour de facteurs peu nombreux.

Les classes 4, 5 et 6 sont relativement proches dans la performance qu'elles représentent même si elles sont différentes dans l'organisation corporelle qu'elles manifestent. Nous aurions pu proposer de les regrouper en 3 organisations différentes pour un même niveau d'habileté. Notre choix est dicté par le fait que la classe 5 est très bien organisée autour de 3 facteurs qui expliquent fortement la population.

Pour synthétiser les résultats de la classification hiérarchique, le tableau ci-dessous reprend les ressemblances et les différences au niveau des six classes en course de vitesse.

Tableau 83 : Ressemblances et dissemblances angulaires aux différents moments du cycle de course par classe

	Moment Articulation	Ressemblances fortes	Différences fortes
Classe 1	Bras Hanche Genou Cheville Chaîne motrice Tronc	Extension Appui, fin retour jambe libre Mise en tension et renvoi Début du retour jambe libre Phase de renvoi	Flexion Fin d'appui, début retour jambe libre Début retour jambe libre
Classe 2	Bras Hanche Genou Cheville Chaîne motrice Tronc	Extension Mise en tension Tout le cycle Renvoi et retour jambe libre Mise en tension et renvoi	Flexion Fin d'appui, début retour jambe libre Début retour jambe libre

	Moment Articulation	Ressemblances fortes	Différences fortes
Classe 3	Bras	Extension	Flexion
	Hanche	Mise en tension	Fin d'appui, début retour jambe libre
	Genou	Mise en tension	
	Cheville	Posé et retour jambe libre	
	Chaîne motrice	Mise en tension et renvoi	
	Tronc	Appui	Début retour jambe libre
Classe 4	Bras	Extension	Flexion
	Hanche	Tout le cycle	
	Genou	Mise en tension et renvoi	
	Cheville	Retour jambe libre	
	Chaîne motrice		
	Tronc		Début retour jambe libre
Classe 5	Bras		Flexion
	Hanche	Mise en tension	
	Genou	Retour jambe libre	
	Cheville		
	Chaîne motrice		
	Tronc		Début retour jambe libre
Classe 6	Bras		Flexion
	Hanche	Appui et fin de retour Jambe libre	Fin d'appui, début retour jambe libre
	Genou	Appui et retour jambe libre	
	Cheville	Mise en tension et renvoi	
	Chaîne motrice	Mise en tension et renvoi	
	Tronc		Début retour jambe libre

Les classes apparaissent bien regroupées autour de ressemblances fortes, le classement effectué a organisé notre population en classes homogènes mais pour lesquelles nous avons également des différences entre individus. La méthode utilisée, en excluant pour le tri hiérarchique les variables mal distribuées, conduit à reproduire dans chaque classe les disparités trouvées pour ces variables sur l'ensemble de la population. Ainsi, pour les bras, l'extension est un observable qui permet de classer nos individus, mais la flexion n'apparaît pas comme un critère fortement discriminant. Il en est de même pour l'observation de l'angle de la hanche au moment de la fin de l'appui et de l'inclinaison du tronc au début du retour de la jambe libre. Par contre si ces valeurs nous apparaissaient essentielles au plan didactique, il nous est toujours possible de les réintégrer comme observables.

Les classes sont identifiées, elles sont confirmées au moyen d'analyses en composante principale qui ont permis d'en comprendre la structure. Le but est de dessiner les grands traits de l'évolution du développement de l'habileté en course à des fins didactiques, le nombre de facteurs et leur composition indiquent encore un grand nombre de variables à observer pour déterminer l'appartenance d'un individu à une classe. Il nous faudra choisir parmi tous ces facteurs ceux que nous devrons retenir pour des enseignants professeurs d'école non spécialistes de l'observation. Nous devons également à partir de ces classes déterminer les niveaux d'habileté en course chez l'enfant entre 2 et 11 ans et les décrire pour recueillir les valeurs des observables et en faire des repères quantifiables pour les enseignants.

II.4. Les différents niveaux d'habileté en course à vitesse maximale chez l'enfant entre 2 et 11 ans

Les classes constituent des regroupements d'individus qui présentent des organisations corporelles similaires, des niveaux d'habileté motrice très proches. Il est important d'examiner la hiérarchie entre ces classes, puis de définir les caractéristiques de chaque niveau d'habileté.

II.4.1. Détermination des niveaux d'habileté

Comme nous souhaitons ordonner les classes identifiées, il nous faut proposer des critères. Un niveau d'habileté motrice est jugé supérieur s'il permet une meilleure performance. Nous proposons d'effectuer cette hiérarchisation en comparant les moyennes des vitesses, amplitudes et fréquence des classes obtenues.

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats des différentes classes.

Tableau 84 : Amplitude, Fréquence, Vitesse, amplitude pondérée et vitesse pondérée des 6 classes.

Variables / Classe	Fréquence	Amplitude	Vitesse	Amplitude pondérée	Vitesse pondérée
classe 1					
classe 2					
classe 3					
classe 4					
classe 5					
classe 6					

Les classes définies par le tri hiérarchique en 6 classes peuvent être classées en fonction de la performance moyenne. L'amplitude pondérée et la vitesse pondérée augmentent régulièrement de la classe 1 à la classe 4. La classe 5 montre à la fois l'amplitude et la vitesse les plus élevées. La vitesse pondérée de la classe 6 est très proche de la vitesse pondérée de la classe 4, les différences entre les deux regroupements étant une fréquence légèrement inférieure pour la classe 6 pour une amplitude plus grande. Les enfants présentent des performances similaires, mais des organisations différentes, plus en fréquence ou plus en amplitude pour l'une ou l'autre classe.

Si les trois premières classes peuvent constituer les trois premiers niveaux d'habileté, nous pouvons nous interroger sur les classes 4, 5 et 6. La classe 5 qui présente la vitesse moyenne ou pondérée la plus élevée, l'amplitude moyenne ou pondérée la plus élevée, peut être considérée comme le plus haut niveau d'habileté en course chez les enfants d'âge primaire.

Pour hiérarchiser les classes 4 et 6 et pour déterminer le niveau 4, nous pouvons examiner leur vitesse et leur vitesse pondérée. Pour la classe 4, la vitesse pondérée est

légèrement inférieure à celle de la classe 6, mais la vitesse réelle est supérieure. De même l'amplitude est inférieure, mais la fréquence est supérieure. Ces données indiquent des niveaux d'habileté proches de par leurs performances mais avec des organisations corporelles différentes.

Nous savons, d'après les différentes recherches menées (Roy 1982, Fortney 1983, Ikai 1968, Marino & McDonald 1986, Amano & al 1983, Amano & al 1987...) que l'âge et la taille ont une influence sur la performance. Pour organiser les niveaux et en particulier les classes 4 et 6, il est souhaitable également de mettre en relation les âges et les tailles des individus composant ces différentes classes. Le tableau ci-dessous regroupe les moyennes des âges et des tailles des enfants composant chacune des classes.

Tableau 85: Age moyen en mois et taille moyenne en cm des 6 classes.

Variables Classe	[redacted]
classe 1	
classe 2	
classe 3	
classe 4	
classe 5	
classe 6	

La classe 4 est composée d'individus en moyenne plus âgés et plus grands que ceux de la classe 6. Si l'on considère qu'avec l'âge le niveau croît, les individus de la classe 4 devraient être d'un meilleur niveau. Mais les performances étant similaires, le niveau obtenu est identique. Dans notre hiérarchisation ces deux classes constituent le niveau 4 et pour les distinguer nous nommerons la classe 4 niveau 4a et la classe 6 niveau 4b.

Les classes 1, 2, 3 regroupent les individus dont l'organisation corporelle en course produit les performances les moins bonnes ; elles constituent les niveaux d'habileté les moins développés. La classe 1 constitue le premier niveau d'habileté en course de vitesse pour des enfants entre 2 et 11 ans, la classe 2 constitue le second niveau, la classe 3 le troisième niveau, la classe 4 et la classe 6 le quatrième niveau, la classe 5 le cinquième niveau.

Tableau 86 :Correspondance classe et niveau d'habileté.

Classe	Niveau d'habileté
Classe 1	Niveau 1
Classe 2	Niveau 2
Classe 3	Niveau 3
Classe 4	Niveau 4a
Classe 5	Niveau 5
Classe 6	Niveau 4b

Nous avons donc identifié 5 niveaux d'habileté. Les niveaux d'habileté correspondent aux différentes classes. Chaque classe est composée d'un certain nombre d'individus, chaque individu est identifié par les valeurs des indicateurs anthropométriques, des performances, des angles inter segmentaires et des mesures de sa poulaine.

Nous proposons maintenant d'étudier les différents niveaux d'habileté.

II.4.2. Description des niveaux d'habileté

La description des niveaux d'habileté définis constitue de nouvelles connaissances sur le développement de la course chez l'enfant. Le développement n'est plus seulement défini en référence à l'âge, mais en relation avec l'évolution de l'organisation corporelle en niveaux progressifs.

La description des différents niveaux d'habileté doit également nous servir de base pour établir l'outil d'apprentissage de lecture du comportement en course. Pour décrire les différents niveaux d'habileté, nous proposons tout d'abord d'indiquer les performances moyennes puis de décrire la population. L'organisation corporelle moyenne sera alors présentée et, en guise de synthèse, nous proposerons une modélisation du niveau par la poulaine moyenne.

II.4.2.1. L'habileté de niveau 1

II.4.2.1.1. Les performances

Les performances moyennes pour cette classe s'établissent ainsi :

Tableau 87 : Performances moyennes et pondérées des enfants de niveau 1

Indicateurs de performance	Valeurs
Vitesse moyenne	305 $cm.s^{-1}$ ± 74
Vitesse pondérée	288 $cm.s^{-1}$ ± 40
Amplitude moyenne	157 cm ± 45
Amplitude pondérée	148 cm ± 23
Indice oreille	6 cm ± 1
Indice pondéré	6 cm ± 1
Fréquence	3.9 Hz ± 0.4
Rapport suspension/appui	0.29 ± 0.13

La vitesse moyenne est peu rapide, l'amplitude moyenne faible, la fréquence élevée, s'accompagne d'une durée du temps d'appui très importante. Ces performances correspondent à celles d'enfants de 2/3 ans d'après les recherches de Fortney (1983) ou de Morris & al (1982).

Les écart-types importants pour les performances indiquent que les individus regroupés dans ce niveau 1 d'habileté sont parfois très éloignés les uns des autres pour les performances en course de vitesse. Les écart-types moindres pour les performances pondérées montrent que c'est la taille qui est responsable de la meilleure performance mais que le niveau d'habileté des individus est malgré tout semblable, nous constatons également que les individus sont bien regroupés dans cette classe.

Le rapport temps de suspension/ temps d'appui est de 0.29, il est inférieur aux valeurs trouvées par Balsevich (1987) ou Miyamaru & al (1987) pour des enfants de 4 ans. Dans le détail, le timing des événements caractéristiques pour ce niveau est le suivant :

Tableau 88 :Timing des événements caractéristiques en pourcentage de la durée du cycle de l'habileté de niveau 1.

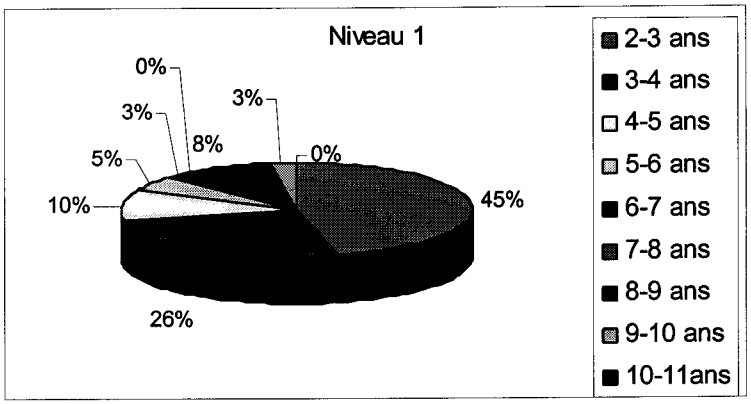
Appui		Retour jambe libre		
PG	QG	PD	QD	PG
0%	39% ±4	50% ±3	90% ±4	100%

Le pourcentage d'appui gauche (39%) rend compte d'un appui long et peu efficace. La faible différence de pourcentage entre l'appui gauche (39%) et l'appui droit (40%) rend compte de l'existence d'une asymétrie dans les foulées droite et gauche chez les enfants à ce niveau.

II.4.2.1.2. Population

La composition de la population de l'habileté de niveau 1 s'établit ainsi :

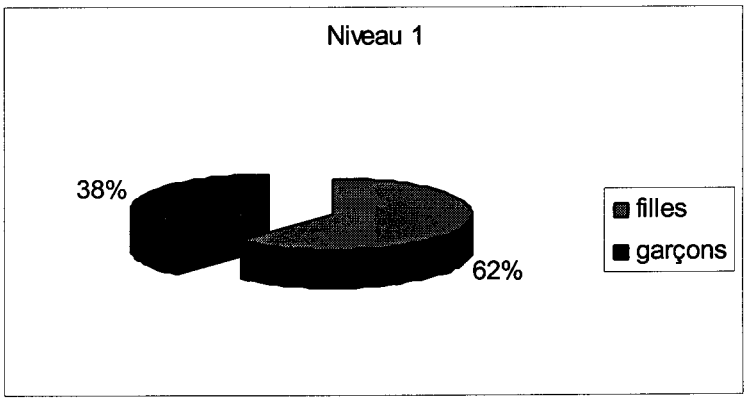
Figure 38 : Répartition par âge de la population de l'habileté 1 en pourcentage.



La classe 1 est constituée majoritairement par des enfants de 2-3 et 3-4ans (71%). Si on regroupe les 2-3, 3-4, 4-5 ans ils constituent 81 % de cette classe. Deux tranches d'âges ne sont pas présentes, les 7-8 ans et les 10-11 ans. Nous notons vers 8-9 ans un petit pic (8%), les autres tranches d'âges ne sont que très faiblement représentées.

Une des questions qui apparaissait après la revue de question sur la course chez l'enfant était les différences possibles entre garçons et filles. Le graphique ci-dessous présente la composition de notre population en pourcentage au regard du sexe.

Figure 39 :Répartition par sexe de la population de l'habileté 1 en pourcentage.



Ce sont les filles qui représentent la majorité des individus de l'habileté motrice de niveau 1 en course à vitesse maximale. Pour affiner cette réponse nous pouvons examiner la répartition filles /garçons en fonction de l'âge.

Tableau 89: Répartition filles/garçons pour le niveau 1 d'habileté en course de vitesse.

Cycle	Classe	Age	Nb de Filles	Nb de Garçons
Cycle 1	Toute petite section	2 - 3 ans	11	7
	Petite section	3 - 4 ans	5	5
	moyenne section	4 -5 ans	3	1

Cycle	Classe	Age	Nb de Filles	Nb de Garçons
Cycle 2	Grande section	5 –6 ans	1	1
	Cours préparatoire	6 - 7 ans	1	
	Cours élémentaire 1	7 - 8 ans		
Cycle 3	cours élémentaire 2	8 - 9 ans	3	
	Cours moyen 1	9 - 10 ans	1	
	Cours moyen 2	10 – 11 ans		

Le nombre de filles est légèrement supérieur pour les enfants de 2-3 ans et 4-5 ans, égal pour les enfants de 3-4 ans et 5-6 ans, et certaines filles présentent encore cette organisation corporelle après 6 ans alors qu'il n'y a plus de garçons.

Le premier niveau d'habileté en course concerne majoritairement les enfants de 2/3 ans, ce qui est logique et correspond aux performances moyennes indiquées par Fortney (1983) pour des enfants de cet âge. Par contre certains individus féminins présentent encore ce niveau d'organisation à un âge très avancé. Le nombre d'enfants par classe d'âge diminue jusqu'à 6 ans, puis vers 8/9 ans certains enfants, en particulier des filles, s'organisent en course suivant ce modèle. Cette augmentation du nombre d'enfants de niveau 1 se situe après la transformation du contrôle moteur qui a lieu vers 6 ans. On peut émettre l'hypothèse que ces enfants dans les années antérieures ont eu un niveau en course supérieur à celui qu'ils ont à 8 ans. Il est possible pour ces enfants d'envisager une involution due à la transformation du contrôle moteur vers 7 ans et associé certainement à un manque de pratique. Mais le faible nombre d'enfants concernés ne permet pas de tirer des conclusions définitives. Seul le suivi d'une cohorte d'enfants nous permettrait de répondre à cette question.

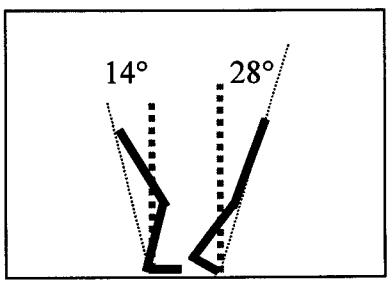
II.4.2.1.3. L'organisation motrice

L'habileté de niveau 1 se caractérise par les mesures angulaires suivantes.

Le secteur angulaire balayé par la hanche lors de l'appui

L'amplitude du mouvement de la hanche autour du pied pendant l'appui est de 42° ± 7. L'illustration ci-dessous indique la valeur de l'angle verticale/hanche/talon au posé et la valeur de l'angle verticale/pointe/hanche au quitté.

Figure 40 : Angle verticale/talon/hanche au posé et verticale/pointe hanche au quitté pour l'habileté de niveau 1.

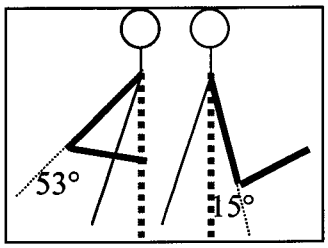


Au moment du posé l'angle verticale / talon/hanche est de 14° ± 5, au quitté l'angle verticale /pointe/hanche est de 28° ±5 ce qui est faible et manifeste le peu d'amplitude du mouvement vers l'avant, le peu de renvoi de la phase d'appui.

L'oscillation des bras

L'illustration ci-dessous représente le secteur angulaire décrit par le bras en course. Il est construit à partir de l'angle coude/épaule/verticale en flexion et en extension maximale.

Figure 41 : Extension maximale et flexion maximale du bras pour l'habileté de niveau 1.



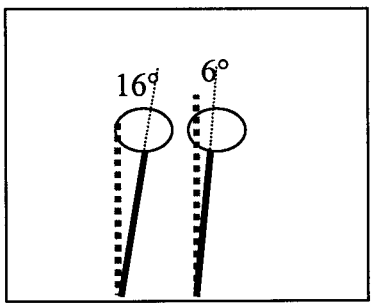
Le mouvement du bras en flexion, mesuré par l'angle coude/épaule/verticale, est très faible avec une grande variabilité interindividuelle à ce niveau, de l'ordre de 15° ± 21. En extension, le bras fait un mouvement en arrière de 53° ± 19. Les écarts-types importants, en particulier en flexion indiquent que les individus qui composent cette habileté ne sont pas homogènes au niveau des mouvements des bras, il est possible de trouver des coureurs sans mouvement de flexion pendant tout le cycle de course (individus 40 et 49), alors que d'autres coureurs font un mouvement de flexion de l'ordre de 50° (individus 14 et 21). Il en est de même, dans une moindre mesure, pour les mouvements d'extension. Les mouvements des bras, en flexion, ne sont pas suffisamment homogènes dans ce niveau d'habileté pour qu'ils puissent être un indicateur pertinent de lecture de l'habileté motrice.

L'amplitude des mouvements des bras est de faible ampleur, 68° ±24. Nous sommes très éloigné des valeurs trouvées par Hinrichs (1985, 1987, 1992) pour les adultes en sprint. Mesurés par rapport au tronc, les mouvements du bras prennent en compte l'inclinaison du tronc. Le mouvement en flexion est de 31° pour les enfants de niveau 1, il est de 45° pour les adultes. Le mouvement en extension est 47° pour les enfants et de 80° pour les adultes.

Les mouvements d'oscillation du tronc

L'illustration ci-dessous indique les valeurs maximale et minimale de cet angle.

Figure 42 : Flexion minimale et maximale du tronc pour l'habileté de niveau 1.



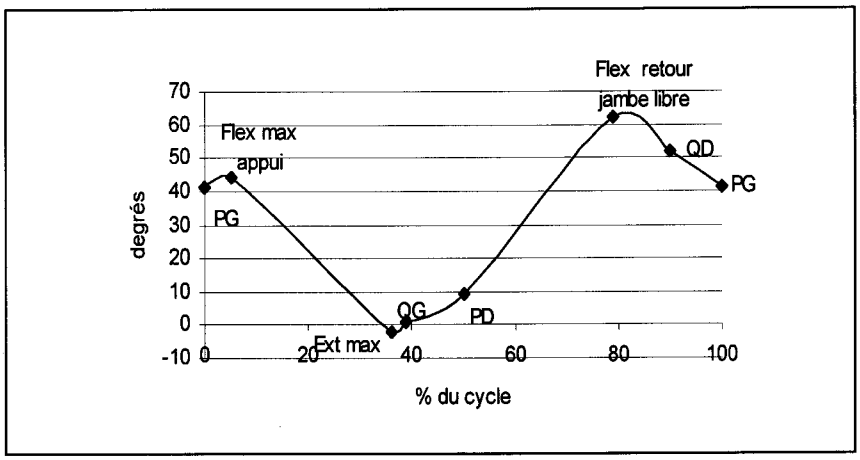
Les enfants de ce niveau courent le tronc très légèrement incliné vers l'avant 16° ± 5, pour le maximum et 6° ±5 pour le minimum, l'angle minimum se situant en règle générale au moment du posé, l'angle maximum au moment du quitté (Yokoi & al 1987). L'amplitude des

mouvements d'oscillation du tronc pendant un cycle de course est de 10° ±3, les mouvements sont de faible ampleur ce qui donne une impression de tronc relativement fixe et redressé.

Les mouvements au niveau de la hanche

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la hanche en course de vitesse pour l'habileté niveau de niveau 1.

Figure 43 : Angle de la hanche en degré à différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 1.



L'angle de la hanche au moment du posé est de (41° ±9). Une flexion de faible amplitude se produit au tout début de la phase de mise en tension, à 5% du cycle pour atteindre une valeur de 44° ±8, puis une extension jusqu'à -2° ±7, qui se termine avant le quitté à 36% du cycle, le quitté étant très tardif, à 39% du cycle. L'angle au quitté présente un écart type important pour une valeur faible qui indique des disparités dans la population pour cet angle, certains enfants présentent une extension de –22° (individus 38 et 201), alors que d'autres ne présentent aucune extension l'angle tronc /cuisse restant en flexion pendant tout le cycle (individus 84 et 204). Pendant le retour de la jambe libre, la hanche fléchit (62° ±7), une extension préparatoire au posé se produit en fin de phase de retour de la jambe libre.

Si nous mettons en perspective cette forme d'organisation corporelle au niveau de la hanche du niveau 1 et l'organisation adulte en sprint (Dillmann 1975, Mann & Hagy 1980, Novacheck 1998), il apparaît que le moment d'inversion entre extension et flexion se situe avant le quitté pour ces enfants, alors qu'il se situe bien après le quitté chez les adultes. En fait cette organisation de niveau 1, en ce qui concerne la hanche, correspond à un intermédiaire entre la marche et la course.

L'amplitude des mouvements au niveau de l'articulation de la hanche mesurée par l'angle cuisse/tronc est de 64° ±9. Nous n'avons pas de données issues de recherches antérieures sur l'amplitude pour les enfants, par contre en comparaison avec les adultes, la valeur trouvée est différente. Chez les adultes, l'amplitude en sprint est sensiblement de 76°, mais ce sont les valeurs maximales et minimales qui diffèrent. En effet si pour ce niveau d'habileté l'extension maximale est de –2° et la flexion maximale de 62°, pour l'adulte en sprint, la flexion maximale est de 96°, mais l'extension maximale est seulement de 29° (Mann & Hagy 1980). L'amplitude des mouvements au niveau de la hanche chez les enfants de niveau 1 est faible, elle traduit une faible flexion de la cuisse sur le tronc, les enfants de ce

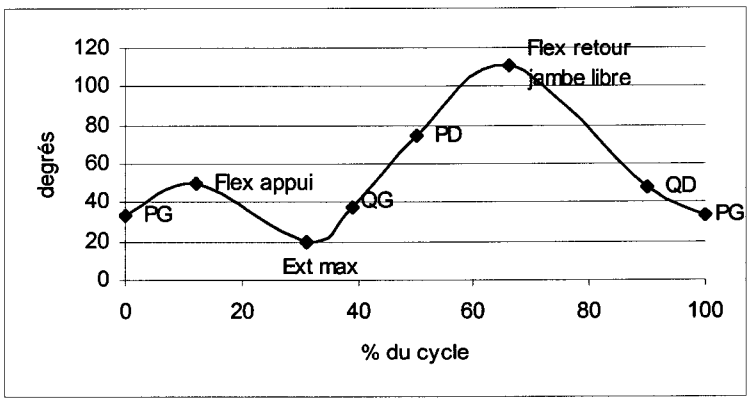
niveau d'habileté donnent l'impression de courir sans monter les genoux. L'angle minimum que fait la cuisse avec l'horizontale, dans la phase de retour de la jambe libre, est de 45°.

Il existe dans la première partie de la phase de mise en tension (5% du cycle) une flexion de faible amplitude. Cette flexion traduit un écrasement au moment du posé et dans les tous premiers instants de la phase d'appui. Ce mouvement n'est pas présent dans l'organisation corporelle adulte en sprint d'après Novacheck (1998), mais existerait au niveau de la course plus lente chez les adultes (Mann & Hagy 1980). Cette flexion manifeste un contrôle au niveau de la hanche difficile chez les enfants de niveau d'habileté 1.

Les mouvements au niveau du genou

La courbe ci-dessous représente les variations de l'angle du genou au cours du cycle en course de vitesse.

Figure 44 : Angle du genou en degrés à différents moments du cycle en pourcentage pour le niveau 1.



Pendant l'appui, le genou se présente en légère flexion au moment du posé (33° ± 7), la flexion se poursuit pendant la phase de mise en tension jusqu'à 12% du cycle et atteint 50° ± 8, une phase d'extension commence alors qui culmine à 20° ± 5. L'extension maximale du genou a lieu à 31% du cycle, c'est-à-dire bien avant la fin de la phase d'appui qui se situe à 39%. Une phase de flexion commence, le genou étant en légère flexion de 37° ±12, au moment du quitté. La flexion du genou se poursuit pendant le retour de la jambe libre pour atteindre 111° ± 7, puis le genou s'étend pour préparer la pose du pied. La flexion maximale se produit bien avant le milieu de l'appui controlatéral à 40% de l'appui droit.

L'amplitude des mouvements au niveau du genou est de 91° ± 9. Nous n'avons pas de comparaison avec d'autres études chez les enfants en course à vitesse maximale. En comparaison avec les adultes (Milliron & Cavanagh 1990, Grillner & al 1979, Mann & al 1986), cette amplitude est beaucoup plus faible. Les mouvements sont de faible ampleur à ce niveau d'habileté. Ce n'est pas au niveau des mouvements en extension (20° ± 5) que les mouvements sont limités, mais au niveau de la flexion dans la phase de retour de la jambe libre (111° ± 7).

La faible ampleur des mouvements au niveau du genou pendant la phase d'extension dans la première partie de la phase de retour de la jambe libre, se traduit par un pied qui

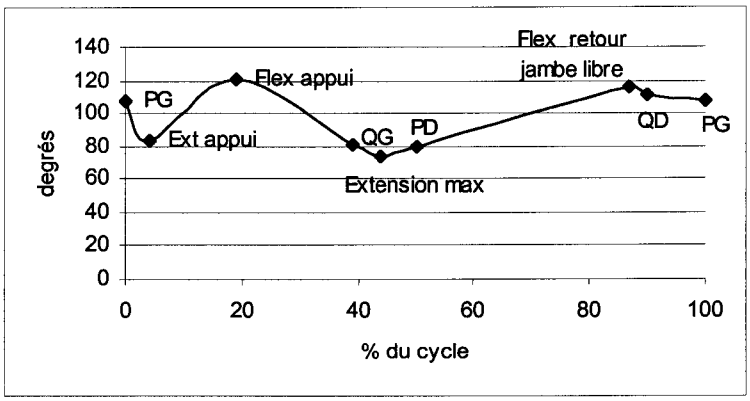
remonte très peu après le quitté et par une jambe qui ne dépasse pas le niveau de l'horizontale dans cette phase.

La flexion du genou pendant la phase d'appui correspond à un amortissement pendant la phase de mise en tension. L'extension du genou qui participe à la phase de renvoi n'est pas synchronisée avec l'ensemble de la phase de renvoi et se termine très tôt dans la phase d'appui. Cette organisation motrice correspond à un intermédiaire entre la marche et la course si nous prenons comme référence l'organisation motrice de l'adulte d'après Mann & al (1986) mais ne correspond pas à celle des sprinters.

Les mouvements au niveau de la cheville

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la cheville en course de vitesse pour des enfants de niveau 1.

Figure 45 : Angles de la cheville en degré aux différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 1.



Au moment du posé la cheville est en flexion 108° ± 8, une extension se produit juste après le posé (4% du cycle) jusqu'à 83° ±6 ensuite une flexion se produit pendant la phase de mise en tension (121° ±5), puis une extension commence qui correspond à la phase de renvoi, au quitté la valeur de l'angle de la cheville est de 81° ±7, l'extension se poursuit pendant la première partie de la phase de retour de la jambe libre et culmine à 74° ±7. L'extension de la cheville se termine après le quitté à 44% de la durée du cycle, en fin de retour une flexion préparatoire au posé est amorcée.

Au niveau de la cheville l'amplitude des mouvements est de 47° ± 9. Elle est largement supérieure à l'amplitude des mouvements trouvée par Fortney (1983). Les valeurs angulaires indiquées par Fortney comme statistiquement valides ne semblent pas correspondre aux valeurs que nous avons trouvées. Par contre les valeurs indiquées par Ounpuu (1990, 1993) pour les courses lentes, semblent en proportion plus proches. Si nous comparons nos valeurs à celles trouvées chez les adultes (Mann & Hagy 1980, Stefanyshin & Nigg 1998), elles sont supérieures. C'est au niveau de la flexion maximale pendant l'appui que les valeurs diffèrent le plus avec celles des adultes, les valeurs en extension sont proches. L'explication des différences avec les valeurs trouvées par Fortney tient certainement dans la manière de calculer l'angle de la cheville, dans son étude Fortney ne les précise pas. Par contre la

similitude trouvée avec les valeurs adultes en extension et les différences en flexion lors de l'appui montrent que, chez les enfants, la flexion est plus importante.

L'extension qui se produit en tout début de la phase d'appui n'est pas signalée par les auteurs qui se sont intéressés à la course chez l'enfant (Fortney 1983,). Elle n'existe pas non plus chez les auteurs proposant une analyse biomécanique dans le plan sagittal (Mann & Hagy 1980, Mann 1985, Mann & al 1985, Novacheck 1998). On peut émettre l'hypothèse que c'est la détermination de l'instant du posé, qui est à l'origine de l'existence ou non de cette extension. Si le posé est considéré comme réalisé quand la plante de pied est au sol, l'extension que nous avons trouvée n'existe pas, par contre si comme nous l'avons proposé, le posé est considéré comme réalisé lorsque sur le film le talon cesse de se déplacer sur l'axe des abscisses, alors cette extension existe. Dans l'examen d'une course par un observateur, chez les enfants, il se produit fréquemment et d'une manière plus ou moins importante cette « sensation » de cheville qui se déplie au moment du posé, comme si la plante du pied allait chercher le sol immédiatement après le posé du talon. Si nous mettons en perspective l'organisation que nous avons trouvée et l'organisation des adultes, nous constatons que cette extension existe dans la marche et disparaît dans la course. Nous avons vu que pour la hanche, le genou l'organisation de niveau 1 était un intermédiaire entre la marche et la course adulte, loin de l'organisation adulte en sprint. Il semble donc que ce mouvement d'extension chez les enfants existe au moment du posé, que ce ne soit pas un artefact dû aux procédés de mesure, mais que par contre la détermination de l'instant du posé peut masquer cette extension.

La flexion de la cheville pendant l'appui est importante 121°. Cette flexion manifeste un amortissement lors de l'appui au niveau de la cheville. Elle explique l'amplitude des mouvements au niveau de la cheville, alors que l'extension reste modérée. Tout se passe comme si les enfants amortissaient leur chute lors de la phase de mise en tension et avaient des difficultés à produire une extension pendant le renvoi. Il est possible d'associer ces comportements moteurs à la tonicité de la cheville proposée par Stefanyshyn et Nigg (1998), la cheville des enfants de l'habileté de niveau 1 apparaissant peu tonique.

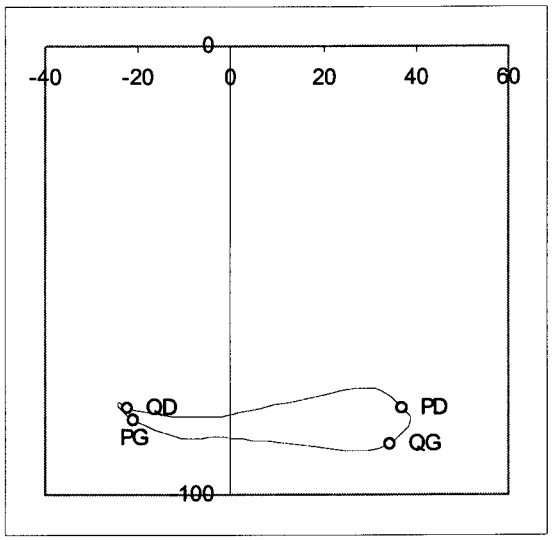
Le style de posé est majoritairement par le talon à ce niveau d'habileté, 69%. Nous sommes très loin des 28% trouvés par Payne (1983) pour les coureurs adultes. Nous pouvons faire la même remarque pour la détermination des styles d'appui que pour l'extension qui existe en début de phase d'appui, la détermination de l'instant du posé modifiant l'appartenance à un style ou à un autre. Le croisement avec des données issues de plate-formes de force nous éclairerait davantage.

II.4.2.1.4. Modélisation du niveau 1 : la poulaine

La poulaine nous permet une modélisation de ce niveau d'habileté. La poulaine caractérisant le niveau 1 est obtenue en faisant la moyenne des poulaines des différents individus composant la classe.

La poulaine ci-dessous représente le premier niveau d'habileté en course de vitesse à l'école primaire.

Figure 46 :Poulaine d'oreille de l'habileté de niveau 1.



La poulaine est peu formée, très équilibrée entre la partie avant et la partie arrière, la bosse peu marquée.

La longueur de la corne avant est importante, elle représente 39% de la longueur totale de la poulaine, ce qui manifeste dans ce cas une course relativement redressée. Par contre, la corne avant n'est pas très épaisse, le retour de la jambe libre n'est pas très haut sous la hanche, la pointe de pied donne l'impression de raser le sol.

Les emplacements des posés et quittés loin de l'axe et faiblement écartés l'un de l'autre révèlent la durée de la phase d'appui et la brièveté de la phase de suspension. La bosse arrière très peu développée nous renseigne sur un retour de la jambe libre peu élevé, l'épaisseur de la poulaine met en valeur le retour de la jambe libre très peu fléchie à la verticale de l'oreille.

II.4.2.1.5. Conclusion

Les enfants de ce niveau d'habileté sont majoritairement des enfants de 2-3 ans. Les filles composent majoritairement ce premier niveau chez les 2 ans et sont les seules à présenter ce niveau dans les grandes classes où il est possible d'en retrouver quelques unes qui présentent toujours ou à nouveau ce type d'organisation motrice en course à vitesse maximale.

Le coureur d'habileté de niveau 1 apparaît avec une foulée étriquée, un temps de suspension bref, un retour arrière de la jambe libre de faible hauteur, un passage à la verticale de l'appui avec la jambe libre peu fléchie, le tronc redressé en course. Les enfants paraissent s'écraser pendant la phase d'appui et avoir des difficultés à réagir lors de la phase de renvoi. En ce qui concerne les mouvements des bras, dans la majorité des cas les mouvements sont de faible ampleur en extension. Une remarque importante, cette population ne présente pas de tendance claire pour certains mouvements : les bras en particulier en flexion, la fin de l'appui et le début du retour de la jambe libre.

Il apparaît que les enfants de niveau 1 en course à vitesse maximale présentent une organisation corporelle dans un plan sagittal qui ressemble à une course très lente voir même, pour certains d'entre eux, à une marche.

II.4.2.2. L'habileté de niveau 2

II.4.2.2.1. Les performances

Les performances moyennes pour cette classe s'établissent ainsi :

Tableau 90 : Performances moyennes et pondérées des enfants de niveau 2.

Indicateurs de performance	Valeurs
Vitesse moyenne	422 $cm.s^{-1}$ ± 98
Vitesse pondérée	357 $cm.s^{-1}$ ± 44
Amplitude moyenne	223 cm ± 59
Amplitude pondérée	188 cm ± 26
Indice oreille	7 cm ± 2
Indice pondéré	6 cm ± 1
Fréquence	3.8 Hz ± 0.3
Rapport suspension/appui	0.48 ± 0.13

Les performances moyennes et pondérées des coureurs de niveau 2 sont encore relativement modérées et correspondent à des performances d'enfants de 5 ans d'après les études de Morris & al (1982) ou de Miyamaru & al (1987), 6 ans pour l'étude de Amano & al (1987).

Comme pour le niveau 1, les écarts types sont importants, mais avec des indices de dispersion des variables relativement faibles pour la fréquence (0.09), l'amplitude pondérée (0.15) et la vitesse pondérée (0.14). Les enfants de niveau 2 sont parfois très éloignés par les performances réelles qui ne reflètent pas complètement le niveau d'habileté. Les écarts types sur les variables pondérées sont moins importants, une grande partie des écarts entre les performances dépend de la taille des coureurs. La fréquence moyenne à 3.8 hz masque des disparités importantes entre certains coureurs.

Le rapport temps de suspension /temps d'appui est alors de 0.48, ce qui correspond aux valeurs trouvées par Balsevich (1987) pour des enfants de 6 ans. Par rapport au niveau I, celal indique une efficacité accrue au niveau de l'appui. Dans le détail, le timing des événements caractéristiques pour ce niveau est le suivant :

Tableau 91 : Timing des événements caractéristiques en pourcentage de la durée du cycle de l'habileté de niveau 2.

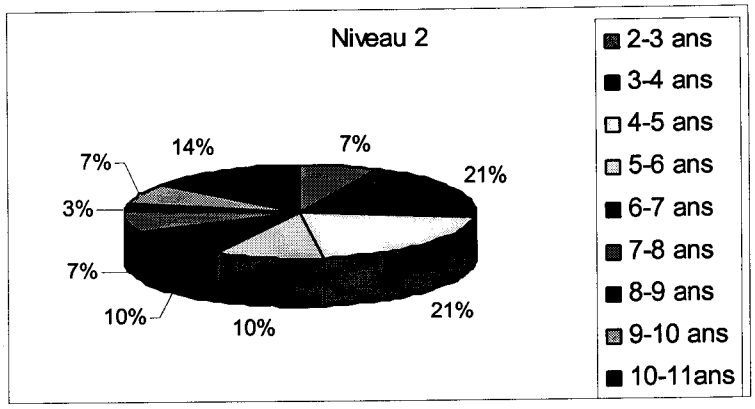
Appui		Retour jambe libre		
PG	QG	PD	QD	PG
0%	34% ±4	50% ±3	84% ±4	100%

Le pourcentage d'appui gauche de 34% montre que l'appui devient plus efficace. Globalement l'appui gauche est similaire à l'appui droit (34%), mais l'écart type au moment du posé droit (50% ± 3) montre que les foulées restent asymétriques.

II.4.2.2.2. La population

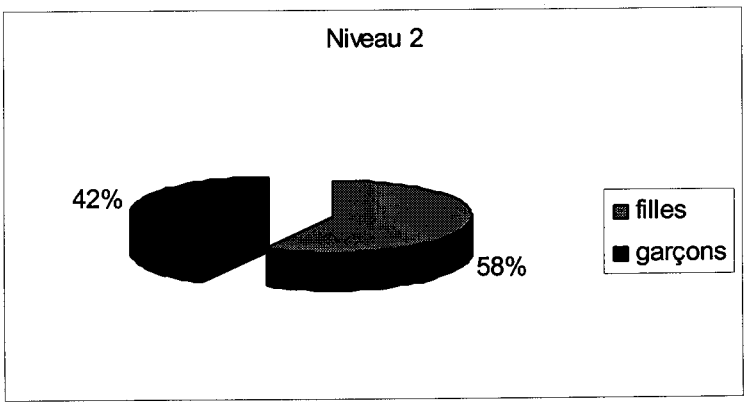
La composition de la population de l'habileté de niveau 2 s'établit ainsi :

Figure 47 : Répartition par âge de la population de la l'habileté 2 en pourcentage.



Nous trouvons ce niveau d'habileté dans toutes les classes de l'école primaire, mais la population majoritaire est composée d'enfants de 3-4 ans, 4-5 ans, 5-6 ans et d'enfants de 10-11 ans. S'il est logique de trouver une population importante d'enfants entre 3 et 6 ans au deuxième niveau d'habileté (le niveau 1 est composé majoritairement par les enfants de entre 2 et 4 ans), il peut apparaître surprenant de trouver un nombre important d'enfants de 10-11 ans avec un creux entre ces deux tranches d'âge. Pour affiner la compréhension de cette répartition de la population il nous faut envisager la répartition garçons/filles. Le graphique ci-dessous en présente le rapport.

Figure 48 : Répartition par sexe de la population de l'habileté 2 en pourcentage.



Comme pour le niveau 1, les filles sont plus représentées que les garçons, 58% contre 42% alors que dans la population globale les filles étaient aussi nombreuses que les garçons et la répartition à tous les âges identiques. Le tableau ci-dessous présente la répartition par sexe en fonction de l'âge.

Tableau 92 : Répartition filles/garçons pour le niveau 2 d'habileté en course de vitesse.

Cycle	Classe	Age	Sexe Nb de Filles	Nb de Garçons
Cycle 1	Toute petite section	2 - 3 ans	3	2

Cycle	Classe	Sexe / Age	Nb de Filles	Nb de Garçons
	Petite section	3 - 4 ans	4	10
	moyenne section	4 -5 ans	9	5
Cycle 2	Grande section	5 -6ans	5	2
	Cours préparatoire	6 - 7 ans	4	3
	Cours élémentaire 1	7 - 8 ans	2	3
Cycle 3	cours élémentaire 2	8 - 9 ans	1	1
	Cours moyen 1	9 - 10 ans	4	1
	Cours moyen 2	10 - 11 ans	8	2

La répartition entre les garçons et les filles est intéressante. En effet pour la classe des 2-3 ans le nombre est sensiblement équivalent, pour la classe des 3-4 ans ce sont les garçons qui sont massivement représentés, alors que pour les autres âges ce sont toujours les filles qui sont majoritairement représentées, sauf pour les 7/ 8 ans pour lesquels la répartition est sensiblement la même entre les deux sexes.

Chez les petits, les garçons de 3 ans ont en moyenne un niveau supérieur aux filles. Si ce niveau d'habileté correspond globalement au niveau atteint à 3 ans, un nombre important de filles à 4 ans et au-delà est encore de ce niveau d'habileté. Un nombre conséquent de filles est encore de ce niveau d'habileté à 10-11ans, ce qui en regard du faible nombre d'enfants à 8 ans tendrait à montrer qu'il existe une régression pour certains enfants, et en particulier les filles, dans leur habileté motrice entre 8 et 10 ans. Cela renforce l'idée trouvée au niveau 1 selon laquelle il existerait déjà une involution, après 7-8 ans, en particulier pour les filles. Si nous regardons les pratiques scolaires en course de vitesse, dans l'école A, dans les deux dernières années de l'école primaire les enfants ne pratiquent pas d'activités athlétiques, et dans l'école B le nombre de séances n'est pas conséquent. C'est peut-être une explication à l'existence de cette diminution de niveau d'habileté que nous pouvons constater en particulier pour les filles. Cela souligne l'importance d'une pratique régulière en éducation physique à l'école primaire.

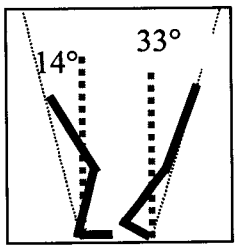
II.4.2.2.3. L'organisation motrice

L'habileté de niveau 2 se caractérise par les mesures angulaires suivantes :

Le secteur angulaire balayé par la hanche

Les illustrations ci-dessous représentent le secteur angulaire balayé par la chaîne motrice autour du pied pendant l'appui.

Figure 49 : Angle hanche/talon/verticale au posé et angle hanche/pointe/verticale au quitté pour l'habileté de niveau 2.

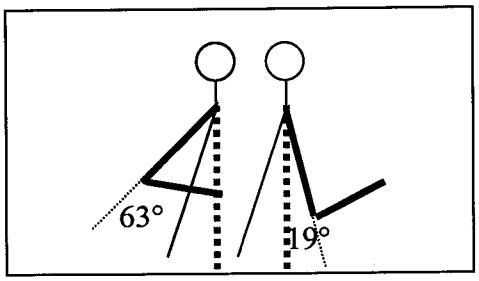


Au moment du posé l'angle hanche/talon/verticale est de 14° ±4, au quitté l'angle hanche/pointe/verticale est de 33° ±6. Le secteur angulaire est de 47° ±6. il est plus important que pour le niveau 1. Le renvoi se dirige vers l'avant et le haut, ce qui rend compte d'une impulsion plus efficace.

L'oscillation des bras

L'illustration ci-dessous permet d'approcher le secteur angulaire décrit par le bras en course de vitesse.

Figure 50 : Extension maximale et flexion maximale du bras pour l'habileté de niveau 2.



Le mouvement en flexion est de faible ampleur 19° ± 20, l'écart-type considérable, sur cette mesure. Il manifeste des différences individuelles très importantes certains enfants ne faisant pas de mouvements de flexion (individu 45, l'angle minimum est de 36° en extension), alors que d'autres montrent une flexion importante (individu 260, flexion de 64°). Ce ne sont pas les mouvements du bras en flexion qui permettront d'identifier les coureurs de ce niveau d'habileté.

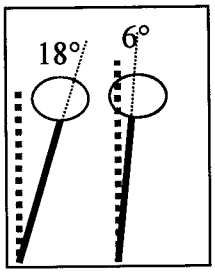
Le mouvement en extension est encore de faible ampleur en moyenne, 63° ±19. L'écart type moins conséquent que pour les mouvements de flexion indique tout de même des différences entre certains individus, l'extension la plus faible de ce groupe étant de 16° (individu 23), l'extension la plus grande étant de 96° (individu 200). L'observation des mouvements des bras en extension pour la détermination des niveaux d'habileté doit être faite avec circonspection.

L'amplitude des mouvements du bras autour de l'épaule est de 82° ± 25. Le secteur angulaire décrit par le bras en rotation autour de l'épaule est plus important que pour le niveau 1 avec une augmentation de la flexion et de l'extension, mais il reste très éloigné des valeurs trouvées chez les adultes 135° (Hinrichs 1985).

Les mouvements d'oscillation du tronc

Les illustrations ci-dessous représentent les valeurs minimale et maximale de l'angle verticale/hanche/épaule.

Figure 51 : Flexions minimale et maximale du tronc en course pour l'habileté de niveau 2.



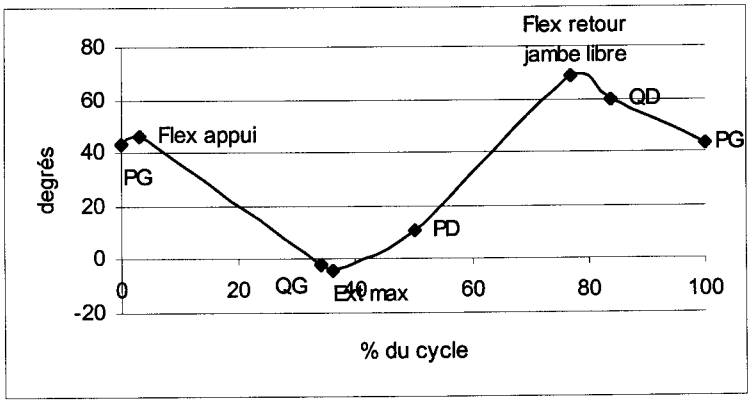
Les enfants courent avec le tronc incliné en avant 18° ±5 pour le maximum pendant la phase de retour de la jambe libre et 6° ±5 pour le minimum pendant la phase d'appui. L'écart type est important en particulier pour l'angle minimum, certains enfants présentent une extension (individu 134, extension de 7°) alors que d'autres restent en flexion prononcée (individu 45, flexion de 17°). Les différences entre les individus sont moins grandes pour l'angle verticale/tronc en flexion.

L'amplitude des mouvements du tronc en course de vitesse est de 12° ±5. Celle-ci est légèrement plus importante que pour le niveau 1 par la seule augmentation de la flexion maximale. Les enfants paraissent légèrement penchés en avant dans la phase de retour de la jambe libre.

Les mouvements au niveau de la hanche

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la hanche au cours du cycle en course à vitesse maximale pour les coureurs de l'habileté de niveau 2.

Figure 52 : Angles de la hanche en degrés à différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 2.



L'angle de la hanche est de 43° ± 8 au moment du posé, une flexion se produit pendant la mise en tension (46° ± 7) dans le tout début de la phase d'appui (3% du cycle), une extension commence alors qui culmine à – 4° ± 7 juste après le quitté. Le quitté a lieu à 34% du cycle, la fin de l'extension à 36% du cycle. Nous sommes comme au niveau 1 dans une situation où l'extension maximale se produit avant le quitté, ce qui indique un contrôle difficile du bassin en course, un gainage peu efficace. Puis la flexion commence pour

culminer à 69° ±7 en fin de phase de retour de la jambe libre 77%. Enfin, pour préparer le posé, une flexion commence alors.

L'amplitude des mouvements au niveau de la hanche est de 73° ± 9. L'amplitude est légèrement supérieure à celle du niveau 1.

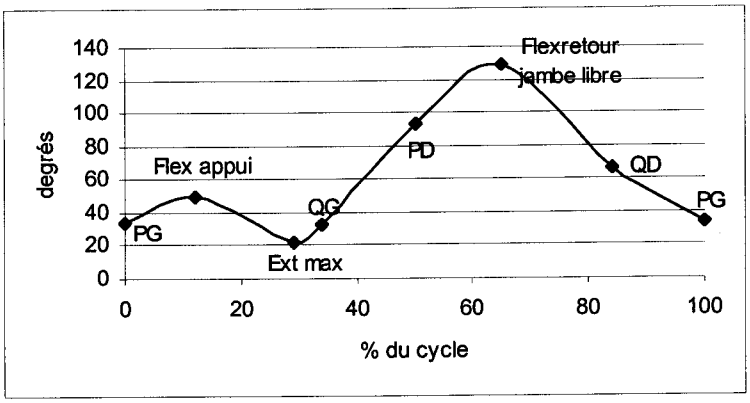
La flexion en tout début d'appui a une amplitude de 3° et se termine à 3% du cycle. La flexion est plus brève que pour le niveau 1, mais d'égale amplitude. Les enfants de niveau 2 semblent mieux contrôler cette flexion, qui traduit un écrasement au moment de la réception sur l'appui.

L'angle cuisse/tronc reste faible pendant le retour de la jambe libre donnant l'impression que les enfants ne montent pas beaucoup les genoux pendant la course. Comme pour l'habileté 1, l'écart type important pour la valeur en extension maximale montre des disparités entre les individus de ce niveau d'habileté. D'une manière globale, l'angle minimum que fait la cuisse avec l'horizontale, dans la phase de retour de la jambe libre, est de 36°. Il est inférieur à celui trouvé au niveau 1 (45°), ce qui indique un genou qui monte plus au cours de cette phase.

Les mouvements au niveau du genou

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle du genou au cours du cycle en course à vitesse maximale.

Figure 53 : Variation de l'angle du genou en degré pour différents événements en % du cycle pour le niveau d'habileté 2.



Pendant la phase d'appui, le genou est en flexion maximale à 12% ± 4 du cycle l'angle maximum est de 50° ± 8. Une extension brève se produit dans le renvoi de la phase d'appui jusqu'à 22° ± 6, elle se termine à 29% ± 4 du cycle, le quitté se produit à 34%± 4. Nous sommes toujours dans une organisation motrice de type course et non de type sprint selon Mann & al (1986). Pendant le retour de la jambe libre la flexion maximale (129° ± 10) se produit à 65% ± 5 du cycle, sensiblement au milieu de l'appui controlatéral. Une extension préparatoire au posé commence alors.

L'amplitude des mouvements au niveau du genou est de 107° ± 13. Elle est plus importante que pour le niveau 1, l'augmentation est due à une flexion plus importante pendant

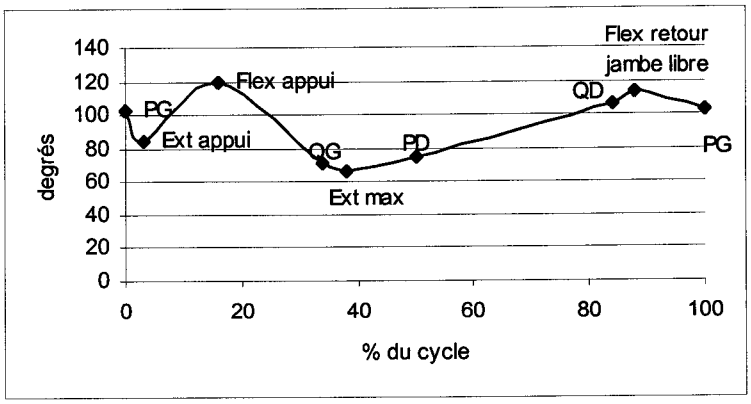
la phase de retour de la jambe libre, l'extension restant presque identique. Elle est semblable à l'amplitude chez les adultes en course à vitesse non maximale à 6m.s^{-1} (Grillner 1979). La flexion du genou lors de l'appui montre également que l'organisation corporelle peut être comparée à celle de l'adulte, mais à une vitesse non maximale (Mann & al 1986).

La flexion du genou dans le retour de la jambe libre, combinée à l'inclinaison du tronc et à l'angle de la hanche, amène la jambe dans cette phase sensiblement à l'horizontale, le retour de la jambe libre semble plus haut qu'au niveau 1, la jambe n'arrivait pas au niveau de l'horizontale. Le talon « monte » plus haut dans la première partie du retour de la jambe libre à ce niveau d'habileté.

Les mouvements au niveau de la cheville

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la cheville en course de vitesse pour des enfants de niveau 2.

Figure 54 : Angles de la cheville en degré aux différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 2.



Au posé, l'angle de la cheville est de 102° ±9. Une extension se produit dans le tout début de la phase de mise en tension (3% du cycle) jusqu'à 85° ±5. Nous retrouvons l'extension dans le tout début de la phase de mise en tension, comme nous l'avions examinée pour le niveau 1. Puis une flexion se produit pendant la phase de mise en tension 120° ±5 qui se termine à 16% du cycle, la phase de renvoi est marquée par une extension 66° ±8 qui se termine peu après le quitté à 38% du cycle, le quitté intervenant à 34% du cycle. Un mouvement de flexion se produit pendant la plus grande partie de la phase de retour de la jambe libre, pour atteindre 113° ±6 à 88 % du cycle, le posé est précédé d'une extension.

L'amplitude des mouvements de l'articulation de la cheville pour l'habileté de niveau 2 est de 54° ±9. Elle est très importante, due à une flexion importante dans la phase d'appui et à une grande extension en début de retour de la jambe libre. La cheville est plus mobile qu'au niveau 1 par l'extension, la flexion pendant l'appui reste similaire. Les valeurs trouvées demeurent largement supérieures à celles trouvées par Fortney (1983), et supérieures aux valeurs trouvées chez les adultes (Mann & Hagy 1980, Stefanyshin & Nigg 1998).

La flexion dans la phase de mise en tension est proche en amplitude de celle trouvée par Fortney (1983) pour des enfants de 6 ans. Cette valeur correspond aux valeurs trouvées

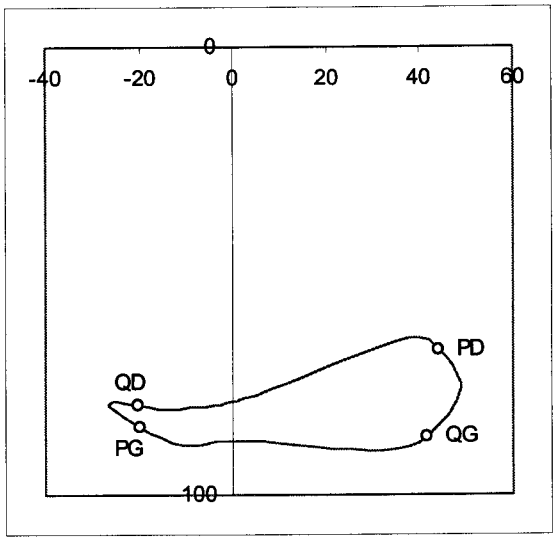
par Novacheck (1998) pour des adultes en course lente, mais reste éloignée des valeurs trouvées en sprint.

A ce niveau d'habileté, 43% des enfants posent le pied par le talon. Ils sont moins nombreux que pour le niveau précédent.

II.4.2.2.4. Modélisation du niveau 2 : la poulaine

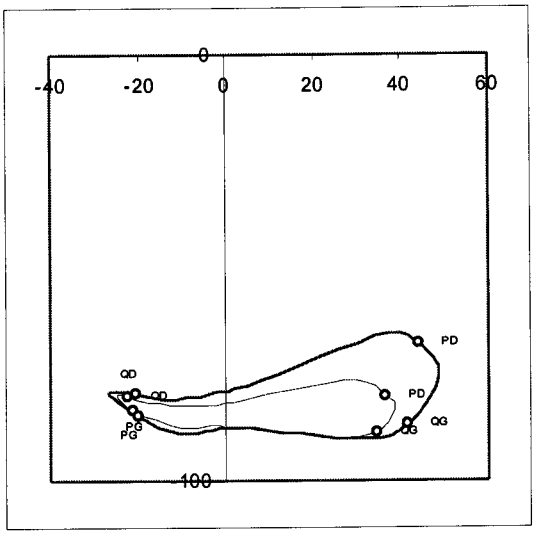
L'habileté de niveau 2 peut être représentée par la courbe paramétrique de la trajectoire de la pointe de pied par rapport à l'oreille ci-dessous.

Figure 55 : Poulaine de niveau 2.



Pour comparer cette représentation du niveau 2 et indiquer le sens des transformations, nous présentons ci-dessous la superposition de la poulaine de niveau 1 en bleu et de la poulaine de niveau 2 en rose.

Figure 56 : Superposition des poulaines de niveau 1(en bleu) et de niveau 2 (en rose).



La superposition des poulaines des niveaux 1 et 2 permet une mise en perspective de l'évolution qui se manifeste. Les transformations se font dans le sens d'une augmentation de la partie arrière de la poulaine, augmentation de la longueur, de la hauteur et de l'épaisseur de la bosse arrière, ainsi que de l'épaisseur de la poulaine à la verticale de l'oreille. La poulaine se développe, la partie avant diminue de longueur relativement à la partie arrière, la bosse arrière se forme, les posés et quitté s'éloignent les uns des autres

La corne avant représente 35% de la longueur totale de la poulaine au lieu des 39% pour le niveau 1. Les coureurs sont légèrement inclinés vers l'avant en course, mais le retour de la jambe libre pendant l'appui controlatéral se fait encore relativement bas.

Les posés et quittés sont éloignés de l'axe et les posés sont proches des quittés, ce qui montre que la durée de la suspension reste brève, les appuis longs. Le posé se fait encore loin de la verticale de l'oreille, le coureur arrive au moment du posé avec un angle hanche talon important. La bosse arrière qui se forme, indique un retour de la jambe libre un peu plus haut, mais la foulée n'est pas encore développée, le passage de la jambe libre sous l'appui ne se fait pas avec une jambe très fléchie, la poulaine ne présente pas une épaisseur conséquente.

II.4.2.2.5. Conclusion

Les enfants qui montrent ce niveau d'habileté sont, pour la majorité des enfants de 3, 4 et 5 ans, certains enfants plus âgés présentant encore le niveau 2 d'habileté, en particulier des filles.

Le nombre important d'enfants de 9/10 ans qui sont encore de ce niveau d'habileté, alors qu'à 8 ans très peu d'enfants montrent un niveau aussi faible, laisse supposer qu'il se

produit une détérioration de l'organisation motrice en course de vitesse vers 7-8 ans. Parmi les enfants qui montrent une détérioration de leur habileté en course, les filles sont sur-représentées. On peut émettre l'hypothèse d'un manque de pratique pour expliquer cette involution ce qui souligne l'importance d'une pratique régulière chez les enfants de l'école primaire.

La foulée de niveau 2 se caractérise par un temps d'appui qui reste long, une suspension brève. Le coureur est un peu incliné vers l'avant, la jambe passe le niveau de l'horizontale dans la phase arrière du retour de la jambe libre grâce à une flexion au niveau du genou un peu plus prononcée, mais le talon monte encore peu dans la première partie du retour de la jambe libre. Lors du passage de la jambe libre à la verticale de l'appui, la jambe n'est pas très fléchie, ensuite le genou monte un peu plus. La pose du pied se fait encore loin en avant de la verticale de l'oreille. L'asymétrie des foulées droite et gauche, signalée au niveau 1, perdure.

II.4.2.3. L'habileté de niveau 3

II.4.2.3.1. Les performances

Le tableau ci-dessous indique les performances moyennes et pondérées pour les individus de la classe 3.

Tableau 93 : Performances moyennes et pondérées des coureurs de niveau 3.

Indicateurs de performance	Valeurs
Vitesse moyenne	458 $cm.s^{-1}$ ± 93
Vitesse pondérée	373 $cm.s^{-1}$ ± 50
Amplitude moyenne	243 cm ± 55
Amplitude pondérée	197 cm ± 31
Indice oreille	7 cm ± 2
Indice pondéré	6 cm ± 2
Fréquence	3.8 Hz ± 0.4
Rapport suspension/appui	0.50 ± 0.16

Les performances moyennes et pondérées restent modestes et correspondent à des performances d'enfants de 6 ans pour Branta & al (1984) ou Miyamaru & al (1987), à celles d'enfants plus âgés pour Fortney (1983) ou Amano & al (1987). Les écarts types pour les performances moyennes sont toujours importants. Les faibles indices de dispersion de l'amplitude pondérée (0.16) et de la vitesse pondérée (0.14) indiquent que les individus sont relativement bien regroupés. La fréquence trouvée est proche de celles proposées par Marino & Mc Donald (1986) dans son étude, pour les enfants de 6 ans, mais très éloignée des valeurs données par Miyamaru & al (1987) ou Balsevich (1987).

Le rapport temps de suspension / temps d'appui de 0.50 marque une efficacité légèrement supérieure de l'appui par rapport au niveau 2. Ce rapport situe les coureurs de cette habileté au niveau des enfants de 6/7 ans pour Balsevich (1987). Dans le détail, le timing des événements caractéristiques pour ce niveau est le suivant :

Tableau 94 :Timing des événements caractéristiques en pourcentages de la durée du cycle de l'habileté de niveau 3.

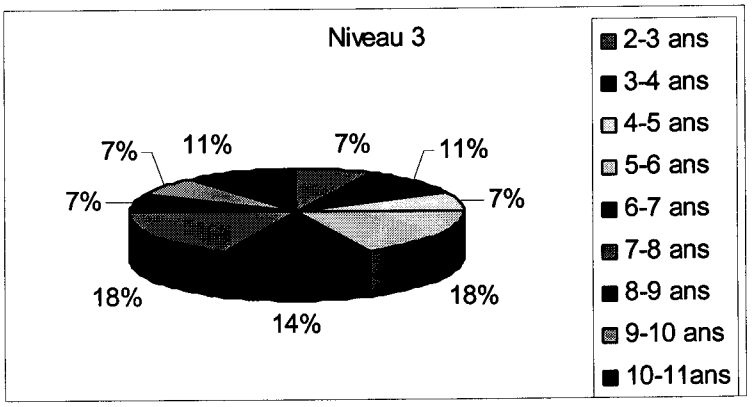
Appui		Retour jambe libre		
PG	QG	PD	QD	PG
0%	33% ±4	50% ±3	84% ±3	100%

Les durées (en pourcentage) de l'appui et de la suspension stagnent entre l'habileté de niveau 2 et celle de niveau 3 (33% pour 34% au niveau 2). Il existe toujours des foulées asymétriques signalées par la différence entre la durée de l'appui gauche et de l'appui droit (33% d'appui gauche et 34 % d'appui droit) et un écart type de ±3 au niveau de l'instant du posé droit (50 % ± 3).

II.4.2.3.2. La population

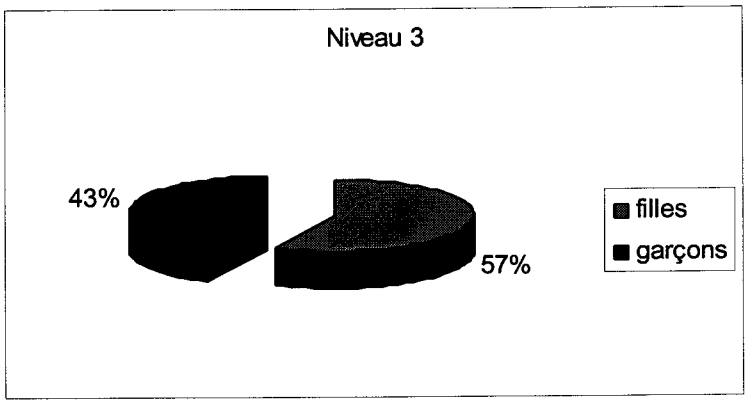
La composition de la population de l'habileté de niveau 3 s'établit ainsi :

Figure 57 : Répartition par âge de la population de la l'habileté 3 en pourcentage



Le niveau 3 regroupe des individus de toutes les classes d'âge. Le groupe des enfants du cycle 2, c'est-à-dire de 5-6ans, 6-7 ans et 7-8 ans représente à lui seul 50% des individus de ce niveau. Comme pour les deux niveaux précédents, nous allons affiner l'étude de la composition de la population par la répartition garçons/filles. Le graphique ci-dessous indique la distribution en pourcentage en fonction du sexe.

Figure 58 : Répartition par sexe de la population de l'habileté 3 en pourcentage.



Le pourcentage des filles diminue légèrement par rapport aux deux niveaux précédents. La répartition globale en fonction du sexe tend à s'équilibrer. Il faut examiner la répartition par âge pour affiner les différences. Le tableau ci-dessous présente la répartition.

Tableau 95 : Répartition filles/garçons pour le niveau 3 d'habileté en course de vitesse.

Cycle	Classe	Sexe Age	Nb de Filles	Nb de Garçons
Cycle 1	Toute petite section	2 - 3 ans	2	
	Petite section	3 - 4 ans	1	2
	moyenne section	4 -5 ans	1	1
Cycle	Grande section	5 -6ans	2	3
	Cours préparatoire	6 - 7 ans	2	2

Cycle	Classe	Age	Sexe	Nb de Filles	Nb de Garçons
	Cours élémentaire 1	7 - 8 ans		2	3
Cycle 3	Cours élémentaire 2	8 - 9 ans		1	4
	Cours moyen 1	9 - 10 ans		2	4
	Cours moyen 2	10 - 11 ans		3	4

Une fois encore ce sont des filles qui montrent ce niveau d'habileté à des âges avancés, 9-10 et 10-11 ans. Globalement il y a autant de garçons que de filles qui présentent ce niveau d'habileté de 3 à 8 ans, mais après 9 ans il n'y a plus que des filles. S'il est possible de supposer que ce niveau d'habileté aurait du être atteint par tous les enfants de entre 6 et 8 ans (voir analyse de la performance moyenne), nous pouvons constater qu'un certain nombre de filles continue à montrer ce niveau d'habileté après cet âge, alors que tous les garçons l'ont dépassé.

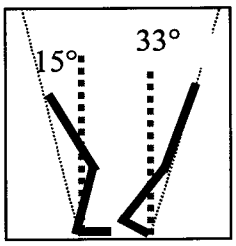
II.4.2.3.3. L'organisation motrice

L'habileté de niveau 3 se caractérise par les mesures angulaires suivantes :

Le secteur angulaire balayé par la hanche

Les illustrations ci-dessous représentent l'angle verticale /talon/hanche au posé et verticale/pointe/hanche au quitté.

Figure 59 : Angle hanche/talon/verticale au posé et angle hanche/pointe/verticale au quitté pour l'habileté de niveau 3.

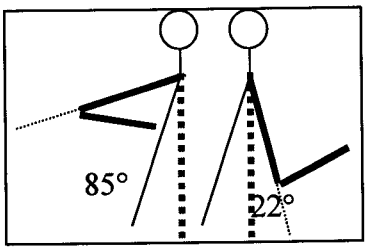


Au moment du posé l'angle verticale/hanche/talon est de 15° ± 4, au quitté il est de 33° ± 4. L'angle à la réception reste du même ordre de grandeur que pour les 2 autres niveaux d'habileté, mais l'angle au quitté de 33° marque une impulsion plus orientée vers l'avant. Le secteur angulaire balayé par la chaîne motrice autour du pied pendant l'appui est de 49° ± 7. Il est sensiblement le même pour le niveau 2 et le niveau 3.

L'oscillation des bras

L'illustration ci-dessous permet d'approcher le secteur angulaire décrit par le bras en course de vitesse.

Figure 60 : Extension maximale et flexion maximale du bras pour l'habileté de niveau 3.

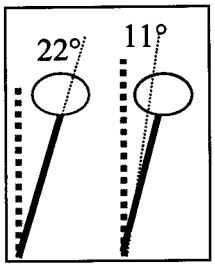


Le mouvement en flexion est de 22° ± 20, le mouvement en extension de 85° ± 16. Il existe encore de grandes différences entre les individus de ce niveau du point de vue des mouvements de flexion du bras, certains enfants, comme dans les autres niveaux, ont toujours le bras en extension, alors que d'autres montrent une flexion importante (60° par exemple). Les mouvements de bras en flexion ne sont pas à prendre en considération pour l'analyse de l'habileté de niveau 3. En extension, globalement, les mouvements sont plus importants que pour les deux autres niveaux. L'amplitude des mouvements du bras autour de l'épaule est de 107° ± 25. Nous sommes encore loin des 135° signalés par Hinrichs (1985) pour l'adulte.

Les mouvements d'oscillation du tronc

Les mouvements d'oscillation du tronc sont illustrés par la valeur minimale et la valeur maximale d'inclinaison du tronc en course.

Figure 61 : Flexion minimale et maximale du tronc pour l'habileté de niveau 3.

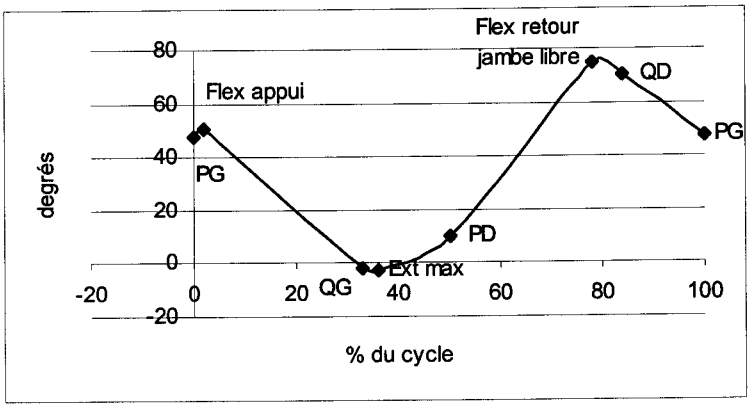


L'angle minimum est de 11° ± 6, l'angle maximum est de 22° ± 5, l'amplitude du mouvement d'oscillation du tronc est 11° ±2. Les enfants sont plus inclinés au niveau du tronc à ce niveau d'habileté. A l'observation, les enfants donnent l'impression d'un tronc incliné vers l'avant pendant la course.

Les mouvements au niveau de la hanche

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la hanche au cours du cycle en course à vitesse maximale pour les coureurs de l'habileté de niveau 3.

Figure 62 : Variation de l'angle de la hanche en degrés à différents moments du cycle en pourcentage pour l'habileté de niveau 3.



Au moment du posé l'angle est de 44° ±10°, une flexion apparaît de faible ampleur 47° ±9 au tout début de la phase de mise en tension (2% du cycle) puis une extension commence qui se termine après le quitté, le quitté gauche a lieu à 33% du cycle, la fin de l'extension à 36%. Nous sommes là à un tournant entre les comportements en course. Si les enfants de niveau 1 et 2 produisent leur extension maximale avant le quitté, maintenant les enfants des niveaux d'habileté supérieurs poursuivent leur extension après le quitté, indiquant ainsi une augmentation de la poussée de la jambe d'appui. L'extension maximale est de – 3° ± 6. La hanche fléchit alors pendant le retour de la jambe libre, la flexion se termine à 78% du cycle et culmine à 75° ±9. L'extension préparatoire au posé se produit ensuite.

L'amplitude des mouvements au niveau de la hanche est de 78° ±11 pour les coureurs de niveau 3. Elle est plus importante que pour les niveaux précédents. En comparaison avec les deux autres niveaux d'habileté, c'est la flexion maximale qui augmente.

La flexion qui suit le posé est très proche du posé, ce qui peut traduire une meilleure maîtrise de l'amortissement consécutif à la réception sur l'appui.

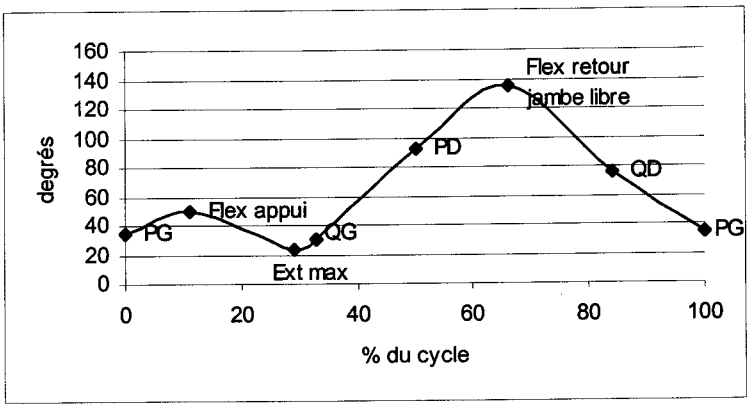
L'angle au quitté présente un écart type important, certains enfants présentent une extension, d'autres restent en flexion.

L'inversion extension/flexion se produit après le quitté. Nous retrouvons cette organisation, chez les adultes, en course rapide mais pas à des vitesses maximales. La flexion maximale de la hanche augmente, la cuisse monte un peu plus qu'aux deux autres niveaux par rapport à l'horizontale, l'angle minimum cuisse/horizontale pour ce niveau étant de 31°, alors qu'il était de 36° pour le niveau 2 et de 45° pour le niveau 1.

Les mouvements au niveau du genou

La courbe ci-dessous représente les variations de l'angle du genou au cours du cycle en course de vitesse.

Figure 63 : Angles du genou en degrés à différents moments du cycle en pourcentage pour l'habileté de niveau 3.



Au moment du posé l'angle cuisse/jambe est de 34° ± 6, une flexion de 16° ± 7 se produit qui se termine vers 11% du cycle. Une extension de 31° ± 7 a lieu, elle se prolonge presque jusqu'au quitté (30% du cycle). Le quitté se produit à 31% du cycle, la flexion amorcée en fin d'appui se poursuit jusqu'à 66% du cycle et atteint un maximum de 135° ± 9, suivi de l'extension préparatoire au posé.

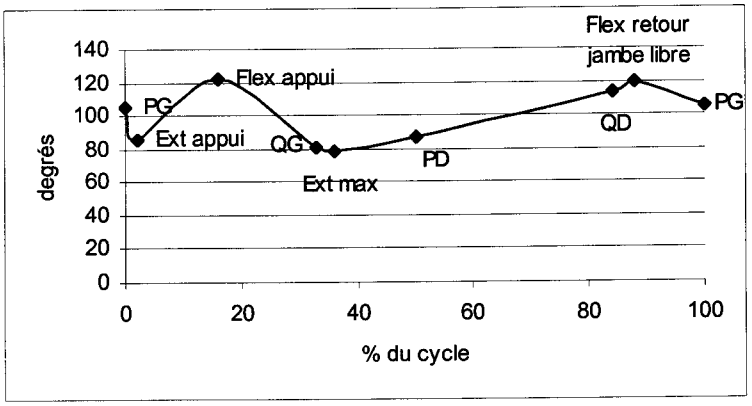
L'amplitude des mouvements du genou pour le niveau 3 est de 112° ± 11. Elle est plus importante que celle des niveaux précédents, la cause se trouve dans une plus grande flexion pendant le retour de la jambe libre, alors que les valeurs angulaires pendant l'appui sont peu différentes des autres niveaux d'habileté.

Il existe toujours une flexion/extension du genou pendant la phase d'appui qui indique une organisation corporelle proche de la course de vitesse adulte mais différente du sprint adulte. La flexion du genou qui augmente dans la première partie de la phase de retour de la jambe libre entraîne un talon qui monte plus haut en arrière qu'aux deux autres niveaux.

Les mouvements au niveau de la cheville

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la cheville en course de vitesse pour des enfants de niveau 3.

Figure 64 : Variations de l'angle de la cheville en degrés aux différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 3.



Au moment du posé, l'angle est en moyenne de 105° ± 10, l'extension qui suit le posé se produit à 2% du cycle et l'amplitude du mouvement est de 19°. Le début de la phase de mise en tension est marqué par une flexion qui reste sensiblement de même ampleur que pour les habiletés de niveau inférieur. La flexion maximale se produit à 16% du cycle, sensiblement au milieu de la phase d'appui et culmine à 122° ± 4. Le quitté a lieu à 36% du cycle, la durée de l'appui diminue par rapport aux niveaux précédents. L'extension qui suit la flexion dans la deuxième partie de la phase d'appui se termine juste après le quitté, à 36% du cycle. Dans la phase de retour de la jambe libre, la cheville fléchit, le mouvement est continu dans la plus grande partie de cette phase, il se termine à 88% du cycle et atteint 113° ± 3. L'extension préparatoire au posé se produit alors.

L'amplitude des mouvements pour l'habileté de niveau 3 au niveau de la cheville est de 43° ±7. Elle est moins importante que pour les autres niveaux, mais elle reste largement supérieure à l'amplitude des mouvements trouvée par Fortney (1983) et supérieure aux valeurs trouvées chez les adultes (Mann & Hagy 1980, Stefanyshin & Nigg 1998). L'amplitude moindre, par rapport aux niveaux précédents, est due à une extension inférieure. Cette organisation correspond à celle du sprint adulte dans laquelle l'extension au niveau de la cheville est plus limitée qu'en course. Les enfants de ce niveau d'habileté semblent avoir acquis une cheville plus tonique.

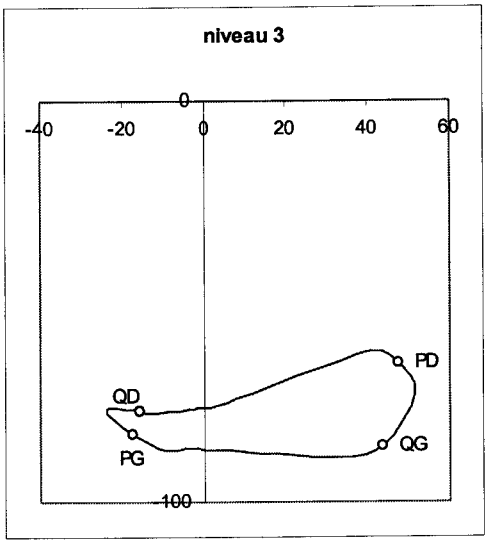
La flexion en début d'appui, dont nous avons déjà discuté, existe toujours.

Il y a autant d'enfants qui posent le pied à plat que d'enfants qui posent le pied par le talon, alors que pour les niveaux d'habileté inférieurs il y avait toujours plus d'enfants qui posaient par le talon qu'à plat. Mais nous sommes toujours loin des 28% en talon trouvés par Payne (1983).

II.4.2.3.4. La poulaine

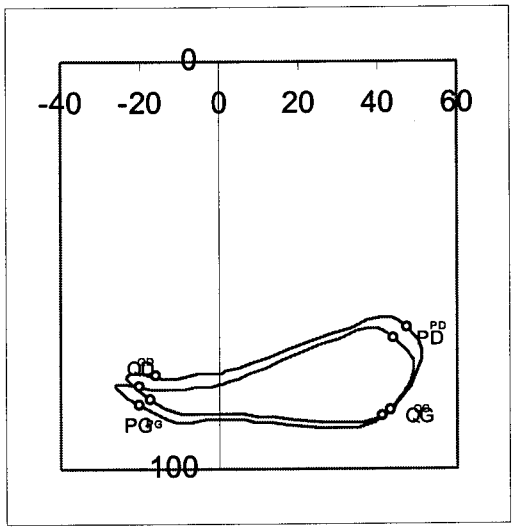
L'habileté de niveau 3 peut être caractérisée par la poulaine moyenne de la classe 3.

Figure 65 : Poulaine de l'habileté de niveau 3.



La poulaine se forme davantage, la longueur avant diminue, elle ne représente que 31% de la longueur totale, l'épaisseur à la verticale de l'oreille, la longueur arrière et la hauteur de la bosse augmentent. Pour indiquer le sens des transformations, le graphique ci-dessous présente la superposition des poulaines de niveau 2 (en violet) et 3 (en rouge).

Figure 66 : Superposition des poulaines de niveau 2 et de niveau 3.



La superposition des poulaines permet d'illustrer l'évolution entre les deux niveaux. Les transformations se font dans le sens d'une augmentation de la bosse arrière, de l'épaisseur à la verticale de l'oreille et d'une hauteur de corne plus importante.

En pourcentage de la longueur totale, la longueur de la corne avant continue sa diminution, elle ne représente que 31% de la longueur totale de la poulaine contre 35 % pour l'habileté de niveau 2. Les enfants courent avec le tronc plus incliné.

Les posés et quittés gauches et droits sont plus séparés, la suspension est plus longue, les posés et quittés gauches se rapprochent de l'axe, le temps d'appui diminue. L'épaisseur à

la verticale de l'oreille augmente, le retour de la jambe libre se fait plus fléchi pendant l'appui controlatéral.

La bosse arrière plus longue et plus épaisse signale une extension plus grande de la jambe d'appui avant le quitté et un retour de la jambe libre plus fléchi, en particulier au niveau du genou. Les coureurs sont plus inclinés vers l'avant pendant leur course.

II.4.2.3.5. Conclusion

La majorité des enfants de niveau 3 sont des enfants entre 5 et 8 ans. Certains enfants de 2, 3 et 4 ans courent déjà de cette manière et ils sont encore un certain nombre entre 8 et 11 ans, en particulier des filles, à conserver ce type d'organisation motrice.

Le coureur de niveau 3 se caractérise par un tronc incliné, un genou un peu plus fléchi, dans la première partie de la phase de retour de la jambe libre, mais la jambe libre est encore peu fléchie lors de l'appui controlatéral. Le mouvement des bras prend de l'ampleur en extension, en flexion nous constatons de grandes différences. Au niveau du quitté, pour l'angle de la hanche, les enfants de ce niveau ne sont pas homogènes ; certains présentent une extension alors que d'autres sont encore en flexion.

II.4.2.4. L'habileté de niveau 4a

II.4.2.4.1. Les performances

Le tableau ci-dessous indique les performances moyennes et pondérées des individus de niveau 4a.

Tableau 96 : Performances moyennes et pondérées des coureurs de niveau 4a.

Indicateur de performance	Valeur moyenne
Vitesse moyenne	521 cm.s-1 ± 94
Vitesse pondérée	395 cm.s-1 ± 50
Amplitude moyenne	275 cm ± 51
Amplitude pondérée	208 cm ± 25
Indice oreille	7 cm ± 2
Indice pondéré	6 cm ± 2
Fréquence	3.8 Hz ± 0.4
Rapport suspension/appui	0.72 ±0.17

La vitesse et l'amplitude moyenne des individus d'habileté de niveau 4 sont proches de celles des enfants entre 7 et 9 ans selon Marino & McDonald (1986), les écarts types étant sensiblement plus importants que ceux trouvés par ces auteurs. La fréquence de ce niveau est également proche des valeurs proposées dans l'étude de Marino et McDonald (1986) mais éloignée des valeurs de Miyamaru (1987) et Balsevich (1987).

Les écarts types importants montrent également des disparités entre les individus de cette classe au niveau des performances moyennes, mais les écarts types moins importants pour les variables pondérées indiquent que pour cette classe aussi la pondération joue bien son rôle. L'étude de la population doit nous montrer une population répartie, avec des enfants de taille bien différente.

Le rapport temps de suspension/ temps d'appui (0.72) est élevé, il augmente fortement entre les deux niveaux 3 et 4. Il est similaire à celui trouvé par Miyamaru & al (1987) pour les enfants de 7 ans, mais très éloigné du rapport trouvé par Balsevich (1987) pour le même âge. Dans le détail le timing des posés et quittés pour ce niveau est le suivant.

Tableau 97 : Timing des événements caractéristiques en pourcentage de la durée du cycle de l'habileté de niveau 4a.

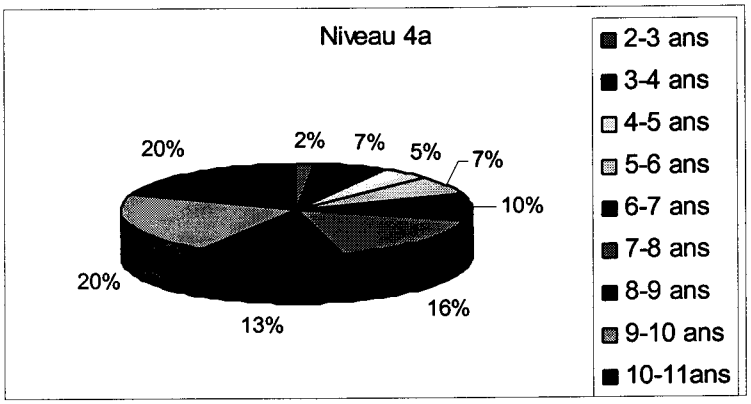
Appui		Retour jambe libre		
PG	QG	PD	QD	PG
0%	29% ±4	51% ±3	80% ±4	100%

L'appui diminue et passe de 33% ± 4 de la durée du cycle au niveau 3, à 29% ± 4 au niveau 4a. Cela traduit une efficacité encore accrue de l'appui qui permet une suspension importante. Ce pourcentage se rapproche de celui de l'adulte en sprint, tout en étant encore nettement éloigné de la valeur de 22,5 % indiquée par Novacheck (1998).

II.4.2.4.2. La population

Le graphique ci-dessous présente la répartition de la population selon l'âge en pourcentages.

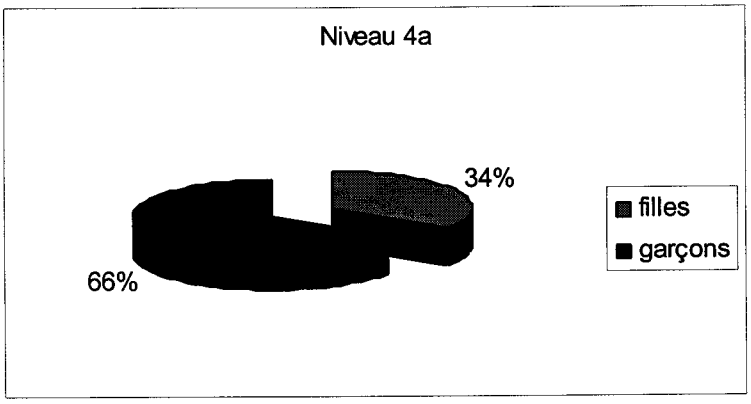
Figure 67 : Répartition par âge de la population de l'habileté 4a en pourcentage.



La classe 4a est constituée majoritairement d'enfants entre 7 et 11 ans. Tous les âges sont représentés. Nous notons qu'un enfant de 2 ans présente déjà ce niveau et que, entre 3 et 6 ans, ils sont à chaque âge plusieurs à être de ce niveau d'habileté. Si le niveau 4a correspond globalement à un niveau d'enfants de 7 ans d'après les autres études développementales, alors à 2-3 ans des enfants courent déjà avec un niveau très élevé d'habileté.

Le graphique ci-dessous présente la répartition fille/garçon en pourcentage.

Figure 68 : Répartition par sexe de la population de l'habileté 4a en pourcentage.



Dans ce niveau, nous retrouvons majoritairement des garçons, pour affiner notre compréhension de la répartition de la population, nous allons examiner la répartition de la population garçon/fille en fonction de l'âge.

Figure 69 : Répartition filles/garçons pour le niveau 4a d'habileté en course de vitesse

Cycle	Classe	Age	Sexe	Nb de Filles	Nb de Garçons

Cycle 1	Toute petite section	2 - 3 ans		1
	Petite section	3 - 4 ans	2	2
	moyenne section	4 -5 ans		3
Cycle 2	Grande section	5 -6ans	2	2
	Cours préparatoire	6 - 7 ans	1	5
	Cours élémentaire 1	7 - 8 ans	5	5
Cycle 3	cours élémentaire 2	8 - 9 ans	2	6
	Cours moyen 1	9 - 10 ans	6	7
	Cours moyen 2	10 - 11 ans	8	9

Globalement nous trouvons plus de garçons dans tous les cycles. Avant 6 ans, la répartition garçons et filles est équilibrée, sauf en moyenne section où il y a seulement 3 garçons et aucune fille. Au cours élémentaire, à 7-8 ans, autant de garçons que de filles sont de ce niveau. Ensuite ce sont les garçons qui sont majoritairement de ce niveau d'habileté. On peut remarquer, à 10-11 ans, un grand nombre de garçons pour un nombre peu élevé de filles. Si le niveau 4a est un niveau moyen pour un âge entre 7 et 9 ans, il semble que davantage de garçons que de filles d'un âge supérieur soient encore de ce niveau. Nous examinerons ce fait ultérieurement avec la population du niveau 4b, les 2 niveaux étant très proches en performance.

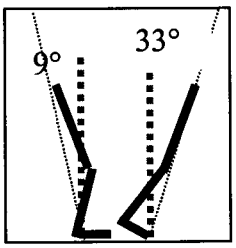
II.4.2.4.3. L'organisation motrice

L'habileté de niveau 4a se caractérise par les mesures angulaires suivantes :

Le secteur angulaire balayé par la hanche

Les illustrations ci-dessous représentent l'angle verticale /talon/hanche au posé et verticale/pointe/hanche au quitté.

Figure 70 : angles hanche/talon/verticale au posé et hanche/pointe/verticale au quitté pour le niveau 4a.

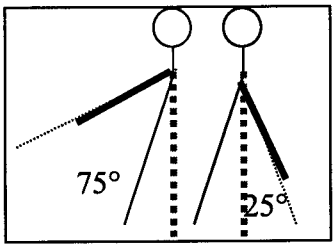


Au moment du posé, l'angle hanche/talon/verticale moyen est de 9° ± 4 et au quitté l'angle hanche/pointe/verticale est de 33° ± 6. Si l'angle au quitté est similaire à celui du niveau 3, c'est l'angle au posé qui est très différent. Il passe de 15° à 9°. Les enfants de ce niveau cherchent plus rapidement le sol avec le pied, cela contribue à diminuer le temps d'appui et constitue un réel progrès en course de vitesse.

L'oscillation des bras

L'illustration ci-dessous permet d'approcher le secteur angulaire balayé par le bras au niveau 4a.

Figure 71 : Extension maximale et flexion maximale du bras pour l'habileté de niveau 4 a.

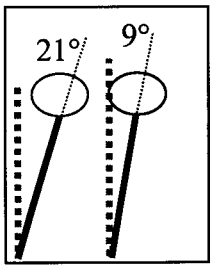


L'angle du bras en extension maximale est de 75° ± 16, l'angle en flexion est de 25° ±19. A ce niveau encore les variations interindividuelles sont très grandes pour le mouvement de flexion. Pour l'extension, les différences interindividuelles sont inférieures. On constate une diminution de l'amplitude, les enfants après avoir au niveau 3 atteint une extension en moyenne de 85° reviennent à une extension de 75°. Nous savons par ailleurs que la valeur maximale pour de sprinters adultes est de 80°. Nous pouvons faire l'hypothèse que les enfants, après une extension exagérée, construisent un rapport optimal, des mouvements excessifs signalent en effet des mouvements non économiques (Mann 1985).

Les mouvements d'oscillation du tronc

Les mouvements du tronc sont illustrés par la valeur minimale et la valeur maximale d'inclinaison du tronc en course.

Figure 72 : Flexion minimale et maximale en course au niveau 4a.

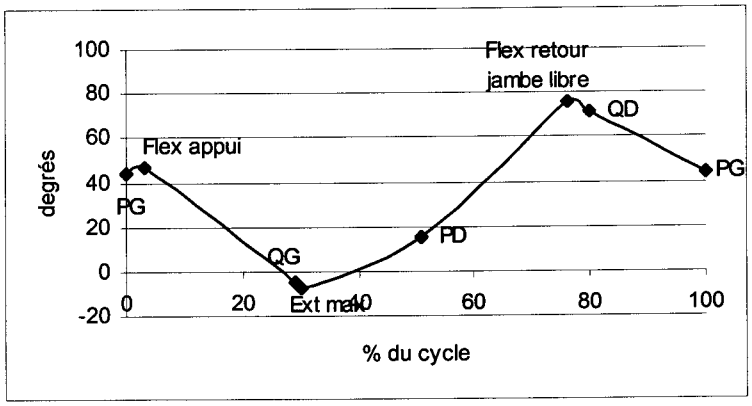


L'angle du tronc minimum au niveau 4a en course est 9° ±5, l'angle maximum est de 21° ± 5. Globalement les enfants de ce niveau donnent l'impression d'être un peu plus redressés que ceux du niveau 3 : angles maximal et minimal inférieurs.

Les mouvements au niveau de la hanche

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la hanche au cours du cycle en course à vitesse maximale pour les coureurs de l'habileté de niveau 4a.

Figure 73 : Angles de la hanche en degrés à différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 4a.



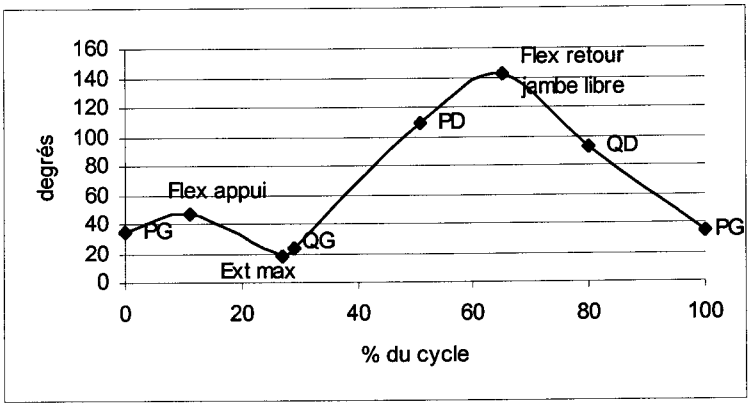
Au moment du posé l'angle de la hanche est de 44° ± 10, la flexion continue durant le début de la phase d'appui pour atteindre 47° ± 9, puis la hanche s'étend. L'extension maximale de –7° ± 8. se produit après le quitté à 30% de la durée du cycle, c'est-à-dire en moyenne après le quitté tout comme les enfants du niveau 3. Les écarts types importants, pour le quitté 29% ± 4 et pour le moment d'extension maximale 30% ± 5, indiquent que certains enfants ont encore une extension avant le quitté alors que pour d'autres, elle se produit après. La flexion commence, elle favorise le retour de la jambe libre ; elle culmine à 76° ± 8 et se produit à 76% de la durée du cycle. Elle a lieu plus tôt dans le cycle par rapport aux niveaux 1, 2 et 3. Cette flexion plus précoce indique une préparation au posé plus longue, et ce d'autant plus que la durée de la suspension augmente.

L'angle que fait la cuisse par rapport à l'horizontale pendant la deuxième partie du retour de la jambe libre diminue légèrement, il est de 29° en moyenne pour ce niveau. Le genou "monte" encore davantage dans la deuxième partie de la phase de retour de la jambe libre.

Les mouvements au niveau du genou

La courbe ci-dessous représente les variations de l'angle du genou au cours du cycle en course de vitesse.

Figure 74 : Angles du genou en degrés à différents moments du cycle en pourcentage pour l'habileté de niveau 4a



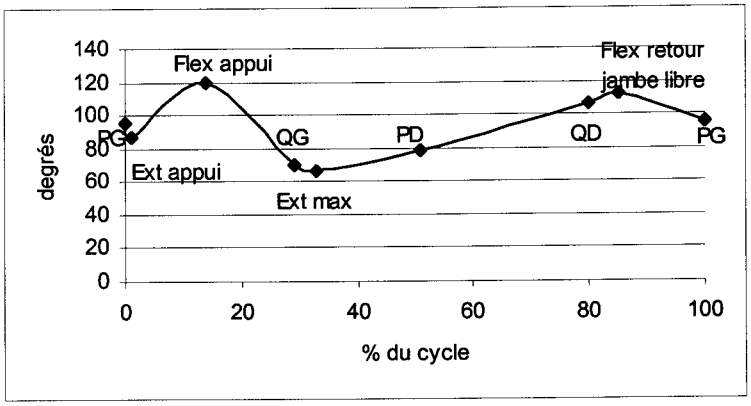
Au moment du posé, l'angle du genou est de 34° ±7. Une flexion se produit pendant l'appui à 11% ±4 du cycle. Moins importante que pour les niveaux précédents, elle s'arrête à 47° ±6. Cette flexion est même la moins importante de tous les niveaux d'habileté. Elle manifeste un appui plus solide. L'extension pendant l'appui commence pour atteindre 24° ±9 à 27% ±4 du cycle juste avant le quitté qui se produit lui à 29% du cycle. C'est l'appui le plus bref en % de tous les niveaux d'habileté et la brièveté est certainement obtenue par une réduction de la flexion pendant l'appui.

Une flexion de grande ampleur, qui atteint 142° ±10, suit le quitté pendant une grande partie de la phase de retour de la jambe libre ; elle cesse à 65% du cycle. Une extension préparatoire au posé se produit alors. L'amplitude des mouvements du genou augmente encore, elle est de 124° ±11. C'est la plus grande amplitude de tous les niveaux d'habileté, l'augmentation est obtenue essentiellement par une augmentation de la flexion maximale pendant le retour de la jambe libre.

Les mouvements au niveau de la cheville

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la cheville en course de vitesse pour des enfants de niveau 4a.

Figure 75 : Angles de la cheville en degrés aux différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 4a.



Au moment du posé, l'angle de la cheville est de 95°±6. Une extension suit immédiatement le posé (à 1% de la durée du cycle). L'amplitude de ce mouvement d'extension mouvement n'est que de 9° ce qui indique que le pied se pose dans une position plus neutre et que l'extension est alors de faible ampleur. Nous avons déjà discuté de ce phénomène, mais au-delà des hypothèses, la faible amplitude et la succession des deux événements peuvent nous indiquer un meilleur contrôle de l'articulation. Pendant l'appui se produit une flexion au niveau de la cheville qui culmine à 14% ±3 du cycle, soit sensiblement au milieu de l'appui. L'amplitude des mouvements de la cheville pendant l'appui est de 32°, cette amplitude diminue, elle était de 36° au niveau inférieur. Ces diminutions d'amplitude du mouvement indiquent que les mouvements de la cheville sont mieux contrôlés pendant l'appui et nous permettent d'inférer une cheville plus « tonique » au sens de Nilsson, Thorstensson & Halbertsma (1985).

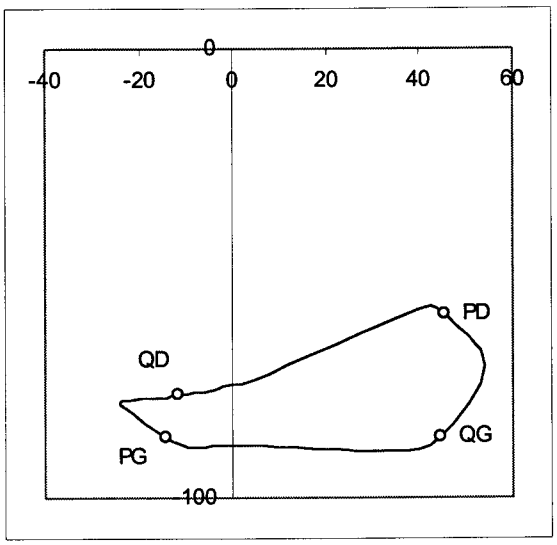
Une extension commence qui se poursuivra après le quitté. Elle atteint une valeur de 70° ± 8 à 33% ± 7. Le quitté gauche ayant eu lieu à 29% du cycle, l'extension de la cheville se poursuit bien après la fin de l'appui. En comparaison avec le niveau inférieur, le moment de fin d'extension n'est pas plus éloigné du quitté, mais il a lieu plus tôt dans le cycle en raison de la brièveté de l'appui.

Pendant le retour de la jambe libre, une flexion se produit jusqu'à 85% de la durée du cycle. La flexion est faible, 112° ± 6. C'est la plus faible et la plus précoce de tous les niveaux. Ceci peut contribuer à expliquer la brièveté de l'appui, la « tonicité » pendant l'appui étant préparée par une flexion de faible ampleur et précoce dans la phase de retour de la jambe libre.

II.4.2.4.4. La poulaine

La poulaine de niveau 4a permet de modéliser le niveau d'habileté.

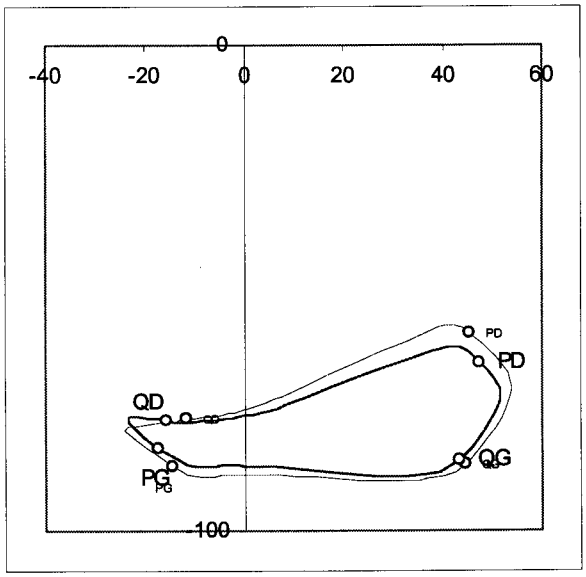
Figure 76 : Poulaine de l'habileté de niveau 4a en course de vitesse.



Ce niveau d'habileté se caractérise par une partie avant qui représente 31% de la longueur totale de la poulaine, des posés et quittés qui s'éloignent, une bosse arrière haute.

Pour indiquer le sens des transformations, nous pouvons superposer les poulaines de niveau 3 (en rouge) et de niveau 4a (en bleu).

Figure 77 : Superposition des poulaines de l'habileté de niveau 3 et 4a.



Ce qui change notablement, ce sont des posés et quittés qui s'éloignent sur la courbe (le quitté gauche du posé droit, et le quitté droit du posé gauche) et se rapprochent de l'axe. Cela traduit une différence de qualité de l'appui au sol, un temps d'appui bref grâce en particulier à une réduction de l'angle hanche/talon/verticale lors du posé, ce qui correspond à une diminution de la phase de mise en tension, la phase de renvoi étant sensiblement de même valeur.

L'épaisseur de la poulaine à la verticale est supérieure au niveau 3, ce qui traduit un genou plus fléchi dans la phase de retour de la jambe libre et un coureur plus haut sur son appui.

La longueur avant de la poulaine est un peu plus grande à ce niveau, les enfants sont légèrement plus redressés dans la phase de retour de la jambe libre.

La longueur de la bosse augmente parce que l'extension du genou est plus importante au quitté et l'épaisseur de la bosse arrière augmente parce que le genou est plus fléchi dans la phase de retour de la jambe libre.

II.4.2.4.5. Conclusion

Ce sont majoritairement des garçons qui courent de cette manière. Un certain nombre d'enfants montrent ce niveau d'habileté d'une manière précoce. Ce niveau caractérise une course relativement redressée surtout dans la phase de retour de la jambe libre, un genou qui remonte bien vers l'horizontale, plus en fréquence qu'en amplitude. Dans ce niveau les enfants ne sont homogènes pas en ce qui concerne les mouvements de bras en flexion et l'inclinaison du tronc au début du retour de la jambe libre.

Nous discuterons de ce niveau avec le niveau 4b.

II.4.2.5. L'habileté de niveau 4b

II.4.2.5.1. Les performances

Le tableau ci-dessous indique les performances moyennes et pondérées pour les individus de la classe 4b.

Tableau 98 : Performances moyennes et pondérées des coureurs de niveau 4b.

Indicateur de performance	Valeur moyenne
Vitesse moyenne	489cm.s^{-1} ± 75
Vitesse pondérée	399 cm.s^{-1} ± 42
Amplitude moyenne	262 cm ± 35
Amplitude pondérée	214 cm ± 18
Indice oreille	7 cm ± 2
Indice pondéré	6 cm ± 2
Fréquence	3.7 Hz ± 0.3
Rapport suspension/appui	0.59 ±0.15

Les individus de ce niveau sont proches par la vitesse pondérée des individus de la classe 4a, respectivement 399 cm.s-1 ± 42 et 395 cm.s-1 ± 50. Au niveau de la vitesse réelle, les individus de cette classe sont en moyenne moins rapides que les individus de la classe 4a. Ce niveau correspondrait à des vitesses moyennes d'enfants de 6/7ans d'après les moyennes trouvées par Marino & McDonald (1986) ou Miyamaru & al (1987). La fréquence est plus faible que celle trouvée pour le niveau 4a, mais l'amplitude pondérée est plus élevée. Comme pour les autres niveaux les écarts types sur les valeurs moyennes sont importants, ils deviennent moins élevés pour les variables pondérées et les indices de dispersion sur les valeurs pondérées sont faibles (amplitude pondérée : 0.08, vitesse pondérée : 0.10). Même si certains individus de ce niveau sont éloignés de par leurs performances réelles, la majorité des individus est bien regroupée par les performances pondérées.

Le rapport temps d'appui / de temps suspension est plus faible que le niveau 4a. Le timing des posés et quittés pour ce niveau est le suivant :

Tableau 99 : Timing des événements caractéristiques en pourcentage de la durée du cycle de l'habileté de niveau 4b.

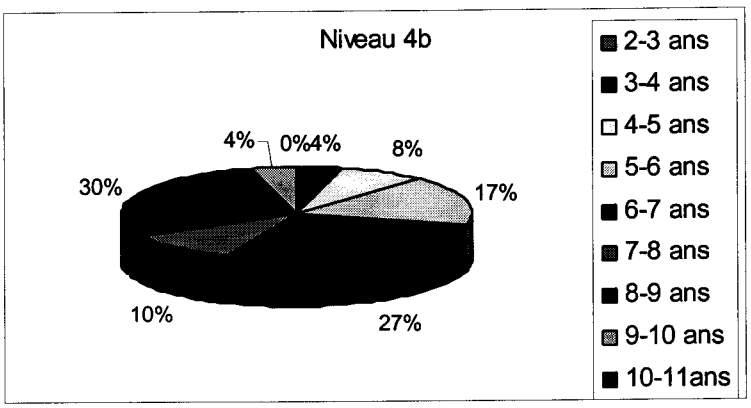
Appui		Retour jambe libre		
PG	QG	PD	QD	PG
0%	31% ±4	51% ±2	81% ±4	100%

Le niveau 4a se caractérisait par un temps d'appui très bref, au niveau 4b, ce temps d'appui en pourcentage du cycle est plus important, ce qui traduit une organisation motrice moins efficace par rapport au sprint adulte.

II.4.2.5.2. La population

La composition de la population, en pourcentage selon l'âge, pour l'habileté de niveau 4b, s'établit ainsi :

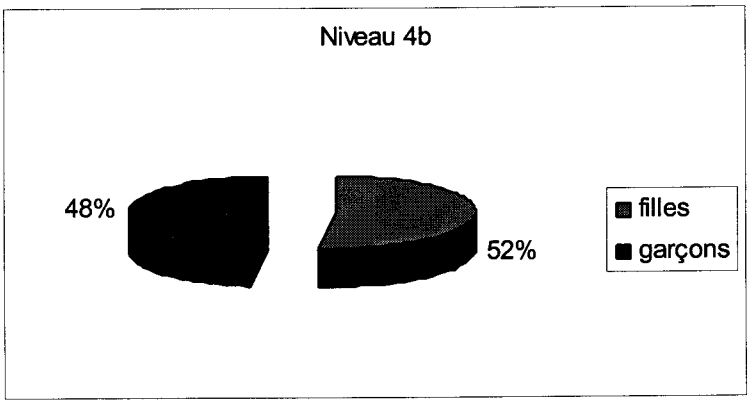
Figure 78 : Répartition par âge de la population de la l'habileté 4b en pourcentage.



Aucun enfant de 2 ans n'est concerné par ce niveau d'habileté. Un nombre d'enfants entre 3 et 5 ans montrent déjà ce niveau, mais la population majoritaire est composée d'enfants de 6, 7 et 8 ans. A 9 ans, ils ne sont que 4% et à 10 ans aucun enfant ne présente ce type d'organisation corporelle. Les enfants qui montrent ce niveau d'habileté sont en moyenne plus jeunes que les enfants du niveau 4a.

Le graphique ci-dessous présente en pourcentage, la répartition garçon/fille dans ce niveau.

Figure 79 : Répartition par sexe de la population de l'habileté 4b en pourcentage.



Dans ce niveau les garçons et les filles sont sensiblement en nombre égal. Le tableau ci-dessous des garçons et des filles en fonction de l'âge, confirme cette répartition.

Tableau 100 : Répartition filles/garçons pour le niveau 4b d'habileté en course de vitesse

Cycle	Classe	Age	Filles	Garçons
Cycle 1	Toute petite section	2 - 3 ans		
	Petite section	3 - 4 ans	2	
	moyenne section	4 -5 ans	1	3

Cycle	Classe	Age	Filles	Garçons
Cycle 2	Grande section	5 -6ans	5	3
	Cours préparatoire	6 - 7 ans	6	7
	Cours élémentaire 1	7 - 8 ans	2	3
Cycle 3	cours élémentaire 2	8 - 9 ans	8	6
	Cours moyen 1	9 - 10 ans	1	1
	Cours moyen 2	10 - 11 ans		3

C'est au cycle 2 que nous trouvons la majorité des enfants qui présentent ce niveau, et avec les filles aussi nombreuses que les garçons. Dans les niveaux 1, 2 et 3 les filles étaient toujours majoritaires, au niveau 4a la population était composée de garçons en grande partie. Au niveau 4b il y a sensiblement autant de garçons que de filles.

Les enfants de ce niveau sont plus jeunes pour une performance équivalente. Les enfants de ce niveau courent plus en amplitude qu'en fréquence. Il semble donc qu'un certain nombre d'enfants plus jeunes atteignent un niveau d'habileté équivalent dans la performance pondérée à des enfants plus âgés par un travail en amplitude.

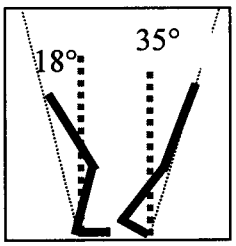
II.4.2.5.3. L'organisation motrice

L'habileté de niveau 4b se caractérise par les mesures angulaires suivantes :

Le secteur angulaire balayé par la hanche

L'illustration ci-dessous représente le secteur angulaire balayé par la hanche pendant l'appui en course de vitesse.

Figure 80 : Angle hanche/talon/verticale au posé et hanche/pointe/verticale au quitté pour le niveau 4b en course de vitesse.

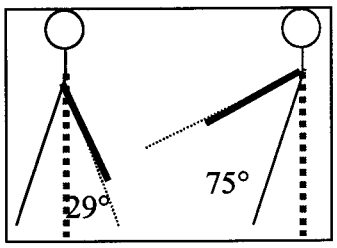


Au moment du posé, l'angle hanche/talon/verticale est de 18° ±4, au quitté l'angle hanche/pointe/verticale est de 35°±.5. L'amplitude du mouvement est 53°± 7. L'angle au posé important, c'est le plus important de toutes les classes, indique une avancée conséquente de la jambe par rapport à la verticale issue de la hanche, c'est-à-dire une avancée de l'appui importante, cette avancée pouvant être source de blocage. Par contre l'angle au quitté est également important ce qui traduit une impulsion vers l'avant, une phase de renvoi mieux orientée. Le secteur angulaire important balayé par la hanche explique pour partie le temps d'appui plus important à ce niveau qu'au 4a. Il est également possible de mettre en relation cette augmentation du secteur angulaire balayé par la hanche et l'augmentation de l'amplitude de la foulée.

L'oscillation des bras

L'illustration ci-dessous représente le secteur angulaire balayé par le bras en course de vitesse par des enfants de niveau 4b.

Figure 81 : Angles coude/épaule/verticale en extension et en flexion maximale pour les coureurs de niveau 4b.

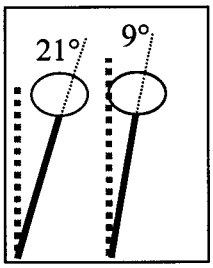


L'amplitude des mouvements du bras autour de l'épaule, le secteur angulaire balayé par le bras est de 104° ±32. En flexion, l'angle à ce niveau d'habileté est de 29° ±27, alors que l'angle en extension est de 75° ±14. Il existe toujours de grosses différences en flexion, l'extension est moins importante pour les coureurs de ce type d'habileté que pour les coureurs de niveau 3. Nous pouvons faire les mêmes remarques que pour le niveau 4a avec l'hypothèse d'un rapport optimal en train de se construire.

Les mouvements d'oscillation du tronc

Les mouvements du tronc sont illustrés, dans la figure ci-dessous par les valeurs de l'inclinaison minimale et de l'inclinaison maximale.

Figure 82 : Flexion maximale et minimale du tronc au niveau 4b.

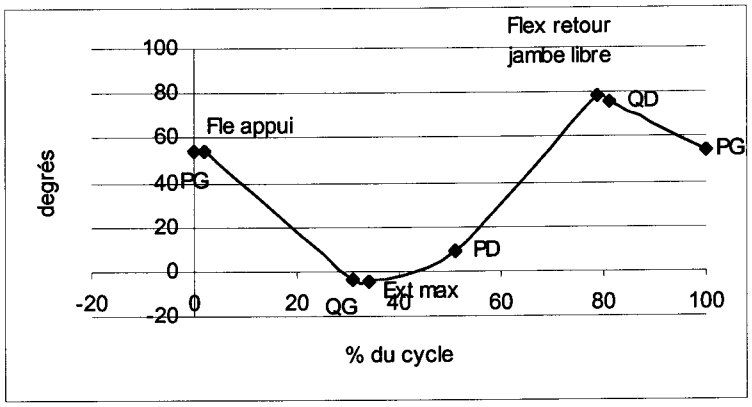


L'angle maximum est de 21° ±4 et l'angle minimum est de 9° ±5. Ces angles sont similaires à ceux du niveau 4a, et ce n'est pas par l'inclinaison du tronc que les coureurs se distinguent. Les coureurs de ce niveau semblent également bien redressés dans leur course.

Les mouvements au niveau de la hanche

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la hanche au cours du cycle en course à vitesse maximale pour les coureurs de l'habileté de niveau 4b.

Figure 83 : Angles de la hanche en degrés à différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 4b.



Au moment du posé, l'angle de la hanche est de 54° ±8. Mais ce niveau d'habileté se caractérise surtout par le fait que le posé n'est pas suivi d'une flexion de la hanche contrairement à tous les autres niveaux d'habileté. C'est le signe d'une plus grande tenue du bassin en course, une caractéristique forte de ce niveau, un des éléments forts qui rassemble les individus de cette classe.

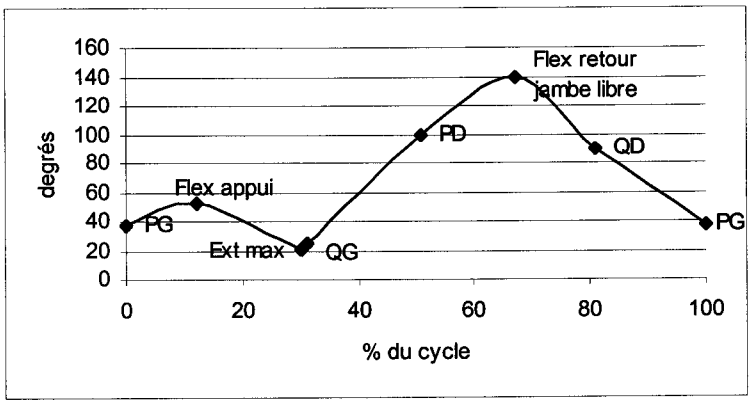
L'extension pendant l'appui se termine à 34% ±4 de la durée du cycle, le quitté se produit juste avant à 31% ±4 de la durée de l'appui. La hanche fléchit dans la première partie du retour de la jambe libre, la flexion atteint 78° ± 8 et se termine à 79% ±9 de la durée du cycle. La flexion est plus importante qu'au niveau 4a et se termine plus tardivement dans le cycle.

Elle est supérieure à la flexion des niveaux antérieurs, elle permet une montée de la cuisse plus importante dans la dernière partie de la phase de retour de la jambe libre. L'angle moyen que fait la cuisse par rapport à l'horizontale est de 22° ce qui correspond à l'angle le plus faible de tous les niveaux d'habileté.

Les mouvements au niveau du genou

La courbe ci-dessous représente les variations de l'angle du genou au cours du cycle en course de vitesse.

Figure 84 : Angle du genou en degrés à différents moments du cycle en pourcentage pour l'habileté de niveau 4b.



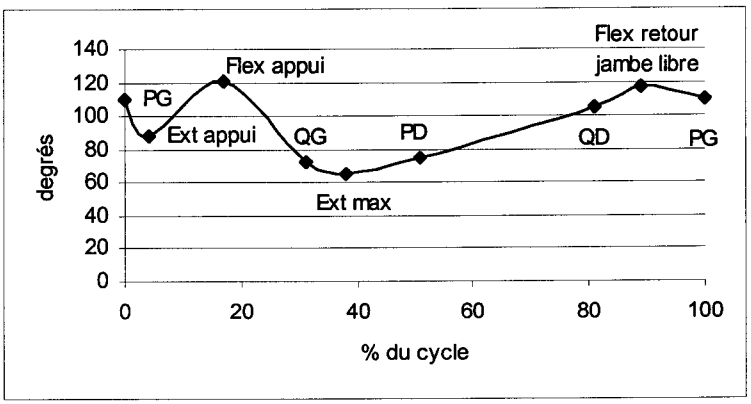
Au moment du posé l'angle du genou est de 37° ±8, les individus se présentent au posé avec un genou plus fléchi qu'aux niveaux précédents. La flexion qui suit le posé à 12% ±4 de la durée du cycle est également plus importante, elle est de 15°. L'extension qui suit se termine au moment du quitté 30% ±3 de la durée du cycle, l'extension maximale du genou étant de 21° ±6. La flexion commence avant le quitté se poursuit pendant la première partie du retour de la jambe libre. La flexion maximale est de 140° ±11, elle se produit à 67% de la durée du cycle.

L'amplitude des mouvements du genou à ce niveau est de 119° ±13, elle est plus faible qu'au niveau 4a. La réduction est due à la fois à une moins grande extension au niveau du quitté et à une moins grande flexion dans le retour de la jambe libre. La conséquence est un appui plus long et une suspension plus brève.

Les mouvements au niveau de la cheville

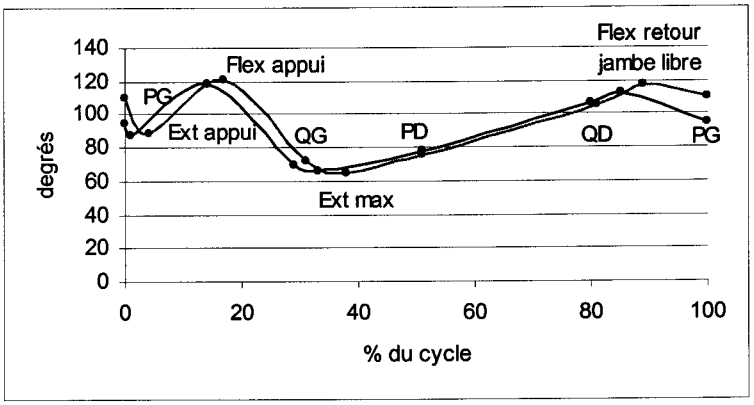
Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la cheville en course de vitesse pour des enfants de niveau 4b.

Figure 85 : Angles de la cheville en degrés aux différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 4b.



Au posé le pied se présente en flexion dorsale importante, l'angle de la cheville à ce niveau est de 110°±7. l'extension qui suit à 4% de la durée du cycle, amène la cheville à 88° ±5. Cette extension est sensiblement la même à tous les niveaux, excepté le niveau 1. La flexion de la cheville pendant l'appui est, pour ce groupe, en moyenne de 121°±5 et se situe à 17% ±3 de la durée du cycle, c'est-à-dire après le milieu de l'appui. L'extension maximale (65° ± 8) se produit bien après le quitté à 38% ±7 du cycle, le quitté se produisant à 31% de la durée du cycle. La flexion maximale du retour de la jambe libre se situe à 89% ±6 et culmine à 117° ±5. L'amplitude des mouvements de la cheville est de 57°±9. C'est, parmi tous les niveaux, l'une des plus importantes. Les différences avec le niveau 4a sont particulières et pour mieux les illustrer, nous avons superposé les courbes du niveau a (en bleu) et du niveau b (en rouge).

Figure 86 : courbes de l'angle de la cheville des niveaux 4a et 4b.

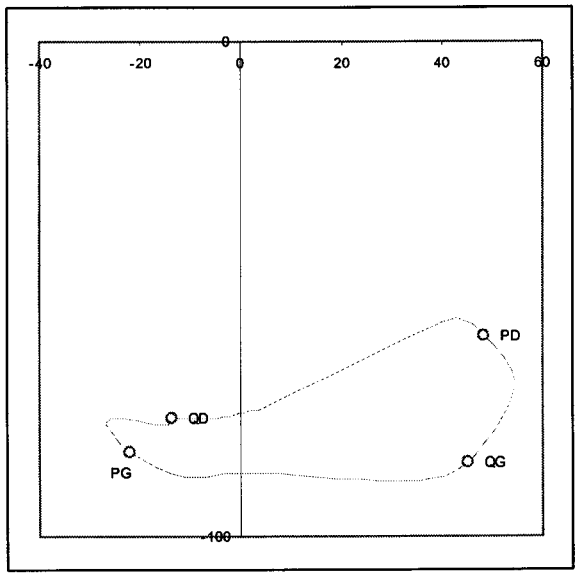


Il apparaît que la flexion et l'extension sont légèrement supérieures, mais surtout décalées dans le temps. Cela manifeste un contrôle de la cheville de moins bonne qualité pour les individus de niveau b.

II.4.2.5.4. La poulaine

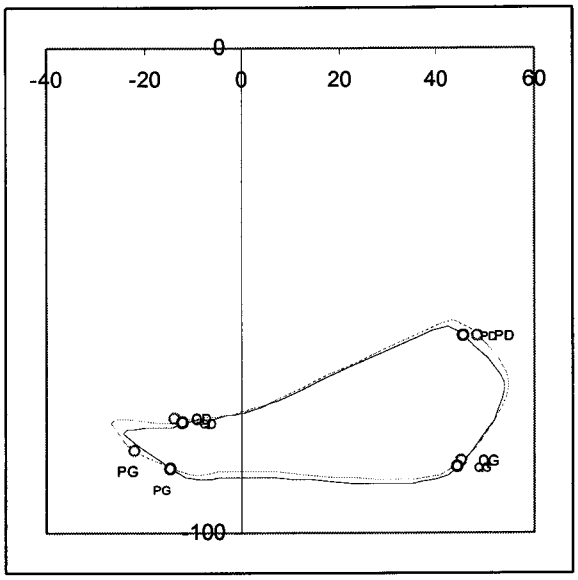
L'habileté de niveau 4b peut aussi être caractérisée par sa poulaine. Le premier graphique ci-dessous représente la poulaine de l'habileté de niveau 4b.

Figure 87 : Poulaine de l'habileté de niveau 4b.



La superposition des poulaines permet d'illustrer l'évolution entre les deux niveaux. Le second graphique permet d'indiquer le sens des transformations ; niveau 4a en bleu, niveau 4b en vert.

Figure 88 : Superposition des poulaines de niveau 4a et de niveau 4b



Les transformations se font dans le sens d'une augmentation de la longueur avant, de l'épaisseur au niveau de la verticale de l'oreille, de la longueur arrière et de l'épaisseur de la bosse.

La longueur avant augmente et représente 33% de la longueur totale alors qu'au niveau précédent elle ne représentait plus que 31%. Les positions du tronc étant sensiblement identiques entre les deux niveaux d'habileté, il faut rechercher la cause de cette augmentation dans le retour plus fléchi de la cuisse dans la deuxième partie du retour de la jambe libre. C'est à ce niveau en effet que les enfants présentent l'angle cuisse/horizontale le plus faible traduisant une montée de la cuisse dans le retour de la jambe libre de plus grande ampleur.

Les posés quittés droits et gauches se rapprochent, ce qui est à mettre en relation avec une augmentation de la durée de l'appui par rapport au niveau 4a.

Dans le même temps, la longueur arrière continue à augmenter, les coureurs sont plus en extension dans le début de la phase de retour de la jambe libre. La bosse plus haute indique que les coureurs ont un retour jambe libre plus fléchi.

II.4.2.5.5. Conclusion

Ce niveau est constitué majoritairement d'enfants entre 5 et 8 ans dans une proportion équivalente de garçons et de filles. Ce niveau se caractérise par une foulée ample, un genou qui remonte bien vers l'horizontale, une cheville peu réactive, le tronc redressé. Dans ce niveau les enfants présentent de grandes disparités au niveau des bras en flexion et au niveau de l'angle de la hanche au début du retour de la jambe libre.

II.4.2.6. L'habileté de niveau 5

II.4.2.6.1. Les performances

Le tableau ci-dessous présente les valeurs moyennes et pondérées des performances des individus de niveau 5.

Tableau 101 : Performances moyennes et pondérées des coureurs de niveau 5.

Indicateur de performance	Valeur moyenne
Vitesse moyenne	526 $cm.s^{-1}$ ± 70
Vitesse pondérée	410 $cm.s^{-1}$ ± 38
Amplitude moyenne	281 cm ± 38
Amplitude pondérée	218 cm ± 14
Indice oreille	7 cm ± 2
Indice pondéré	5 cm ± 1
Fréquence	3.8 Hz ± 0.4
Rapport suspension/appui	0.62 ± 0.14

Le niveau d'habileté 5 est celui qui montre la plus grande vitesse moyenne et la plus grande vitesse pondérée. D'après les valeurs trouvées par les différents chercheurs qui ont organisé leur tri par âge, la vitesse moyenne serait équivalente à celle d'enfants de 7 ans pour Ikai (1968), 8/9 ans pour Branta & al (1984) 11 ans pour Amano & al (1987), l'amplitude : celle d'enfants entre 9 et 11 ans selon les études. L'écart type pour la vitesse moyenne est le moins important de tous les niveaux d'habileté, les indices de dispersion pour la vitesse moyenne et pondérée, ainsi que pour l'amplitude moyenne et pondérée sont parmi les plus faibles trouvés (amplitude pondérée : 0.07, vitesse pondérée : 0.09). Les individus de ce niveau d'habileté sont bien regroupés par leurs performances.

Le rapport suspension/appui est important (0.62). Il est supérieur à celui trouvé par Balsevich (1987) pour des enfants de 9/10 ans, mais inférieur à celui trouvé par Miyamaru (1987) pour des enfants de 7 ans. Le timing des posés et quittés pour ce niveau est le suivant :

Tableau 102 : Timing des événements caractéristiques en pourcentage de la durée du cycle de l'habileté de niveau 5.

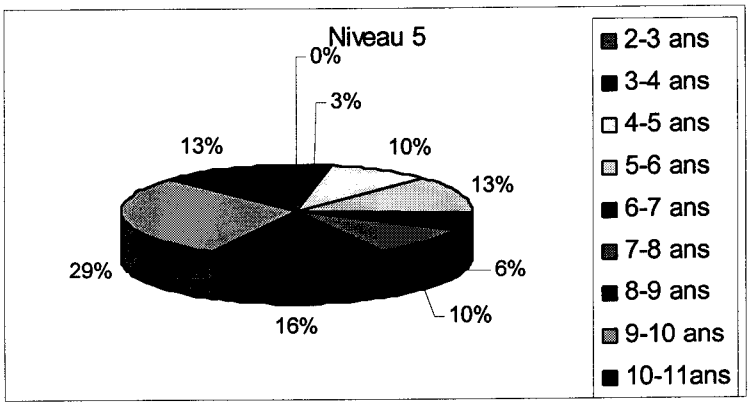
Appui		Retour jambe libre		
PG	QG	PD	QD	PG
0%	31% ±4	49% ±2	80% ±4	100%

Le temps d'appui est identique à celui du niveau 4b, il montre une efficacité de l'appui plus importante qu'au niveau 1,2 et 3, mais toujours éloigné des temps d'appui adulte en sprint.

II.4.2.6.2. La population

La composition de la population de l'habileté de niveau 5 s'établit ainsi :

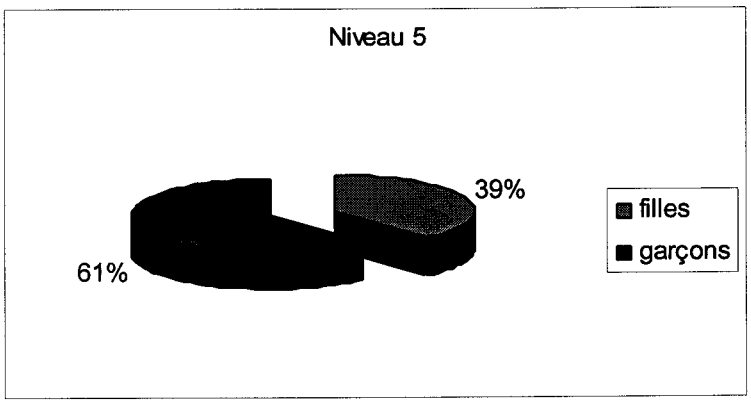
Figure 89 : Répartition par âge de la population de l'habileté en pourcentage.



La classe 5 est composée par une majorité d'enfants entre 8 et 11 ans, qui constituent plus de 58% de la population de ce niveau. Il n'y a pas d'enfants de 2-3 ans (toute petite section) qui montrent ce niveau d'habileté. Certains enfants de 3-4 ans en petite section de maternelle sont déjà capables de courir de cette manière. Ensuite, dans toutes les classes de l'école, un certain nombre d'enfants est à ce niveau, que l'on peut présenter comme le plus abouti de l'école primaire. La moyenne d'âge est comparable à celle du niveau 4a, respectivement 95 mois ±3 pour le niveau 5 et 96 mois ±3 pour le niveau 4a.

L'examen de la population du niveau 5 se poursuit par la répartition entre garçons et filles, globalement dans le graphique ci-dessous et plus en détail dans le tableau ci-après.

Figure 90 : Répartition par sexe de la population de l'habileté 5 en pourcentage.



C sont majoritairement des garçons qui montrent le niveau le plus efficace d'habileté à l'école primaire. Mais les filles sont tout de même en nombre important. La répartition dans les différents âges est intéressante à étudier.

Tableau 103 : Répartition filles/garçons pour le niveau 5 d'habileté en course de vitesse.

Cycle	Classe	Age	Filles	Garçons
Cycle 1	Toute petite section	2 - 3 ans		
	Petite section	3 - 4 ans		1
	moyenne section	4 -5 ans	1	2

Cycle	Classe	Age	Filles	Garçons
Cycle 2	Grande section	5 -6ans	2	2
	Cours préparatoire	6 - 7 ans		2
	Cours élémentaire 1	7 - 8 ans	2	1
Cycle 3	cours élémentaire 2	8 - 9 ans	4	1
	Cours moyen 1	9 - 10 ans	2	2
	Cours moyen 2	10 - 11 ans	2	2

La population est surtout masculine pour la classe des 9-10 ans, pour les autres classes d'âge il n'y a pas de grandes différences entre le nombre des filles et le nombre des garçons. Le nombre d'enfants de 9-10 ans qui présentent ce type d'organisation motrice est supérieur au nombre d'enfants de 10-11 ans. Le niveau atteint ne semble pas dépendre du sexe chez les enfants, sauf pour une classe d'âge, mais d'autres facteurs.

Parmi les enfants de 9-10 ans il y a 7 garçons et 2 filles, et parmi les enfants de 10-11 ans il n'y a plus que 2 garçons et 2 filles. Tout se passe comme si vers10 ans un certain nombre d'enfants et en particulier des garçons « perdaient » de l'habileté en course. Nous avions déjà inféré cette perte quand nous avons décrit le niveau 1 pour des filles. Il semble qu'il existe ce même phénomène pour les garçons, la diminution pour les filles se produisant d'une manière plus précoce.

Il est possible d'émettre plusieurs hypothèses pour expliquer cette diminution d'habileté vers 10 ans.

Dans les classes que nous avons étudiées la pratique d'éducation physique n'était pas la même, en particulier pour les classes de CM2 qui préparent l'entrée en 6°. Les différences pourraient venir du contexte et d'un manque de pratique encadrée par les enseignants.

Il existe à l'école élémentaire, chez les élèves de CM2, le sentiment d'être les « grands » de l'école et parfois la volonté de ne plus « jouer comme les petits » chose que l'on observe dans les cours de récréation. Cette attitude pourrait expliquer également une baisse de niveau pour certains enfants par manque de pratique dans des activités libres.

Les niveaux 4b et 5 sont proches l'un de l'autre de par les performances, mais présentent des différences dans l'amplitude du cycle, dans la fréquence des appuis ou dans le rapport temps de suspension/temps d'appui. L'âge de 7 ans a été caractérisé par les chercheurs du développement comme celui d'une réorganisation motrice (Durand 1989). Après une période, entre 5 et 7 ans, de transformation des téléocinèses aux morphocinèses, se produit l'émergence d'une motricité centrée sur les projets à long terme (Azémar 1982). Nous pouvons supposer que les enfants entre 7 et 10 ans changent leurs comportements en course, « essaient » des organisations corporelles qui déboucheront plus tard sur des progrès, mais qui à cet âge ne permettent pas des différences de performance sensibles. Ces essais pourraient entraîner des régressions par moment, des avancées à d'autres. Il est certain qu'un suivi longitudinal d'enfants entre 6 et 12-13 ans nous éclairerait davantage sur les phénomènes qui se produisent à cette période de la vie.

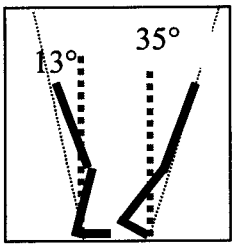
II.4.2.6.3. L'organisation motrice

L'habileté de niveau 5 se caractérise par les mesures angulaires suivantes :

Le secteur angulaire balayé par la hanche

L'amplitude des mouvements de la hanche autour du pied au cours de l'appui est de 49° ±4. L'illustration ci-dessous indique les valeurs des angles qui permettent d'approcher le secteur balayé par la hanche lors de l'appui.

Figure 91 : Angles verticale/talon/hanche au posé et verticale/pointe/hanche au quitté pour l'habileté de niveau 5.

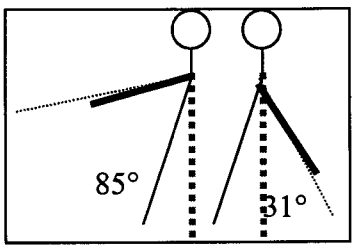


L'angle verticale/talon/hanche est de 13° ±3 au posé, l'angle verticale/pointe/hanche est de 35° ±5 au quitté. A ce niveau, par rapport aux précédents niveaux, l'angle moyen au posé se trouve être entre les 9° du niveau 4a et les 18° du niveau 4b. Il marque une réduction de l'angle d'attaque au moment du posé par rapport au niveau 4b, cette réduction autorise un appui plus bref qui est conditionné par un pied « réactif », mais il est différent du niveau 4a qui avait atteint un angle au posé bien inférieur. Nous retrouvons au niveau du secteur angulaire balayé par la hanche les oscillations de comportements signalées entre les niveaux 4a et 4b.

L'oscillation des bras

L'illustration ci-dessous représente le secteur angulaire décrit par le bras en course de vitesse chez les enfants de niveau 5.

Figure 92 : Extension maximale et flexion maximale du bras pour le niveau 5 en course de vitesse.

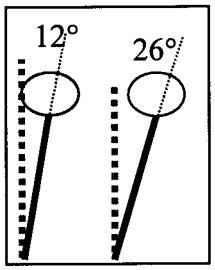


L'angle bras/verticale en extension maximale est de 85°± 13, l'angle en flexion maximale est de 31° ± 19, l'amplitude des mouvements pour l'articulation de l'épaule est de 117° ± 23. A ce niveau encore, il existe des dissemblances fortes pour les mouvements du bras en flexion. En extension, la valeur moyenne retrouve celle du niveau 3. Les enfants aux niveaux 4 ont réduit l'amplitude des mouvements, exprimant pour cette articulation un meilleur contrôle. Au niveau 5, ils retrouvent une valeur antérieure qui montre à nouveau un excès de mouvement pour cette articulation. En fait entre les niveaux 3, 4 et 5 le mouvement en extension du bras oscille autour d'une valeur optimale de 80° qui est celle des sprinters adultes.

Les mouvements d'oscillation du tronc

Les mouvements du tronc en course au niveau 5 sont illustrés dans la figure ci-dessous par les valeurs des inclinaisons minimale et maximale.

Figure 93 : Flexion minimale et maximale du tronc en course au niveau 5.

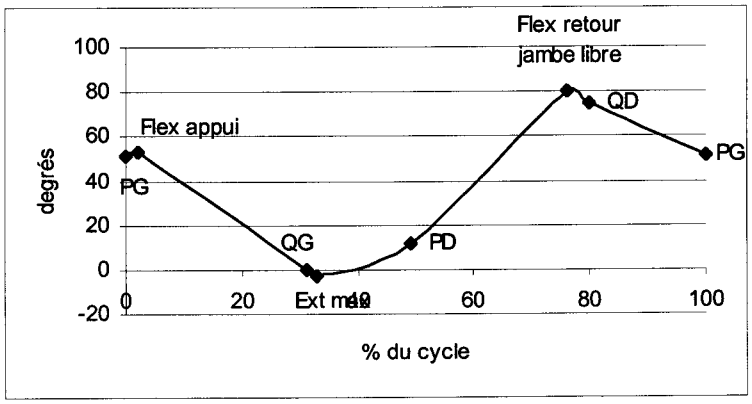


L'angle minimum est de 12° ± 4°, l'angle maximum est de 26° ± 6. C'est à ce niveau que les enfants courent le plus incliné en avant, à la fois aux alentours du moment du posé comme dans la phase de retour de la jambe libre. Pour gagner en vitesse, les enfants courent avec un buste très incliné.

Les mouvements au niveau de la hanche

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la hanche au cours du cycle en course à vitesse maximale pour les coureurs de l'habileté de niveau 5.

Figure 94 : Variations de l'angle de la hanche en degrés à différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 5.



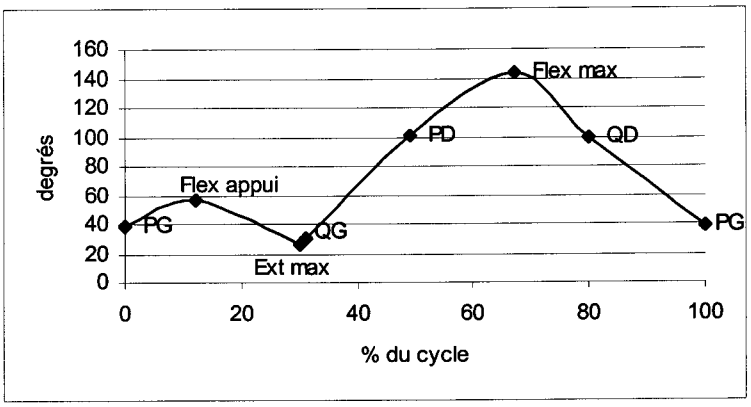
L'angle de la hanche au posé est de 51° ± 8 ensuite une très légère flexion suit le posé, 53° ± 7 à 2 % de la durée du cycle. La flexion est de faible ampleur, elle montre un relativement bon contrôle de la réception au posé à ce niveau. L'extension qui suit culmine à –3° ± 5, l'extension maximale se produit à 33% ± 5 du cycle soit seulement 2% après le quitté. Il semble que là encore le contrôle des mouvements au niveau de la hanche soit de plus grande qualité. Il apparaît toujours des différences entre les enfants à ce niveau, certains présentent une extension qui dépasse de beaucoup l'alignement des articulations, ce qui montre des fuites de forces au niveau de la hanche, alors que d'autres sont davantage « placés ».

La flexion pendant le retour de la jambe libre culmine à 80° ± 8, elle intervient à 79% de la durée du cycle. C'est la flexion la plus importante de tous les niveaux. Elle permet la montée du genou dans la phase de retour de la jambe libre, l'angle fait par la cuisse et l'horizontale étant à ce niveau de 27°. Cet angle est sensiblement identique à celui des 3 niveaux antérieurs, mais il est dû à une hanche plus fléchie sur un buste plus incliné. Le sens du progrès serait alors dans un buste qui se relèverait avec une flexion de la hanche qui augmenterait encore.

Les mouvements au niveau du genou

La courbe ci-dessous représente les variations de l'angle du genou au cours du cycle en course de vitesse.

Figure 95 : Variations de l'angle du genou en degré à différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 5.



Au moment du posé, l'angle du genou est de 38° ± 6, le genou, au niveau 5 comme dans les autres niveaux chez les enfants, fléchit à la réception de l'appui, la flexion maximale étant de 52° ± 7 ; elle se produit à 12% de la durée du cycle. Cette flexion se produit sensiblement au même pourcentage du cycle quel que soit le niveau, la différence étant dans la durée de l'appui. L'extension maximale est de 26° ± 8 ; c'est l'extension la moins importante de tous les niveaux d'habileté, elle se rapproche des valeurs en sprint chez les adultes décrites par Mann & al (1987) et Kurihara & al (1985). Cette extension se produit à 27% ± 4 de la durée du cycle, le quitté lui a lieu à 31% de la durée du cycle. L'extension se produit donc d'une manière aussi précoce que pour le niveau 4a, permettant une flexion plus rapide.

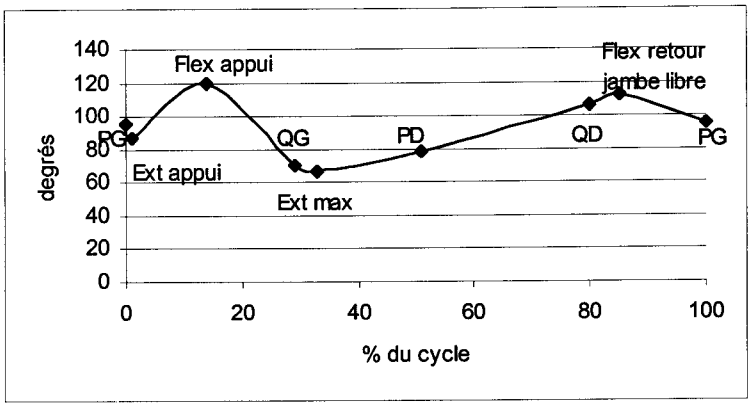
La flexion du genou dans la phase de retour de la jambe libre est importante, 143° ± 6, moins que dans les deux niveaux inférieurs, loin de valeurs en flexion notées pour les sprinters, mais elle se termine très tôt, à 67% de la durée du cycle. L'extension qui suit est préparatoire au posé, sa durée et son amplitude peuvent expliquer l'angle de la chaîne motrice au moment du posé.

L'amplitude des mouvements au niveau des genoux est de 118° ± 9. Elle est plus faible qu'aux deux niveaux inférieurs. La différence trouve son origine à la fois dans une extension et une flexion moindre. Ce sont les timings des événements qui permettent de montrer la qualité de la réponse au niveau du genou à ce niveau d'habileté.

Les mouvements au niveau de la cheville

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la cheville en course de vitesse pour des enfants de niveau 5.

Figure 96 : Variations de l'angle de la cheville en degré aux différents moments du cycle en pourcentages pour l'habileté de niveau 5.



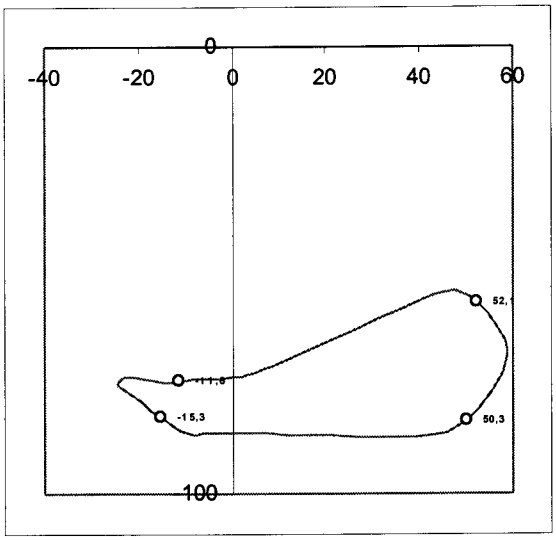
Au moment du posé, l'angle de la cheville est de 98° ± 7 et l'extension qui suit le posé immédiatement après (1% de la durée du cycle) est de très faible ampleur 9°. Ensuite la cheville fléchit dans la phase de mise en tension de la phase d'appui, cette flexion culmine à 123° ± 5, elle a lieu sensiblement milieu de l'appui, à 17% de la durée du cycle. Ensuite l'extension de la phase de renvoi se produit, l'angle de la cheville atteint une valeur de 67° ± 8 juste après le quitté à 38% de la durée du cycle. Cette extension se poursuit dans la phase de retour de la jambe libre, puis la flexion se produit, elle atteint une valeur de 118° ± 6. Cette flexion est la plus importante de tous les niveaux d'habileté. Elle est proche des valeurs trouvées chez les sprinters adultes (Stefanyshyn & Nigg 1998, Mann & al 1985). Cette flexion est préparatoire du posé en sprint.

Au niveau de la cheville, nous retrouvons une courbe proche de celle du niveau 4a. Elle nous montre une bonne réactivité de la cheville en particulier par le timing des événements lors de l'appui et au début de la phase de retour de la jambe libre.

II.4.2.6.4. La poulaine

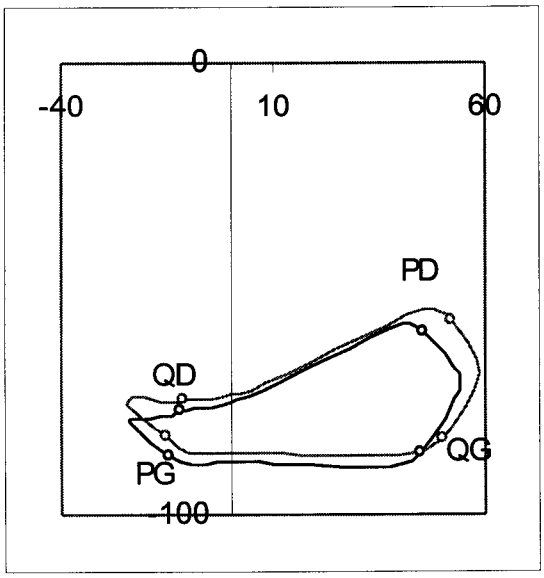
L'habileté de niveau 5 peut être représentée par la courbe paramétrique de la trajectoire de la pointe de pied par rapport à l'oreille ci-dessous.

Figure 97 : Modélisation du niveau 5 d'habileté en course à vitesse maximale.



Les poulaines ci-dessous sont la superposition des modélisations des niveaux 4b et 5 pour des enfants de l'école primaire (niveau 4b en bleu et le niveau 5 en vert). La superposition permet de constater le sens des transformations entre les deux niveaux.

Figure 98 : Superposition des poulaines de niveau 4b et 5.



Les transformations vont dans le sens d'une augmentation de la longueur arrière, de l'épaisseur de la bosse arrière, d'une corne avant plus formée, la poulaine est plus longue dans sa partie arrière, moins épaisse à la verticale de l'oreille, de longueur avant sensiblement identique à celle du niveau inférieur.

La partie avant ne représente plus que 30% de la longueur totale de la poulaine, ce qui nous montre que les enfants courent avec le tronc plus incliné. Les posés et quittés s'éloignent et s'écartent de l'axe dela verticale de l'oreille ; ils indiquent que les appuis sont de meilleure

qualité par rapport au niveau précédent, avec un temps d'appui plus bref et un temps de suspension long. La jambe en fin d'appui est plus en extension ce qui entraîne une augmentation de la trajectoire du pied dans la phase de retour de la jambe libre qui explique la corne avant plus développée au niveau 5.

II.4.2.6.5. Conclusion

Ce niveau est le plus performant. Malgré cela il est composé pour majorité d'enfants de 9-10 ans et peu d'enfants de la classe de CM2 (10-11 ans) montrent ce niveau d'habileté. Majoritairement ce sont des garçons, de tous les âges, mais principalement de la classe de CM1. Il semble donc, d'après l'étude des populations de chaque niveau qu'il soit possible pour certains enfants de parler de régression dans le niveau d'habileté, les raisons pouvant être multiples. Dans cette perspective nous pouvons signaler les performances faibles des élèves de CM2.

Ce qui caractérise ce niveau, outre la fréquence et l'amplitude élevée, c'est l'inclinaison du tronc en course, aussi bien pendant l'appui que pendant la phase de retour de la jambe libre. Le genou monte légèrement moins haut dans la dernière partie de cette phase, mais cette remontée moins importante est compensée par une extension au niveau de l'angle du genou plus précoce. Elle permet malgré l'inclinaison du buste une amplitude importante. Ce timing, ainsi que celui de la cheville, expliquent la qualité de l'appui dont la durée diminue.

II.4.3. Présentation synthétique

L'évolution des niveaux d'habileté correspond globalement à l'évolution en âge des enfants. Dans le tableau ci-dessous nous avons surligné en rouge dans chaque niveau d'habileté le niveau de classe le plus nombreux.

Tableau 104 : Répartition de la population par niveau d'habileté et par classe de l'école primaire.

Cycle	Classe	Age	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4a	Niveau 4b	Niveau 5
Cycle 1	Toute petite section	2 - 3ans						
	Petite section	3 - 4ans						
	moyenne section	4-5 ans						
Cycle 2	Grande section	5 -6ans	2	7		4	8	4
	Cours préparatoire	6 - 7 ans	1	7		6	13	2
	Cours élémentaire 1	7 - 8 ans		5		10	5	3
Cycle 3	cours élémentaire 2	8 - 9 ans						
	Cours moyen 1	9 - 10 ans						
	Cours moyen 2	10 - 11 ans						

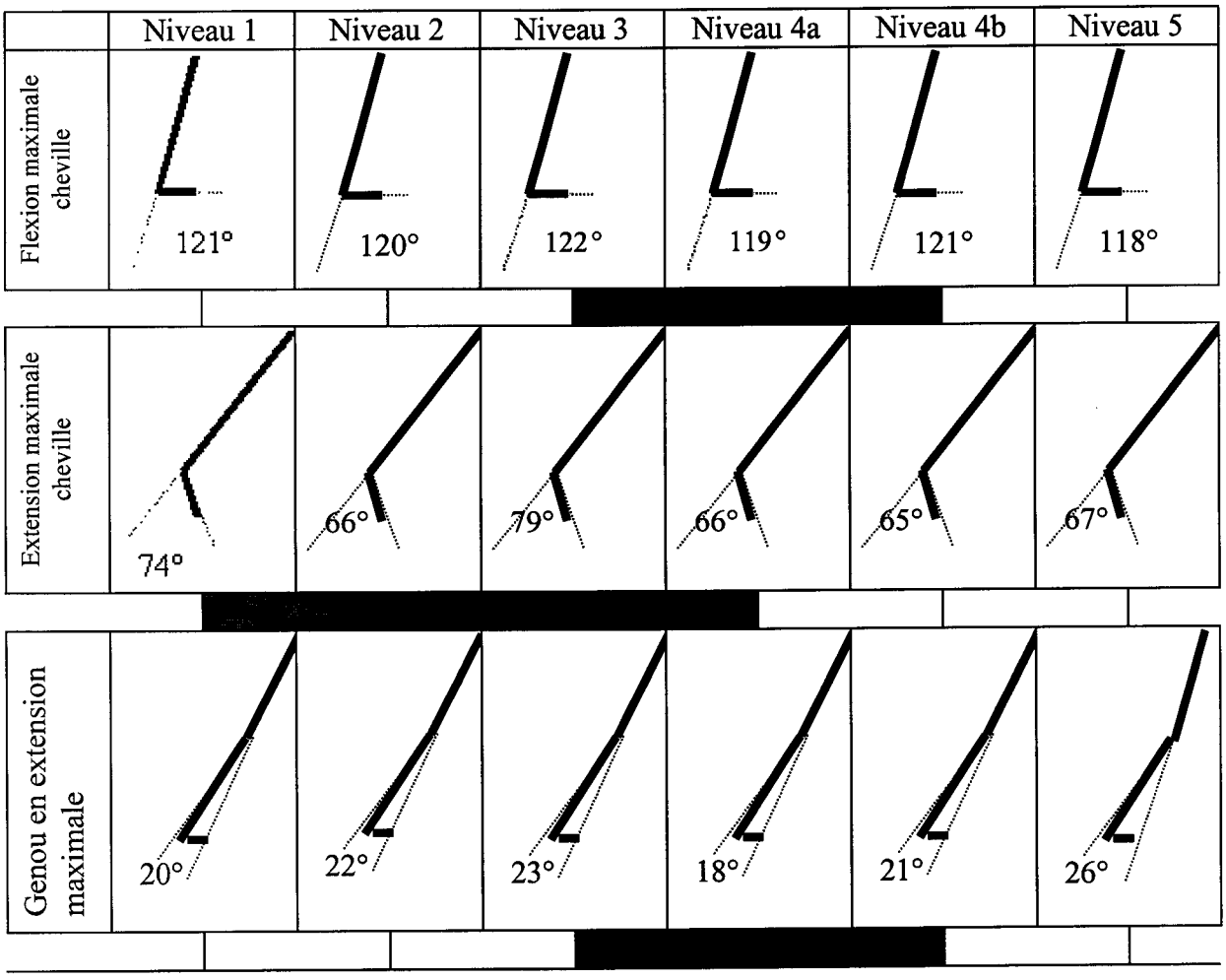
Si pour les trois premiers niveaux les progrès suivent l'âge, pour les niveaux 4a, 4b et 5, les niveaux ne suivent globalement plus l'âge des enfants. Nous sommes parvenus à l'âge de la motricité sportive selon Gallahue, nous sommes dans la période où selon Azémar nous assistons à « l'intentionnalité au service du projet ». Si dans les âges antérieurs il semble que la majorité de la population augmente son niveau de performance d'une manière régulière, la

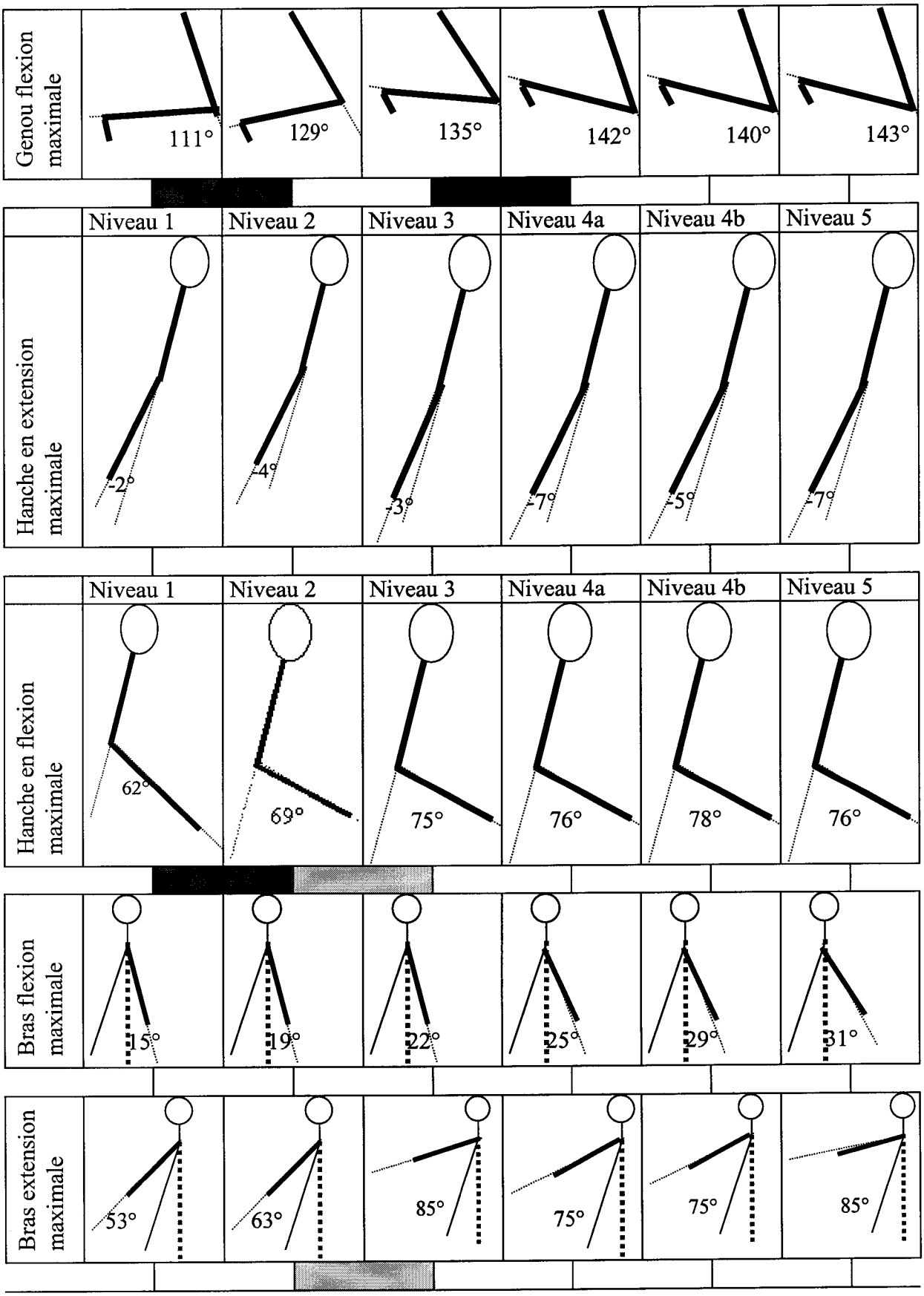
disparité des âges dans les trois derniers niveaux nous laisse supposer que dès 7-8 ans des différences apparaissent dues à de nombreuses causes, (motivation, contexte, spécialisation, entraînement, scolarisation, milieu sollicitant...). Nous avons également fait l'hypothèse d'une possibilité d'involution pour certains enfants.

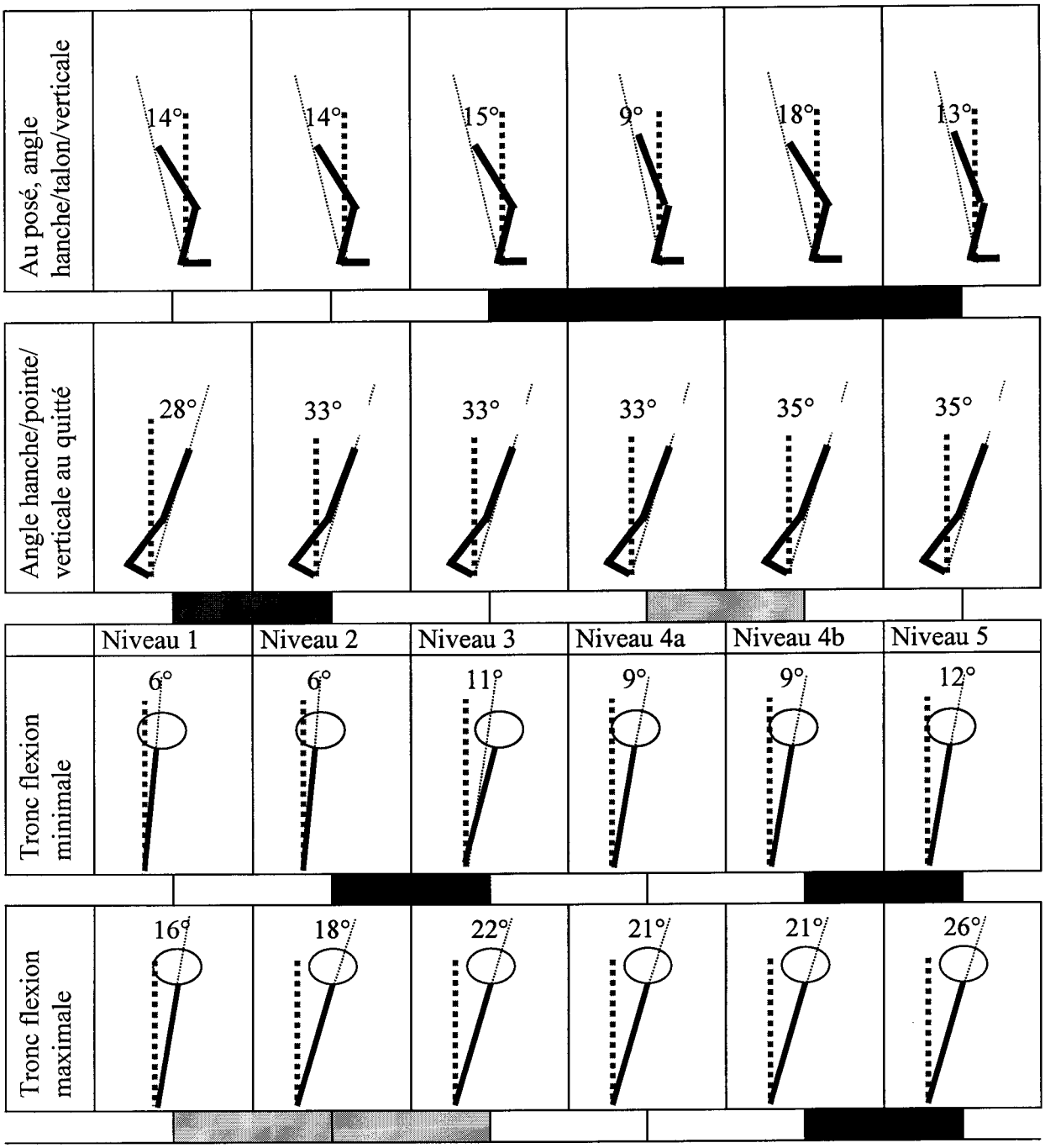
Nous pouvons présenter les évolutions des différentes organisations corporelles en un tableau synthétique reprenant les différentes valeurs angulaires. Nous avons retenu les valeurs minimales et maximales des différents angles et nous avons comparé les moyennes au seuil de 95% et de 90%.

Si t >1.96, les moyennes des deux échantillons sont significativement différentes avec un risque d'erreur de 5%, elles sont alors indiquées en rouge dans le tableau ; si t> 1.65 les moyennes des deux échantillons sont différents avec un risque d'erreur de 10%, les indicateurs sont alors surlignés en jaune. Les indicateurs non surlignés ne présentent pas de moyennes significativement différentes entre les groupes au seuil de 10% d'erreur.

Tableau 105 : Principales variations angulaires en fonction des niveaux d'habileté entre 2 et 11 ans à l'école primaire.




Genou flexion maximale
111°
129°
135°
142°
140°
143°
Niveau 1
Niveau 2
Niveau 3
Niveau 4a
Niveau 4b
Niveau 5
Hanche en extension maximale
-2°
-4°
-3°
-7°
-5°
-7°
Niveau 1
Niveau 2
Niveau 3
Niveau 4a
Niveau 4b
Niveau 5
Hanche en flexion maximale
62°
69°
75°
76°
78°
76°
Bras flexion maximale
15°
19°
22°
25°
29°
31°
Bras extension maximale
53°
63°
85°
75°
75°
85°



Les différences significatives au seuil de 95% et 90 % ne sont pas identiques pour tous les niveaux d'habileté. Les transformations au niveau des différentes articulations ne sont pas linéaires, certains indicateurs présentent des différences significatives entre deux niveaux, mais non significatives à d'autre. Ainsi pour la cheville, les différences sont significativement différentes en extension maximale pour les niveaux 1, 2, 3 et 4a, et en flexion pour les niveaux 3 et 4a, 4a et 4b. Pour le genou, les différences sont significatives en flexion maximale pour les niveaux 1 et 2, et 3 et 4a. Pour la hanche en flexion maximale, les moyennes sont significativement différentes entre les niveaux 1, 2 et 3. pour le bras en extension, seules les différences entre les niveaux 2 et 3 sont significatives. Il existe des différences significatives pour le secteur angulaire balayé par la hanche au cours de l'appui entre les niveaux 3, 4a, 4b et 5 pour la valeur moyenne de l'angle hanche/talon/verticale au posé et entre les niveaux 1 et 2, et 4a et 4b pour l'angle hanche/pointe/verticale au quitté. En ce qui concerne le tronc, les moyennes sont significativement différentes entre les niveaux 2

et 3 et 4b et 5 pour l'inclinaison minimale du tronc et entre les niveaux 1, 2, 3, 4b et 5 pour l'inclinaison maximale.

Les transformations non linéaires entre les différents niveaux semblent indiquer que l'évolution de l'organisation corporelle en course est différente pour chaque articulation et que des modifications à un niveau corporel n'entraînent pas obligatoirement des changements pour d'autres articulations.

II.4.4. Conclusion

Le classement que nous avons proposé tenait compte des performances pondérées obtenues par chaque classe après le tri hiérarchique. Nous avons proposé de regrouper les deux classes 4 et 6 en un seul niveau 4 que nous avons distingué en 4a et 4b. Notre choix était justifié par des performances pondérées similaires. Les vitesses réelles sont différentes, mais la taille des individus est en grande partie responsable de cet état de fait. En proportion les individus de la classe 4b ne vont pas plus vite que les individus de la classe 4a, alors qu'ils sont plus âgés. Il ne semble pas qu'il y ait eu de progrès dans la performance. Le niveau 4b est constitué d'individus plus jeunes que ceux du niveau 4a mais les performances pondérées sont similaires, elles sont le résultat d'organisations corporelles différentes. Les enfants du niveau 4b sont en majorité des enfants entre 5 et 8 ans. Vers 7 ans se produit une réorganisation motrice ; selon Gallahue (1982) c'est l'âge où les enfants entrent dans une motricité spécialisée, ou selon Châtillon et Baldy (1994) un besoin accru d'un recours aux réafférences visuelles pour accomplir une tâche indique un changement de contrôle du mouvement. Il est possible d'émettre l'hypothèse qu'un certain nombre de ces enfants, dans un avenir proche, n'améliorera pas sa performance, mais transformera son organisation corporelle. Nous savons que cette période peut être marquée par des réorganisations qui entraînent une baisse des performances. Si les organisations corporelles sont différentes, pour un même niveau de performance, il était logique de les classer ensemble, mais l'une apparaît comme étant l'aboutissement d'une forme de motricité, le niveau 4b, et l'autre, le niveau 4a comme la conséquence des réorganisations du contrôle moteur qui se produisent vers l'âge de 7 ans. Dans cette logique il serait plus judicieux de présenter la classe 6 comme étant le niveau 4 et la classe 4 comme étant alors le niveau 5.

Mais nous avons noté tout au long de la description des niveaux d'habileté des fluctuations, des progrès suivis de régressions pour certaines articulations ou timings des événements. Il apparaît que le développement de la foulée n'est pas linéaire que certains progrès (timing du genou de l'extension du genou au niveau 5) sont concomitants de régression (inclinaison du buste, remontée du genou inférieure). De plus à un niveau d'habileté correspond une performance, malgré le fait que les deux niveaux 4a et 4b soient relativement proches, nous conserverons cette partition. Nous serons par contre attentifs aux résultats des étudiants professeurs d'école dans la distinction de ces deux niveaux d'habileté.

CHAPITRE III.

DEVELOPPEMENT DE L'INSTRUMENT PERMETTANT D'APPRENDRE A LIRE LE COMPORTEMENT DE L'ENFANT EN COURSE

Notre travail vise l'amélioration de la compétence professionnelle de l'enseignant et, dans cette compétence, nous nous intéressons à une habileté particulière : l'analyse des productions motrices des élèves, c'est-à-dire la lecture des mouvements produits.

Si nous acceptons la définition de la didactique donnée par Mialaret (1979) dans le "vocabulaire pour l'éducation comme étant " *la science dont l'objet de recherche est l'étude des procédures d'enseignement et de formation* ", alors notre problème est un problème didactique et, s'agissant de formation de formateurs, nous sommes donc confronté à un problème de didactique professionnelle telle que définie par Bouthier, Pastre, Samurcay (1995).

Pour Rabardel & Six (1995), une partie de la formation des compétences professionnelles s'élabore à travers l'expérience de l'activité de travail. Ils proposent trois grands axes pour que la didactique professionnelle soit plus opérante :

- la constitution de savoirs de référence dans une perspective d'instruction directe
- l'enrichissement des environnements de travail dans une intention formative,
- le développement des potentialités d'apprentissage des formés

Notre travail sur la modélisation du développement de la foulée chez l'enfant s'inscrit dans le premier axe. Il participe de la constitution des savoirs de référence. Notre souci actuel, après avoir identifié les savoirs, est de permettre leur acquisition. Nous ne pensons pas que leur transmission puisse être directe. Un traitement est nécessaire si nous voulons contribuer à l'outillage des acteurs de l'interaction formative en rendant possible " *l'appréciation du niveau de performance qui permet de fonder le guidage sur des éléments objectivés* " (Rabardel & Six 1995). C'est par la construction et la mise en œuvre d'une séquence d'apprentissage instrumentée que nous pensons obtenir les transformations souhaitées chez nos stagiaires.

Nous sommes sur deux des questions les plus importantes de la didactique des disciplines, la transposition et la médiation, la transposition qui examine le déplacement des savoirs de référence de leur lieu de production à leur lieu d'utilisation et la médiation puisque nous sommes dans la clarification du but, dans l'aide à la sélection d'information, dans l'aide à la constitution des invariants opératoires pertinents. (Vergnaud 1996).

Nous avons modélisé le développement de la foulée chez l'enfant. Nous avons construit un artefact au sens donné par Rabardel (1995), notion qui inclut les objets symboliques. Nous souhaitons maintenant construire une situation d'apprentissage utilisant un outil pédagogique. L'outil pédagogique se définit comme une ressource à la disposition des enseignants qui recouvre les instruments les plus concrets aux objets les plus abstraits (De Peretti, 1994). Notre outil doit être considéré comme un instrument pour apprendre selon la définition donnée à instrument par Rabardel (1995), c'est-à-dire " *à la fois les artefacts matériels et symboliques produits par l'utilisateur ou par d'autres et un ou des schèmes d'utilisation associés résultant d'une construction propre ou de l'appropriation de schèmes sociaux préexistants* ". C'est cette conception d'instrument pour apprendre que nous utiliserons. Celui-ci est constituée par un cd-rom créé à partir des savoirs établis dans notre travail précédent.

Nous proposons pour le concevoir une démarche en 3 temps :

- Tout d'abord, comme tout produit qui vise un apprentissage, la conception de cet instrument (sa présentation, sa structure sous-jacente, son contenu) dépend de nombreuses contraintes qu'il nous faut envisager : public visé, représentations initiales, temps à consacrer à l'apprentissage, connaissances actuelles sur l'apprentissage de la lecture du mouvement, connaissances actuelles sur le développement de la foulée chez l'enfant, moyens techniques.

- Dans un deuxième temps, nous proposons de tester une première version auprès d'un public limité. Puis, à partir des conclusions et remarques tirées de cet essai, nous proposerons une nouvelle version et en testerons l'efficacité sur un public plus important.

- Enfin, nous ferons le bilan de l'expérimentation.

Nous suivons en cela le cadre d'une recherche technologique défini par Bouthier et Durey (1994) et les différentes étapes de cette partie de recherche peuvent être :

1. Elaboration théorique du projet de conception du nouvel artefact
2. Mise en œuvre des essais, évaluation
3. Les nouvelles connaissances techniques produites
4. Evaluation de la recherche

Dans cette démarche, nous sommes bien conscient que notre projet se présente comme un projet d'enseignement modulable et améliorable. Un tel projet ne peut se présenter comme un produit fini (Amade-Escot & Léziart 1996). Nous en présenterons plusieurs versions qui en fonction des essais se transforment.

III.1. Elaboration théorique de l'outil pour apprendre à lire la foulée

Parmi les conceptions actuelles de l'enseignement-apprentissage, nous nous situons d'une manière délibérée dans une perspective socio-constructiviste dans laquelle apprendre n'est plus considéré comme le fait d'absorber un produit, mais comme une construction par l'individu en société de ses apprentissages, dans une situation qui prend en compte l'individu mais également son projet et ses conceptions (De Vecchi 1992).

III.1.1. Un problème de formation

Notre travail s'inscrit dans un contexte plus large de formation des enseignants du premier degré en éducation physique. En formation, nous participons à l'amélioration des compétences professionnelles des stagiaires. La conception d'une situation d'apprentissage par un enseignant nécessite la mise en œuvre de nombreuses compétences et l'activation de savoirs divers. L'animation et le suivi des élèves en cours d'apprentissage en sollicitent d'autres.

Au cours d'une leçon d'éducation physique, les informations que l'enseignant doit traiter sont considérables, en nombre et en importance : matériel, sécurité, dynamique motivationnelle de la classe, organisation des groupes de travail, quantité d'activité des enfants, niveau d'habileté des élèves dans la pratique proposée, adéquation entre le niveau de la tâche et les niveaux des élèves, problèmes moteurs cognitifs, perceptifs, affectifs et socio-relationnels que les élèves rencontrent lorsqu'ils sont confrontés à cette tâche d'apprentissage... Sans dénier l'importance cruciale des autres centrations possibles, notre objet est volontairement limité à la prise d'information de l'enseignant sur la performance motrice.

Quel est le problème posé ?

Nous souhaitons améliorer l'habileté de lecture des enseignants dans une activité particulière, la course de vitesse, ce qui implique :

- pour le formé, d'être capable d'apprécier en quelques secondes l'activité produite par ses élèves en course de vitesse. Dans le cadre des évaluations diagnostique et formative, cette habileté permet le recueil d'informations à des fins de conception de situations d'apprentissage ou à des fins d'intervention en cours d'apprentissage.

- pour le formateur, de construire une situation de formation pour des professeurs d'école, non spécialistes en éducation physique et sportive, qui améliore l'habileté de lecture des comportements moteurs.

C'est un problème de formation d'adultes, de formation professionnelle, de formation à la pratique. Les IUFM sont traversés par différentes conceptions de la formation des enseignants. JL Martinand (1993, 1994) en a proposé une modélisation :

- Modèle " *formation* " (articulation formation théorique/ formation pratique, académique/pédagogique, professionnelle/personnelle)

- Modèle " *compétence* " (compétences scientifiques ou technologiques/ compétences pédagogiques)

- Modèle " *transposition* " (du savoir savant au savoir enseigné)

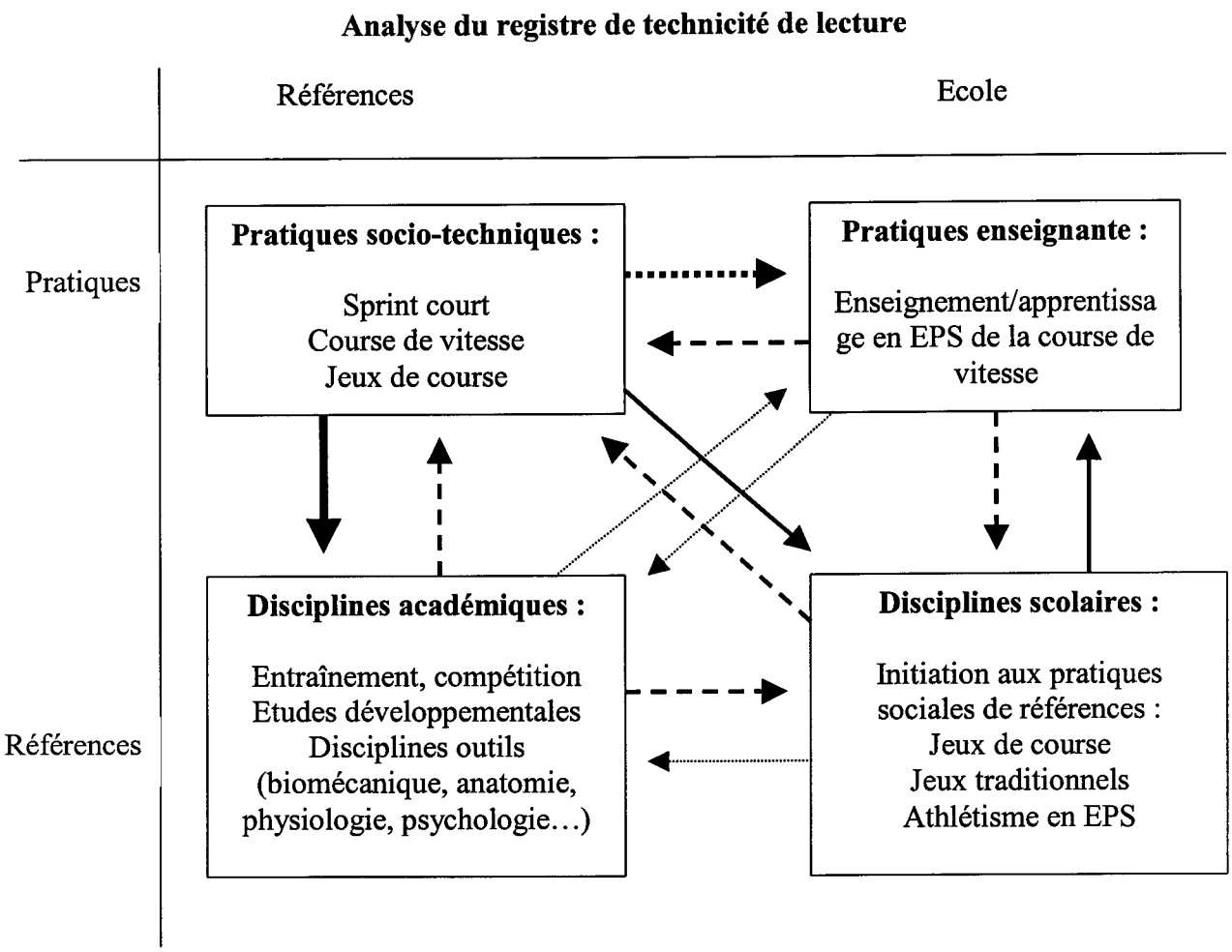
- Modèle " *référence et professionnalité* " (analyse du système : pratiques et disciplines, référence et école). »

Nous cherchons à cerner un problème particulier de formation. Le modèle qui nous semble le plus pertinent pour penser une formation est le modèle *« référence et professionnalité »* car :

- il prend en compte la complexité de l'activité des enseignants en proposant une analyse du système
- il intègre les phénomènes de transposition mais permet un aller-retour entre les disciplines académiques et les disciplines scolaires
- il lie fortement les pratiques de références aux disciplines scolaires
- il envisage l'analyse des compétences des pratiquants, des enseignants
- il articule théorie et pratique.

Dans ce cadre, pour examiner les pratiques de références, quatre registres de technicité (maîtrise, participation, lecture et modification) ont été proposés (Bouthier & Durey 1994, Martinand 1993). C'est au registre de lecture élargi à l'interprétation que nous nous intéressons, celui qui permet de " *lire, analyser et expliquer une pratique, sans être forcément capable de faire soi-même* " (Martinand 1996). Un formateur doit, pour évaluer dans une discipline, construire cette technicité de lecture de l'activité. Il peut l'acquérir en tant que pratiquant et /ou en tant qu'enseignant. Au-delà de cette technicité de lecture qui peut être commune au pratiquant et à son formateur, une pratique enseignante est elle-même une pratique socio-technique. Il est possible d'envisager son examen avec les mêmes registres de technicité que ceux proposés pour l'analyse des pratiques sociales de référence. La schématisation qui suit est reprise des travaux de JL Martinand et adaptée à notre problème.

Figure 99 : Le registre de technicité de lecture dans la modélisation de la formation d'après le modèle proposé par JL Martinand (1996)



Pour un formateur de formateurs, le problème de la formation à cette technique de lecture est semblable à celui de n'importe quel enseignant quand il conçoit une situation d'apprentissage pour ses élèves. Il lui revient de faire des choix à propos des contenus, des démarches d'apprentissage, de l'évaluation, de l'organisation du travail, des outils pédagogiques. Ces choix s'opèrent en tenant compte d'une part des pratiques sociales de référence, des pratiques scolaires, des apports des disciplines académiques et des pratiques enseignantes, d'autre part de la forme et de la nature des transformations visées chez les apprenants.

Notre intention est de créer une situation de formation dont nous allons définir les contours.

III.1.2. Evaluation des élèves : entre transmettre des connaissances et s'approprier savoirs et savoir-faire, une formation à construire.

Pour construire notre situation de formation à la lecture du mouvement, il est nécessaire de bien cerner les enjeux et les choix à opérer.

Les transformations attendues à l'issu de la formation peuvent être obtenues par diverses voies, il existe différentes méthodes pour faire apprendre et les rapports au savoir induits par le dispositif mis en place par l'enseignant sont alors différents, l'apprentissage est plus ou moins construit.

Ainsi De Peretti (1991) oppose deux méthodes polaires d'enseignement ou de formation :

- " *la transmission, expositive, démonstrative, à dominante de conditionnement*
- *la communication, active, coopérative et dynamique à dominante d'apprentissage dans l'initiative* ".

Entre ces deux méthodes polaires, il existe une multitude de nuances, le choix des méthodes et des démarches relève de la responsabilité du professeur à condition que soient atteints les objectifs et acquises les connaissances.

En regard des deux méthodes polaires pour faire apprendre, les situations d'apprentissage peuvent aller du cours magistral à la situation problème. Les termes varient situation problème (Fabre 1999), adidactique (Brousseau 1986, 1998) ou situation de résolution de problème (Amade-Escot 1991).

Au-delà des mots, en situation de formation, il apparaît clairement que l'apprentissage se réalise si l'enseignant, ou le formateur, pose un véritable problème. Les conditions pour mettre en place un véritable problème sont définies entre autres par De Vecchi & Carmona Magnaldi (1996). Il faut :

- " *faire construire du sens, en relation avec un obstacle identifié,*
- *amener le stagiaire à se poser des questions*
- *ouvrir sur un savoir d'ordre général*
- *proposer une situation complexe liée au réel* " .

Pour nous résumer, une situation de formation qui pose un problème s'organise autour des idées fortes suivantes que nous tenterons de prendre à notre compte :

- le savoir est construit,
- le savoir antérieur influence la façon dont les élèves intègrent les nouvelles connaissances
- la reconstruction du savoir et la transformation des concepts sont importantes
- la dévolution de l'apprentissage aux apprenants est primordiale
- l'apprentissage a besoin d'être lié à des tâches authentiques
- la construction du savoir est sociale

- toute personne en formation possède ses propres systèmes d'idées, ses propres modes de pensée qui la conduisent à agir et à comprendre de manière singulière.

III.1.3. Un instrument pour apprendre : étude des sous-systèmes

Pour concevoir une situation de formation, un certain nombre de contraintes est à prendre en considération. Ces contraintes sont de natures différentes, mais toutes concourent à préciser les contours, le contenu et la forme que prendra la situation mise en place, le résultat étant toujours un compromis. C'est l'aboutissement des choix opérés par le concepteur.

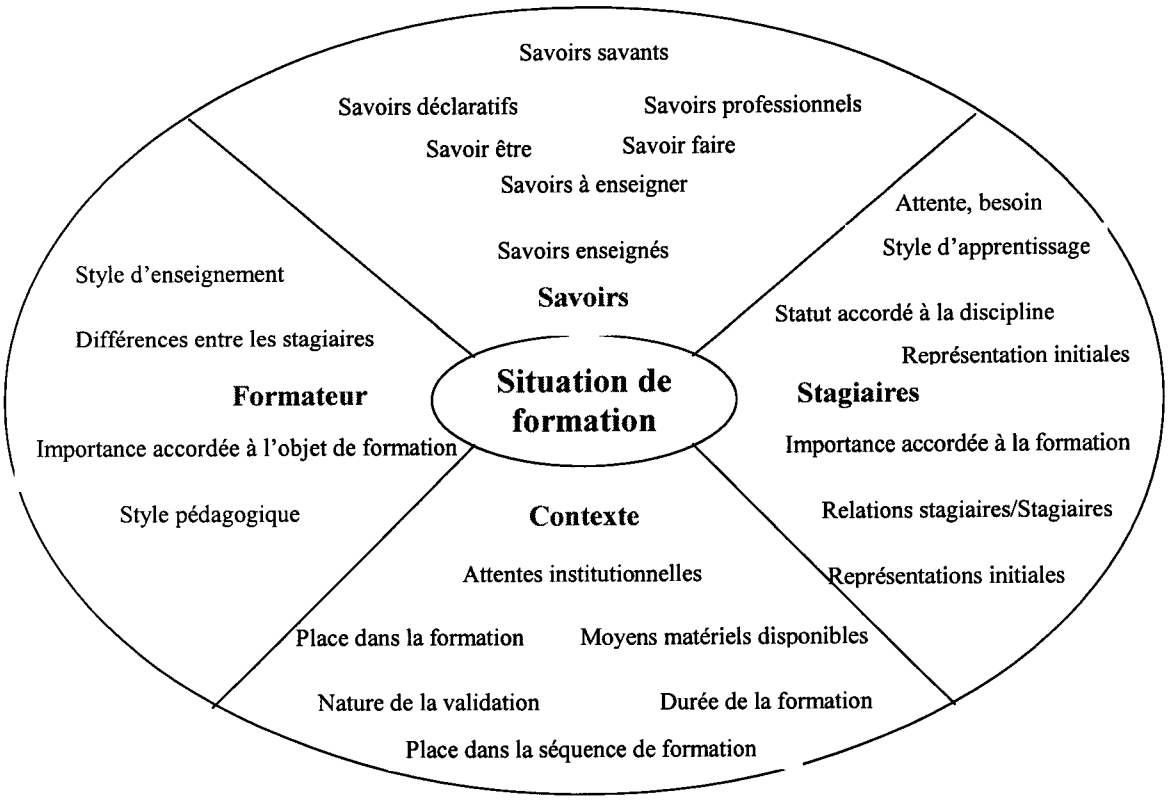
III.1.3.1. Analyse du système « situation de formation »

Une situation de formation peut se définir comme un système qui comporte des stagiaires, un enseignant formateur, des interactions formateur/stagiaires et stagiaires/stagiaires, un contenu à enseigner (connaissances, savoir-faire), des comportements observables à produire, un dispositif d'évaluation formative et une stratégie choisie pour faire apprendre. (Grehaigne, Gobout, Mahut 1999).

Pour expliciter les choix, l'analyse de la situation de formation est nécessaire. La situation d'apprentissage peut être considérée comme un système, au sens défini par De Rosnay (1975), c'est-à-dire " *un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisé en fonction d'un but* " et, pour être plus précis, un système ouvert en interaction avec son environnement. L'approche systémique nous invite pour la compréhension du système à le modéliser tout en sachant que « le système étant par nature complexe (plus ou moins), le modèle construit (plus ou moins compliqué) n'en est pas une représentation exhaustive. C'est une schématisation qui ne retient que les variables et les processus pertinents par rapport à la problématique, aux hypothèses que l'on cherche à vérifier ou aux interventions pratiques que l'on se propose d'entreprendre »(Lapierre 1992).

A partir des travaux de Postic (1979, 1981, 1988), Develay (1992), Piéron (1992, 1993), Siedentrop (1994), Vergnaud (1994) et Fabre (1999), l'analyse systémique d'une situation de formation nous permet d'en proposer une modélisation. La figure ci-dessous est une représentation de cette modélisation.

Figure 100 : Modélisation du système « situation de formation »



La situation de formation est au centre de quatre pôles : le savoir, le formateur, les stagiaires et le contexte. Chacun de ces pôles constitue à lui seul un sous-système toutefois, ces quatre sous-systèmes interagissent et influencent la situation de formation. Il est donc possible d'établir des relations entre chacun des quatre pôles qui s'influencent réciproquement.

De même dans chaque sous-système, il est possible d'identifier des éléments. Par exemple, le formateur n'est pas une entité monobloc. Son style pédagogique, l'importance qu'il accorde à l'objet d'apprentissage, les différences entre les stagiaires qu'il perçoit, reconnaît ou ignore, son style d'enseignement permettent de le caractériser. Mais ces éléments ne sont pas indépendants, ils interagissent entre eux. Qui plus est, ils sont influencés et varient en fonction des autres pôles c'est-à-dire du contexte, des stagiaires et des savoirs. La situation de formation est donc la résultante d'un entrelacement complexe d'influences qui concourent à en expliquer la forme finale.

Nous envisagerons séparément les différents sous-systèmes et nous adopterons une présentation linéaire pour des raisons de commodité de lecture. Nous tenterons cependant de conserver l'importance des relations entre les différents sous-systèmes pour garder à notre travail sa dimension systémique.

III.1.3.2. Le sous-système des savoirs.

Il convient de s'interroger sur la nature de l'apprentissage visé par l'instrument, c'est-à-dire l'apprentissage de l'évaluation d'une activité motrice, la course de vitesse en

particulier. Le savoir professionnel de lecture d'une habileté motrice est un savoir-faire. Il relève à la fois de savoirs sur l'activité et d'un phénomène de perception et d'identification de formes d'organisation corporelle.

III.1.3.2.1. Qu'est-ce qu'apprendre à évaluer un enfant en course de vitesse

Nos étudiants et stagiaires professeurs d'école sont confrontés à l'apprentissage de l'évaluation de leurs élèves en action. Nous proposons de définir l'apprentissage et l'évaluation pour comprendre les enjeux d'une formation à l'évaluation d'un acte moteur. Nous poserons le problème de la lecture d'un mouvement et le problème de la formation à cette lecture.

Qu'est-ce qu'évaluer, qu'est-ce qu'évaluer un mouvement ?

Dans le sens commun, évaluer peut se définir comme déterminer une quantité sans recourir à la mesure, les synonymes sont nombreux, apprécier, estimer, juger, expertiser, priser...

Dans un contexte scolaire, évaluer c'est, pour De Kételé (1985), examiner le degré d'adéquation entre un ensemble d'informations et un ensemble de critères adéquats pour l'objectif fixé en vue de prendre une décision.

Les visées de l'évaluation peuvent s'échelonner d'une visée certificative à une visée formative (Giordan, Souchon & Cantor 1993) ce qui entraîne des actions et des moments différents. Souvent ponctuelle, administrative, elle peut être également définie comme « positive, aidante, formative et formatrice suggérant la notion de recommencement » (Bélair1996).

Notre objet de recherche ne nous oblige pas à nous positionner sur quand et à quoi doit servir l'évaluation que nous souhaitons faire du niveau des élèves, sur les modèles dominants d'évaluation des apprentissages. Même si ces problèmes sont fondamentaux dans une formation d'adultes, ce n'est pas notre centration. Pour nous, le problème posé est la compétence d'un enseignant à prélever des informations pertinentes sur le niveau des élèves, que l'évaluation soit, diagnostique, formative, formatrice ou sommative.

Nous pouvons alors définir l'évaluation d'un mouvement comme l'examen du degré d'adéquation entre un ensemble d'informations prises sur le mouvement qui se réalise et un ensemble de critères.

En faisant un parallèle avec les registres de technicité (participation, maîtrise, lecture et transformation) définis pour les apprentissages scientifiques et technologiques par Martinand (1994), ou par Bouthier (1995) pour des pratiquants dans une APS, il serait possible de retrouver ces mêmes registres pour la formation d'un enseignant en Education Physique et Sportive et en particulier à la technicité de lecture. Evaluer, c'est lire une situation d'apprentissage, c'est lire les réponses motrices et bien autre chose : sécurité, climat motivationnel, difficultés passagères, climat social, interactions entre les individus... Former un enseignant c'est améliorer ses compétences de lecture et, dans notre cas, de lecture des réponses motrices.

Une des difficultés, lorsque l'apprentissage vise une transformation motrice, en éducation physique en particulier, est que les informations sont prises sur un objet non permanent. Lorsque le mouvement s'est déroulé ou se déroule, seules restent en mémoire les informations prises par l'enseignant au moment même de l'action, il n'y a pas de trace. Cette difficulté a pour conséquence d'opposer à la rigueur des critères quand ils sont définis, une approximation. Ce qui fait dire à Abernot (1994) dans ces deux registres antagonistes, entre mesure et estimation, entre précision et approximation, que dans un souci de justice, il convient de se référer à un système de normes et de critères précis et précisés, c'est-à-dire explicites.

Il est possible de distinguer la compétence du juge ou de l'expert dans une APS. Leur compétence s'appuie sur un code qui peut être explicite ou implicite : un juge s'appuie sur le code juridique explicite, un expert s'appuie sur un code souvent implicite qui de plus varie d'une société à l'autre, d'une époque à l'autre (exemple code du saut en longueur avec haltère ou sans haltère). Former à l'évaluation c'est faire acquérir la compétence du juge, en fournissant les éléments du code, mais surtout en permettant l'émergence et l'utilisation de ce code en situation.

Pour évaluer un mouvement, il apparaît indispensable de se construire un système de repères, un code explicite. Les théories actuelles sur la perception du mouvement peuvent nous servir à comprendre les mécanismes de cette construction et peuvent nous aider à concevoir notre instrument d'apprentissage.

Lecture du mouvement : les théories actuelles sur la reconnaissance des formes

Lire un mouvement pose le problème de la perception visuelle du mouvement humain et de sa représentation.

Les théories actuelles

L'approche de la psychologie cognitive

La lecture d'un mouvement par un individu pose le problème de la reconnaissance des formes et le courant de la psychologie cognitive propose trois approches : une approche indirecte pour laquelle la perception des objets dépend des processus descendants (top down), et une approche directe selon laquelle la perception des objets dépendrait des processus ascendants (bottom up). Certains auteurs ont proposé un troisième modèle combinant les deux conceptions.

Dans la théorie s'organisant sur les processus descendants, le courant inspiré par Bruner (1957), nous percevons et interprétons ce que nous voyons en fonction de nos connaissances, de nos croyances et de nos désirs.

Dans la théorie autour des processus ascendants, l'école gibsonienne qualifiée d'écologique, les stimuli contiennent suffisamment d'informations pour leur identification.

La théorie mixte postule l'existence d'un cycle perceptif, Stimuli / Schémas en mémoire / Exploration perceptive, impliquant à la fois des processus montants et des processus descendants.

Les principaux modèles pour la reconnaissance des formes sont actuellement le modèle par appariement de gabarits qui montre ses limites dans la reconnaissance des formes humaines et le modèle décompositionnel. Celui-ci montre une grande flexibilité (il n'existe pas une correspondance stricte entre forme stockée et forme perçue) et s'appuie sur l'identification des caractéristiques pour identifier les patterns. Ce modèle permet de mieux comprendre la perception du mouvement humain. Dans ce courant de pensée, nous retrouvons deux théories qui permettent de comprendre comment nous reconnaissons les formes.

Théorie de Marr

Selon Jacques Lemaire (1999), plus centrée sur la vision, la théorie de Marr permet une compréhension de la construction de la reconnaissance des formes. Pour construire une représentation, un individu met en œuvre une suite de processus cognitifs qui, partant d'une esquive primitive, élabore à chaque étape une représentation plus détaillée, la dernière étape consiste en une représentation en 3D, c'est la seule qui sera indépendante de la position de l'observateur.

La représentation stabilisée doit satisfaire à 3 critères :

- l'accessibilité : elle doit être disponible et activée facilement,
- l'applicabilité et la stabilité : la représentation doit pouvoir permettre la reconnaissance de plusieurs formes, la stabilité indique que même si les objets sont vus d'angles différents ils peuvent être identifiés.
- la similitude et la sensibilité : c'est la possibilité qu'offre la représentation d'autoriser les ressemblances, la sensibilité, elle, autorisant les petites différences.

Théorie de Biedermann

Dans la continuité de Marr, Biedermann, en faisant un parallèle avec les apprentissages en linguistique, postule que nous ne reconnaissons pas les formes globalement sans une analyse des composantes de la forme (Lemaire 1999). Les éléments de base qui constituent une forme sont appelés des « géons ». Comme il existe 26 lettres dans notre langue et une quarantaine de phonèmes, il existerait 36 géons (36 formes de base) qui permettent de construire la reconnaissance des objets, dans une démarche de segmentation, de reconnaissance des géons puis d'appariement, les géons assemblés étant alors comparés à des patrons stockés en mémoire.

Les théories actuelles sur la reconnaissance des formes peuvent servir d'appui pour comprendre comment on apprend à lire un mouvement. Cette lecture se construit et se stabilise ; le fait d'isoler des formes de base peut aider à la construction de la représentation stabilisée. Les auteurs notent tous que la reconnaissance des formes est largement influencée par deux facteurs, l'attention et le contexte.

Dans ce chapitre, après avoir cerné l'évaluation en général et celle d'un mouvement, en particulier, pour comprendre ce qu'est « apprendre à évaluer un enfant en course de vitesse », nous devons nous positionner sur l'apprentissage ou pour des stagiaires sur la formation.

Qu'est-ce qu'apprendre :

Les conceptions que nous avons de l'acte d'apprendre influencent nos choix dans l'organisation des situations d'apprentissage que nous mettons en œuvre. Il est donc impératif de définir ce qu'est l'apprentissage.

L'apprentissage peut recouvrir de multiples sens. C'est :

- La formation professionnelle des jeunes en vue d'apprendre un métier ou l'initiation par l'expérience aux divers aspects de la vie ou encore la période pendant laquelle on apprend.

- En psychologie, c'est l'ensemble des processus de mémorisation mis en œuvre par l'animal ou l'homme pour élaborer ou modifier les schèmes comportementaux spécifiques, sous l'influence de son environnement ou de son expérience, c'est aussi le résultat de la modification du comportement de l'individu, cette modification n'étant pas seulement imputable à la maturation physiologique,

- En éducation, dans une perspective constructiviste, l'apprentissage doit être considéré comme l'activité intentionnelle motivée globale d'un acteur social en situation.

Nous retiendrons comme définition de l'apprentissage celle proposée par Raynal & Rieunier (1998) qui précise : " *apprendre c'est comprendre, acquérir des informations, intégrer des schèmes nouveaux à sa structure cognitive, c'est modifier ses représentations* " et nous retiendrons comme point de départ cette conception de modification durable d'un individu en situation.

Les représentations sont considérées comme des obstacles, en opposition à une connaissance scientifique, du fait de leurs relations à l'action et au contexte et du fait de l'absence de généralité (Weill-Fassina, Rabardel, Dubois 1993), obstacles que les situations d'apprentissage permettent de surmonter (Meirieu 1987, Giordan& De vecchi 1994, De Vecchi & Carmona-Magnaldi 1996, Fabre 1999, Giordan 1999).

Les différents apports théoriques et scientifiques sur le problème de l'apprentissage, rapporté à l'apprentissage de la lecture d'un mouvement, nous autorise à proposer une définition :

Apprendre à lire un mouvement, se former à la lecture du mouvement, c'est au cours d'une activité, tout à la fois :

- comprendre comment se transforme le mouvement au cours de l'apprentissage,

- acquérir des informations sur les différences qui peuvent exister entre deux mouvements et les moyens de les identifier,

- modifier les représentations que l'on peut avoir des productions motrices des individus, mais aussi être capable d'identifier les différentes formes de réponses.

- construire des invariants transposables à d'autres classes de situation.

Le résultat de l'apprentissage ou de la formation est une transformation de l'individu, une transformation de ses représentations, par l'activité qu'il déploie.

III.1.3.2.2. Former à la lecture du mouvement

Le problème de formation que nous posons, concerne le mouvement et sa représentation. En effet dans un contexte de formation professionnelle, même s'il est souhaitable de traiter les problèmes en situation, les moyens audio visuels peuvent suppléer à la réalité d'une classe et être d'une aide considérable pour le formateur. Se pose alors le problème de la lecture de l'image et des apports des nouvelles technologies de l'information et de la communication pour la formation visée.

l'image dans la formation des enseignants en EPS

L'image c'est la " *représentation concrète d'un objet présent ou absent du point de vue perceptif et qui entretient un lien tel avec son référent qu'elle peut être tenue pour son représentant et permet donc de reconnaître, connaître ou de penser le premier* " (Wunenburger 1997).

La formation en éducation physique et sportive implique, entre autre, l'analyse des comportements moteurs. Pour cette analyse, le recours à l'image et à l'enregistrement du comportement sportif est fréquent. Les formes d'images utilisées sont alors très variées et vont du dessin à l'animation en passant par les photos, la chronophotographie, le film.

Les images permettent de représenter, d'enregistrer pour analyser, symboliser, visualiser, comprendre, transmettre (Bironneau 1994, Piasenta 1994). Elles sont porteuses, d'informations, de significations. Ainsi, " *un graphisme, une métaphore retiennent des formes et du sens qui en disent plus long parfois que la forme elle-même ou sa représentation abstraite* " (Wunenburger 1997). Construire ou faire une image permet de s'exprimer, se mettre en scène, de persuader. Produire une image obéit à des normes implicites ou explicites. Cette production dans un but de communication peut être interactive. Les images didactiques sont des dispositifs communicationnels (Darras 1993).

L'image est porteuse de signification, d'informations Une image suppose une lecture, un décodage. Les premiers à s'intéresser à l'analyse des images ont été les historiens d'art et c'est en 1853 que s'ouvre à Vienne la première chaire mondiale d'histoire de l'art moderne. Les apports essentiels sont les outils descriptifs et la volonté d'extrapolation. Les philosophes élargissent les horizons de l'histoire de l'art et celle-ci reçoit alors des influences politiques et psychanalytiques. L'analyse des images est ensuite influencée par les logiciens et les linguistes (sémiologie) qui apportent un éclairage sur l'analyse des représentations et recherchent l'interprétation de toutes les circulations du sens (Gervereau 1994).

Les images utilisées comme outils didactiques ont des propriétés différentes :

- La photo, l'image isolée permettent d'établir l'espace et, ici, notre connaissance du monde ou des stéréotypes narratifs peut nous indiquer ce qui précède ou ce qui va suivre une image donnée mais c'est toujours d'une façon incertaine.

- Un film, une vidéo permettent d'exprimer les relations spatiales et temporelles. Les différentiations sont parfois difficiles lors du déroulement des images. La répétition des séquences permet de pallier cette difficulté. Les

ralentis rendent compte des relations spatiales mais modifient considérablement les relations temporelles.

- Les images séquentielles permettent d'établir espace, temps et causalité, mais sont en général bien moins attractives pour les apprenants.

D'après Bironneau (1994), il existe des niveaux d'écriture pour les vidéogrammes didactiques, le "*degré zéro*" étant la simple transposition d'un cours magistral, le "*degré plein*" permettant une véritable élaboration du savoir. Les vidéogrammes ont d'après lui plusieurs efficacités potentielles. Tzetzis (2000) a montré que les vidéos et les cd-roms étaient reconnus par les étudiants comme des vecteurs plus intéressants que les photos et les dessins dans le cadre de connaissances sur les apprentissages moteurs.

Les images ne sont pas univoques, leur lecture nécessite un décodage, si leur utilité en formation est reconnue, leur efficacité n'est pas universelle. Notre objet n'est pas une éducation aux images, mais une utilisation des images dans un instrument pour apprendre. Nous avons pleinement conscience des apports et des limites inhérentes aux médias utilisés. Nous choisissons une utilisation éclectique des images, parfois démonstrative, parfois permettant une construction de l'habileté par analyse des images.

Morrisson & Reeve (1988, 1992), Ignico (1997) Morrisson & Harrisson (1997) ont montré l'intérêt, pour l'amélioration de l'habileté de lecture des habiletés motrices, d'une approche imagée utilisant images, films et ralentis. Ces recherches ont montré également que certains stagiaires étaient plus influencés par des références biomécaniques, développementales alors que d'autres étaient plus influencés par les images et les films.

Les apports de l'audiovisuel et des Technologies de l'information et de la communication (TICE)

Rhéaume (2001), distingue dans l'audiovisuelle pédagogique :

- Les aides audiovisuelles
- Les méthodes audiovisuelles
- Les productions audiovisuelles
- Les systèmes enseignant audiovisuels
- Les systèmes d'apprentissage interactifs.

Mis à part les systèmes d'apprentissage interactifs, dans les autres systèmes d'aide, « l'élève n'a qu'à suivre le déroulement prévu sans possibilité d'adaptation autre que celle du contrôleur à distance pour arrêter, rembobiner et rejouer ».

Les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication apportent de nouveaux outils pour l'enseignement (Fayon 2000) et pour Rhéaume (2001) avec l'informatique et le multimédia, il est possible de distinguer des grandes fonctions comme :

- " *la représentation de l'information avec des ajouts de médias, d'animation, de simulation, voire de jeu,*

- *les exercices en interaction ou les leçons,*
- *les environnements d'écriture textuelle, graphique et multimédia ou audiovisuelle.*
- *L'hypertexte et l'hypermédia ou des approches visuelles et associatives viennent relier des textes, des images, des blocs d'informations* ".

L'avènement de l'hypertexte a permis la conception de systèmes d'apprentissage interactifs qui « laissent le contrôle à l'apprenant par la dimension interactive ». Ils permettent une individualisation impossible avec les médias séquentiels. Un apport des hypermédias est de permettre une diversité des cheminements dans un champ de connaissances (Tricot & Bastien 1996). Un autre apport est de permettre les interactions entre apprenants à partir d'images ou de films qui favorisent l'opérationnalisation de savoirs conceptuels (Gay 1996).

Pour la conception de l'instrument pour appendre, nous opterons pour une structuration rationnelle plutôt que fonctionnelle au sens donné par Tricot et Bastien (1996). Cette structuration rationnelle est le résultat du choix de la démarche pour apprendre (ou former) fait par le concepteur de l'instrument. Cette conception dépend de l'analyse faite de l'utilisateur (De Vries & Tricot 1998). Nous nous plaçons délibérément dans une approche qui vise l'action des apprenants et l'interaction pour remettre les « acteurs humains dans et devant les systèmes techniques » (Linard 1996). Nous optons pour une approche de l'instrument pour apprendre de type « anthropocentrique » (l'instrument à construire servant de médiateur), plutôt que « techno-centrique » (l'instrument servant de médiatiseur) sens donné par Rabardel (1995).

III.1.3.2.3. Les indicateurs retenus

Nous avons établi des fiches qui décrivent les différents niveaux d'habileté qu'un enseignant à l'école primaire peut rencontrer en course de vitesse dans sa classe. Elles décrivent des organisations corporelles, d'une manière exhaustive. Elles représentent les savoirs savants pour les indicateurs de modification du comportement en course.

Dans un souci d'adaptation au public visé, il convient de réduire le nombre d'informations ce qui constitue une première transposition des savoirs et la constitution des savoirs à enseigner.

Tous les indicateurs ne sont pas à utiliser avec les étudiants parce que cela rendrait trop complexe l'observation, nous proposons d'en réduire le nombre et pour les cibler nous pouvons utiliser deux catégories de critères, les critères statistiques, mais également les critères pragmatiques.

Les critères statistiques.

Chaque niveau est identifié un certain nombre d'indicateurs. Nous avons établi pour chacun d'eux la probabilité pour que les différences entre classes soient significatives. Les résultats se trouvent en fin du chapitre 2. Nous retiendrons les indicateurs qui montrent les plus grandes différences entre les 6 niveaux.

Les indicateurs les plus significatifs du point de vue statistique sont donc : la flexion et l'extension du pied, la flexion et l'extension du genou, la flexion de la hanche, la flexion minimale et maximale du tronc.

Les critères pragmatiques

Ce que l'expérience peut nous indiquer est également à prendre en considération. Dans la littérature consacrée à l'apprentissage de la course de vitesse chez les enfants, nous avons retrouvé un certain nombre de critères retenus par les enseignants chevronnés et les experts. Nous les avons examinés au chapitre 1. Nous avons relevé les indicateurs qui apparaissaient d'une manière récurrente. Ce sont : l'amplitude et la fréquence, le secteur d'impulsion, l'élévation limitée du centre de gravité (l'attitude haute sur l'appui), les mouvements de la jambe libre, l'âge.

La modélisation au service de la formation

Les spécialistes organisent leur observation autour de la notion de cycle avant ou de cycle arrière. C'est également un moyen pour évaluer un niveau en course de vitesse. La poulaine, la représentation de la trajectoire de la pointe du pied par rapport à l'oreille permet une approche de cette notion de cycle. C'est une anamorphose de la foulée de course. Nous avons établi, d'une manière rigoureuse, une modélisation du développement de la foulée par l'intermédiaire des poulaines de chaque niveau d'habileté. Nous pensons que sa présentation et son utilisation pour évaluer les élèves peut être un bon moyen de formation à la lecture du mouvement.

III.1.3.2.4. Conclusion

Les apprentissages souhaités sont : l'identification et l'appropriation des indicateurs les plus pertinents pour l'évaluation de course de vitesse, l'acquisition des connaissances sur les valeurs attribuées aux différents indicateurs en fonction du niveau, leur utilisation en situation d'évaluation.

Nous retiendrons les critères établis scientifiquement et qui sont pertinents à la fois pour nos étudiants et pour les experts, sans toutefois surcharger l'instrument pour apprendre.

Nous choisissons de retenir, les indicateurs suivants pour permettre d'identifier chaque niveau :

- L'amplitude et vitesse absolue et relative,
- La répartition par âge des niveaux d'habileté,
- L'angle de la hanche,
- La poulaine,
- La flexion du genou,
- L'inclinaison du tronc (angle de la hanche).

III.1.3.3. Le sous-système des stagiaires

La première contrainte pour élaborer un outil d'apprentissage est le public visé. Formateur dans un institut Universitaire de formation des Maîtres (I.U.F.M.), plus spécialisé dans la formation des professeurs d'école en EPS, c'est à ce public que nous destinons notre instrument de formation.

III.1.3.3.1. Attentes, besoins

Même si certaines études faites sur des enseignants d'éducation physique ou des étudiants STAPS ont montré que l'expérience kinesthésique n'était pas directement en rapport avec la performance dans l'analyse de l'habileté (Bertsch 1987), les connaissances sur l'activité dépendent pour partie de la pratique personnelle.

L'outil est destiné à des étudiants ou des stagiaires en début d'année scolaire. Nous avons tenu à cerner ce niveau de connaissances et de pratique chez nos étudiants en explorant leur cursus scolaire et les occasions qu'ils ont eues de pratiquer eux-même ou d'enseigner l'athlétisme et la course de vitesse en particulier (fiche de renseignements annexe 14). A l'IUFM de la Réunion, le profil des étudiants en ce qui concerne les études antérieures est le suivant :

Parmi les stagiaires interrogés, seuls 9% sont titulaires de diplômes sportifs (voile, BESAPT, tronc commun, diplôme d'arbitre...).

En ce qui concerne la pratique personnelle, 8% disent avoir pratiqué l'athlétisme en club et 23% dans le cadre de l'UNSS.

Très peu de stagiaires en début d'année ont pu mettre en œuvre des leçons d'éducation physique ou des séances d'entraînement en athlétisme. Ils sont 1,7% à avoir conduit une leçon en cycle 1, 2,6% à avoir dirigé une leçon en cycle 2 et 2,6% ont géré une leçon en cycle 3. Seul, 1 étudiant a animé une unité d'apprentissage dans deux cycles, le cycle 2 et le cycle 3.

Nous pouvons qualifier notre public comme relativement inexpérimenté par rapport à la pratique athlétique, comme par rapport à son enseignement. L'outil devra tenir compte du profil de la population. Les termes techniques doivent être expliqués, l'outil doit être motivant pour que des non spécialistes, peu expérimentés et généralement peu motivés par l'enseignement de l'athlétisme puissent investir cette formation.

Les résultats que nous obtiendrons dans l'expérimentation de notre instrument peuvent être analysés selon le cursus scolaire et le passé sportif en UNSS des différents stagiaires. Pour les diplômes, le vécu en club et les pratiques d'enseignement de l'athlétisme, les comparaisons seront difficiles en raison du petit nombre d'étudiants concernés.

III.1.3.3.2. Les représentations initiales des étudiants

Chacun pour analyser une activité utilise des critères explicites ou implicites, ce sont des représentations pour l'action. Ces représentations sont liées *« à la fois à la complexité et*

aux aléas des situations de travail, au temps de l'expérience et aux habitudes qui en découlent » (Weill-Fassina, Rabardel & Dubois 1993). Ces représentations pour l'action se construisent d'une manière libre, autonome, spontanée, mais leur évolution peut être infléchie par des activités en formation. Dans une perspective de formation, il est important que les représentations soient explicitées et nous devons, pour construire notre outil, chercher à faire émerger, aussi clairement que possible, les représentations initiales des stagiaires.

Les représentions initiales pour élaborer l'outil d'apprentissage pour la lecture

Nous cherchons à transformer et à rendre plus performante l'analyse de l'activité en course par les stagiaires. Dans l'analyse didactique d'une activité, les critères de réalisation proposés par l'enseignant sont, en règle générale, une explicitation de ses représentations pour l'action. L'accès à ces représentations peut se faire de plusieurs manières, recours à l'écrit, à l'oral ou au dessin.

Dans notre étude, nous choisissons le recours au questionnaire, certainement moins précis que des entretiens d'explicitation. Toutefois le passage à l'écrit avec des adultes offre des avantages, centration possible sur certains événements, recueil des représentations aisé, rapidité de passation, interrogation d'un grand nombre de sujets et les techniques pour élaborer un questionnaire sont relativement bien connues avec leurs avantages et leurs inconvénients :

- les questions fermées, faciles à administrer et à traiter, présentent le risque d'induire des réponses,
- les questions ouvertes permettent des réponses riches et diversifiées ; elles sont intéressantes pour étudier les représentations,
- le recueil des données ne doit pas gêner les personnes interrogées, ce qui implique que l'on admette les sans opinions,
- les questions visant le recueil d'opinion peuvent prendre des formes multiples (échelles unidimensionnelles ou bipolaires, choix forcé, classement ou préférences, questions ouvertes) en évitant toutefois les questions à réponses oui ou non.(Berthier 1998).

D'autre part, nous savons que l'apprentissage se fait par la déstructuration de représentations erronées ou incomplètes et la reconstruction d'autres représentations (Giordan 1999). Notre questionnaire, destiné à éclairer la construction de l'outil, peut également servir à la mise à jour des représentations initiales des apprenants. Il sera donc utile, dans le cadre de notre instrument pour apprendre de nous en servir et de l'intégrer à la démarche de formation qui structure notre instrument.

Construction du questionnaire

Pour construire le questionnaire nous avons choisi une démarche en deux temps. Tout d'abord dans le but de le structurer, nous avons posé une question à un nombre restreint d'étudiants, puis nous avons élaboré le questionnaire définitif.

La question exploratoire est une question ouverte. Elle vise à cerner les focalisations immédiates des étudiants dans l'observation de la course de vitesse. La question est la suivante : « que regardez-vous si vous évaluez le niveau de vos élèves en course de vitesse ? »

Les réponses sont très diverses, l'ensemble des items est présenté en annexe 15. Sur 52 stagiaires interrogés, 47 critères ont été exprimés. Dans cet ensemble nous pouvons distinguer trois grandes catégories. La première est composée d'un certain nombre de critères que nous pouvons qualifier de généraux. Ils rendent compte soit de grands moments de la course (départ, arrivée), soit d'une impression retenue sur le coureur (allure, aisance, régularité, foulée, motivation, respiration, esthétique...). La seconde catégorie rend compte de l'examen de la performance par la vitesse, par l'amplitude ou la fréquence (nombre de foulées, régularité des foulées). La troisième catégorie est composée d'indices sur l'organisation corporelle par l'observation des différents segments (regard, inclinaison du corps, mouvements des bras, hanche, position du genou, posé du pied...)

Le tableau ci-dessous présente les critères qui ont été indiqués avec les plus grandes occurrences.

Tableau 106 : critères de réalisation sur l'observation de la course de vitesse exprimés par des stagiaires PE.

	Critères de réalisation	Nb de réponses en %
Critères généraux	allure générale	25
	régularité de la course, gestion	17
	position du départ	44
	réaction au départ	27
	arrivée	29
Critères de performance	vitesse	40
	amplitude	40
	nombre de foulée	19

Dans les critères généraux, c'est l'observation du départ et de l'arrivée qui est privilégiée. Nous pouvons constater que ces deux phases de la course les plus citées correspondent aux phases qui sont signalées comme à travailler dans les revues professionnelles.

La phase de course à vitesse maximale ne semble pas apparaître comme un souci particulier pour nos étudiants. Pourtant dans le terme " *allure générale*" nous pouvons extrapoler que c'est de cette phase dont nos étudiants parlent. Mais le terme reste ambigu et il est moins souvent cité que le départ et l'arrivée. Si nous souhaitons travailler sur l'évaluation de la phase de vitesse stabilisée, il faudra focaliser l'attention des étudiants ou des stagiaires sur ce moment.

Notre questionnaire vise à faire émerger les critères de réalisation. L'observation de la performance par les paramètres de vitesse, d'amplitude et de fréquence semble des données

importantes pour nos étudiants. Nous ne trouvons pas dans les réponses de précisions sur le sens des transformations attendues chez les enfants confrontés à des situations d'apprentissage en course, elles restent implicites. Le questionnaire doit faire émerger les transformations attendues par les enseignants.

Parmi les critères de réalisation, l'observation de l'organisation corporelle en course apparaît prégnante. Les segments, les plus souvent cités sont les bras. Cette centration apparaît comme la plus importante pour notre échantillon. Les étudiants semblent accorder une grande importance au rôle des bras, alors que, du point de vue biomécanique, ils ont un rôle moins important que les autres parties corporelles et que du point de vue de l'observation, notre étude montre une très grande diversité des réponses indépendamment des performances obtenues.

L'observation du pied est également citée très fréquemment, en particulier au moment du posé. C'est la deuxième centration pour l'observation des enfants en course. Le terme ne rend pas compte de l'instant de l'observation, le pied au moment de l'appui (du posé au quitté) ou le pied dans la phase de retour de la jambe libre. Notre questionnaire doit inciter à mieux définir les attentes dans l'observation des différents segments.

Le questionnaire d'accès aux représentations initiales pour l'observation de la course doit donc :

- focaliser l'attention sur la phase de vitesse stabilisée,
- permettre aux étudiants de préciser leurs critères de réalisation
- faire émerger les transformations attendues
- situer les réponses aux différents moments de la foulée.

Son analyse nous indiquera les représentations initiales des stagiaires PE sur lesquelles ils fondent l'analyse et l'évaluation des progrès de leurs élèves au cours des leçons d'éducation physique qu'ils mènent en course de vitesse. A partir de ces représentations initiales et pour les faire évoluer, notre outil doit induire d'autres observables, des repères à différents moments et le sens des transformations pour chacun de ces observables.

Présentation du questionnaire de recueil des représentations initiales

Le questionnaire se trouve en annexe 14. Il comporte 8 questions :

trois questions ouvertes :

- Question 1 : Définissez la course de vitesse.
- Question 5 : Quels sont les critères de réalisation que vous proposeriez pour la phase de vitesse stabilisée ?
- Question 7 : Dans la phase de vitesse stabilisée, quels sont les conseils que vous donneriez à vos élèves ?

3 questions semi-ouvertes :

- Questions 2 : Pour vous en 5 mots, la course de vitesse c'est :
- Question 3 : En 5 mots maximum, quand un élève est en pleine vitesse, que regardez-vous ?
- Question 8 : En sprint, quelles différences faites vous entre un bon coureur et un coureur de niveau faible au niveau des mouvements, des bras, du tronc, de la cuisse, de la jambe, du pied ?

Un classement et un choix restreint :

- Question 4 : Classez par ordre d'importance de 1 à 4 (1 le plus important à 4 le moins important) la partie de la course que vous travailleriez avec vos élèves : le départ, la mise en action, la phase de vitesse stabilisée, le final.
- Question 6 : Si vous entraînez vos élèves à la course où vous placez-vous pour les observer : (entourez la ou les bonnes réponses : au début, au milieu sur le côté, à la fin, autre).

Les questions 1, 2 et 4 nous permettent de mettre à jour les conceptions de l'activité, les centrations possibles et leur importance relative pour chaque étudiant. Les questions 3, 5, 7 et 8 sous différentes formes permettent de cerner les critères de réalisation que des stagiaires professeurs d'école utiliseraient dans la conception, la mise en œuvre et l'évaluation de situations d'apprentissage en course de vitesse. Les questions 3 et 5 abordent les critères de réalisation, les questions 7 et 8 permettent de préciser les critères de réalisation en incitant à donner le sens des transformations attendues. Par ces intermédiaires, nous pensons pouvoir mieux cerner les attentes et les besoins de nos étudiants.

Réponses au questionnaire

Nous avons relevé les différents termes proposés comme définissant la course de vitesse. Le dépouillement du questionnaire donne les résultats suivants :

Pour les questions 1 et 2, le tableau suivant indique les conceptions générales des étudiants sur la course de vitesse. Ce sont les termes les plus souvent cités lorsqu'ils définissent l'activité, la colonne de droite indique le pourcentage d'étudiants ayant cité le terme, sachant que chacun a pu donner plusieurs réponses.

Tableau 107 : Termes définissant la course de vitesse pour des étudiants professeurs d'école.

Termes retenus	%
vitesse	92
distance	57
foulée, technique, posture tenue corps	50
qualité physique	43
partie du corps (bras, jambe, appui)	34
départ	30
endurance	26
compétition	26
temps	24

Termes retenus	%
respiration	23
courir jusqu'au bout	16
amplitude	16
réaction	14
qualité mentale	13
résistance puissance	11
courir droit	10
phase de mise en action	8
fréquence	2

Si pour 92 % des étudiants interrogés la course de vitesse est associée à la rapidité-vitesse, 26 % juxtaposent le terme avec endurance et 23% avec respiration. Quand ils pensent à la course de vitesse relativement peu d'entre eux l'assimilent à une compétition 26%. Pour eux, c'est une activité technique (50%) qui demande des qualités physiques (43%). Cette activité est associée à différents segments (34%) en particulier les bras. Quand ils la définissent, ils pensent relativement peu aux différentes phases qui constituent une course, au départ (30%), à la réaction au signal (14%), au fait de courir jusqu'au bout (19%) à la phase de mise en action (8%) et à la nécessité de courir droit (10%).

L'activité course de vitesse ne semble pas correctement définie, notre outil proposera un positionnement de l'activité. Ce qui apparaît immédiatement, c'est que les phases les plus prégnantes sont le départ et la fin de course. La phase de vitesse stabilisée n'apparaît pas comme un élément permettant de définir la course. Seul l'aspect rectitude semble important.

La question 4 met à jour l'importance relative accordée aux différentes phases dans une perspective d'enseignement par les étudiants. Les résultats sont exprimés en pourcentage de réponses.

Tableau 108 : Nombre d'étudiants en pourcentage classant les différentes phases de la course de vitesse en fonction de leur importance à leurs yeux.

Importance en % Phases de la course	Choix 1	Choix 2	Choix 3	Choix 4
départ	41	25	28	6
mise en action	29	32	35	4
vitesse stabilisée	27	40	22	11
final	3	4	15	78

D'après cette réponse les étudiants accordent la grande importance au départ 41 % le classe en première position, une importance égale à la mise en action et à la vitesse stabilisée, respectivement 29 et 27% et une importance très faible au final 3%.

Ces résultats sont contradictoires avec les conclusions tirées de l'analyse de la représentation qu'ils se font de l'activité course de vitesse, mais aussi des demandes institutionnelles et des propositions d'exercices dans la littérature professionnelle. En effet la phase de vitesse stabilisée apparaît comme une priorité aussi importante que la mise en action pour nos étudiants, alors qu'elle n'est que très faiblement citée dans la définition de la course. Au contraire la phase finale qui apparaissait plus importante dans la définition de l'activité et très importante dans la littérature professionnelle, ne semble pas revêtir un caractère

prioritaire dans un travail sur la course de vitesse pour nos étudiants. Nous pouvons émettre au moins deux hypothèses pour expliquer sur cette contradiction :

- Le souci de notre questionnaire est de recueillir les représentations initiales sur la course mais en particulier sur la phase de vitesse stabilisée. La question 4 qui demande le classement vient juste après la question 3, première question sur la phase de vitesse stabilisée. La centration voulue pour ce questionnaire peut expliquer le changement d'opinion.

- Les étudiants n'ont pas eu l'occasion de voir des enfants de l'école primaire, seul un étudiant à eu l'occasion de faire une unité d'apprentissage et cinq ont conduit une seule leçon. Les comportements des enfants dans cette activité sont certainement inconnus pour les autres étudiants. Or, dans une course de vitesse, un des comportements caractéristiques des enfants d'âge primaire est le ralentissement avant l'arrivée pour s'arrêter sur la ligne. Ce comportement caractéristique peut expliquer l'importance de cette phase dans les propositions didactiques des revues professionnelles et la méconnaissance de celui-ci explique la très faible importance accordée par les étudiants au travail de cette phase.

L'effet souhaité, d'une centration sur la phase de vitesse stabilisée semble donc obtenu.

Nous pouvons maintenant examiner les représentations initiales dans le cadre de l'analyse plus fine des comportements des enfants par les stagiaires. Tout d'abord nous présenterons les réponses aux questions 3 et 5 qui permettent de recueillir les critères de réalisation retenus par les étudiants PE pour l'observation de la course à vitesse maximale. En regard des critères de réalisation, nous avons mis les réponses aux questions 7 et 8 qui permettaient d'indiquer le sens de variation pour les critères de réalisation énoncés. Nous pouvons regrouper les items en 3 grandes catégories ; des critères très généraux, des critères relatifs à la performance et des critères sur l'organisation corporelle. Nous n'avons retenu les items que s'ils étaient exprimés par au moins 5% des étudiants. Pour les autres items, leurs faibles pourcentages indiquent que ce sont des observables individuels. Même s'ils sont pertinents, ils ne sont pas significatifs de la population concernée et nous ne prendrons pas position sur leur importance. En annexe 15, nous présentons l'ensemble des items proposés.

Tableau 109 : Pourcentages d'étudiants PE citant différents critères de réalisation sur la phase de vitesse stabilisée en course de vitesse.

Catégories	Critères	%	Sens de variation	%
Critères généraux	façon de courir, attitude	50	extension mouvements amples	27
	rythme, respiration	48		
	foulée	26		
	coordination	15	Coordination bras jambes	12
	trajectoire	11		
Critères de performance	amplitude	50		
	fréquence, rythme	50		
	vitesse	21		

Catégories	Critères	%	Sens de variation	%
[redacted]				

Nous retrouvons les 3 grandes catégories isolées lors de la question ouverte sur l'observation générale de la course.

Les critères généraux

Parmi les critères généraux les plus souvent cités par les stagiaires et qu'ils pensent utiliser pour leur observation, nous trouvons la façon de courir, l'attitude (50%). Les étudiants sont nombreux à citer l'allure générale comme critère de réalisation. Même si pour chaque individu ce critère peut être un outil pour évaluer des élèves en course de vitesse, il reste trop vague pour être un réel critère de réalisation utilisable comme feed-back avec les enfants. Dans l'attitude en course, un nombre important d'étudiants souhaite observer le rythme, la respiration (48%). A ce niveau, il semble qu'il existe une confusion entre vitesse et endurance. Ainsi 17% des étudiants associent les termes de rythme ou respiration à endurance. Si nos examinons les propositions de sens de variations pour les critères généraux, elles sont pauvres, une grande amplitude de mouvement pour 27% des étudiants et une coordination bras jambes pour 12%. Il est difficile pour certains critères de donner des précisions verbales et il est possible de supposer que la nécessité de verbaliser a limité les réponses. Certaines précisions peuvent se donner par des gestes (démonstration, observation de camarade ou par des moyens audio visuels) ou par d'autres moyens (frappé pour les rythmes).

Les critères de performance

L'observation de la performance semble importante, 51% des questionnés proposent comme critère de réalisation l'amplitude et/ou la fréquence et 21% la vitesse. Mais si ces

critères sont fortement exprimés, aucune précision sur le sens de variation n'est apportée. Nous savons par ailleurs la nécessité de relativiser ces critères pour la détermination des niveaux d'habileté chez les enfants et de pondérer ces critères par la taille. Il semble donc nécessaire dans l'outil d'apprentissage de présenter l'évolution de l'amplitude et de la vitesse chez les enfants, mais aussi de monter les variations des valeurs pondérées, pour construire des représentations plus fonctionnelles.

Les critères d'organisation corporelle

Nous allons examiner les critères de réalisation proposés pour l'observation de l'organisation corporelle en fonction de leur prégnance.

Comme dans la question ouverte, le critère d'observation de l'organisation corporelle le plus cité est le bras. Un grand nombre de précisions sur le sens de variation ou plutôt sur le modèle attendu est donné, utiliser les bras, bras près du corps, courir avec les bras, les bras pliés en mouvement. Nous retrouvons l'importante centration sur les bras et il sera nécessaire d'en tenir compte dans notre outil même si nous savons par ailleurs l'extrême variance des réponses chez les enfants.

La jambe doit être un critère de réalisation pour 55% des questionnés et les positions à différents moments de la foulée sont proposées : jambe levée (19%), jambe fléchie (9%), mouvement de grande amplitude (19%), allongée avant le posé (21%). L'observation de la jambe est également rendue par deux critères, la flexion dans la première partie de la phase de retour de la jambe libre indiquée par le critère talon fesse important pour 30% des questionnés et dans la deuxième partie de cette phase par l'observation de la montée du genou par 62% des questionnés. Le sens de variation semble bien perçu, mais les critères manquent de précision. Nous pourrons apporter ces précisions dans notre instrument pour apprendre et modéliser les différences d'organisation corporelle au moyen de la poulaine.

L'observation du tronc est importante pour 50% des questionnés. C'est la troisième centration pour nos étudiants. Lorsque nous les interrogeons plus particulièrement sur les variations attendues à propos de ce critère, les réponses sont contradictoires. Pour 39%, le tronc doit être droit en course, pour 38 %, il doit être incliné et pour 17%, légèrement incliné. Associée à l'observation du tronc, l'observation de la tête est également signalée par 21% des questionnés. Elle doit être relevée, le regard dirigé vers la fin de la course. Notre outil doit impérativement préciser les variations attendues au niveau de l'inclinaison du tronc en course.

Pour l'observation du pied, les réponses au questionnaire se trouvent en contradiction avec les réponses obtenues dans la question ouverte. En effet le pied apparaissait comme important pour 44% des étudiants, alors que dans le questionnaire, l'observation du pied en course n'est à prendre en considération que pour 14% de nos étudiants. D'un autre côté, quand dans la question 8 ils sont interrogés plus particulièrement sur le sens de variation de ce critère, ils sont nombreux à ne pas répondre (environ 50%). Ceci indique la faible importance accordée par les étudiants à l'observation du pied. Nous avons, à l'occasion de la présentation de l'outil d'analyse des films, noté la difficulté à identifier dans un film à 50 images par seconde le moment du posé et la forme qu'il prenait (pied à plat, sur l'avant pied ou talon pointe). Nous pensons donc que l'observation du pied au moment du posé est difficile et ce critère dont l'importance aux yeux des étudiants varie d'un questionnaire à l'autre ne sera pas déterminant dans la construction de notre outil.

Interrogés plus particulièrement sur le sens des variations au niveau du pied, les réponses ne sont pas univoques. Les attentes sont diverses, pour 24% le pied se pose sur l'avant pied, pour 8 % il se pose en talon pointe. On retrouve des qualificatifs entendus sur les terrains de sports, réactif, griffé (5%), actif (6%), effleure le sol (7%). Nous pensons donc que l'observation du pied au moment du posé est difficile et ce critère dont l'importance aux yeux des étudiants varie d'un questionnaire à l'autre, ne sera pas déterminant dans la construction de notre instrument pour apprendre.

Dans le sous-système concernant les stagiaires, après avoir étudié leurs représentations initiales, pour construire notre instrument il nous faut examiner le problème des styles d'apprentissage.

III.1.3.3.3. Styles d'apprentissage

Les réactions des individus confrontés à une situation de formation ou d'apprentissage (c'est-à-dire pour laquelle ils n'ont pas de réponse adaptée immédiate) sont variées. Deux grands systèmes explicatifs de ces différences existent, la notion de style d'apprentissage et la théorie de la vicariance.

Les styles d'apprentissage ont été développés à partir des années 60. Ce sont *« les caractéristiques cognitives, affectives et physiologiques indiquant de façon relativement stable comment les apprenants perçoivent, répondent à et interagissent avec l'environnement d'apprentissage »* (Keefe 1979 traduit par Chevrier & al 2000). Le modèle proposé est intéressant au plan théorique car il introduit les phénomènes de la variabilité inter et intra individuelle dans l'apprentissage, et au plan pratique car il répond au besoin de la pratique pédagogique d'une plus grande individualisation des apprentissages. Mais ce modèle présente des faiblesses notamment dans la mise en relation entre styles et théories de l'apprentissage et dans la prise en compte des contextes. (Orly-Louis & Huteau 2000)

Une autre perspective théorique pour l'étude des différences individuelles est proposée par Reuchlin, la théorie de la vicariance qui postule que chaque individu dispose « de plusieurs processus vicariants pour s'adapter à une situation dans laquelle il se trouve. Mais certains de ces processus seraient, chez un individu donné, plus facilement évocables que d'autres ». Reuchlin 1978.

Les théories et les recherches de laboratoire nous montrent que nos stagiaires n'apprennent pas tous d'une manière identique. Nous savons, concernant l'apprentissage particulier visé, que certains stagiaires peuvent être plus sensibles à des données biomécaniques, alors que d'autres le sont plus à des images (Morrisson & Harrisson 1997). Il est donc souhaitable que notre instrument pour apprendre soit conçu avec une pluralité des modes d'acquisition des connaissances donc avec des choix possibles pour les apprenants. Les résultats de l'expérimentation de l'outil devront également être lus en prenant en considération ces faits.

III.1.3.3.4. Motivation à l'apprentissage

La motivation est souvent liée au contexte et, dans le cadre de ce travail, l'efficacité de la formation n'est pas sans rapport avec l'investissement des stagiaires dans leur formation. La formation à la polyvalence et incidemment à l'éducation physique n'est pas, au regard des

attentes institutionnelles, d'une grande importance et les propositions de volume horaire réservé aux différentes disciplines en est un reflet : 100 h pour les approches didactique et pédagogique du français, 50 heures pour les approches des mathématiques et 100 heures pour lensemble des autres disciplines. Les disciplines dites « fondamentales » sont perçues comme importantes et représentent un réel enjeu pour nos stagiaires, les disciplines dites « non fondamentales » sont alors regardées avec une distance qui ne plaide pas en leur faveur.

L'importance relative des disciplines « connexes » n'est pas sans influence sur la motivation à apprendre de nos stagiaires. Il nous faut pour provoquer des transformations davantage réfléchir et proposer des situations de formation motivantes, variées. Les TICE sont des outils qui dans notre cas, en plus des commodités de communication et de présentations qu'ils offrent, peuvent jouer ce rôle d'approche différente des savoirs professionnels. Ils contribuent à augmenter la motivation pour l'acquisition des connaissances visées. Ils autorisent également l'auto-formation.

Les exigences pour les validations sont en rapport avec le volume horaire de formation ainsi, actuellement, les validations sur les approches didactiques et pédagogiques, se centrent davantage sur des savoirs déclaratifs pour la formation dispensée à l'IUFM et plus sur des savoirs procéduraux au cours des stages.

La formation professionnelle centrée sur des registres de technicité doit être évaluée sur ces registres. Pour la technicité de lecture, il paraît souhaitable de construire des dispositifs de formation qui lient d'une manière indissociable les savoirs théoriques et les savoirs procéduraux et d'évaluer sur les savoirs en acte des stagiaires.

III.1.3.3.5. Relations stagiaires/stagiaires

L'importance et l'influence du travail en groupe pour l'apprentissage des élèves sont largement documentées (Meirieu 1993). L'apprentissage en groupe en formation d'adultes et en formation de formateurs est également étudié (Pley 1998, Solar 2001).

Parmi les conclusions des chercheurs, il apparaît que :

- le groupe contribue à la formation de l'identité professionnelle du stagiaire
- Le rapport au savoir du groupe est fonction de celui de ses membres
- L'inter tutorat est un élément clé de la formation dans les équipes en recherche
- L'argumentation joue un rôle dans l'apprentissage en groupe.

Notre expérience nous conduit à offrir cette possibilité sans l'imposer, certains stagiaires étant plus à l'aise dans des situations de rapport individuel au savoir, d'autres dans des situations plus collectives. C'est pourquoi nous proposerons à nos stagiaires de travailler en binôme ou seul.

III.1.3.3.6. Conclusion

De l'examen des contraintes à prendre en considération pour la construction de notre instrument d'apprentissage il apparaît qu'il nous faudra :

- centrer l'attention des stagiaires sur les indicateurs morphologiques
- tenir compte de l'importance qu'ils accordent au rôle des bras dans la détermination de niveau en course
- prévoir une démarche qui mette en décalage leurs savoirs immédiats
- confronter leurs représentations initiales avec des connaissances scientifiques
- proposer un instrument et une situation de formation motivante
- tenir compte des processus vicariants, en faisant appel à des sources multiples de construction du savoir, dans la démarche de formation (travail de recherche, questionnement, apport de connaissances), mais aussi dans les outils pédagogiques avec des propositions de document variés, visuels (iconiques, graphiques), textuels ou sonores.
- autoriser et organiser le travail en binôme ou seul.

III.1.3.4. Le sous-système du contexte

III.1.3.4.1. La durée de la situation de formation

Le temps de formation en Education Physique et Sportive est relativement restreint dans les IUFM. Il est différent d'un Institut à l'autre et dépend des plans de formation votés par les conseils d'administration. A la Réunion, les étudiants en première année reçoivent une formation en didactique de l'EPS de 36 heures et les stagiaires de deuxième année se destinant à l'enseignement à l'école primaire peuvent avoir deux profils en éducation physique :

- enseignant avec une formation de base en deuxième année de 20 heures en E.P.S.
- ou enseignant avec une dominante en E.P.S. qui reçoivent alors à une formation supplémentaire de 30 heures.

Sur ces enseignements, le temps réservé à l'athlétisme est de 8 heures pendant lequel il faut aborder les courses, les sauts et les lancers et cela dans les 3 cycles.

La course de vitesse n'est qu'un des enseignements en athlétisme et le temps que nous pouvons y consacrer ne peut être important. Nous sommes contraints de concevoir un outil qui ne demande pas un temps d'apprentissage important. Même s'il est possible d'envisager

que la présentation de cet outil d'apprentissage puisse servir d'exemple pour d'autres activités physiques, nous pensons consacrer une demi-heure à cet apprentissage en présentiel.

Par contre il est possible de viser les apprentissages hors présentiel. Les étudiants de base, dans le cadre du volontariat, les étudiants à dominante dans le cadre d'un travail préparatoire sur l'analyse de la performance motrice doivent pouvoir utiliser cet outil, s'il est conçu pour être mis sur le net, ou a minima sur le serveur de l'institut, en intranet.

Nous travaillons sur un temps restreint de formation permettant d'orienter les transformations ultérieures. Pour ce faire, notre outil, sera conçu en plusieurs plans, le premier comportera les informations essentielles et le minimum pour apprendre, les suivants offrirons la possibilité d'approfondir les connaissances sur le sujet. Les transformations à produire doivent être initiées, mais elles doivent pouvoir se poursuivre. Dans cette optique, un support qui permet le rappel en situation sera conçu à partir de la modélisation des différents niveaux d'habileté.

Ainsi, en fonction de ces temps différents, l'outil de formation est conçu avec plusieurs niveaux d'approche, un premier plan qui doit permettre l'accès à l'essentiel en un temps bref de formation et des plans supplémentaires qui autoriseront l'accès à des compléments de formation ou d'information pour tous les étudiants désireux d'en apprendre plus.

III.1.3.4.2. La place de l'instrument dans la formation

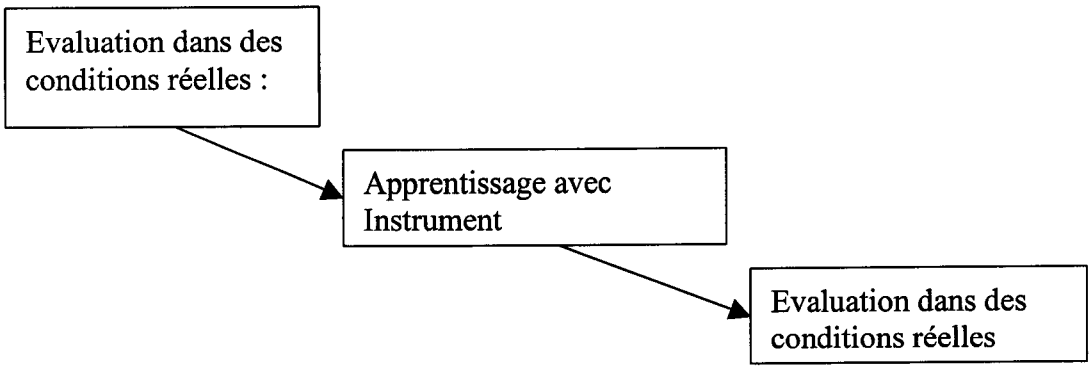
C'est grâce à l'analyse des enfants en situation, en fonction d'un référentiel construit que se transformera l'habileté de lecture des stagiaires. C'est dans l'alternance entre l'évaluation des enfants dans l'activité et la confrontation de son habileté de lecture à un référent établi que doivent s'opérer les transformations.

La formation actuelle pour les professeurs d'école stagiaires se déroule en trois stages de trois semaines, autour desquels s'articule une formation à la didactique de la discipline en fonction du cycle concerné par le stage et une formation par l'analyse de pratique.

Il serait donc souhaitable d'utiliser cet instrument pour apprendre dans une période inter stage, après que les stagiaires aient été confrontés au problème de l'évaluation des élèves en course. Suite à l'utilisation de l'instrument en cours ou sur le site de l'IUFM, les étudiants auraient à évaluer à nouveau des élèves dans un autre stage en utilisant alors les outils proposés à l'issue de la recherche et qu'ils se seront appropriés.

La séquence d'apprentissage de l'évaluation peut être définie comme suit :

Figure 101 : Présentation de la logique de la séquence de formation.



III.1.3.4.3. Les attentes institutionnelles

Actuellement le référentiel de compétences pour la formation des enseignants dans le premier degré invite les formateurs à contribuer à l'acquisition et au renforcement des compétences professionnelles dans quatre grands domaines (BO n° 43 du 24 novembre 1994, BO n° 15 du 11 avril 2002) :

La demande institutionnelle en regard des compétences de lecture s'affirme par :

- Une exigence de connaissances didactiques sur chaque discipline et notamment dans la conception de situations d'apprentissage pour lesquelles le professeur d'école doit être capable " *d'établir les indices de réussite* ".

- Une maîtrise dans la conduite des situations d'apprentissage au cours desquelles l'enseignant doit être capable d'une part de " *mettre entre relation les résultats obtenus et le comportement des élèves avec le projet et les données de départ* " et d'autre part de tirer parti " *des erreurs et des réussites des élèves* ".

La demande de l'institution sur la formation à l'évaluation est centrée sur deux axes : au plan théorique, la connaissance des indices et indicateurs de réussite, au plan de la pratique, l'utilisation de ces indicateurs pour la construction et la conduite de situations d'apprentissage.

Si les compétences sont clairement exprimées, elles sont identifiées à partir de deux points de vue, théorie et pratique, l'articulation entre les deux approches est peu précisée.

III.1.3.4.4. Les moyens matériels disponibles

La formation à l'évaluation d'un acte moteur nécessite la confrontation à la réalité de cet acte moteur. Dans notre cas, les stagiaires doivent évaluer des enfants de différents niveaux en course de vitesse. Il est possible, sans que la situation soit identique, de suppléer à l'absence de cas concrets, par la présentation de films, ou l'analyse iconique de cette réalité.

Le développement de l'informatique, notamment du multimédia, de l'Internet et de l'intranet, ouvre des possibilités matérielles pour la formation des stagiaires.

La présence dans l'institut de salles de cours équipées d'ordinateurs performants, de salles libres service et d'une salle multimédia à la médiathèque autorisent la construction d'instruments informatiques pour apprendre. Cela nous autorise à insérer des temps de formation avec ce matériel dans une démarche d'apprentissage plus large.

Ainsi, l'instrument que nous pensons construire sera disponible sur l'intranet et utilisable :

- En salle informatique, sous la conduite d'un enseignant,
- En salle libre service pour un complément de formation, ou une approche hors présentielle.
- En médiathèque, en salle multimédia, à la disposition de tous les lecteurs. Nous envisageons également sa diffusion par le CRDP.

Par contre nos salles ne sont pas équipées de casques qui permettent d'avoir accès à des documents sonores d'une manière individuelle. Pour cette raison nous n'introduirons pas de commentaires sonores dans le document que nous étudierons.

Le recueil des représentations initiales peut également se faire à l'aide d'un questionnaire qui sera rempli par les stagiaires et communiqué par courrier électronique au formateur.

III.1.3.4.5. Conclusion

Notre contexte de formation nous autorise la conception d'un instrument de formation utilisant le multimédia, mais sans recours au son.

Notre instrument doit viser à la fois une formation en présentiel et hors présentiel, et également offrir la possibilité de d'apports de connaissances en fonction du choix des stagiaires. En conséquence le niveau de navigation dans l'instrument doit prévoir des possibilités d'apports de connaissances à des niveaux différents.

Même si la formation nous paraît importante et incitatrice pour une formation autonome ultérieure, l'utilisation de l'instrument en présentiel ne doit pas requérir un temps de formation trop conséquent. La démarche de formation de construction sera en fait réduite et en contre partie l'apport de connaissances par une démarche transmissive (économe en temps de formation) présente dans l'instrument.

III.1.3.5. le sous-système du formateur

En fonction des savoirs visés, des stagiaires et du contexte, un formateur fait des choix. Nous avons conscience que ces choix dépendent en partie de nous même et ne sont pas transposables à l'identique. Mais notre travail vise la construction d'un instrument sur une habileté, travail qui peut être transposable à d'autres habiletés.

III.1.3.5.1. Les savoirs visés

La technicité de lecture que nous souhaitons améliorer peut être abordée de différentes manières.

En formation, les savoirs que nous visons peuvent rester de l'ordre des savoirs déclaratifs. Si nous nous limitons à cet apprentissage de la part de nos stagiaires, en ce qui concerne la course de vitesse la connaissance des indicateurs de différenciation des coureurs et les valeurs des indicateurs pour différents niveaux est suffisante. Dans ce cas l'apport théorique sur l'évaluation des enfants en course de vitesse peut être effectué d'une manière transmissive et cela semble suffisant.

Par contre si nous visons des savoirs en acte, nos intentions de formation sont plus complexes. Elles impliquent la reconstruction des représentations des stagiaires et leur activation en situation. C'est ce que nous souhaitons dans le cadre de ce travail.

III.1.3.5.2. Importance accordée aux savoirs visés

Dans l'ensemble des savoirs didactiques, professionnels et savants dont a besoin un enseignant pour concevoir, organiser et mettre en œuvre l'éducation physique pour sa classe, dans le cadre de son école, les savoirs et compétences que nous visons sont une partie infime de ce qui est attendu d'un stagiaire en fin de formation.

L'apprentissage visé par notre outil est, dans ce contexte, d'une importance relative dans la formation des enseignants du premier degré en EPS.

Pourtant participer à la construction/reconstruction d'un registre de technicité de lecture pour une activité nous semble primordiale dans la formation d'un stagiaire professeur d'école. C'est mettre l'accent sur une compétence professionnelle que la pratique peut améliorer d'autant plus efficacement que le stagiaire ou l'enseignant focalise son attention sur celle-ci. Dans le curriculum que nous avons établi, en fonction des temps de formation qui existent, l'amélioration de la technicité de lecture conçue de cette façon demande d'y consacrer un temps de formation important. Il est impensable matériellement de consacrer le même temps pour toutes les activités et cette formation ne pourra se faire que pour une activité. Par contre nous pensons qu'il faut mettre à la disposition des étudiants sur l'intranet de l'IUFM des outils similaires pour d'autres activités physiques.

III.1.3.5.3. Utilisation des aides didactiques

Les aides pour la construction d'un savoir sont un souci permanent des enseignants et des formateurs.

Il est possible de définir les aides didactiques comme des outils ou des instruments servant de lien entre les connaissances du stagiaire et l'interprétation qu'il peut donner d'un phénomène (physique) qui lui est présenté. Ces aides utilisent des simulations et des représentations symboliques. Mais les « aides didactiques » retenues par les enseignants ou les formateurs doivent être comprises et nécessitent un apprentissage, cela passe par une construction de la part de l'apprenant. (Arca & Guidoni 1989, Astolfi 1989).

Pour la formation que nous souhaitons mettre en place, les aides didactiques peuvent être multiples. L'apprentissage de la lecture d'un mouvement peut s'appuyer sur des photos, des kinogrammes, des vidéogrammes, des modélisations. La modélisation sous forme d'une poulaine demande à notre avis un travail particulier d'abstraction de la part des stagiaires. Ce travail peut se faire s'ils construisent, reconstruisent ou comprennent comment a été élaborée cette modélisation.

III.1.3.5.4. Le style d'enseignement/Style pédagogique

Les choix que nous faisons pour la construction de notre instrument d'apprentissage dépendent largement de ce que nous sommes.

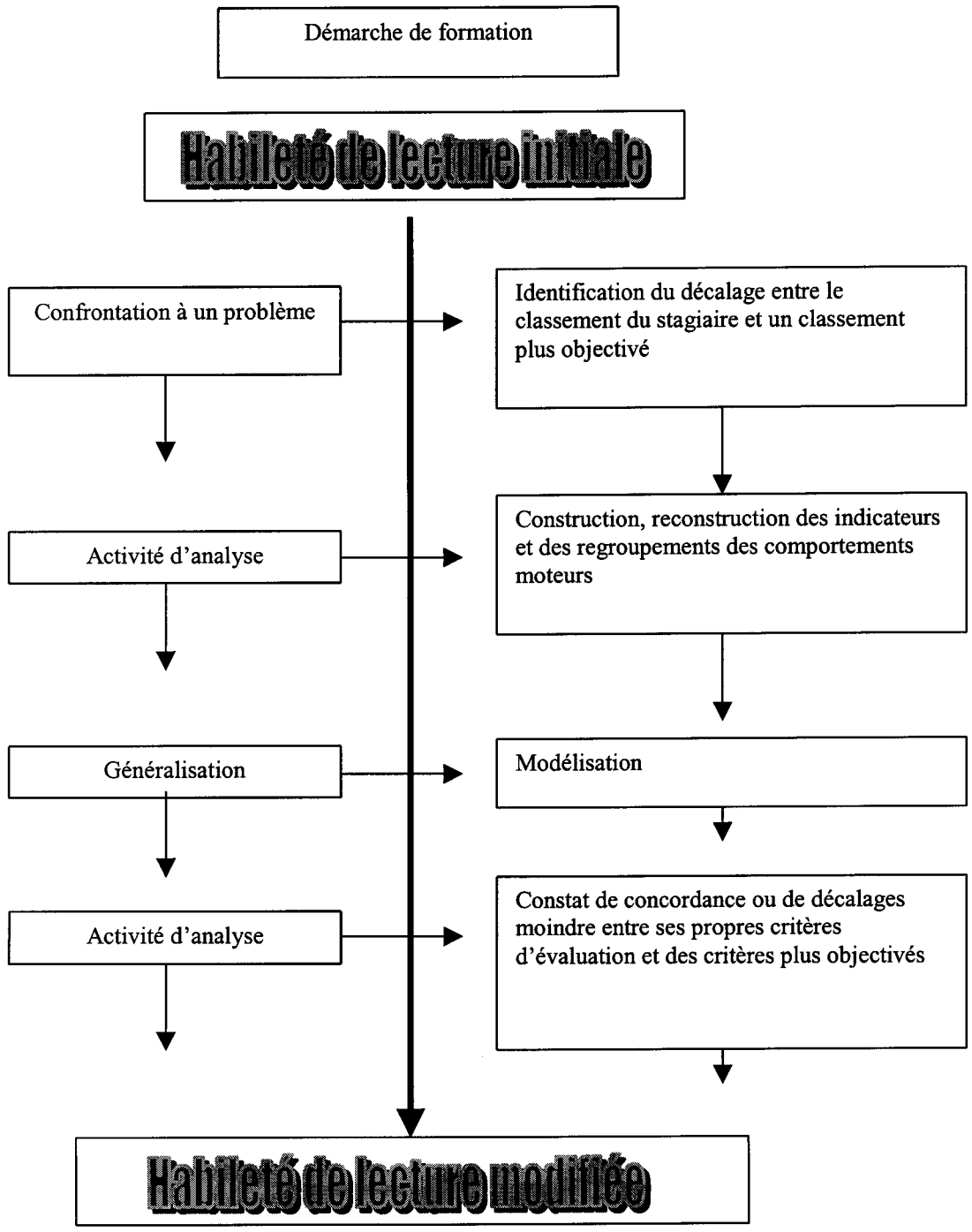
Un certain nombre d'études en éducation a essayé de catégoriser les interventions des enseignants ou des formateurs. La notion de style d'enseignement a été introduite en France après les travaux Nord américains dans les années 1950. Moston (1981), Pieron (1992, 1993) ont établi des styles d'enseignements qui sont « la manière particulière d'organiser la relation enseignant-enseigné dans une situation d'apprentissage ou de formation» (Thérer 1998). Au concept de style d'enseignement, Altet (1996) préfère celui de style pédagogique qu'elle définit comme l'ensemble de trois styles, le style personnel (la manière d'être), le style relationnel (la manière d'entrer en relation) et le style didactique (la manière d'organiser la situation pédagogique).

Sans prendre position pour l'un ou l'autre des termes, ces deux concepts recouvrent un même souci, celui de mettre l'accent sur le fait que les enseignants, sans y prendre garde, abordent leur enseignement d'une manière qui leur est propre. A la notion de style, nous préférons celle de démarche préférentielle en nous référant à la notion de processus vicariants, qui nous nous semble plus ouverte pour la compréhension des choix des formateurs.

Il n'en demeure pas moins que la manière d'aborder la formation est personnelle. C'est le reflet de l'histoire de chacun. Dans notre cas, l'instrument construit ou utilisé reflète d'une part l'intérêt porté à l'activité, l'importance accordée à l'évaluation des enfants dans la conduite d'une situation d'apprentissage et d'autre part l'attrait envers les nouvelles technologies de la communication. Mais il traduit également le souhait de faire en sorte que les stagiaires reconstruisent leurs représentations par l'action, confrontent leurs savoirs aux connaissances établies scientifiquement, transforment leur habileté de lecture du mouvement et perçoivent l'intérêt des outils informatiques pour leur formation continue.

Pour cette formation, nous adopterons une démarche que nous pouvons illustrer par le schéma suivant :

Figure 102 : Démarche de formation à la lecture des comportements moteurs en course de vitesse.



Si nous caractérisons notre démarche, elle est centrée sur les apprenants par la prise en compte de leurs représentations initiales, par la dévolution du problème aux stagiaires, par la possibilité offerte de travailler seul ou à plusieurs, par l'activité qu'elle suscite pour la construction/reconstruction des indicateurs, par la confrontation entre les classements qu'ils proposent et les classements établis d'une manière scientifique, par la possibilité offerte de moduler l'accès aux connaissances scientifiques en fonction de leurs propres intérêts. Mais elle est également centrée sur la matière par les apports de connaissances qu'elle organise.

III.1.3.5.5. Conclusion

De l'analyse du sous-système du formateur, nous pouvons retenir que nous recherchons une transformation chez les stagiaires qui va au-delà des savoirs déclaratifs mais vise une transformation de l'habileté de lecture. La démarche que nous retenons et le choix des transformations visées nous incombent et nous avons pleinement conscience qu'ils auraient pu être différents. Pour cela, nous privilégions, autant que faire se peut, une démarche active de construction/reconstruction des savoirs.

III.1.3.6. Structure de l'instrument

A partir des différentes conclusions que nous avons tirées de l'examen du système d'une situation de formation, nous proposons la structure suivante pour notre instrument de formation. L'instrument de formation se présentera en 5 étapes qui articuleront des activités des stagiaires et des temps de transmission de connaissances.

Tableau 110 : Les différentes étapes constitutives du cd-rom version 1.0

Etape	Intention par rapport à la formation	Contenu
Etape 1	Dévolution du problème et évaluation diagnostique	Classement de 12 films Confrontation de son classement à un classement scientifique
Etape 2	Prise de conscience des représentations initiales concernant l'évaluation d'une course de vitesse par une rédaction des critères de réalisation retenus Centration sur la phase de maintien de la vitesse	Questionnaire à remplir
Etape 3	Apports théoriques des indicateurs les plus pertinents Démonstration de la construction d'une modélisation d'un cycle de course : la poulaine	Présentation des indicateurs les plus significatifs du point de vue statistique et pragmatique : photos, vidéos et graphiques, textes, modélisation : poulaine.
Etape 4	Apports de connaissances sur les niveaux d'habileté en course à vitesse maximale	Pour chaque niveau d'habileté présentation des valeurs des indicateurs les plus significatifs et de la modélisation du niveau d'habileté : photos, vidéo et graphiques, textes.
Etape 5	Constat des progrès et évaluation sommative	Classement de 12 films en 6 niveaux Confrontation des résultats du classement individuel au classement scientifique.

III.2. Mise en œuvre des essais et évaluation

Dans notre démarche de conception de l'instrument pour apprendre la lecture du mouvement en course de vitesse, nous avons souhaité procéder en deux étapes.

Dans la première il s'agit d'expérimenter avec un petit nombre d'étudiants une version 1.0. Nous testerons à cette occasion la validité des choix effectués à propos du nombre de classes, de l'utilisation des aides didactiques, de la modélisation utilisée et ce grâce aux remarques des stagiaires et aux résultats qu'ils obtiendront aux deux évaluations initiale et finale.

La deuxième étape sera la conception, la réalisation, l'expérimentation et la validation de la version 2.0.

III.2.1. Première étape : expérimentation de la version 1.0

III.2.1.1. Présentation de la version 1.0

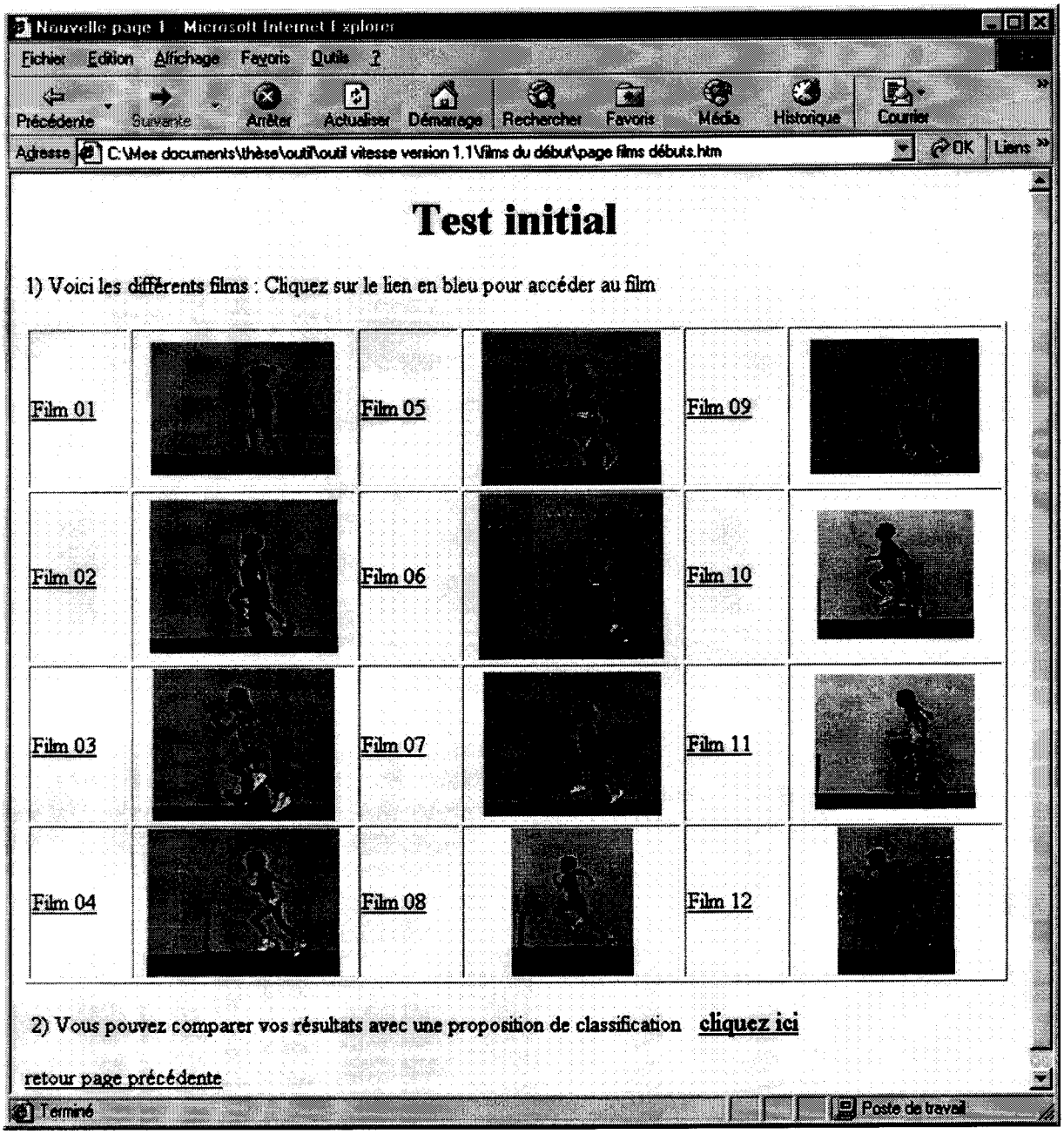
Notre option est un logiciel au format html qui pourra être consulté en intranet à l'IUFM dans la salle libre service ou dans une salle spécialisée. Il se trouve en annexe 16, c'est le cd-rom n°1.

Il se présente en 5 étapes.

III.2.1.1.1. Test initial

La première étape est celle de l'évaluation diagnostique. Chaque étudiant doit pouvoir mesurer sa capacité à lire le mouvement. Une page d'accueil pour cette évaluation initiale est composée d'un tableau présentant douze films numérotés de 1 à 12. Chaque film est illustré par une photo qui aide à la mémorisation du coureur. La photo et le numéro du film font lien avec le film de l'enfant correspondant. Les photos sur la page de présentation du test permettent une conservation de la forme de la course et un rappel du coureur. Par la mémorisation facilitée du coureur et de la forme de la course, cette page est conçue pour favoriser le classement. Chaque film se déroule en boucle ce qui donne du temps pour l'observation et permet au lecteur de mieux analyser la course qu'il regarde. Le stagiaire classe alors les différents films et confronte ensuite les résultats qu'il propose à ceux obtenus à partir des classes définies dans le chapitre II.

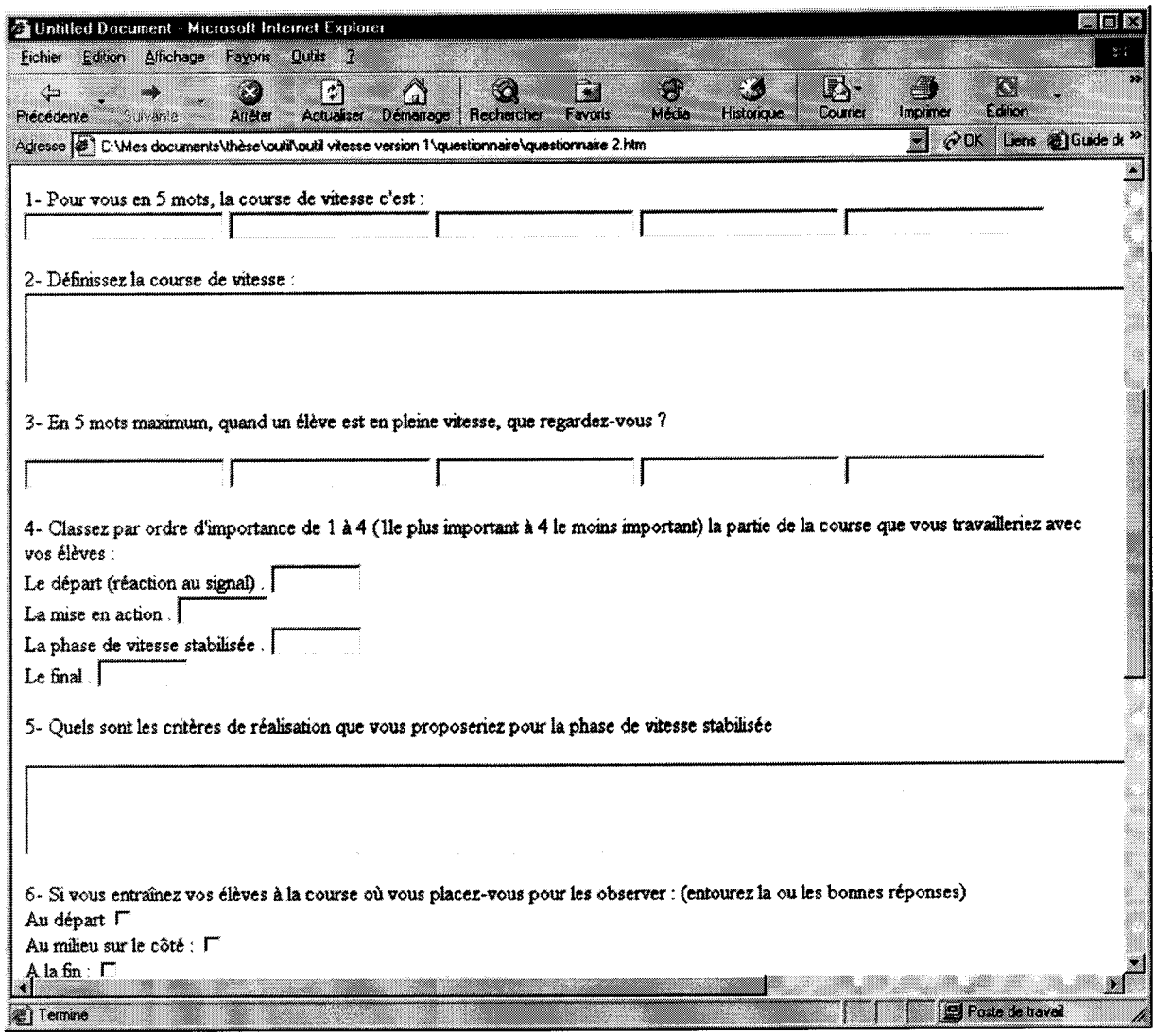
Figure 103 : Page de présentation du test initial de la version 1.0.



III.2.1.1.2. Recueil des représentations

ans un apprentissage, il est important de faire émerger les représentations initiales et ce pour deux raisons. Pour l'enseignant, en début d'apprentissage il est impératif de connaître les représentations, pour le stagiaire, il est primordial de mobiliser ses connaissances actuelles, de les rendre plus conscientes pour qu'il puisse ensuite les compléter ou éventuellement les remettre en cause. Le questionnaire est un formulaire. Lorsque les stagiaires l'ont rempli, il est adressé automatiquement au formateur. Nous avons choisi d'insérer comme questionnaire pour faire émerger leurs propres représentations celui qui nous avait permis de comprendre les représentations initiales de nos stagiaires. Il est composé des 8 questions définies au paragraphe III.1.3.2.2.

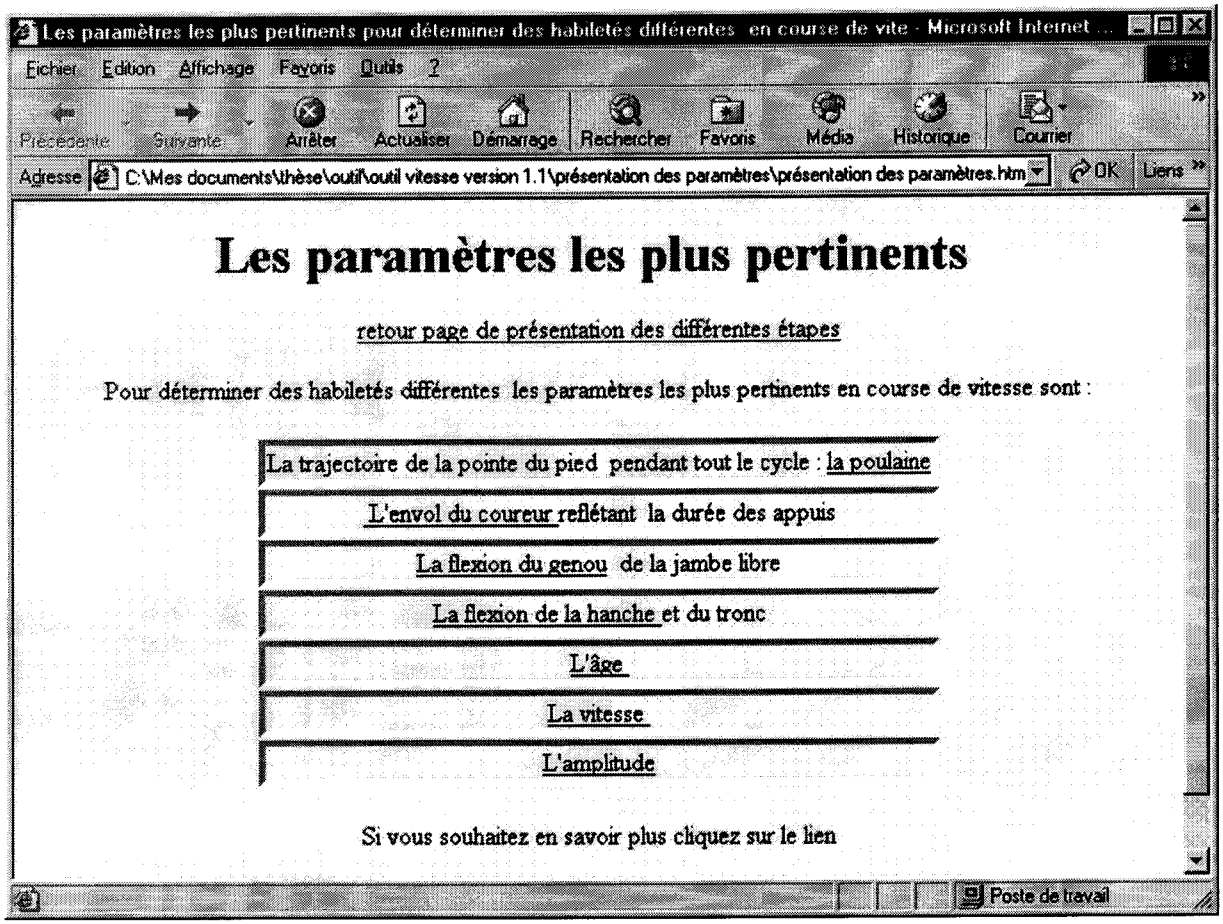
Figure 104 : Page de présentation du questionnaire.



III.2.1.1.3. Les paramètres observables

Les paramètres observables retenus sont présentés sur une page synthétique. Ce sont la poulaine, l'envol du coureur, la flexion du genou de la jambe libre, l'inclinaison du tronc, les différences entre les âges du point de vue statistique, la vitesse réelle et la vitesse pondérée, l'amplitude et l'amplitude pondérée. Chaque paramètre est relié à une page qui permet de décrire ce paramètre et d'en comprendre la construction, les moments importants pour son observation, son évolution en fonction du niveau d'habileté.

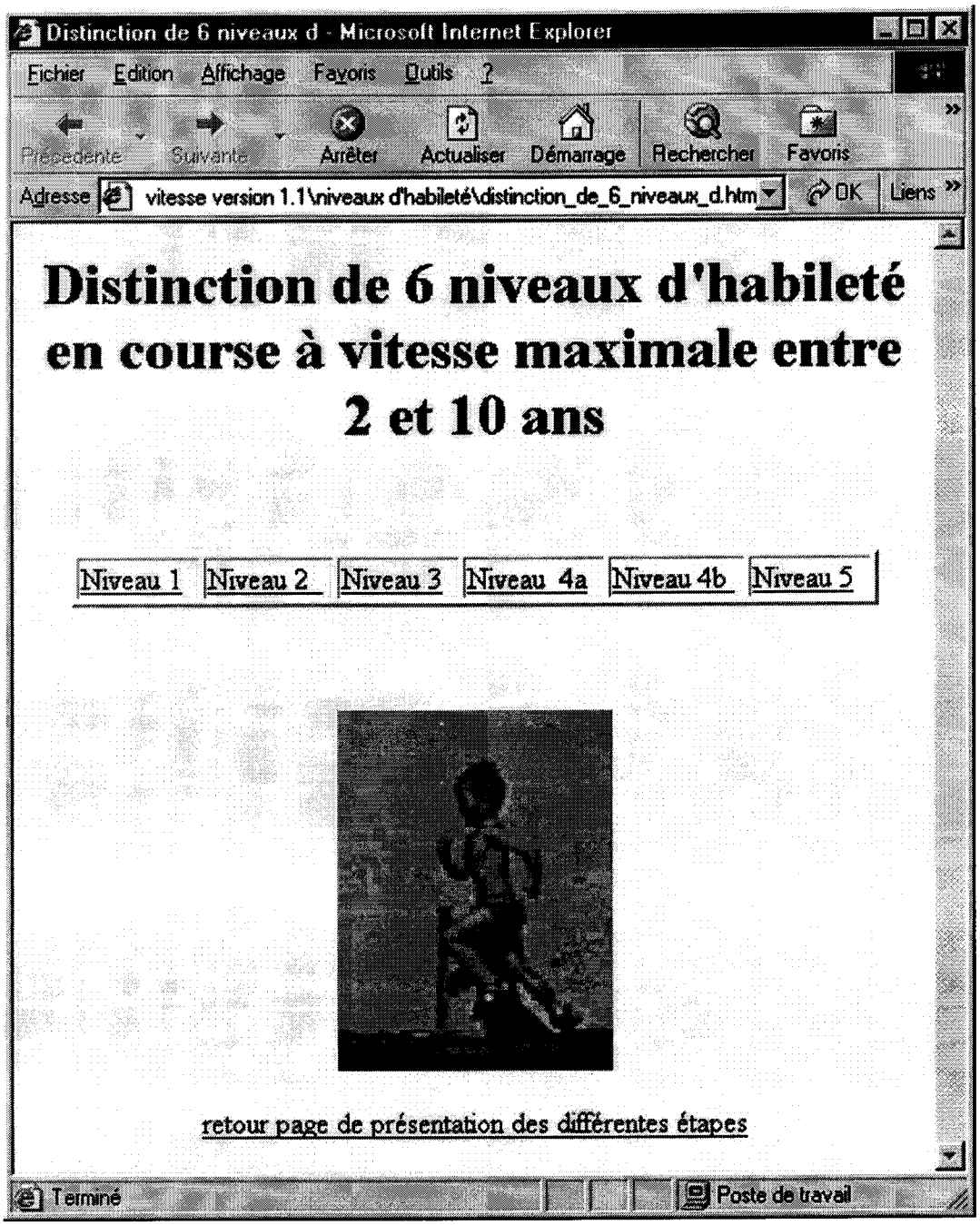
Figure 105 : Page de présentation des indicateurs les plus pertinents pour observer une course de vitesse chez les enfants.



III.2.1.1.4. Les 6 niveaux d'habileté

Une page centrale donne accès aux différents niveaux d'habileté. Chaque niveau est décrit par ses indicateurs les plus pertinents, leur valeur est alors donnée. En complément et pour ceux qui le souhaitent, pour chaque niveau d'habileté, leur sont proposées la forme de la trajectoire de la pointe de pied, une description de la course caractéristique de ce niveau et la répartition de la population scolaire. Pour illustrer ces courses, le déplacement d'un bonhomme fil de fer et une vidéo d'enfant de ce niveau sont proposés en boucle. Ci-dessous la page de présentation des 6 niveaux d'habileté est reproduite.

Figure 106 :Page de présentation des 6 niveaux d'habileté en course de vitesse chez les enfants.



III.2.1.1.5. Test final

L'évaluation sommative se présente sous la même forme que l'évaluation diagnostique. Ce sont à nouveau douze films à classer en six niveaux et une confrontation entre les résultats proposés par le stagiaire et le classement obtenu scientifiquement. Pour les mêmes raisons de facilitation du classement, la page de présentation de l'évaluation sommative est constituée par une présentation de chaque coureur sous forme d'une photo reliée à son film par un hyperlien. Chaque film se déroule en boucle pour en faciliter l'observation.

III.2.1.2. Validation de la version 1.0

III.2.1.2.1. Conditions d'expérimentation

Nous avons proposé à deux groupes de stagiaires en début d'année scolaire d'utiliser la version 1.0 de l'instrument pour apprendre à lire le mouvement. En salle informatique, nous avons présenté la version 1.0. Nous avons laissé le choix aux stagiaires de travailler seul ou à deux sur un ordinateur. Nous avons demandé que les réponses soient individuelles. Cinquante trois stagiaires ont été interrogés. Nous avons pu retenir quarante huit réponses, les cinq autres ont été rejetées car incomplètes.

Le profil de ces stagiaires quant à la pratique personnelle et à la pratique comme formateur en athlétisme est celle indiquée dans l'analyse du sous-système des formés.

III.2.1.2.2. Démarche

Pour valider l'instrument pour apprendre, nous proposons d'évaluer les variations de l'habileté de lecture avant et après formation avec l'instrument et de recueillir les commentaires des utilisateurs.

L'habileté de lecture se manifeste par l'adéquation entre le classement théorique et le classement proposé par les stagiaires. Nous comparerons donc le nombre de bonnes réponses au test initial et au test final dans la version 1.0. Nous faisons l'hypothèse qu'après avoir travaillé avec l'instrument pour apprendre à lire le mouvement les stagiaires amélioreront le nombre de bonnes réponses au test final.

Dans le chapitre 2, nous avons proposé de retenir 6 classes avec deux classes proches, 4a et 4b. Nous examinerons les scores des stagiaires en fonction du niveau d'habileté étudié et cela aussi bien dans le test initial que dans le test final. Nous vérifierons à cette occasion si l'instrument permet des transformations différentes en fonction du niveau d'habileté observé.

Nous cherchons à identifier les difficultés que rencontrent les stagiaires dans l'utilisation de cette version expérimentale. A la fin de la séance de travail avec l'instrument pour apprendre, une question ouverte est posée pour recueillir leurs avis, souhaits et remarques sur cet instrument : « Que pensez-vous de cet instrument, quelles modifications souhaiteriez-vous pour une plus grande lisibilité de ce cd-rom ? »

III.2.1.2.3. Résultats

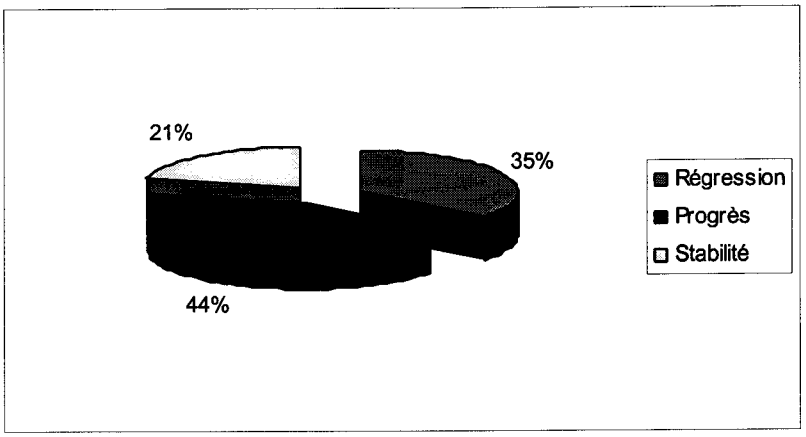
Nous avons relevé les propositions de classement des stagiaires au test initial et au test final et nous avons noté les résultats concordants avec le classement obtenu statistiquement.

Variation de l'habileté de lecture entre le test initial et le test final avec la version 1.0.

Pour identifier les variations de l'habileté de lecture, nous comparons les résultats de chaque individu aux deux tests. Pour cela nous avons fait la différence entre les scores de chacun des stagiaires. Puis nous avons regroupé les stagiaires qui présentent un différentiel positif (ils manifestent un progrès dans leur classement), ceux pour qui le différentiel est nul

et ceux qui montrent un différentiel négatif. Le graphique ci-dessous indique les pourcentages de stagiaires en fonction du différentiel de bonnes réponses entre les deux tests.

Figure 107 : Nombre de stagiaires en progrès, en régression ou stable exprimés en pourcentage dans leur habileté de lecture après travail avec l'instrument 1.0.



Après avoir utilisé le logiciel de formation, les résultats indiquent que 44% des stagiaires ont progressé dans l'évaluation des niveaux d'habileté des élèves en course de vitesse, 21 % obtiennent un score identique et 35 % des stagiaires ont régressé dans cette évaluation.

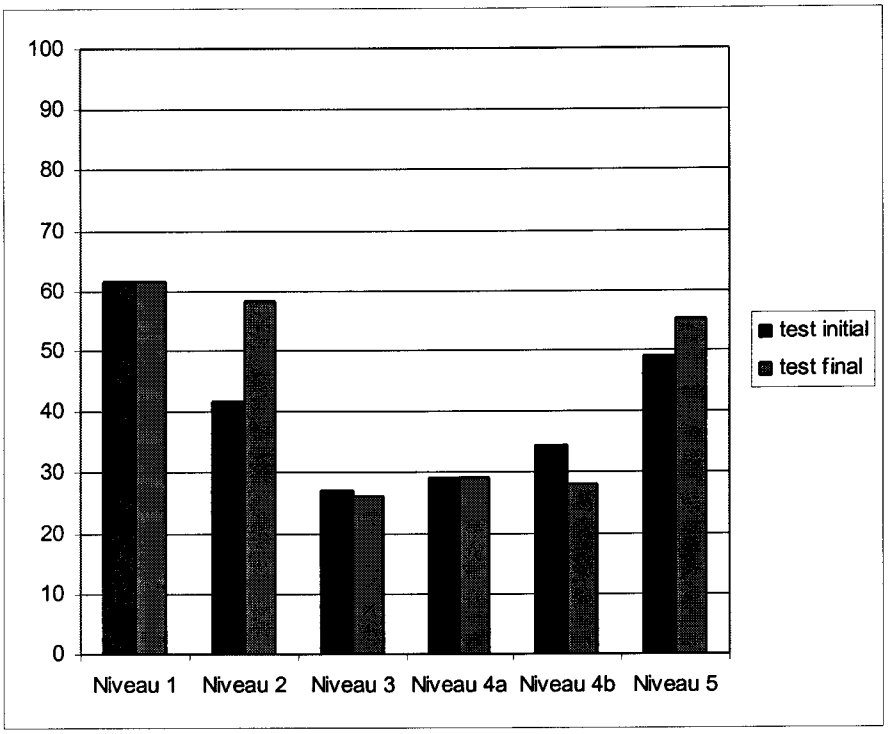
Un t de student sur les résultats entre les deux test initial et final, d'une valeur de 0.422 nous montre que les résultats obtenus par les stagaires aux deux tests ne sont pas statistiquement différents.

Facilité/difficulté d'identification en fonction du niveau d'habileté

Pour faire émerger les difficultés rencontrées par les stagiaires quant à l'identification des différents niveaux d'habileté, nous avons comparé les scores de bonnes réponses obtenus pour chacun des niveaux d'habileté au pré test et au post test.

Le graphique ci-dessous propose par niveau d'habileté le pourcentage de bonnes réponses au test initial et au test final.

Figure 108 : Résultats au test initial et au test final du cd-rom version 1.0.



Au test initial, les résultats sont contrastés. Les stagiaires identifient les élèves du niveau 1 à 61.5%, c'est le niveau le mieux identifié. Le niveau 2 n'est correctement identifié que dans 41.7% des cas. Les niveaux 3, 4a et 4b sont faiblement identifiés, respectivement 27.1%, 29.2%, 34.4%. Le niveau 6 est plus identifié avec 49% de bonnes réponses.

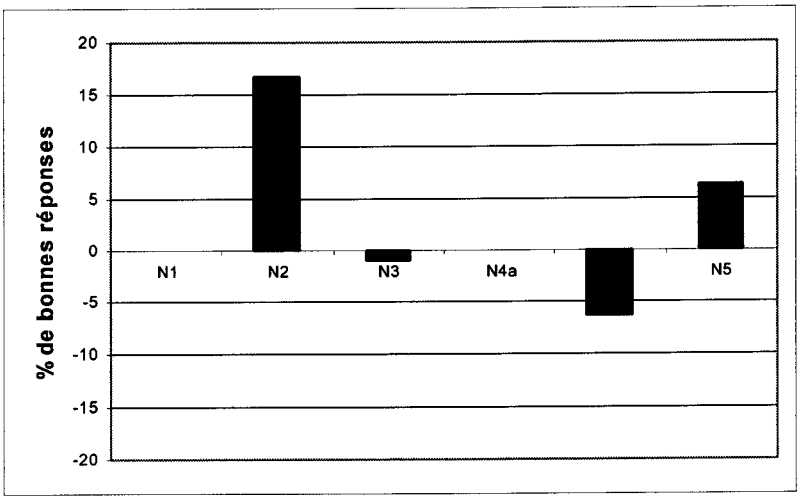
Au test final, nous retrouvons des valeurs semblables pour les niveaux 1, 3, 4 a et b. L'identification du niveau 2 est meilleure avec 58.3% de bonnes réponses,. Il en est de même pour le niveau 5 avec 55.2% de bonnes réponses.

Les résultats obtenus manifestent une relative facilité à identifier les niveaux extrêmes 1 et 5 pour les deux tests. Plus de 60% pour le niveau 1 aux deux tests, 49 puis 55% pour le niveau 5. Le niveau 2 moins bien identifié au test initial, a été très correctement identifié au test final avec plus de 58% de bonnes réponses. Par contre les stagiaires ont rencontré de grandes difficultés pour classer les élèves des niveaux intermédiaires 3, 4a et 4b. Les scores obtenus sont très faibles, avec seulement entre 25 et 35% de bonnes réponses aussi bien au test initial qu'au test final..

Variation dans l'évaluation des niveaux d'habileté entre les deux tests

Pour rendre compte de l'évolution de l'évaluation des niveaux d'habileté, nous proposons d'établir le différentiel pour chaque niveau d'habileté de bonnes réponses entre les post test et le pré test. Un différentiel positif indique un progrès pour l'évaluation de ce niveau d'habileté, un différentiel négatif indique quant à lui une moins bonne évaluation de ce niveau d'habileté.

Figure 109 :Différentiel de bonnes réponses pour chaque niveau d'habileté entre le post test et le pré test.



Il n'y a pas de progrès dans l'appréciation du niveau 1 et du niveau 4a. Un progrès important apparaît dans l'appréciation du niveau 2 (+ 16.7% de bonnes réponses) et un progrès de moindre importance pour l'évaluation du niveau 5 (+ 6.3% de bonnes réponses). Par contre l'identification du niveau 4b est moins bonne après formation (- 6.5% de bonnes réponses), de même que celle du niveau 3 (-1% de bonnes réponses).

Commentaires sur l'instrument

Les réponses à la question « que pensez-vous de cet instrument, quelles modifications souhaiteriez-vous pour une plus grande lisibilité de ce cd-rom ? » sont très variées. Nous ne ferons état que des problèmes signalés par les stagiaires ou des solutions qu'ils proposent. Nous avons relevé des difficultés dans:

- La lecture et la compréhension des différentes habiletés (3è étape)
- La mémorisation et l'analyse des films
- La comparaison en tentant de prendre en compte tous les indicateurs, surtout la vitesse par rapport à l'amplitude et le trajet de la pointe de pied
- La visualisation de certains indicateurs choisis, en particulier la poulaine
- La représentation des coureurs
- La comparaison des 12 films sans avoir une vision globale

Certaines réponses mettent en exergue le fait que les critères proposés ne « correspondent pas à ceux de tout le monde » ; c'est parfois leur complexité qui est mise en avant. Ainsi la notion de vitesse relative et de vitesse absolue est difficilement perçue.

Certains stagiaires proposent alors des pistes pour améliorer l'outil de formation qui sont :

- Revoir la taille des fenêtres pour distinguer les 6 niveaux
- Une vision globale de la course par 2 ou 3 photos
- Le nombre de groupes pour effectuer un classement. (6 est trop important, 5 semblent plus accessible).
- Avoir la possibilité de voir les films au ralenti

III.2.1.2.4. Discussion

Certains stagiaires progressent dans l'identification correcte des niveaux d'habileté, tandis que d'autres stagnent et certains régressent. On peut interpréter différemment ces données, sans pouvoir apporter de réponses précises.

Les premières interrogations concernent la réalité de la formation. Pour ceux qui ont progressé entre les deux tests, peut-on dire que la formation soit opérante, que les transformations attendues sont en train de se réaliser, qu'elles sont stabilisées ? Pour les stagiaires dont le score de classement est moindre, peut-on être certain que la formation était inefficace ?

Tout d'abord, il serait vain de penser que deux séries de films et la confrontation de leurs représentations avec des connaissances nouvelles pourraient transformer tous les stagiaires. Nous pouvons être certain que la transformation de l'habileté de lecture des stagiaires nécessite une plus grande expérience, que ces transformations se poursuivront tout au long de leur carrière. Mais nous ne sommes pas certains qu'une régression entre les deux tests soit l'indicateur d'une absence d'apprentissage ou celui d'un apprentissage en cours. Les remarques des stagiaires sur la complexité des indicateurs, ou de leur non-conformité avec les leurs, laissent entendre que l'instrument n'a pas encore réussi à transformer leur habileté de lecture, mais que celle-ci est interrogée.

Il est possible de penser que, comme pour tout phénomène d'apprentissage ou de formation, certains stagiaires trouvent des réponses à leurs questions en « travaillant » avec le cd-rom, alors que d'autres sont peu ou pas interpellés par l'instrument de formation. Une des raisons alors de la moins bonne performance serait à rechercher dans la démarche de formation qui sous-tend l'instrument.

Pour expliquer ces différences de résultats, nous pouvons supposer que l'instrument déstabilise suffisamment les représentations initiales des stagiaires, mais que pour un certain nombre d'entre eux l'appropriation des nouvelles connaissances et les transformations consécutives dans l'habileté de lecture demandent plus de temps. Ce fait est corroboré par la difficulté qu'expriment certains stagiaires à prendre en considération les nouveaux indicateurs. Ici, c'est la durée de la formation qui est en cause, mais également le nombre de répétitions que notre instrument autorise. Dans la version 2.0 nous proposerons donc un plus grand nombre d'essais de classement.

Nous pouvons également supposer que pour certains stagiaires un phénomène de lassitude vis à vis de l'instrument et du travail qu'il impose explique les résultats plus mauvais au deuxième test. C'est alors à la fatigue provoquée par la demande d'attention qu'impose le cd-rom que nous imputerions la diminution de performance entre les tests pour certains stagiaires. Pendant la passation des tests, nous avons observé que le nombre de films à classer

semble être responsable de ce phénomène. Pour la version 2, nous pensons qu'il est souhaitable de réduire le nombre de films à classer dans chaque test.

Les niveaux extrêmes sont dans le test initial et le test final les plus correctement identifiés. Nous pouvons supposer que la facilité d'identification de ces niveaux d'habileté vient du fait que les positions corporelles, les différences de vitesse sont bien différenciées, alors que pour les niveaux intermédiaires, les évolutions entre deux niveaux sont plus fines, les repères moins facilement identifiables. Les différences de vitesse sont moins pertinentes dans les niveaux intermédiaires et plus encore si l'on compare des élèves de niveaux d'âge différents, un élève de grande section de niveau 4 et un élève de cm2 de niveau 3 par exemple. L'élève de cm2 va plus vite car il est plus grand, mais l'élève de grande section court mieux avec une vitesse inférieure. Il existe donc un vrai problème d'identification des niveaux d'habileté intermédiaires. Nous avons fait la constatation de l'amélioration des résultats au test final dans deux niveaux 2 et 6 et la stagnation ou la régression pour les niveaux 3, 4, et 5. Faut-il y voir une inefficacité de l'instrument pour la détermination niveaux intermédiaires ou la grande difficulté que rencontrent les stagiaires à ce propos. Dans certains commentaires, apparaît la trop grande exigence qu'impose un classement en 6 niveaux. Nous avions, dans notre choix d'établir un classement en 6 niveaux, expliqué l'intérêt de conserver les niveaux 4 et 5 parce qu'ils représentaient des organisations corporelles différentes. A la lecture des résultats obtenus par les stagiaires et à la difficulté de sérier les niveaux 3, 4 et 5, peut être est-il souhaitable de réduire le nombre de classe. La version 2 tiendra compte de cette remarque.

Les transformations produites sont de faible ampleur. Ce fait peut s'expliquer par le choix des aides didactiques et leur mise en réseau pour permettre la formation souhaitée. Nous n'avons pas retenu par exemple la possibilité d'introduire des ralentis pour analyser les courses, car ils placent les stagiaires dans une position qu'ils ne rencontreront pas sur le terrain. Nous pensons qu'il est possible de les introduire en cours de formation à la condition que les deux tests, initial et final, restent à vitesse normale.

Parmi les aides didactiques retenues, la poulaine comme modélisation du développement de la foulée chez l'enfant nous apparaissait comme une aide centrale. Cet outil, nous le pensions, devait permettre une appropriation plus aisée des différences de comportement moteur en fonction des niveaux d'habileté. Il apparaît à l'expérience que les stagiaires professeurs d'école rencontrent de grandes difficultés à comprendre cette modélisation, même si elle est construite à partir de plusieurs animations. Ce fait est indiqué par la majorité des stagiaires. La poulaine demande une abstraction importante. La représentation de la trajectoire du pied lorsque le coureur est fixé par la tête demande des changements de repères spatiaux qu'il est sans doute difficile de concevoir et de percevoir en si peu de temps et d'expérience. Nous pensons que cette modélisation reste intéressante pour certains stagiaires, mais que, dans la majorité des cas, elle ne convient pas à ce niveau de formation. Nous n'avons pas recherché les origines des stagiaires pour qui cette modélisation n'était pas opérationnelle, ce qui peut constituer une piste dans la capacité d'appropriation de cette modélisation. Nous pensons qu'elle reste intéressante pour des enseignants confrontés fréquemment à l'analyse des mouvements, à la biomécanique qui utilise ces représentations. Nous pensons que cette modélisation serait donc plus pertinente pour des enseignants d'éducation physique. C'est une voie qu'il serait intéressant d'explorer. Nous tiendrons compte de ce constat pour la version 2.0 et nous proposerons une modélisation plus accessible à notre public.

Il est possible de mettre en rapport cette difficulté d'appréhender la modélisation avec la demande d'une plus grande « visualisation des paramètres à prendre en compte ». Il semble qu'à ce niveau de formation, le degré d'abstraction imposé par la vitesse relative ou la modélisation par la poulaine ne conviennent pas. Les représentations du mouvement, et à plus forte raison leur modélisation doivent s'appuyer sur des indicateurs plus concrets.

L'origine des difficultés peut s'expliquer également par un problème de mémoire pour comparer les 12 films. Les stagiaires dans leurs critiques de l'instrument signalent la difficulté de mémoriser les films pour les classer et demandent d'« avoir une vision globale des films pour les comparer ». Pour classer et comparer nous avions pensé que les photos rappelant les films étaient suffisantes. Il semble que cela ne soit pas le cas. Pour réduire le problème de mémorisation, nous pensons qu'il faut diminuer le nombre de films à classer. De plus, pour le test final, nous pensons que l'aide du rappel de la modélisation des différents niveaux devrait faciliter la comparaison.

III.2.1.3. Conclusion

Tous ces constats, remarques et hypothèses nous invitent à introduire des modifications pour la version 2.0 de l'instrument pour former à la lecture du mouvement. Les deux plus importantes modifications sont la diminution du nombre de niveau d'habileté et l'introduction d'une modélisation plus visuelle. Ensuite il semble que nous devons revoir dans la conception de la versions 2.0, le nombre de films pour chaque test, le nombre de répétition du travail de classement, introduire des ralentis dans des travaux de classements intermédiaires, mieux définir deux niveaux de connaissances pour l'apport des savoirs et introduire une référence permanente en rapport avec la modélisation.

III.2.2. Expérimentation de la version 2.0

Les conclusions tirées du pré test nous amènent à proposer un outil différent pour former les stagiaires.

III.2.2.1. la version 2.0

III.2.2.1.1. Les modifications apportées à la version 1

un nombre de niveaux d'habileté inférieur

Il est apparu que partager en six classes pour des enseignants professeurs d'école représentait une tâche difficile, d'autant que certains niveaux d'habileté étaient très proches. Nous proposons de diminuer ce nombre de niveaux à identifier et de passer à cinq classes. Pour cela nous devons choisir les classes à conserver, puis clairement les identifier.

choix des classes

Pour diminuer ce nombre de niveaux, nous pouvons choisir une partition en 5 classes. Statistiquement, celle-ci se construit en regroupant les classes 5 et 6. Or nous avons identifié les classes 4a et 4b comme étant proches l'une de l'autre par les performances et relativement proches dans leur organisation corporelle. De plus les stagiaires ont montré des difficultés en particulier sur l'estimation des niveaux 4a et 4b. Nous décidons, pour diminuer le nombre de niveaux à observer, de regrouper les classes 4a et 4b, et ceci bien qu'en contradiction avec le choix statistique. L'analyse des caractéristiques de chacune des classes, les difficultés consécutives au repérage de niveaux d'habileté proches nous conduisent à conserver les classes 1, 2, 3, 5 et de regrouper 4a et 4b.

Le niveau 4

Nous n'avons pas développé dans la thèse les particularités de l'habileté de niveau 4, mais il est possible de se reporter à l'annexe 17.

Le coureur de niveau 4 se caractérise par une course avec un tronc relativement redressé. L'amplitude de la foulée augmente grâce à un appui plus efficace, une amplitude au niveau des mouvements des bras plus contrôlée. Le retour arrière au niveau du talon se fait plus haut, en cycle arrière, mais l'augmentation du rapport corne avant/bosse arrière indique que les enfants à ce niveau cherchent à rééquilibrer leur course et à passer en cycle avant.

Ce sont majoritairement des garçons qui montrent ce niveau d'habileté et la pose du pied au moment de l'appui se fait par la plante de pied pour plus des ¾ des individus qui montrent ce niveau d'habileté.

Le nombre de répétitions

Dans la version 1.0, les étudiants étaient confrontés deux fois à un tri de 12 films, dans les mêmes conditions de visionnement. La répétition étant une des conditions de l'apprentissage, nous proposons de faire effectuer davantage de tri, avec possibilité d'autocorrection. Le nombre de films à trier sera alors inférieur pour que la durée de la situation de formation soit conservée. Nous proposons de faire refaire 4 fois ce classement.

Dans le nouvel instrument, nous proposerons un travail de classement en 4 étapes différentes.

Choix d'une nouvelle modélisation

Les étudiants qui nous ont permis de tester l'outil pour apprendre nous ont clairement indiqué la difficulté qu'ils rencontraient à « comprendre » la poulaine, mais aussi à la « voir » quand ils observent des élèves en stage.

Nous avons fait travailler en mémoire 11 étudiants sur la course de vitesse et la course lente, nous leur avons fait construire des poulaines et bien que fortement intéressés par le sujet, ayant analysé les films, construit des poulaines et expérimenté l'outil pour évaluer leur classe, pour certains d'entre eux la difficulté était encore grande de se référer en situation à la modélisation de la poulaine.

Nous avions bien conscience que la poulaine obligeait à construire un référentiel fixe, que la poulaine d'oreille obligeait à le construire par rapport à l'oreille et que cette

reconstruction mentale était un obstacle à l'utilisation de la poulaine par les étudiants professeurs d'école.

Nous souhaitons construire un modèle de la course à chaque niveau, plus en rapport avec le niveau de connaissance, de pratique et d'expérience des stagiaires.

Les critères retenus

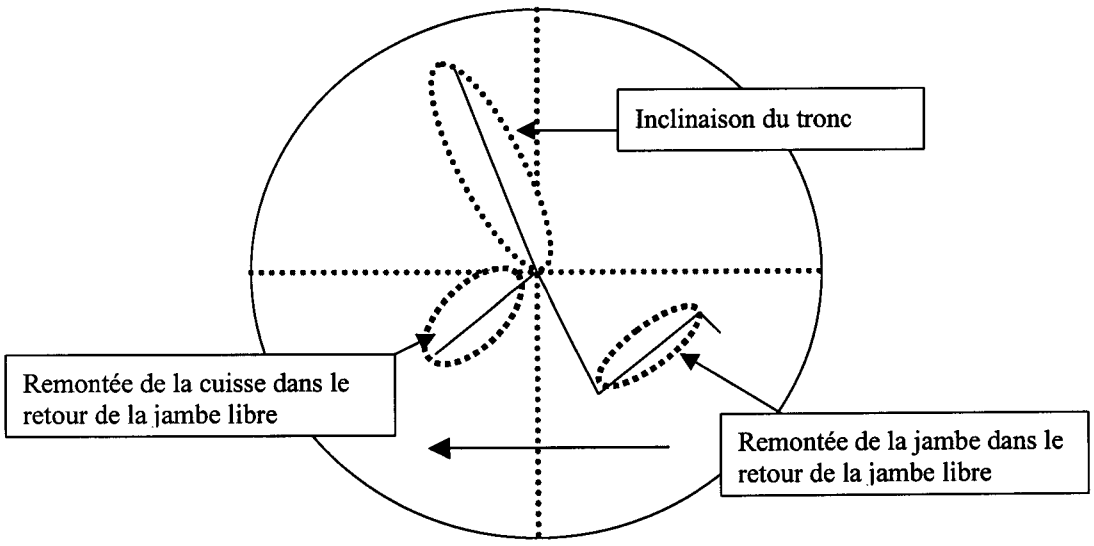
Nous avons retenu dans la première version les indicateurs suivants pour faire comprendre et permettre l'analyse des différents niveaux d'habileté : l'amplitude et la vitesse absolue et relative, la répartition par âge des niveaux d'habileté, l'angle de la hanche, la flexion du genou, l'inclinaison du tronc (angle de la hanche) et la poulaine comme modélisation du cycle de course.

Il apparaît après la première expérimentation que les critères sont trop nombreux ou trop complexes. La nécessité d'une forme plus imagée et plus en rapport avec la réalité apparaît souhaitable. Nous proposons de concevoir la deuxième version avec deux possibilités d'approche des niveaux d'habiletés, deux étages de connaissances.

Le premier étage verrait une concrétisation de la forme de la course à travers une représentation sous la forme d'un bonhomme fil de fer qui reprendrait les positions maximales des indicateurs les plus caractéristiques, à savoir l'inclinaison du tronc, la position extrême de la cheville dans la phase de retour de la jambe libre et la montée de la cuisse.

La modélisation que nous proposons à ce niveau serait « un viseur » qui se présenterait sous la forme de la figure ci dessous :

Figure 110 : Modélisation pour les niveaux d'habileté en course de vitesse : « le viseur ».



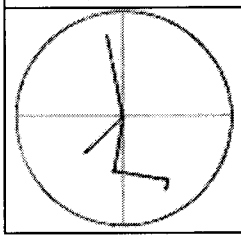
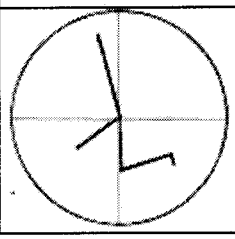
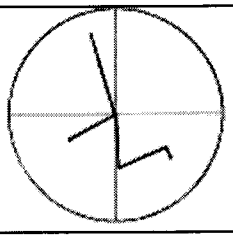
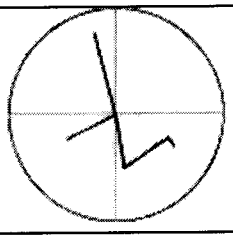
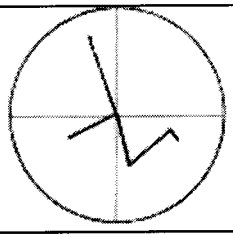
Les 5 niveaux peuvent alors être modélisés. A chaque niveau le viseur aura les caractéristiques suivantes et rapportées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 111 : Valeurs des différents indicateurs du viseur pour les 5 niveaux d'habileté.

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5
Cuisse	44°	36°	31°	26°	27°
Tronc	11°	13°	17°	15°	19°
Position du Pied	29.7mm 76.4mm	37.5mm 65.3mm	40.9mm 62.4mm	41.2mm 57.2mm	45.2mm 52.7mm
Vitesse	3. m.s-1	4.20 m.s-1	4.60 m.s-1	5.10 m.s-1	5.26 m.s-1

Les figures ci-dessous montrent traduites en images les représentations des viseurs aux 5 niveaux d'habileté en course.

Tableau 112 : Modélisation du développement de la foulée chez l'enfant en 5 niveaux.

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5
				

Cette modélisation plus concrète doit accompagner la formation à la lecture, elle peut servir de référence en cours de formation et servir ensuite sur le terrain, pour identifier les différents niveaux d'habileté dans une classe.

Parallèlement à cet apport de connaissances et au même niveau, les stagiaires pourront trouver des connaissances additionnelles grâce à des liens sur des pages supplémentaires. Nous l'organiserons autour des indicateurs pertinents retenus dans la première version. Nous y retrouverons :

- La description de la forme générale de la course sous forme de kinogramme et de texte.
- La vitesse moyenne, l'amplitude moyenne et la fréquence pour ce niveau d'habileté en rapport avec les autres niveaux.
- La population concernée sous deux formes, la composition de la population qui présente ce niveau d'habileté et pour chaque classe de l'école primaire le nombre d'enfants qui sont susceptibles de présenter ce niveau d'habileté.
- La poulaine et sa correspondance avec la forme générale de la course.
- Les mouvements d'oscillations des bras en particulier en extension et les commentaires sur leur importance relative dans l'identification des niveaux d'habileté.
- La durée des appuis et la durée de la suspension pour rendre compte de la qualité de l'appui à chaque niveau d'habileté.

III.2.2.1.2. présentation de l'instrument version 2.0

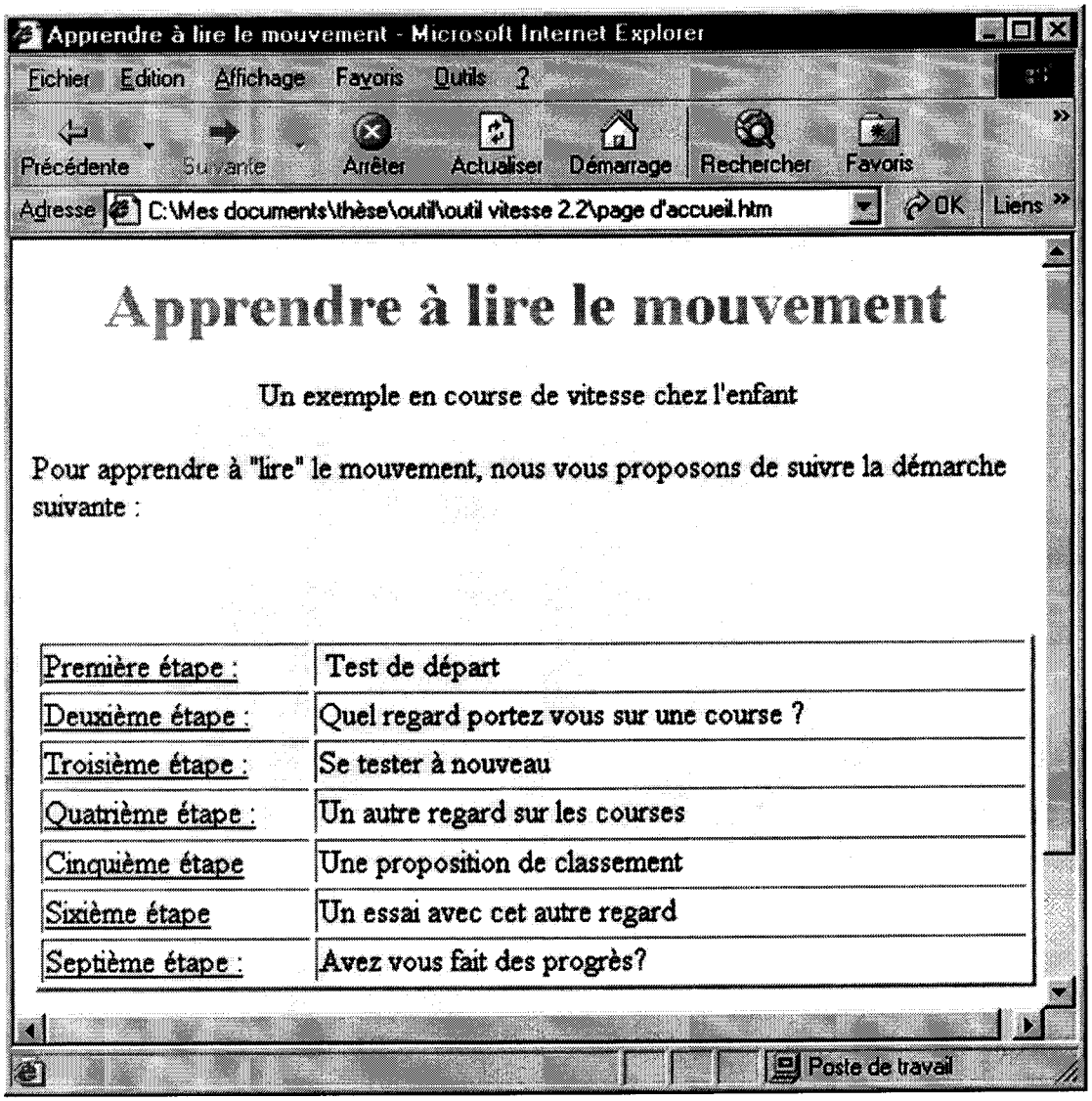
Nous conservons le format html parce que :

- Il permet le multimédia (articulation texte, image, dessin...).
- Il permet la relecture des films sans alourdir le poids de l'instrument.
- Il autorise le fonctionnement à plusieurs étages.
- Il autorise une diffusion multiple (salle informatique, salle multimédia, intranet, Internet par téléchargement, ordinateur personnel par l'intermédiaire d'un cd-rom.).

L'instrument se trouve en annexe 18. C'est le cd-rom n°2. Il se présente en 7 étapes.

La figure ci-dessous présente la page d'accueil de la version 2.0.

Figure 111 : Page d'accueil de la version 2.0 de l'instrument pour apprendre à lire le mouvement.



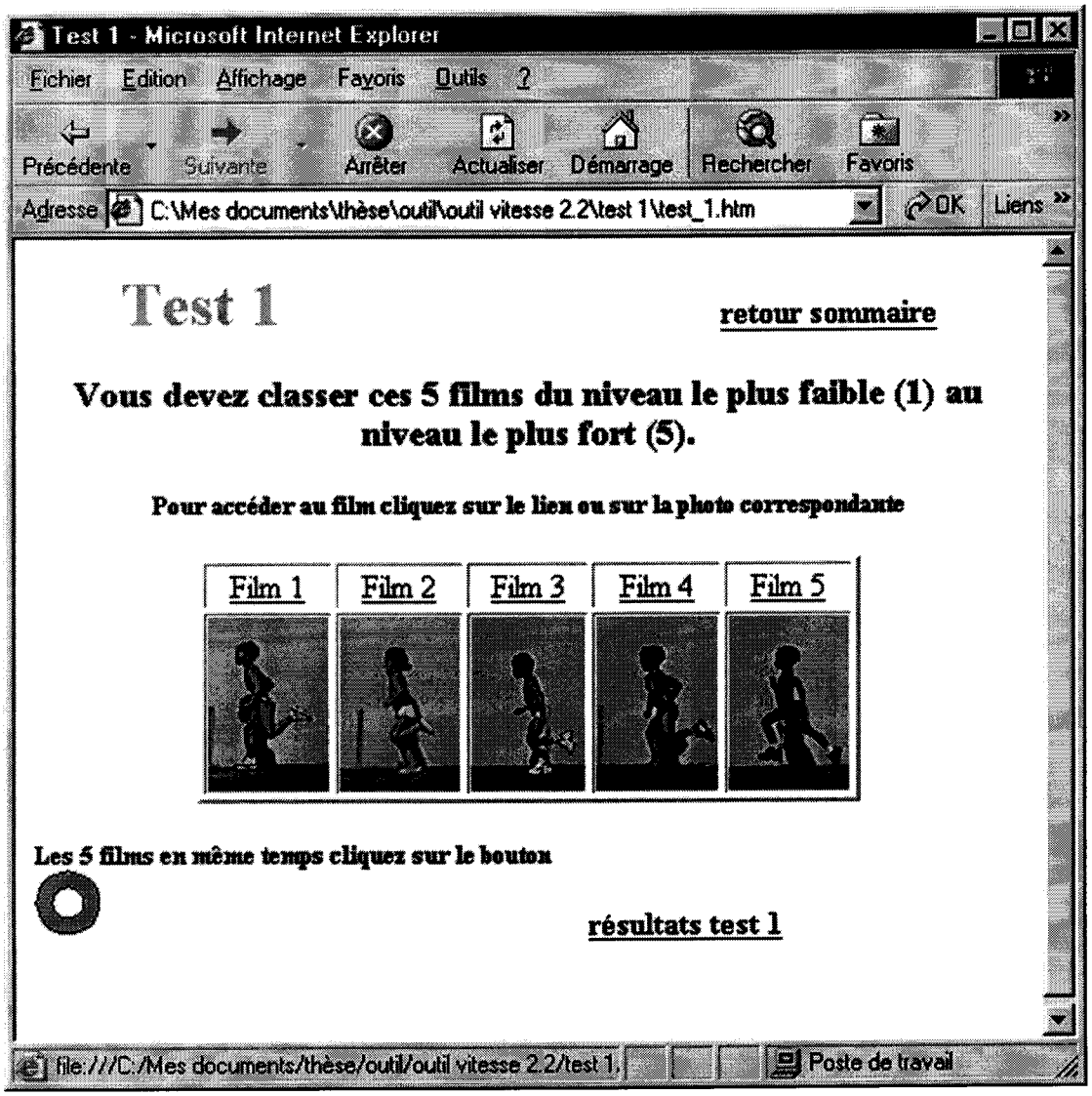
La version 2.0 articule 4 moments de classements de films en fonction du niveau d'habileté des enfants à une séquence de formation qui part des représentations initiales, se

poursuit par la présentation des indicateurs, de leurs valeurs et des différents niveaux d'habileté.

Première étape : Test de départ

La figure ci-dessous présente la page d'accueil du test initial de la version 2.0.

Figure 112 : Page d'accueil du test initial de l'instrument pour apprendre à lire le mouvement en course version 2.0.



Le test de départ prend en considération les remarques faites :

- Sur le nombre de films à classer (5 films seulement à classer).
- Sur la possibilité de visualiser les différents coureurs en même temps. Un lien créé sur page présente les 5 films en même temps.
- Sur la mémorisation des coureurs, les photos permettent de rappeler les coureurs.

Nous avons compléxifié la tâche en proposant au classement des élèves d'une même classe d'âge. C'est donc une étape d'évaluation diagnostique qui permet au stagiaire de confronter son propre classement au classement établi scientifiquement et de mesurer les différences.

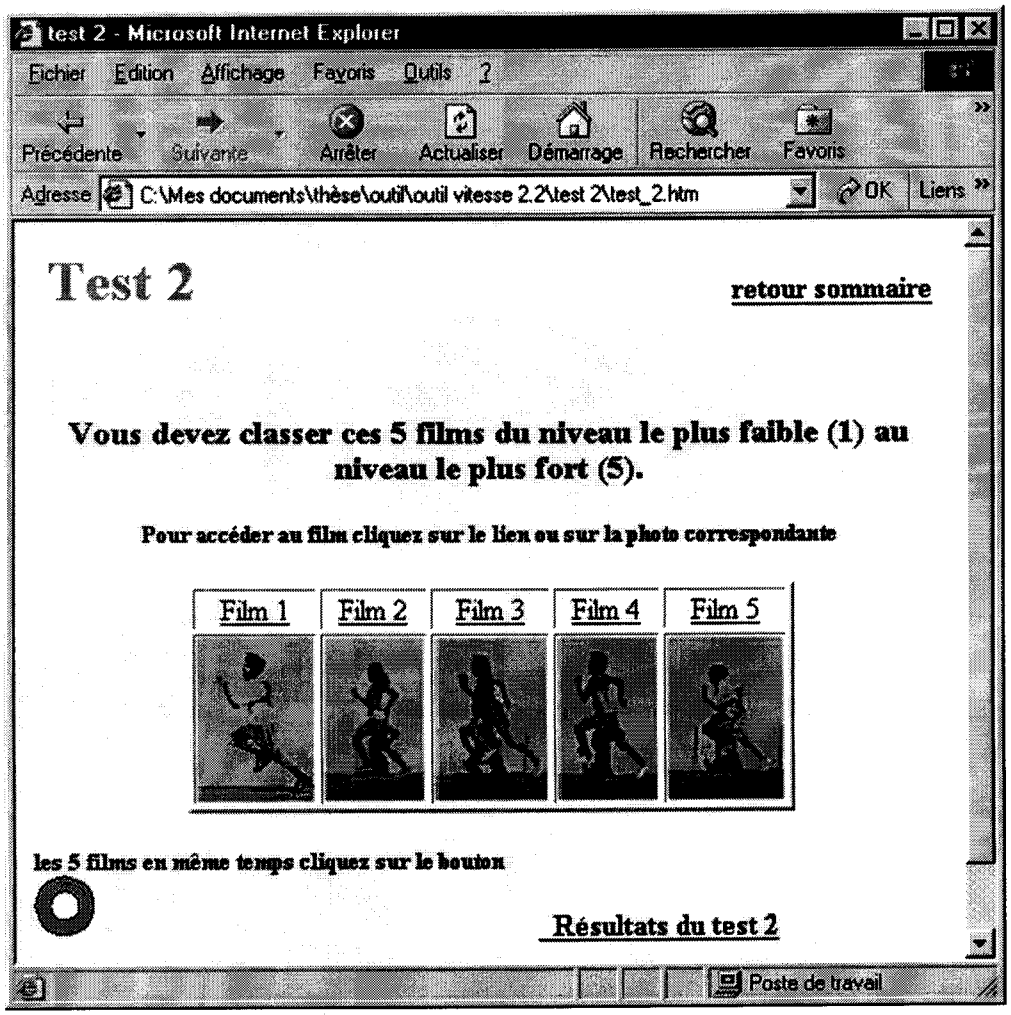
Deuxième étape : quel regard portez-vous sur une course

Nous avons repris le questionnaire sur les représentations initiales qui avait donné satisfaction dans la version 1.0.

Troisième étape : se tester à nouveau

La figure ci-dessous présente la page d'accueil du deuxième classement.

Figure 113 : présentation du test 2, cd-rom version 2.0



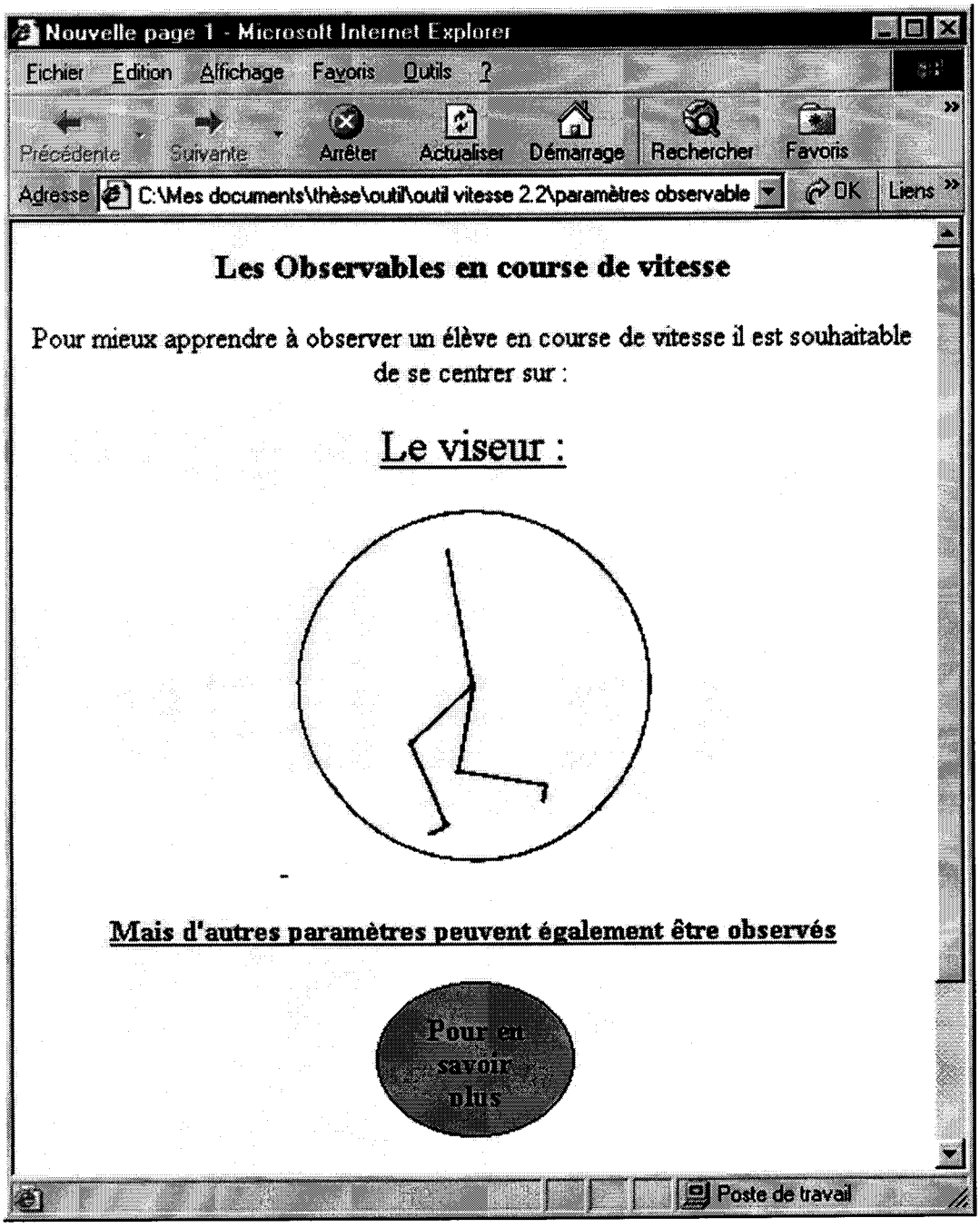
La deuxième étape propose un classement de 5 films en 5 niveaux. Chaque film peut être analysé à vitesse normale ou au ralenti. Le retour à la page de présentation permet la mémorisation des coureurs par l'intermédiaire de leur photo. Il existe de plus une possibilité de voir les 5 films en même temps pour faciliter la comparaison.

Les stagiaires peuvent comparer le classement qu'ils proposent avec le classement obtenu statistiquement.

Quatrième étape : un autre regard sur les courses

La figure ci-dessous présente la page d'accueil de la présentation des indicateurs les plus pertinents pour l'observation d'un coureur.

Figure 114 : Page de présentation de la troisième étape, version2.0

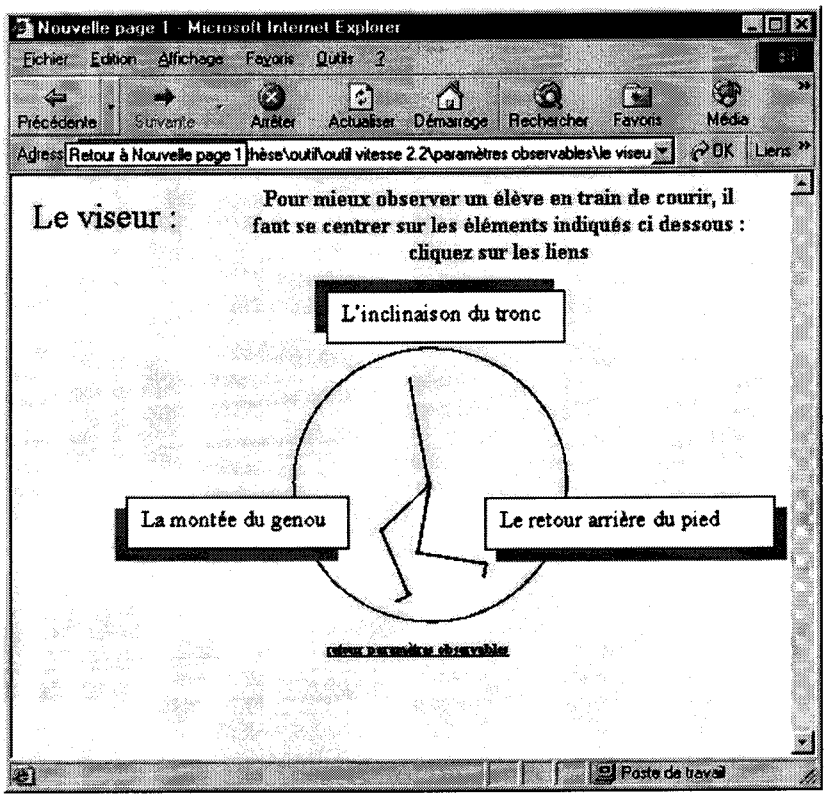


La quatrième étape présente deux niveaux d'accès aux connaissances. Les stagiaires peuvent s'ils le souhaitent visiter les deux niveaux ou se contenter du premier. Le premier est

la présentation de la modélisation par le viseur. Un lien sur celui-ci conduit à une page de présentation des trois indicateurs les plus pertinents. S'ils le souhaitent un complément d'information est disponible en cliquant sur le lien : Mais d'autres paramètres peuvent également être observés.

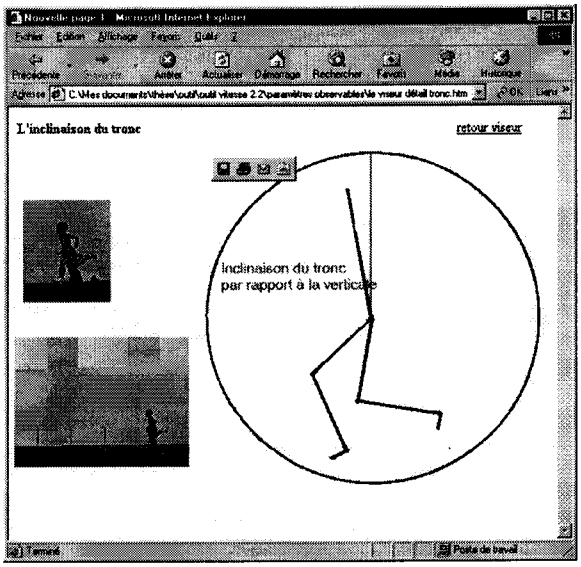
Le lien sur le viseur donne accès à une page qui présente la modélisation. La figure ci-dessous la présente :

Figure 115 : Page de présentation des indicateurs composant le viseur, version 2.0.



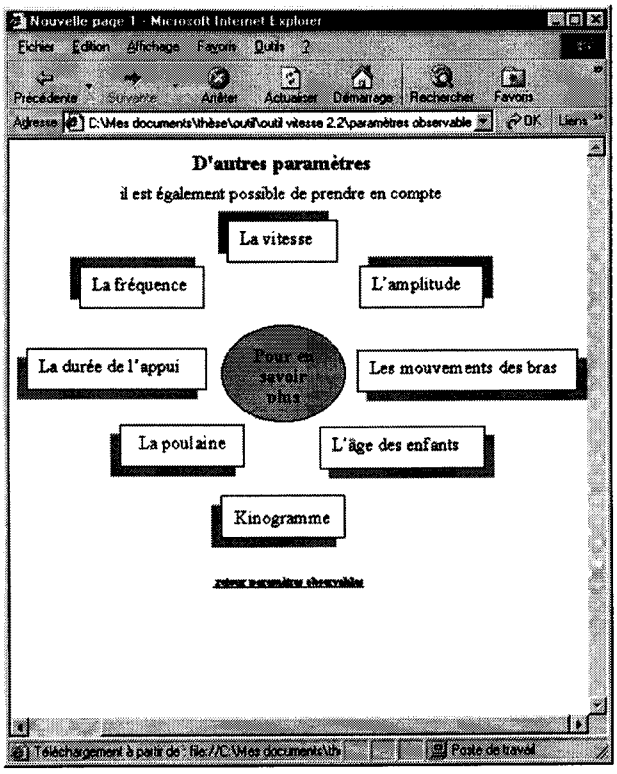
Chaque indicateur est présenté dans une page particulière. Les repères à prendre sont organisés par rapport à la verticale ou l'horizontale et le viseur se construit avec ces repères. Nous avons illustré chaque indicateur par une photo et un film, ce qui permet un raccrochement de la modélisation à la réalité. La figure ci-dessous nous montre en exemple la présentation de l'indicateur inclinaison du tronc.

Figure 116 : Page de présentation de l'indicateur inclinaison du tronc dans la modélisation du développement de la course version 2.0.



A partir de la page de présentation des indicateurs, les stagiaires peuvent accéder à la page de présentation d'autres paramètres. La figure ci-dessous en présente la structure.

Figure 117: Page d'accueil pour les autres paramètres observables.



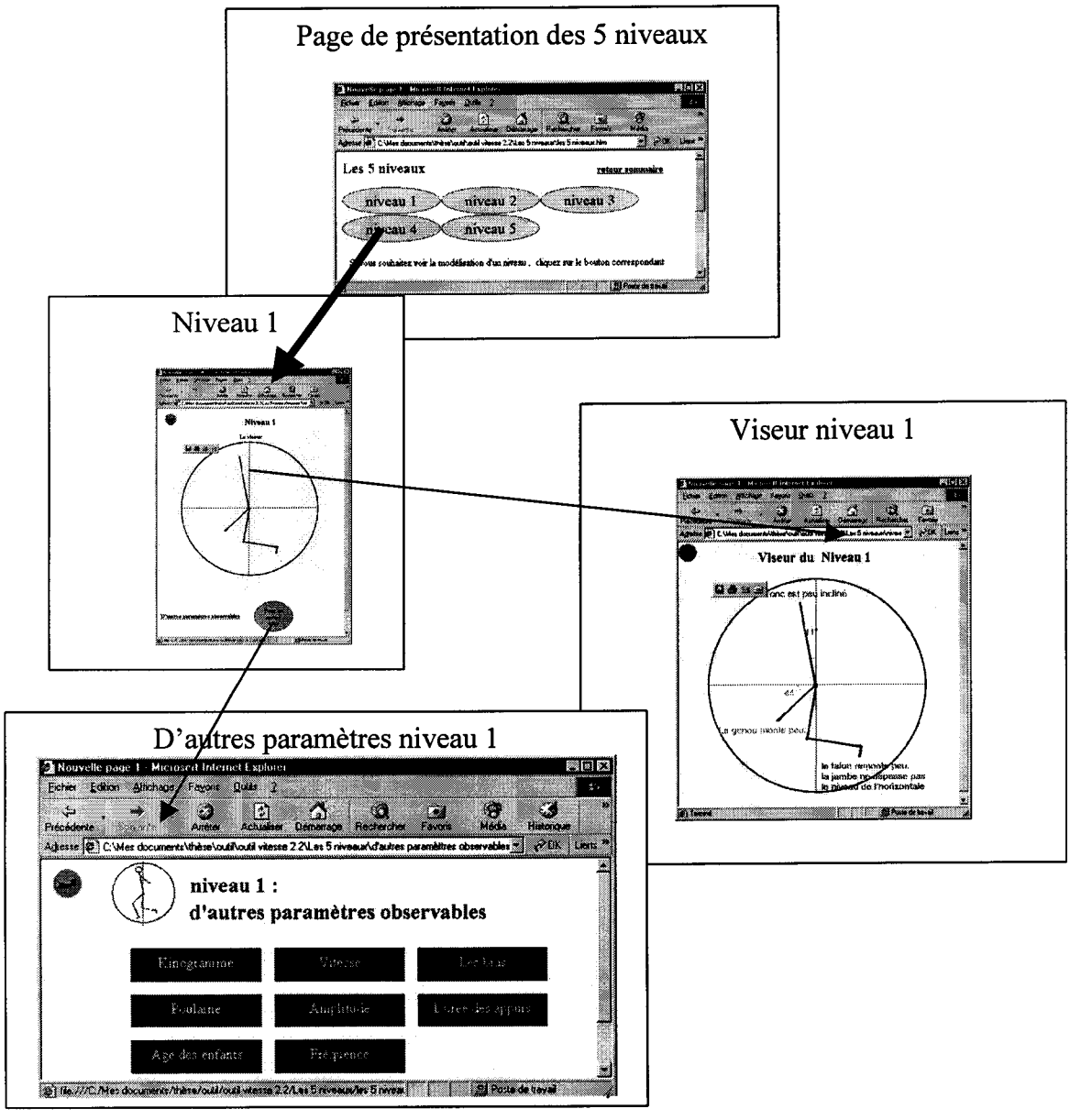
Chacun indicateur supplémentaire est à son tour illustré.

Cinquième étape : une proposition de classement

A la suite de la présentation du viseur et des différents autres indicateurs, nous faisons la proposition d'un classement en cinq niveaux que nous caractérisons par un viseur.

Chaque niveau d'habileté est présenté en deux étages de connaissances, le viseur et les autres paramètres observables. La figure ci dessous illustre cette articulation.

Figure 118 : Page d'accueil pour les 5 niveaux d'habileté en course de vitesse version 2.0.



Un lien relie alors chaque niveau avec une page de présentation du viseur du niveau concerné contenant les valeurs des différents indicateurs et avec une deuxième page pour les autres indicateurs.

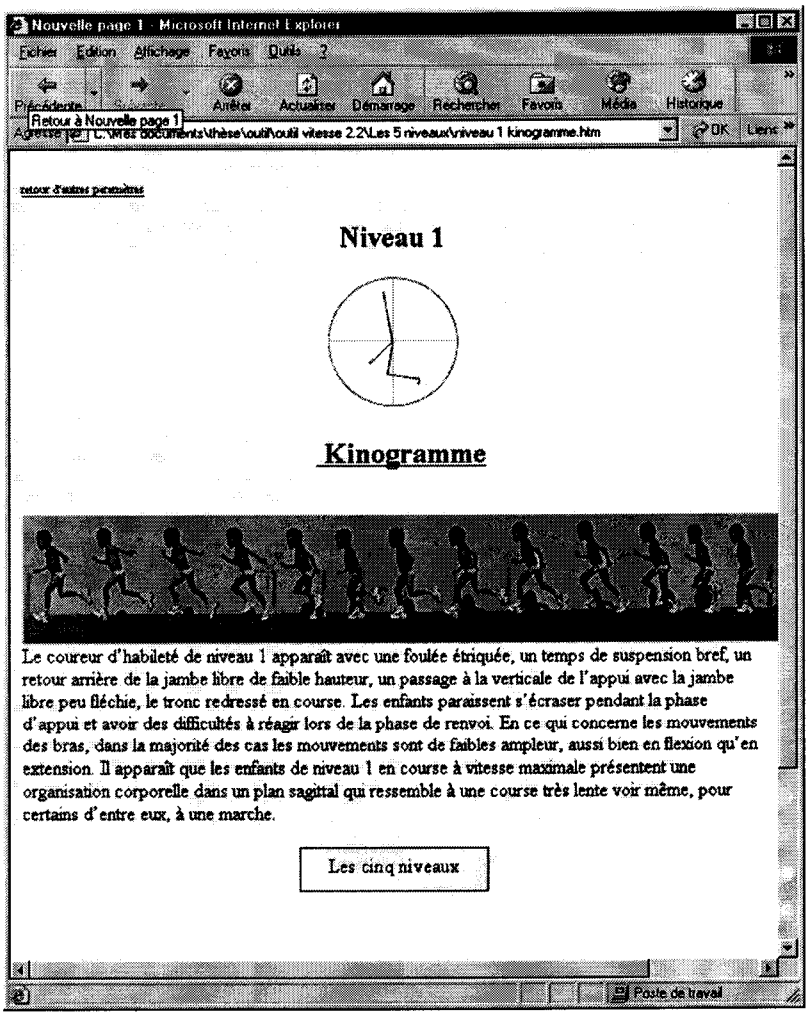
Pour aider à situer les différents niveaux d'habileté sur chaque page présentant un indicateur, nous avons établi des liens avec :

- La page de présentation de cet indicateur

- Une page qui met en perspective les valeurs de cet indicateur aux 5 niveaux.

La figure ci-dessous représente un exemple d'une page pour le kinogramme de niveau 1. Chaque niveau est illustré également par la vitesse, l'amplitude, la fréquence, la durée des appuis, la population, le mouvement des bras et la poulaine.

Figure 119 : page de présentation du kinogramme pour le niveau 1 version 2.0



Pour chaque page, nous avons fait un rappel de la modélisation du niveau.

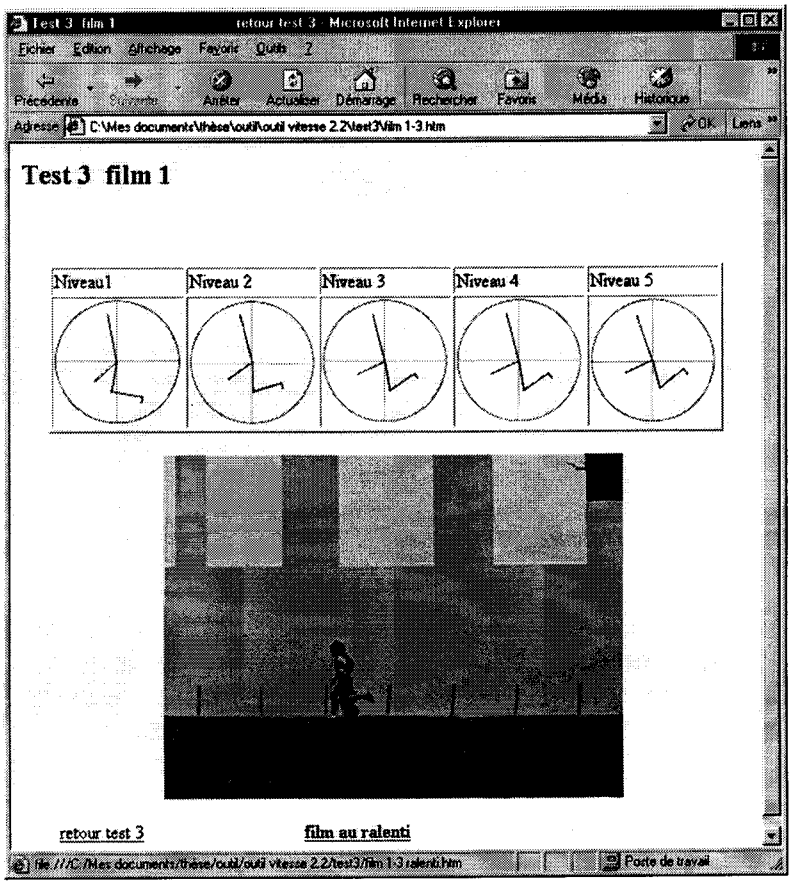
Sixième étape : un essai avec cet autre regard

A la suite de la présentation des 5 niveaux d'habileté, nous proposons aux stagiaires un nouvel exercice de classement avec 5 nouveaux films. Ils disposent des aides didactiques suivantes :

- recours au ralenti pour aider à l'identification
- et en filigrane sur chaque feuille, le développement de la foulée chez l'enfant par l'intermédiaire de la modélisation en 5 viseurs.

La figure ci-dessous présente la page du premier film à classer.

Figure 120 : Page d'accueil du 3è test avec aide didactique par la modélisation et la possibilité de voir les films au ralenti.



Comme pour les autres tests, la page de présentation du test est illustrée par les photos des différents coureurs pour améliorer la mémorisation en vue du classement,elle contient un lien avec une page qui permet de voir les 5 films en même temps, à vitesse normale et à vitesse réduite et enfin un lien existe avec une page qui donne les résultats du test.

Septième étape : avez-vous fait des progrès ?

La septième étape est en fait une évaluation sommative. Les stagiaires doivent alors classer 5 films dans les mêmes conditions qu'au test initial.

La page d'accueil du test présente les 5 films avec les photos des coureurs, un lien dans la page permet l'accès aux 5 films en même temps, le classement est donné pour permettre à chacun d'établir la comparaison entre son classement et le classement statistique.

Pour résumer ces 7 étapes, le tableau ci-dessous en reprend les principales caractéristiques.

Tableau 113 : les 7 étapes constitutives de l'instrument pour apprendre, version 2.0,

Etape	Intention par rapport à la formation	Contenu
Etape 1	Dévolution du problème et évaluation diagnostique	Classement de 5 films Confrontation de son classement à un classement scientifique
Etape 2	Prise de conscience des représentations initiales concernant l'évaluation d'une course de vitesse par un questionnement sur les critères de réalisation retenus Centration sur la phase de maintien de la vitesse	Questionnaire à remplir
Etape 3	Test 2 : Entraînement à la lecture de course chez des enfants d'âge scolaire après formulation des représentations initiales.	Classement de 5 films, après avoir formulé les critères de réalisation dans le questionnaire Analyse des réponses avec films au ralenti
Etape 4	Apports théoriques des indicateurs les plus pertinents : Modélisation par le viseur	Présentation du viseur qui regroupe les indicateurs les plus significatifs Présentation en liens d'autres indicateurs.
Etape 5	Présentation d'un regroupement en 5 niveaux d'habileté en course	Chaque niveau d'habileté est représenté par son viseur Les stagiaires peuvent s'ils le souhaitent avoir accès à des informations supplémentaires Présentation des valeurs des indicateurs les plus significatifs et de la modélisation du niveau d'habileté : photos, vidéo, graphiques et textes.
Etape 6	Test 3 : Entraînement à la lecture de course chez des enfants d'âge scolaire après apports de connaissances et d'une modélisation du développement	Classement de 5 films, après avoir pris connaissance de la modélisation par le viseur, du classement en 5 niveaux, et des valeurs des principaux indicateurs. Possibilité de classer en examinant les films au ralenti Possibilité de faire référence à la

Etape	Intention par rapport à la formation	Contenu
		modélisation en 5 niveaux.
Etape 7	Evaluation sommative	Classement de 5 films Confrontation des résultats du classement individuel au classement scientifique.

III.2.2.2. Evaluation de la version 2.0

Nous avons procédé ensuite à l'expérimentation de cette nouvelle version de l'instrument pour apprendre à lire le mouvement en course de vitesse.

III.2.2.2.1. Hypothèses

Pour vérifier l'efficacité de l'instrument élaboré, nous procéderons en deux temps.

Tout d'abord comme pour la version 1, il nous faut vérifier d'une part si les classements entre la première (test initial) et la septième étape (test final) évoluent et d'autre part les difficultés que rencontrent les stagiaires quand ils sont confrontés à cette formation.

Nous faisons l'hypothèse que les stagiaires obtiendront de meilleurs résultats à la septième étape. Cette transformation se manifestera globalement par un différentiel plus faible en fin de cession. Nous étudierons le différentiel à partir du nombre de bonnes réponses trouvées par le stagiaire et le classement obtenu statistiquement.

Dans la version 1.0, nous avons constaté une différence de performance dans le classement des différents niveaux d'habileté. Nous chercherons à établir si ce phénomène perdure avec la version 2.0. Puis nous comparerons les pourcentages de bonnes réponses dans les différents niveaux d'habileté.

Ensuite l'habileté de lecture se manifeste par l'adéquation du classement des élèves d'une classe en situation réelle. Nous proposons donc de comparer les résultats obtenus par des stagiaires pour le classement des élèves d'une classe par niveau d'habileté, au cours d'une leçon de course de vitesse en deux temps : avant d'avoir reçu la formation grâce à l'instrument (pré test) et après avoir reçu cette formation (post test). Nous faisons alors l'hypothèse que les stagiaires classeront mieux les élèves en situation après avoir reçu la formation. Pour le vérifier, nous proposons d'établir le différentiel entre le nombre d'erreurs de classement avant et après formation. Puis, pour affiner le progrès, nous comparerons les pourcentages de bonnes réponses aux pré et post tests. Nous chercherons également à comprendre si le phénomène observé dans la version 1.0 d'une différence dans la qualité de l'évaluation en fonction du niveau d'habileté se retrouve dans l'évaluation d'une classe.

III.2.2.2.2. Démarche

Nous avons tout d'abord demandé aux stagiaires de classer les élèves d'une classe sur une feuille comportant les numéros des élèves. Ceci constitue le pré test de leur habileté de lecture de la course de vitesse. Les élèves ont effectué un premier passage pour que les stagiaires puissent s'habituer au classement en 5 niveaux, puis un second passage durant lequel ils étaient classés. Pour établir le classement de référencel, les courses étaient filmées et nous avons établi le classement en utilisant les poulaines et le viseur et en passant les films au ralenti.

Puis, en salle informatique, les stagiaires ont reçu leur formation. Les résultats des différentes étapes étaient notés sur une feuille.

Enfin, une semaine après, les stagiaires ont refait un classement de la même classe avec une feuille (annexe 19) qui reprenait, dans son en tête, les cinq niveaux d'habileté par leur viseur. Cela constitue alors le post test après formation.

Nous avons interrogé 5 groupes d'étudiants pour un total de réponses valides de 120 stagiaires.

III.2.2.2.3. Résultats

Nous examinerons tout d'abord les résultats des transformations de l'habileté de lecture dans le cadre de l'instrument de formation, puis nous examinerons l'impact sur une évaluation réelle en analysant les différences de classement d'une classe avant et après avoir travaillé avec l'instrument de formation.

L'habileté de lecture dans le cadre de l'instrument.

Pour évaluer les transformations, nous comparons les résultats des classements à la première étape et à la dernière étape, entre le test initial et le test final. Les progrès en cours de formation seront mesurés en identifiant les stagiaires qui ont établi un meilleur classement à la dernière étape c'est-à-dire qui ont réussi à donner plus de bonnes réponses au test final qu'au test initial. Les difficultés pour identifier les niveaux seront également comparées.

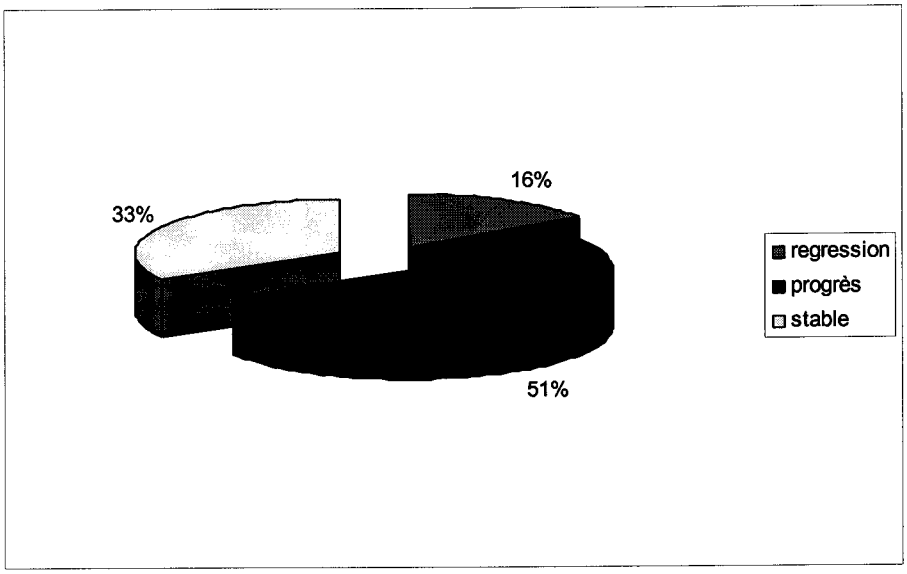
Comparaison du différentiel de score entre la première étape et à la dernière étape de la version 2.0

La version 2.0 est-elle efficace ?

Pour le savoir, nous avons comparé les résultats en exprimés en pourcentage de stagiaires en progrès (moins d'erreurs de classement), stable (même nombre d'erreurs de classement), en régression (nombre d'erreurs de classement supérieur).

Le graphique ci-dessous présente le différentiel de classement entre la première étape et la dernière étape dans la version 2.0.

Figure 121 : Pourcentage des stagiaires en progrès en régression ou stables, après formation avec la version 2.0.



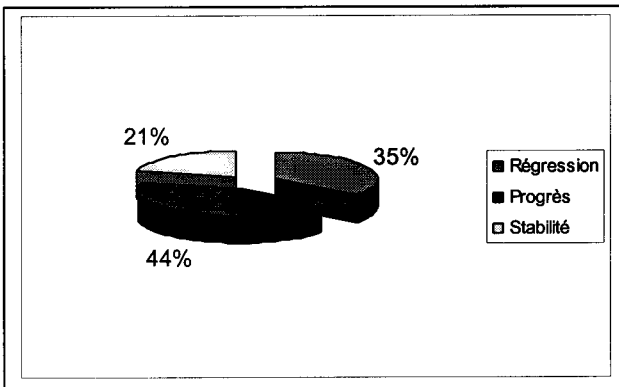
Avec la version 2.0, il apparaît que 51% des stagiaires améliorent leur classement, 33 % conservent le même score et 16 % classent moins bien après avoir reçu la formation.

Nous avons utilisé un test statistique pour vlider les résultats obtenus. Un « t de student effectué sur les réponses au test initial et au tets final de la version 2.0 donne une valeur de 4.95 qui nous permet de conclure que les résultats entre les deux tests sont significativement différents au seuil de 0.01.

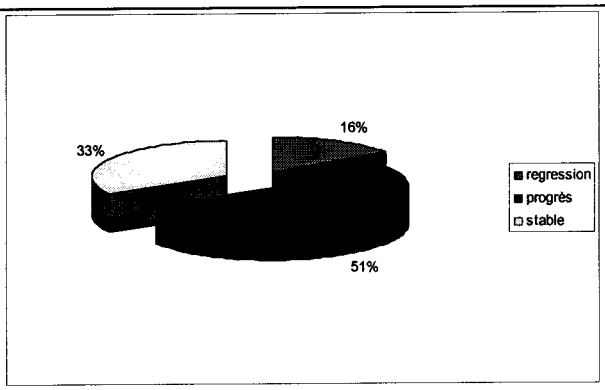
La version 2.0 est-elle plus efficace que la version 1.0 ?

Nous pouvons comparer les résultats obtenus avec la version 2.0 avec ceux obtenus avec la version 1.0 de l'instrument. Les graphiques ci-dessous présentent les résultats obtenus par les stagiaires avec les deux versions.

Figure 122 : Pourcentage des stagiaires en progrès en régression ou stables, après formation avec la version 1.0 et 2.0.



Résultats avec la version 1.0



Résultats avec la version 2.0

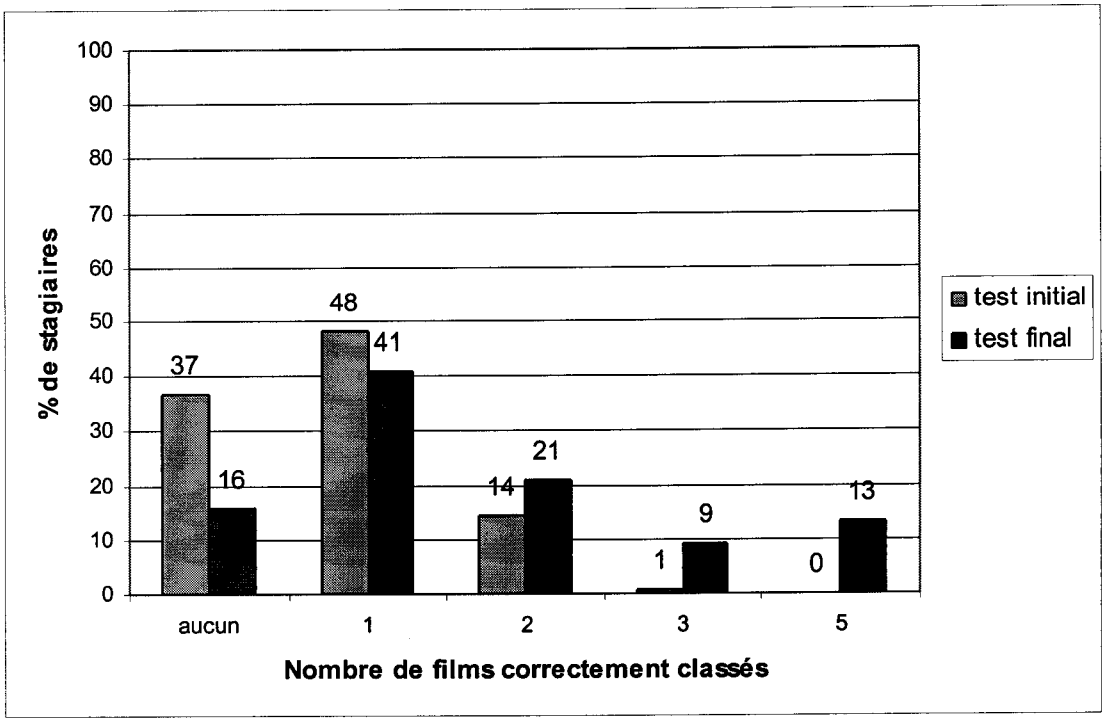
Si nous mettons en perspective les versions 1.0 et 2.0 de l'instrument pour former à la lecture des comportements moteurs en course, nous constatons que les résultats obtenus avec la version 2.0 sont meilleurs qu'avec la version 1.0. Le pourcentage des progrès passe de 44% à 51%, les résultats stables passent de 21% à 33 % et les régressions diminuent de 35% à 16 %.

Statistiquement, nous avons appliqué le test du « f de snédécor » sur les résultats obtenus avec les deux versions. La valeur trouvée d'une valeur de 6.91 nous permet de conclure que l'hypothèse nulle peut être refusée, ce qui signifie que nos résultats sont statistiquement différents au seuil de 5%.

Nombre d'élèves correctement évalués par les stagiaires

Pour affiner les résultats nous comparons le nombre d'élèves correctement évalués dans le test initial et le test final. Le graphique ci-dessous présente les pourcentages de stagiaires en fonction du nombre de films correctement évalués dans le test initial et le test final dans l'instrument version 2.0.

Figure 123 : Nombre de films correctement évalués par les stagiaires dans le test initial et le test final.

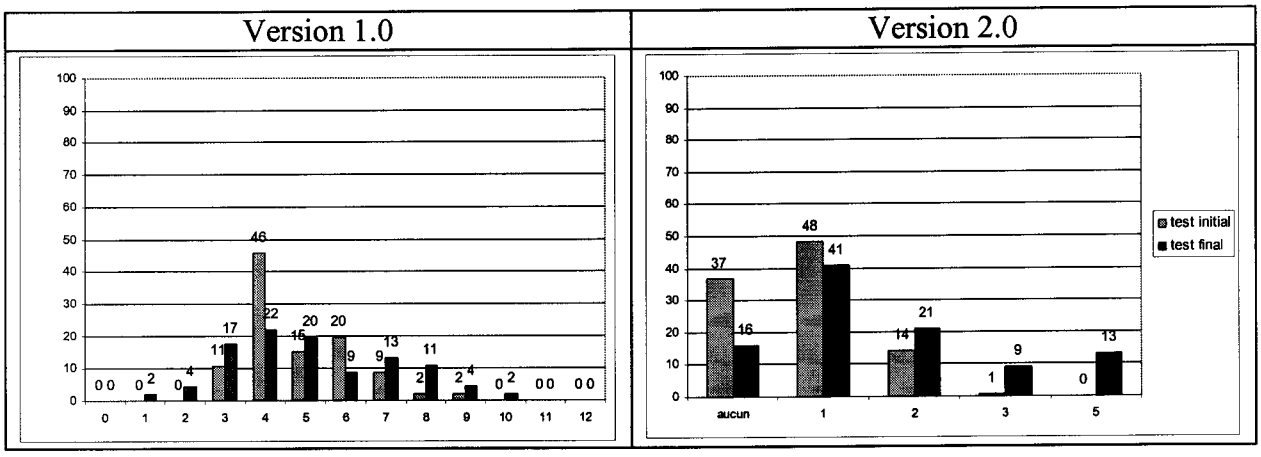


A la lecture des résultats nous constatons que dans le test initial 37% des stagiaires n'ont pas identifié un seul film, ont identifié correctement en majorité un film (48%). Seulement 14% des stagiaires ont identifié 2 films, et % 3 films.

Dans le test final, ils ne sont plus que 16% à n'avoir identifié aucun film. Ils sont encore 41% à n'identifier qu'un seul film. Par contre, ils sont 21% à identifier 2 films, 9% à en identifier 3 et 13% à les identifier tous. On constate un décalage vers les bonnes réponses mais il y a encore une majorité de stagaires (57%) qui classe correctement aucun ou un seul film.

La version 1.0 était plus longue à évaluer, il y avait 12 films à classer dans chaque test alors que dans la version 2.0 il n'y en avait que 5, mais les enfants à classer dans la version 2.0 sont du mêm âge, ce qui augmente la difficulté.. Malgré tout, la mise en perpective des résultats dans les deux versions peut nous indiquer si les transformations vont dans le même sens. Le graphique ci-dessous met en parallèle les résultats obtenus avec la version 1 et la version 2.0

Figure 124 : Pourcentage de stagiaires en fonction du nombre de bonnes réponses aux tests initial et final avec la version 1.0 et la version 2.0

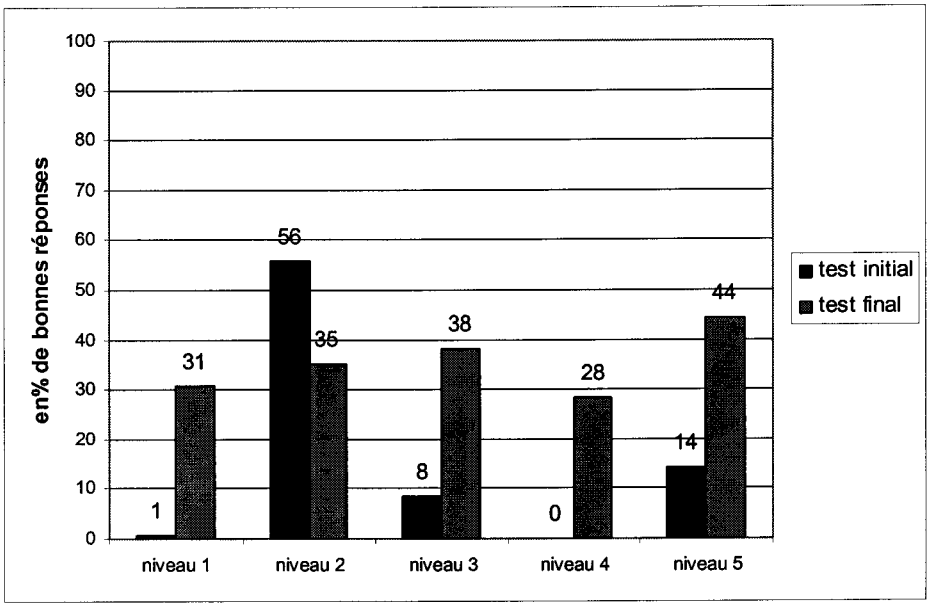


Dans les deux versions, il apparaît que le nombre de bonnes réponses est supérieur dans le test final, mais si avec la version 1.0 aucun stagiaire n'avait donné le classement correct pour tous les films, 13% des stagiaires avec la version 2.0 trouvent ce classement.

Comparaison des scores par niveau d'habileté entre la première étape et à la dernière étape de la version 2.0

L'analyse des pourcentages de bonnes réponses par niveau d'habileté permet de comprendre les difficultés d'identification. Le graphique ci-dessous représente en pourcentage le nombre de bonnes réponses trouvées pour chaque niveau d'habileté à la première et à la dernière étape de la version2.0.

Figure 125 : Pourcentage de bonnes réponses par niveau d'habileté au test initial et au test final dans l'instrument pour apprendre à lire version 2.0.



L'examen des résultats des pourcentages de bonnes réponses, avec la version 2.0 de l'instrument, nous montre :

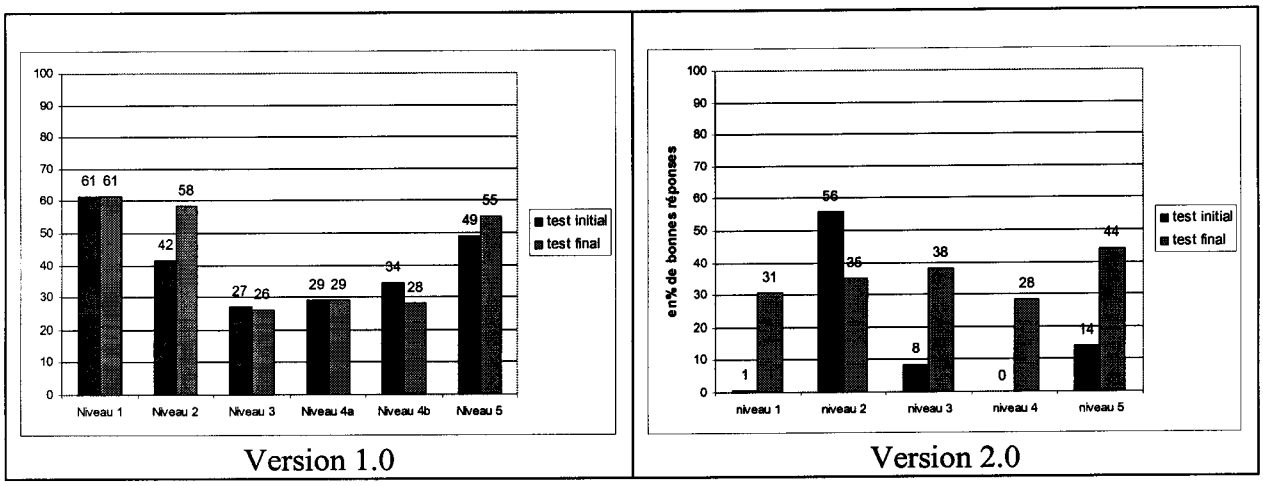
- Le faible niveau d'adéquation entre les classements proposés par les stagiaires et les classements établis statistiquement dans le test initial. En moyenne les stagiaires ont proposé 19 % de bonnes réponses au test initial. Les stagiaires ont correctement identifié le niveau 2 avec un score de 56% de bonnes réponses. Par contre ils ont très mal identifié le niveau 1 et le niveau 4, (1% et 0% respectivement). Les scores établis pour les niveaux 3 et 5 d'habileté restent très faibles (8 et 14% de bonnes réponses). Ce faible niveau d'identification, sauf pour le niveau 2 d'habileté nous questionne sur l'origine les difficultés rencontrées par les stagiaires.

- Un nombre plus important de bonnes réponses dans le test final. Les stagiaires ont donné en moyenne 35% de bonnes réponses. Ce qui est remarquable, c'est la relative homogénéité des scores de bonnes réponses au test final, du niveau 1 au niveau 5 respectivement : 31%, 35%, 38%, 28%, 44%.

- Une régression dans l'estimation du niveau 2 entre le test initial et le test final. Après formation les stagiaires obtiennent un score de 35% de bonnes réponses, alors qu'au test initial, le sore était de 56% de bonnes réponses.

Comme pour les progrès, il semble important de comparer les résultats obtenus avec les deux versions pour ce qui est des pourcentages de bonnes réponses. Les graphiques ci-dessous mettent en perspective ces résultats.

Figure 126 : Nombre de bonnes réponses, en pourcentage, par niveau d'habileté au test initial et au test final dans l'instrument pour apprendre à lire version 1.0 et version 2.0.



La mise en parallèle des résultats obtenus avec les versions 1.0 et 2.0 montrent que :

- les stagiaires ont nettement moins bien identifié les niveaux d'habileté dans le test initial de la version 2.0., ce qui indique un test plus difficle.
- globalement l'amélioration est plus répartie sur tous les niveaux avec la version 2.0 qu'avec la version 1.0, exception faite du niveau 2.
- les stagiaires ont très nettement moins bien estimé le niveau 1 dans la version 2, aussi bien dans le test initial que dans le test final.
- La faiblesse constatée dans l'évaluation du niveau 3, par rapport à une identification plus aisée des niveaux 1, 2 et 5 dans la version 1.0, ne se retrouve pas dans le test final de la version 2.0. Au test final, le niveau 3 a été mieux évalué dans la version 2.0 (38% contre seulement 26% dans la version 1.0). Les niveaux 4a et 4 b de la version 1.0 qui avaient été également mal estimés dans le test final de la version 1.0 par les stagiaires, sont estimés sensiblement de la même manière dans la version 2.0

L'habileté de lecture en situation

Nous cherchons tout d'abord à identifier s'il y a eu une amélioration de l'habileté de lecture des stagiaires.

Pour déterminer s'il y a eu progrès quand les stagiaires sont confrontés à des courses réelles, nous comparerons les classements proposés au pré test et au post test.

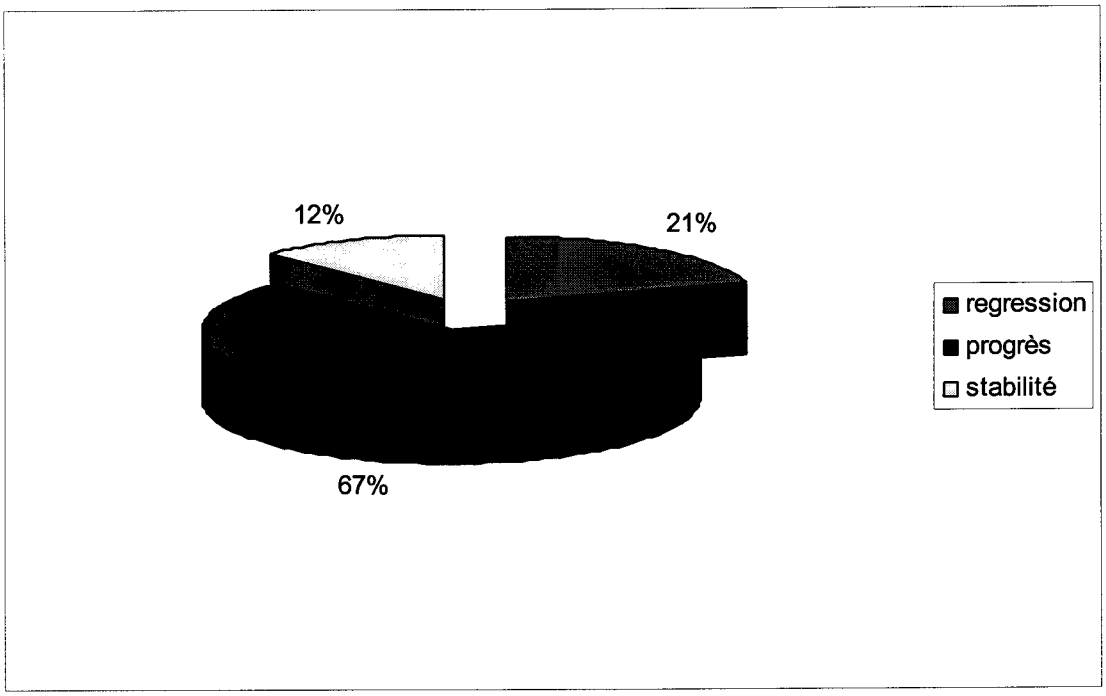
Progrès dans l'habileté de lecture

Nous avons établi pour chaque stagiaire les écarts entre son classement et le classement établi scientifiquement. Un nombre d'erreurs de classement supérieur dans le pré test par rapport au post test indique un progrès, un nombre équivalent d'erreurs indique une

stabilité dans l'habileté de lecture, un nombre inférieur indique une régression de l'habileté de lecture.

Le graphique ci-dessous indique en pourcentage les stagiaires qui ont mieux, d'une manière égale ou moins bien estimé les coureurs en situation réelle.

Figure 127 : Pourcentage des stagiaires en progrès, stable ou en régression dans leur appréciation du niveau des enfants en course entre le pré test et le post test.

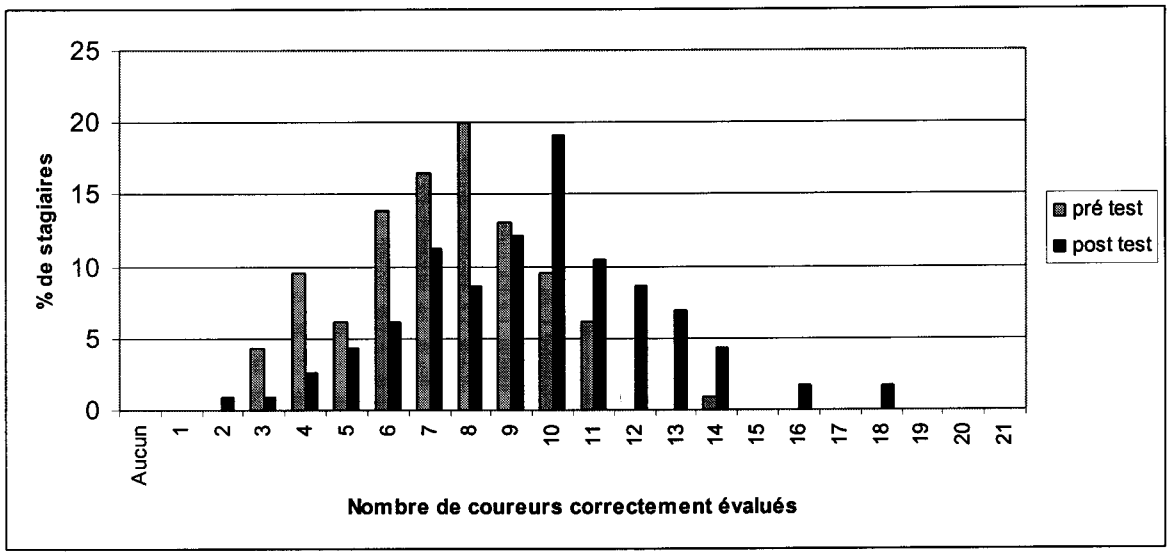


Nous pouvons faire le constat d'une amélioration sensible des scores, 67% des stagiaires font moins d'erreurs de classement dans le post test. Ces résultats sont proches, légèrement supérieur à ceux constatés avec l'instrument.

Résultats en fonction du nombre d'élèves correctement évalués

Pour affiner la compréhension de ce progrès, nous avons comparé le nombre d'élèves correctement évalués au pré test et au post test. Le graphique ci-dessous présente les pourcentages de stagiaires qui ont correctement évalué entre 2 et 18 élèves.

Figure 128 : Nombre d'élèves correctement évalués par les stagiaires



L'histogramme jaune représente les résultats au pré test, l'histogramme bleu les résultats du post test.

Nous pouvons constater que l'histogramme jaune est décalé vers les plus petits nombres de coureurs identifiés, alors que l'histogramme bleu est décalé vers les nombres plus élevés d'élèves correctement identifiés. Les chiffres confirment les progrès constatés globalement. En pourcentages cumulés, lors du pré test 17% des stagiaires évaluent correctement 10 élèves sur les 21 observés, lors du post test, ils sont 53%, pour le nombre de 11 élèves correctement évalués, ils ne sont que 11% des stagiaires au pré test et 34 % au post test.

Au pré test, le meilleur score obtenu est une identification de 14 élèves sur 21 (1% des stagiaires). Ensuite, 6% des stagiaires identifient 11 élèves. C'est au niveau de 8 élèves correctement identifiés que se situe le plus grand pourcentage de stagiaires (20%). Le moins bon score est de 3 élèves correctement identifiés et cela par 4% des stagiaires.

Au post test, le meilleur score est de 18 élèves sur 21 correctement identifiés par 2% des stagiaires (vs 14 élèves au pré test), puis 2% évaluent correctement 16 élèves et 4% évaluent correctement 14 élèves. C'est au niveau de 10 élèves (vs de 8 au pré test) correctement identifiés que se situe le plus grand pourcentage de stagiaires (19%). Par contre le moins bon score est de 2 coureurs correctement évalués lors du post test par 1% de stagiaires, alors que le moins bon score au pré test est de 3 élèves correctement évalués.

Les résultats montrent que le nombre d'élèves correctement évalués a augmenté lors du post test.

Nous avons cherché à affiner la compréhension des modifications dans l'habileté de lecture de nos stagiaires entre le pré test et le post test. Pour cela nous pouvons estimer que des différences faibles entre deux scores ne sont pas significatives. Si la variation est égale à +1 ou –1 nous considérerons qu'il n'y a pas de changement significatif. Ainsi :

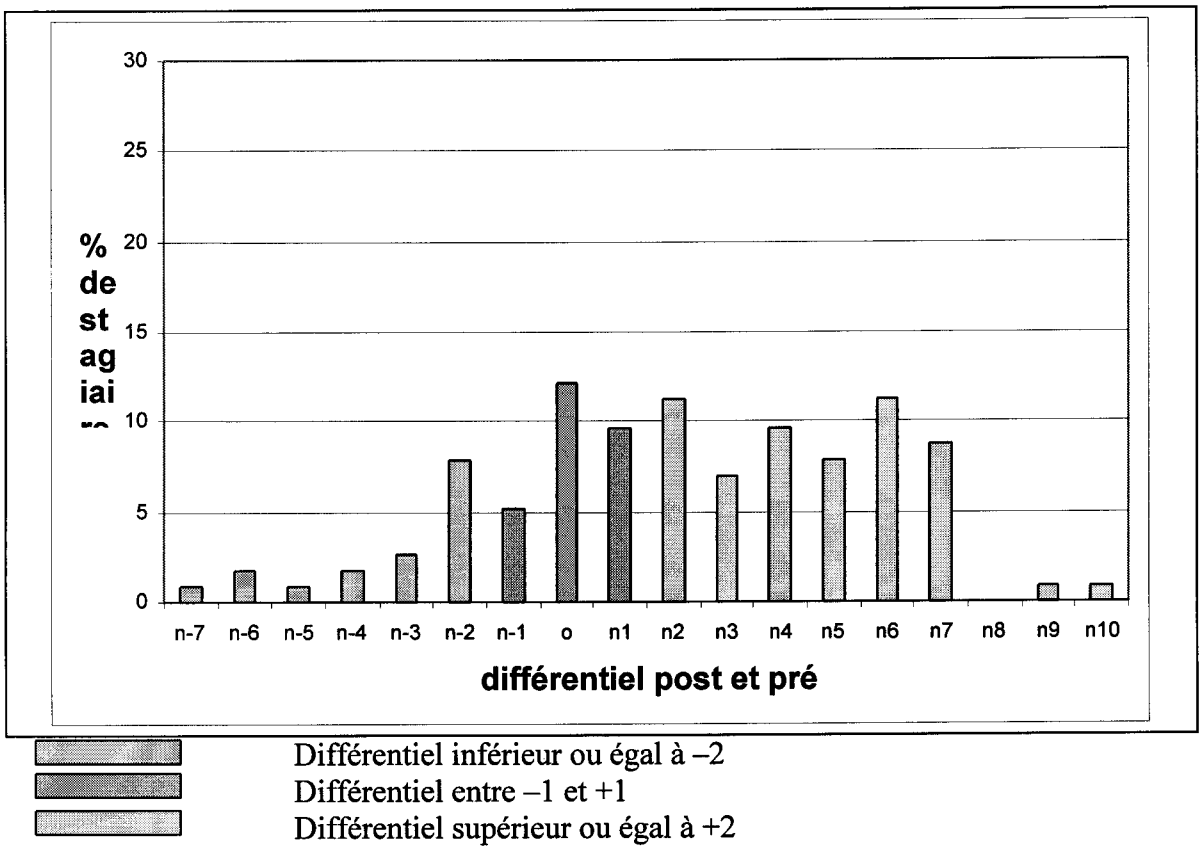
- Si un stagiaire classe correctement autant d'élève dans le pré test que dans le post test son habileté de lecture reste identique. S'il la variation est minime, un nombre d'élève légèrement supérieur (+1) ou un nombre d'élève légèrement inférieur (-1) nous pouvons considérer également que la performance obtenue dans la lecture de l'habileté motrice en course reste identique. L'habileté de lecture reste stable.

- Si le nombre d'élèves correctement classés est supérieur de deux élèves, la performance est meilleure et nous pouvons considérer que l'habileté s'est transformée.

- Si le nombre d'élèves correctement classés est inférieur de deux élèves, la performance est moins bonne et nous pouvons considérer que l'habileté de lecture s'est transformée pas mais le sens espéré.

Le graphique ci-dessous indique les résultats.

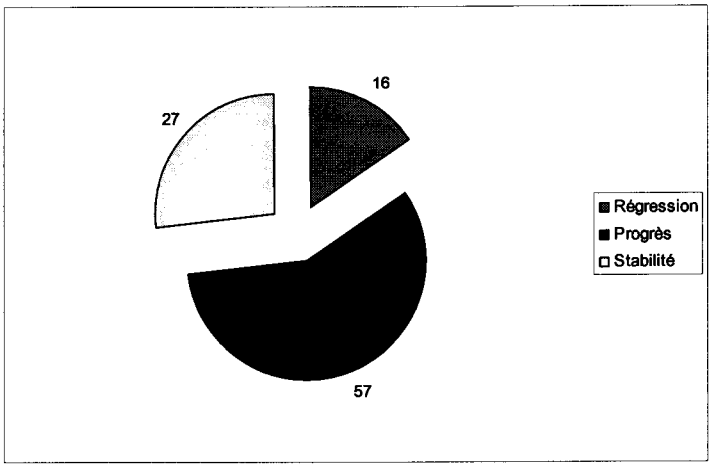
Figure 129 : Pourcentage de stagiaires ayant un différentiel négatif, nul ou positif entre le nombre d'élèves correctement évalués au post test et au pré test.



Les résultats complets se trouvent en annexe 20. Nous avons considéré trois catégories de stagiaires. Les histogrammes jaunes indiquent les pourcentages de stagiaires qui ont un différentiel supérieur ou égal à –2. Les histogrammes marron indiquent les pourcentages de stagiaires qui ont un différentiel compris entre –1 et +1. Les histogrammes bleus indiquent les pourcentages de stagiaires qui ont un différentiel supérieur ou égal à +2.

Dans cette position, en pourcentage cumulé, cela représente les progrès dans l'évaluation correcte des élèves. Les résultats sont alors différents de ceux présentés en début de paragraphe.

Figure 130 : Pourcentages cumulés de stagiaires en progrès, stables ou en régression dans leur habileté de lecture.



Dans nos résultats, un certain nombre de stagiaires ont :

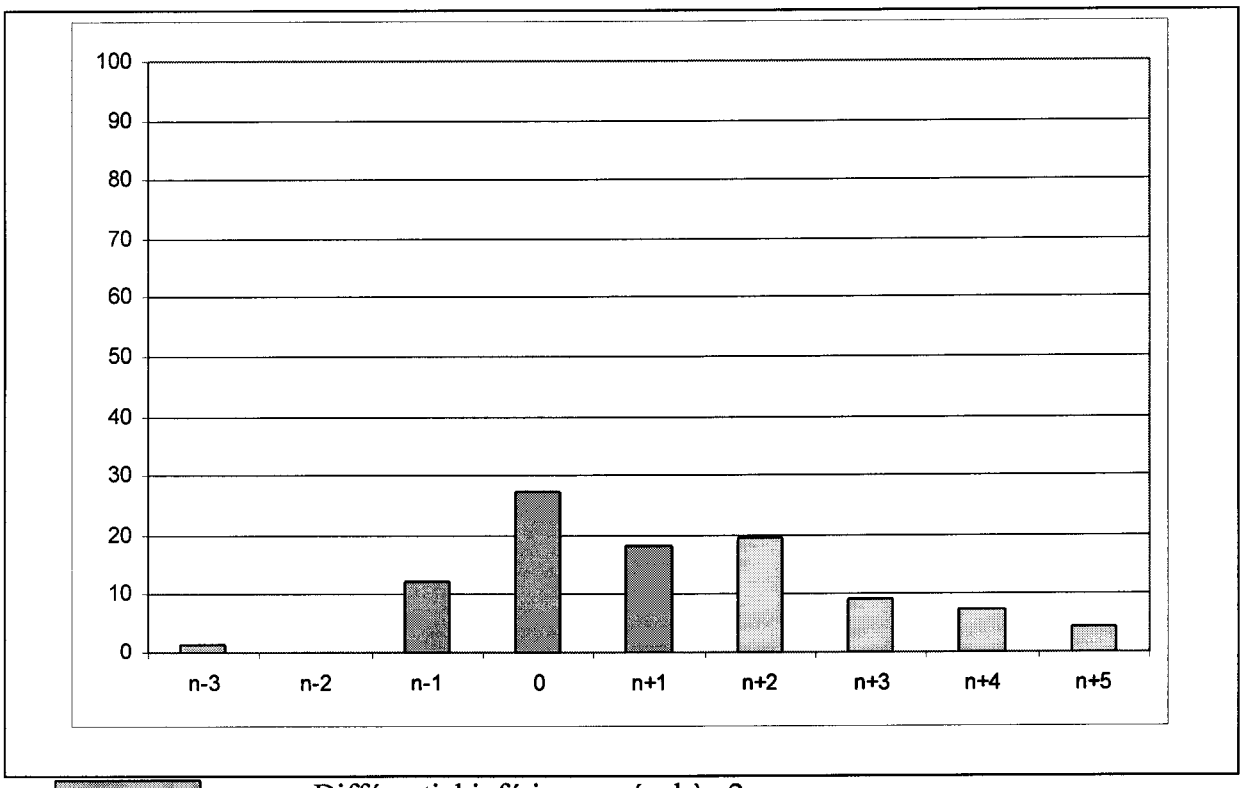
- un différentiel nul ou un différentiel entre +1 et –1. En pourcentage cumulé, ils représentent 27% des stagiaires. Ils restent stables dans leur performance de lecture de l'habileté motrice.
- un différentiel négatif, supérieur ou égal à –2. En pourcentage cumulé, ils représentent 16 % des stagiaires. Ils ont régressé dans leur performance de lecture de l'habileté motrice.
- Un différentiel positif. En pourcentage cumulé, ils représentent 57% des stagiaires. Ils ont progressé dans leur performance de lecture de l'habileté motrice en course.

Nous pouvons interroger les résultats pour savoir s'il existe un rapport entre les résultats obtenus dans le classement au test initial et final et les résultats obtenus au pré test et au post test. Pour cela nous avons établi pour chaque catégorie de stagiaires leur différentiel entre le test initial et le test final dans l'instrument. Comme pour l'estimation plus fine des progrès nous avons établi le différentiel entre le test initial et le test final dans l'instrument et nous avons calculé le pourcentage de stagiaires en fonction de leur différentiel.

Les stagiaires en progrès dans le post test

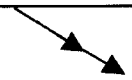
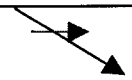
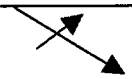
Le graphique ci-dessous présente pour les stagiaires ayant progressé dans le post test les pourcentages de stagiaires en fonction de leur différentiel entre le test initial et le test final dans l'instrument.

Figure 131 : Pourcentage de stagiaires en progrès dans leur habileté de lecture, en fonction du différentiel de bonnes réponses entre le test initial et le test final dans l'instrument.

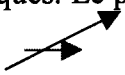
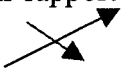


Pour comprendre le sens des transformations qui s'opèrent, nous pouvons définir des profils de formations en fonction des progrès dans l'intrument et dans l'évaluation de la classe. Les flèches bleues indique le sens des transfromations pour l'évaluation de la classe, les flèches rouges celui des transfromatiosn dans l'instrument.L'ensemble des profils se trouve en annexe 21.

Type	Profil de la formation
Profil 1	
Profil 2	
Profil 3	
Profil 4	
Profil 5	

Profil 6	
Profil 7	
Profil 8	

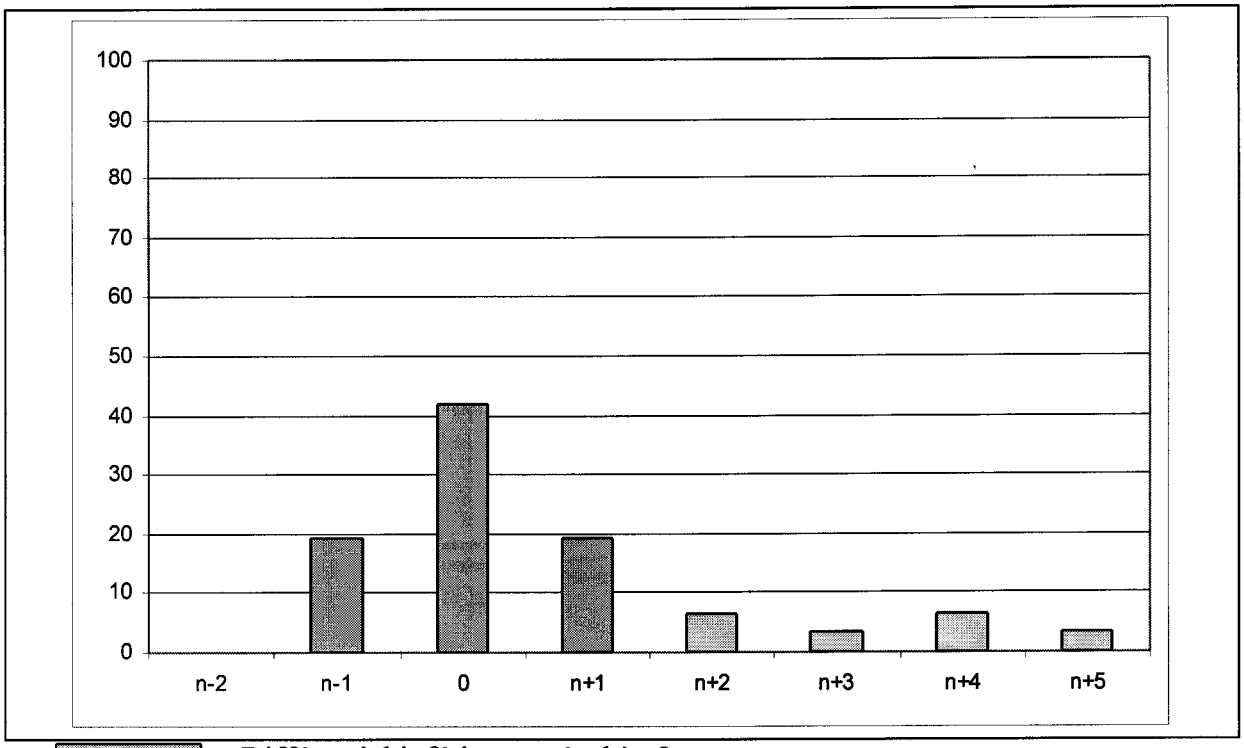
Le graphique montre que les stagiaires qui ont progressé dans l'évaluation des élèves en classe se répartissent de la manière suivante :

- 57% (histogrammes bleus) d'entre eux en pourcentage cumulé, ont également une amélioration leur performance dans le classement des films dans l'instrument. Nous pouvons alors symboliser les profils de formation obtenus dans cette séquence de formation en fonction des résultats obtenus aux différents tests. Pour ce groupe de stagiaires le profil serait alors de cette forme :
- 27% (histogrammes marrons) d'entre eux en pourcentages cumulés, ont obtenu des résultats sensiblement identiques. Le profil de formation pour ce groupe se présente sous la forme suivante : 
- Et seulement 1% (histogramme jaune) d'entre eux en pourcentages cumulés, obtiennent de moins bons résultats au test final par rapport au test initial dans l'instrument. Le profil de formation est le suivant : 

Les stagiaires stables dans le post test

Le graphique ci-dessous présente, pour les stagiaires stables dans leurs performances entre le pré test et le post test, les pourcentages de stagiaires en fonction de leur différentiel entre le test initial et le test final dans l'instrument.

Figure 132 : Pourcentages de stagiaires stables dans leur habileté de lecture, en fonction du différentiel de bonnes réponses entre le test initial et le test final dans l'instrument.



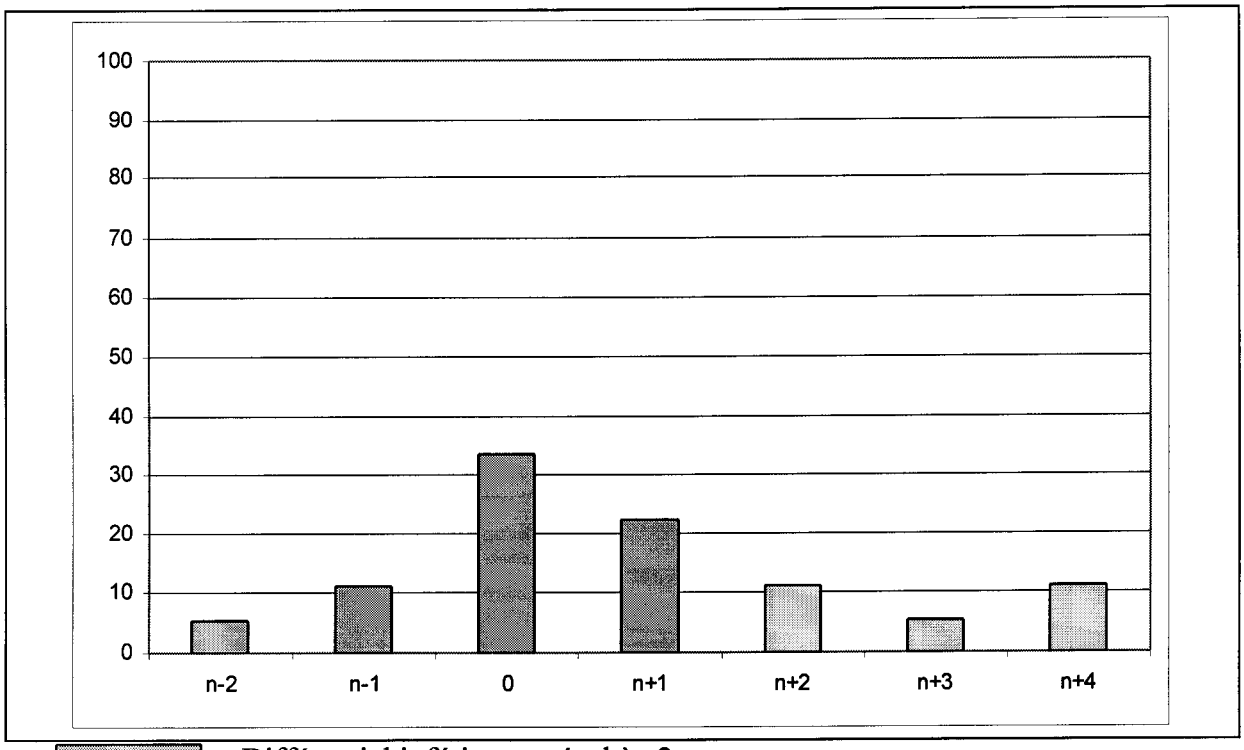
Le graphique montre que les stagiaires stables dans l'évaluation des élèves en classe se répartissent ainsi :

- 81% en pourcentage cumulé (histogrammes bleus) obtiennent des résultats stables entre le test initial et le test final dans l'évaluation des films dans l'instrument. Le profil pour ce groupe est le suivant : →→
- 19% en pourcentage cumulé (histogrammes marron) montrent une amélioration de leur performance entre le test initial et le test final dans l'évaluation des films. Le profil du groupe est le suivant : ↗→

Les stagiaires en régression dans le post test

Le graphique ci-dessous présente, pour les stagiaires en régression dans leurs performances entre le pré test et le post test, les pourcentages de stagiaires en fonction de leur différentiel entre le test initial et le test final dans l'instrument.

Figure 133 : Pourcentage de stagiaires, en régression dans leur habileté de lecture, en fonction du différentiel de bonnes réponses entre le test initial et le test final dans l'instrument.



Le graphique montre que la répartition des stagiaires stables dans leur évaluation des élèves se fait ainsi :

- 6 % en pourcentage cumulé (histogramme jaune), ont obtenu de moins bons résultats au test final qu'au test initial dans l'instrument. Nous pouvons alors caractériser ces stagiaires par ce symbole : ↘
- 67% en pourcentage cumulé (histogramme marrons) ont obtenu des performances identiques. Nous pouvons alors les caractériser par ce symbole : →
- et 28% en pourcentage cumulé (histogrammes bleus) ont obtenu des résultats meilleurs au test final. Nous pouvons les caractériser par ce symbole : ↗

Nous avons alors 8 profils de formation de formation qui indiquent les transformations en cors de formation :

Tableau 114 : Profils des résultats de la formation et pourcentage correspondant de la population étudiée.

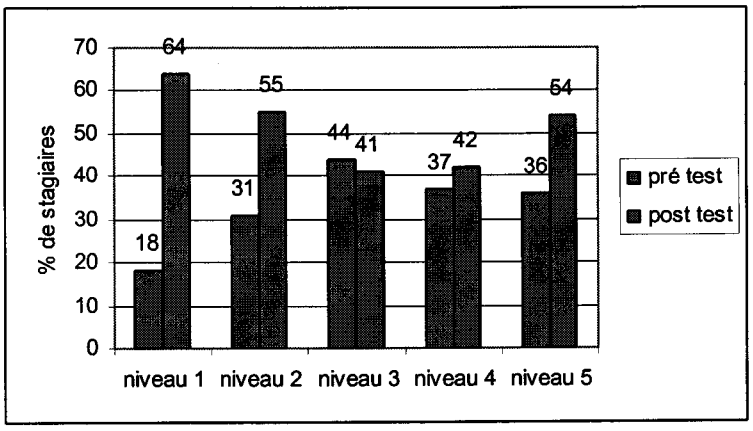
Type	Profil de la formation	% de la population
Profil 1		37%
Profil 2		23 %
Profil 3		0.9 %
Profil 4		21 %
Profil 5		5 %
Profil 6		0.9 %
Profil 7		10 %
Profil 8		4.3 %

Résultats en fonction du niveau d'habileté évalué

Nous pouvons examiner également la difficulté à identifier correctement un niveau d'habileté. Pour cela nous avons établi le pourcentage moyen d'élèves correctement évalués pour chaque niveau d'habileté dans le pré test et le post test.

Le graphique ci-dessous illustre cette intention.

Figure 134 : Pourcentage de bonnes réponses par niveau d'habileté au pré test et au post test avec des classes.



Le graphique indique une forte augmentation de l'estimation correcte des stagiaires pour plusieurs niveaux : 1, 2 et 5.

Pour le niveau 1, les bonnes réponses passent de 18% au pré test à 64 % au post test. Pour le niveau 2, les bonnes réponses passent de 31% à 55% et pour le niveau 5, le score passe de 36% à 54 %.

L'estimation du niveau 4 marque un léger progrès et passe de 37% à 42 %. En revanche l'estimation du niveau 3 marque un léger recul et passe de 44% à 41 % de bonnes réponses.

III.2.2.2.4. Discussion des résultats

Avant de discuter les résultats obtenus avec les deux versions et de les comparer une première question s'impose : une amélioration des scores permet-elle de déduire une amélioration de l'habileté de lecture ?

Si dans les faits une amélioration des performances entre les tests permet de constater que les stagiaires ont des réponses plus en rapport avec les classements établis, ce ne sont que des réponses à un exercice ou à une situation. En reprenant la définition de l'habileté, nous pouvons dire que ces résultats indiquent une modification passagère de la performance à une tâche d'évaluation, mais nous sommes incapables d'assurer que cette transformation soit effective. Il manque en effet un indicateur sur la stabilité des réponses que nous n'avons pas vérifiée dans notre travail. Cette limite est valable aussi bien dans le cas d'une amélioration des performances que dans le cas de performances stables ou en régression.

Nous pouvons supposer que l'habileté de lecture de la motricité en course des stagiaires a été modifiée mais nous ne pouvons affirmer qu'elle le soit d'une manière durable et stabilisée. Ces modifications stables, durables peuvent être vérifiées par la répétition des tests ou dans le temps.

Une stabilité des réponses correctes lors de nombreux tests permettrait d'affirmer d'une manière certaine que l'habileté de lecture a été modifiée. Mais si cette démarche peut contribuer à valider les modifications de l'habileté, les évaluations successives contribueraient à la renforcer par l'expérience qu'elles occasionneraient.

Deux tests à des moments espacés dans le temps permettraient de vérifier également la permanence des transformations et la stabilité de l'habileté de lecture acquise. Par contre un temps important entre deux tests ne nous permettrait pas de contrôler les expériences individuelles des stagiaires et nous ne pourrions pas imputer les transformations observées à la seule utilisation de notre outil.

Ces limites présentées nous estimerons que les résultats obtenus induisent une transformation de l'habileté de lecture.

Amélioration de l'habileté de lecture dans le cadre de l'instrument

Dans la version 2.0, les résultats obtenus donnent à penser que les stagiaires ont progressé, car globalement ils s'améliorent dans leur estimation du niveau des élèves filmés. Cela provient en grande partie de la faiblesse d'identification au test initial pour lequel 85 % des stagiaires ont identifié au maximum 1 film (47% aucun et 48 % un seul film), alors que les stagiaires dans la version 1.0, au test initial, avaient identifié au minimum 3 films et dans une grande proportion 4 films. Les progrès sont plus importants si le score de départ est très faible ce qui relativise les progrès estimés globalement.

Il existe une faiblesse dans l'identification des niveaux des élèves dans le test initial de la version 2.0 et en particulier dans l'identification du niveau 1 (1% des élèves identifiés alors que dans la version 1.0 les élèves avaient été identifiés à 61 %).

Cette faiblesse du score au test initial dans la version 2.0 peut s'expliquer de plusieurs manières. Les hypothèses émises concernent les films choisis dans les deux versions et les consignes de l'enseignant.

- Les films choisis

Nous avons dans la version 1.0 choisi les films selon les niveaux de classement, mais aussi dans différentes classes. Ainsi les stagiaires devaient classer des enfants de toute petite section, des enfants de moyenne section et des enfants de CE 1, les enfants de toute petite section étant du niveau 1 et 2, les enfants de cel étant des niveaux supérieurs. Dans la version 2.0, les 5 coureurs étaient tous du même âge, moyenne section pour le test initial et cours moyen pour le test final. La version 1.0 était sans doute plus facile, le repère par rapport à l'âge des enfants a sans doute influencé les stagiaires et favorisé le classement. Mais si la conception différente des tests dans la version 1.0 (films avec des enfants d'âges différents) et dans la version 2.0 (films d'enfants du même âge) peut expliquer les différences de résultats entre les deux versions, dans chacune des versions la conception était identique et les différences entre les résultats au test initial et au test final ne peuvent être contestées.

Nous pouvons également émettre une autre hypothèse concernant les films et leur identification plus ou moins facile par les stagiaires. Nous pouvons supposer que certains films sont plus dans la « norme » du niveau qu'ils représentent. La construction que nous avons faite des niveaux a été réalisée sur des moyennes. Certains individus ne correspondent pas obligatoirement pour tous les indicateurs au niveau d'habileté, alors que d'autres sont plus en adéquation avec tous les indicateurs. Nous ne sommes pas en mesure d'apporter une réponse significative à ce problème qui nécessiterait d'autres investigations.

- L'enseignant :

Une différence de traitement dans la présentation de la version 1.0 et de la version 2.0 par l'enseignant peut expliquer les différences de résultats. Dans la version 1, nombreux sont les stagiaires qui ont répondu non pas en proposant des niveaux différents pour chacun des films, mais en classant plusieurs enfants dans un même niveau. Nous avons peut-être été négligent lorsque nous avons passé la consigne du travail en salle informatique.

- Les stagiaires

Plusieurs raisons peuvent expliquer, du point de vue des stagiaires, ces faibles résultats au test initial lors de l'expérimentation de la version 2.0.

Nous pouvons faire l'hypothèse qu'une trop grande précipitation dans le travail des étudiants avec la version 2.0 a entraîné des résultats de moins bonne qualité. En effet la version 2.0 présente dans sa page d'accueil 7 étapes à suivre pour se former à la lecture du mouvement alors que la version 1.0 ne présentait que 4 étapes. Or nous avons, lors de l'expérimentation, donné un temps limité pour parcourir le cd-rom.

L'impression d'une tâche importante et la nécessité de la remplir en un laps de temps bref a peut être conduit les stagiaires à négliger le premier classement dans la version 2.0.

Une autre hypothèse permettant d'expliquer le moins bon score au test initial avec la version 2.0 est peut être l'activité qui a précédé le travail avec la version 2.0 en salle informatique. Pour l'expérimentation de la version 1.0, nous avons simplement demandé au cours d'une séance d'EPS de venir en salle informatique pour participer à un travail d'analyse du mouvement sur ordinateur. Pour l'expérimentation de la version 2.0, les stagiaires avant de faire le travail avec la version 2.0 ont eu à classer les élèves d'une classe en course de vitesse. C'est peut-être ce travail qui s'est fait sans apports de connaissances, sans réflexion préalable sur les niveaux d'habileté et surtout établi pour des enfants de niveaux de classe différents (grande section ou CP) qui peut expliquer que les stagiaires lors du test initial ont éprouvé des difficultés à classer les 5 films avec des enfants de moyenne section proposés dans le test initial de la version 2.0.

Si nous pouvons constater que globalement les deux versions permettent l'amélioration des scores de classement. Nous ne pouvons conclure avec certitude sur les raisons qui expliquent ces différences importantes de réussite au test initial dans la version 1.0 et dans la version 2.0.

Par contre, nous ne pouvons pas contester que les résultats s'améliorent de la version 2.0 entre le test initial et le test final.

Après cette première partie, nous proposons de discuter les résultats dans la version 2.0. Nous avons fait l'hypothèse qu'une amélioration des résultats (en examinant les différentiels entre le classement proposé par les stagiaires et le classement obtenu statistiquement) manifesterait une amélioration de l'habileté de lecture après formation. Les progrès constatés (51% avec la version 2.0) nous permettent de dire, que certains stagiaires ont fait des progrès **dans le contexte de l'instrument**, ce qui revient à dire que certains stagiaires ont mieux perçu les différences entre les élèves, entre le test initial et le test final.

En dehors des restrictions émises dans la première partie de ce sous chapitre, nous pouvons imputer à la formation l'amélioration de l'habileté de lecture manifestée. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces résultats. Nous avons :

- modifié le nombre de classes,
- modifié la modélisation prise comme référence,
- introduit deux exercices de classement avec ralenti,
- proposé la lecture simultanée des différents films à classer,
- diminué le nombre de films à classer,
- proposé deux niveaux d'apports de connaissances
- multiplié les représentations de course : photos, dessin, images, films, kinogrammes, bonhomme fil de fer

Les modifications que nous avons apportées à la version 1.0 peuvent expliquer cette amélioration, sans qu'il nous soit possible de dire laquelle a eu une le plus d'influence. Des recherches sur ce thème seraient à conduire.

Mais nous pouvons tout aussi bien imputer ces améliorations à d'autres phénomènes que celui de la formation. L'observation des stagiaires quand ils utilisaient l'instrument peut nous permettre de formuler des hypothèses différentes. Nous n'avons pas de données objectives pour valider nos impressions. Mais nous avons pu constater que :

- Les stagiaires sont restés plus attentifs pendant toute l'utilisation de l'instrument version 2.0. La fatigue constatée lors de l'expérimentation de la version 1.0 était moins nette lors de l'utilisation de la version 2.0 et nous supposons que la diminution du nombre de films à classer en est responsable pour partie parce que le travail demandé était moins exigeant en concentration et en mémorisation.

- Très fréquemment, pour chaque exercice de classement les stagiaires revenaient sur les 5 films en même temps pour classer les élèves. Cette utilisation répétée indique une attente, un besoin, un intérêt. Cette page répond à la demande de comparaison exprimée par les stagiaires à la fin de l'expérimentation de la version 1.0. Absente de la version 1.0, elle a sans doute aidé à la différenciation dans la version 2.0.

- Il nous semble que la nouvelle modélisation soit plus opérationnelle. Les commentaires des étudiants sur l'instrument et son utilisation vont dans ce sens.

Mais nous ne pouvons pas affirmer qu'un élément a eu plus d'influence qu'un autre et si nous constatons une amélioration dans l'estimation du niveau d'habileté en course par les stagiaires, l'adéquation entre les classements des stagiaires et les niveaux théoriques est loin d'être parfaite. Au test final, l'adéquation, mesurée par les pourcentages de bonnes réponses, oscille entre 28 % et 44% de bonnes réponses. Ces chiffres restent faibles même si globalement le classement des stagiaires se rapproche du classement théorique. L'instrument ne permet qu'une légère transformation de l'habileté de lecture des stagiaires. La compréhension du sens des transformations n'est encore que partiellement assimilée par les stagiaires et le faible score de l'identification du niveau 4 en est l'illustration. En effet à ce niveau, il s'opère un redressement du tronc qui était assimilé comme une forme élaborée du comportement en course, alors qu'au niveau 3 et au niveau 5 le tronc est davantage incliné. Le nombre important de mauvaises estimations peut laisser supposer que les représentations des stagiaires sur ce niveau ne sont pas transformées, qu'ils ont du mal à identifier comme niveau intermédiaire un coureur avec un tronc redressé, alors qu'un coureur avec un tronc incliné peut appartenir à un niveau inférieur ou un niveau supérieur.

La difficulté à classer provient peut être également de l'instrument lui-même et en particulier de la taille des films et de la taille des individus dans la fenêtre film. Parce que nous avons limité notre champ de prise de vue pour voir les individus en plan moyen, nous n'avons filmé qu'une partie de la course des enfants. Il manque le contexte, la durée dans les films qui aideraient à caractériser les élèves en course.

Dans la version 1.0, nous avions souligné la difficile identification des niveaux 4a et 4b. Il apparaît à la lecture des résultats par niveau d'habileté obtenus avec la version 2.0 que

le problème signalé dans la version 1.0 est en partie solutionné dans le test final. Il reste tout de même que le niveau 4 demeure le moins bien identifié.

Nous pouvons constater des transformations dans le sens du progrès de l'habileté de lecture dans le cadre de l'utilisation de l'instrument. La version 2.0 permet des progrès sensibles par rapport à la version 1.0, mais nous ne savons pas précisément quels sont les facteurs qui expliquent le plus ces transformations.

Il nous faut discuter maintenant les résultats concernant la lecture des réponses motrices en situation.

Amélioration de l'habileté de lecture en situation

C'est dans l'évaluation des enfants d'une classe à deux moments différents de la formation que nous étudié les variations de l'habileté de lecture en situation. Le pré test se déroule avec les représentations initiales des stagiaires, leurs connaissances et les focalisations qu'ils sont à même d'établir pour observer un mouvement. Le post test se déroule après qu'ils aient mis à jour leurs propres représentations de l'action, confronté leurs connaissances à celles établies scientifiquement et exercé cette habileté de lecture à plusieurs reprises dans le cadre d'un travail avec l'instrument de formation.

Entre les deux tests, nous trouvons une différence dans les classements établis, les stagiaires classent globalement mieux les élèves. Pour le classement exact, la moyenne est de 10/21 élèves dans le post test alors qu'il n'était que de 8/21 dans le pré test, même si les transformations dans l'habileté de lecture :

- ne sont pas univoques, certains ont progressé, alors que d'autres ont régressé,
- ne sont pas de même ampleur, certains améliorent de +10 élèves correctement classés alors que d'autres diminuent de –7 élèves correctement classés
- sont peut être dépendantes du profil d'apprentissage.

Les profils " progrès".

Le sens des transformations en cours de formation pour ceux qui ont progressé nous interpelle. Ils sont 60.9%. Parmi eux, nous avons constaté que :

- certains ont progressé du début de la formation à la fin de la formation. Ils sont nombreux 37%. Pour ces stagiaires, il semble que la formation ait été bénéfique. Il resterait d'une part à en vérifier la stabilité et d'autre part à étudier les transformations des représentations qu'elle a provoquées. Nous sommes sensible au fait que ces résultats peuvent également dépendre pour certains de la chance, du hasard ou tout simplement de l'exercice de l'évaluation provoqué par le travail demandé, les transformations de l'habileté de lecture s'expliqueraient dans le sens d'un renforcement de leurs propres critères de réalisation sans remise en cause profonde.
- certains n'ont pas transformé leur jugement dans le cadre de l'instrument, ils sont 23 %. Pour eux, leur score meilleur au post test ne s'explique pas par les transformations observées en cours de formation avec l'instrument, puisque

notre mesure nous indique qu'ils ne progressent pas avec l'instrument. Nous pouvons supposer que l'instrument a joué son rôle, mais d'une manière différée. Mais nous pouvons également supposer que le hasard, une plus ou moins grande attention au post test et au pré test sont responsables des scores différents et qu'il n'y a pas eu obligatoirement transformation de l'habileté de lecture.

- un stagiaire est en progrès dans son jugement de la classe tout en ayant diminué son résultat à l'évaluation dans l'instrument. Nous pouvons penser que dans ce cas, le travail avec le cd rom n'est pas à lui seul suffisant. L'ensemble de la formation comprenant le travail avec le cd rom et le travail avec les classes réelles permet une transformation de l'habileté de lecture. Mais peut-être les résultats au test final dans l'instrument sont-ils dus tout simplement à de la lassitude, un excès de précipitation et un seul cas ne peut, à lui seul, représenter une tendance.

Les profils "stable".

De nombreuses questions se posent à nous lorsque nous abordons le groupe des stagiaires dont les performances sont restées stables. Ils représentent 26% des stagiaires et nous pouvons supposer que la formation n'a pas eu d'effet sur eux. La grande majorité de ce groupe n'est pas influencée par le travail avec instrument, ni par les évaluations successives des deux classes. En effet, même si certains (5% de la population) montrent un écart positif dans l'évaluation des films, ils obtiennent un score identique dans l'évaluation des deux classes. Si nous examinons leurs scores, ils sont en général proches de la moyenne des performances, entre 7 et 11 bonnes réponses. La formation pour ces stagiaires n'est pas efficace, elle ne permet pas d'enregistrer des progrès. Mais de la même façon que nous pouvons mettre en doute la réalité de la formation quand les résultats vont dans le sens d'une amélioration, les mêmes hypothèses peuvent être appelées pour mettre en perspective des changements futurs. Mais nous pouvons également évoquer :

- une habileté de lecture moyenne en fonction de l'expérience de chacun. Il existe peut être un niveau moyen d'habileté de lecture qui une fois acquis demande pour être dépassé un travail plus important

- une grande stabilité de leurs représentations initiales. Ces stagiaires qui obtiennent dans leur majorité de bons scores au pré test et au post test ont déjà acquis des outils qu'ils pressentent fiables. Les repères et les modifications que nous proposons dans leurs représentations ne leur apparaissent peut être pas pertinents et ne remettent pas suffisamment en cause leur acquis

Pour les 5% stables dans leurs performances au pré et post test, mais qui ont progressé dans leur évaluation dans l'instrument nous pouvons émettre plusieurs hypothèses en dehors de celles évoquées auparavant et concernant le hasard, la lassitude, le manque d'attention. Du point de vue de la formation nous pouvons penser que :

- le travail commencé dans l'instrument montre des résultats encourageants. Mais les transformations induites ne sont pas suffisamment fortes pour influencer les résultats dans l'analyse d'une classe.

- L'évaluation différée à une semaine de la classe en post test était trop éloignée dans le temps pour permettre un réinvestissement d'acquis fragiles obtenus grâce au travail avec le cd-rom.

Mais pour l'ensemble de ce groupe de stagiaires, nous pouvons conclure que l'instrument pour apprendre et la modélisation utilisée pour rappeler les différentes classes n'a pas permis de transformations immédiates.

Les profils "regréssion".

Le groupe de stagiaires qui montre non pas un progrès mais une diminution de ses performances au post test nous questionne davantage.

Les hypothèses qui expliquaient les progrès et la stabilité en dehors de la formation restent valables, sans que nous puissions les confirmer ou les infirmer : phénomènes individuels (étourderie, fatigue préoccupations, lassitude..), contexte (voisinage...) ou faute dans le suivi des liens hyper textes et donc connaissances des résultats avant d'entreprendre le classement, problème de motivation...

En se rapportant à la formation, pour les stagiaires de ce groupe qui ont augmenté leurs performances avec l'instrument mais en ne réinvestissant pas ces progrès dans l'analyse d'une classe (ils sont 4.3% de la population étudiée), les questions sont nombreuses. En effet deux stagiaires (n°2 et n°30) obtiennent un bon score au pré test (10 bonnes réponses), montrent des progrès importants dans le travail avec instrument (5 bonnes réponses au test final), mais se trompent complètement dans l'évaluation du post test (respectivement 3 et 5 bonnes réponses seulement). Plusieurs hypothèses peuvent alors être émises concernant ces stagiaires :

- Le travail avec l'instrument pour ces stagiaires n'est pas efficace.
- Le travail fait avec l'instrument apporte une confusion préjudiciable aux performances. Le classement effectué lors du pré test se faisait sur des représentations et des connaissances peu sûres mais opérationnelles, le travail a provoqué une remise en cause de ces connaissances et de ces représentations et les nouvelles connaissances n'ont pu être intégrées pour le post test. C'est une hypothèse qui expliquerait du point de vue de la formation les profils 7 et 8.
- En tout état de cause, immédiatement après la formation, seulement 60.9 % des stagiaires ont fait des progrès, l'efficacité de l'instrument et de la séquence de formation devrait pouvoir encore être améliorée. Il semble toutefois qu'il soit plus facile d'évaluer des élèves en situation qu'au travers de films.

Concernant les différents niveaux d'habileté et leur plus ou moins grande facilité d'identification, nous retrouvons dans le post test les difficultés d'identification signalées dans l'analyse des résultats dans l'instrument version 2.0 et pour partie celles mentionnées dans la version 1.0. Les deux niveaux les plus difficiles à identifier sont les niveaux 3 et 4 de par les faibles différences au niveau de la montée de la cuisse et du retour de la jambe libre, mais aussi par ce redressement du tronc au niveau 4 qui est en contradiction avec la logique d'inclinaison des niveaux précédents. Cette compréhension des différentes transformations de

la course pour ces niveaux d'habileté chez l'enfant demande sans doute plus de temps et d'expérience pour être opérationnelle chez un plus grand nombre de stagiaires.

III.2.2.2.5. Conclusion

Les recherches sur les modifications de l'habileté de lecture d'enseignants stagiaires avaient montré que la formation pouvait se faire de deux manières par une formation sur des concepts ou par la vidéo (Morrisson & Harrisson 1997). L'efficacité des formations dépendait pour partie des profils d'apprenants des stagiaires. Nous avons choisi une troisième voie qui articule à la fois un apport de connaissances conceptuelles et un travail à partir d'images et de vidéo.

Après formation avec l'instrument pour apprendre, des transformations interviennent dans les performances lors des évaluations de classes. Celles-ci laissent supposer que les stagiaires transforment leur habileté de lecture. Plusieurs suppositions peuvent être émises pour expliquer ces transformations. Elles se complètent et parfois se contredisent.

Pour les stagiaires qui ont progressé dans leurs performances entre les deux tests, nous avons parfaitement conscience que les transformations opérées ou en train de se faire ne sont pas stabilisées. Pour ceux qui restent stables ou qui régressent dans leurs performances aux tests, il nous faut en rechercher les raisons et envisager les moyens d'y remédier, ce travail reste à faire.

Si nous avons démontré l'efficacité de l'instrument pour apprendre, nous n'avons pas examiné les apports différents par rapport à l'une ou l'autre des deux démarches (approche conceptuelle ou approche vidéo) pour transformer l'habileté de lecture et ce travail reste également à entreprendre.

L'instrument pour apprendre dans sa version 2.0 est globalement plus efficace que dans sa version 1.0. C'est à l'ensemble des modifications opérées entre les deux versions que nous devons cette plus grande efficacité, sans que nous puissions dire la part respective de chaque modification.

L'instrument pour apprendre est pertinent pour un grand nombre de stagiaires. Pour les autres, sans doute ceux qui ont des représentations les plus difficiles à transformer, il faudrait prévoir des approches complémentaires. Nous pouvons nous demander s'il faut plus ou moins d'informations dans l'instrument, mais également s'il existe des différences de cheminement dans l'instrument entre les stagaires et si ces cheminements sont corrélés avec les résultats de la formation.

Il reste une faiblesse dans l'identification des niveaux 3 et 4 qui demanderait peut-être une approche différente ou plus de temps et d'expérience. Nous posons la question de la construction par les stagiaires de cette modélisation qui permettrait peut-être à un plus grand nombre de comprendre et d'assimiler les critères de réalisation. Par contre, nous savons que cette démarche est coûteuse en temps. Il nous semble possible de l'envisager mais dans une version en accès libre.

Il semble que l'utilisation du viseur soit plus pertinente que celle de la poulaine qui a été moins critiquée par les utilisateurs. Dans cette perspective, une question se pose sur l'utilisation du viseur avec des enfants en situation d'apprentissage comme repère et critère de

réalisation pour l'élaboration des représentations pour l'action de chaque enfant et pour la co-évaluation.

Pour compléter la démarche d'une recherche technologique, il convient de s'interroger sur les nouvelles connaissances techniques produites.

Ainsi, concernant le développement de la course chez l'enfant, de notre travail nous pouvons retenir la double modélisation par le viseur et par la poulaine d'oreille. Par contre pour des professeurs d'école stagiaires, le viseur apparaît comme plus approprié, plus lisible.

Les 5 niveaux d'habileté construits pour évaluer les enfants en course de vitesse sont opérationnels, même s'il apparaît encore des difficultés dans l'évaluation des niveaux 3 et 4 pour une majorité des stagiaires après formation.

Les fiches synthétiques par niveau de classe qui présentent la répartition par classe des différents niveaux d'habileté et leurs principales caractéristiques sont des outils opérationnels pour les professeurs d'école en poste.

Concernant l'instrument de formation, il est plus efficace si :

- le nombre de films à classer est limité pour ne pas occasionner une trop grande concentration et permettre plus de répétitions avec feed-back.
- il autorise le visionnement des coureurs en même temps parce que cela facilite la discrimination et le classement.
- il introduit des ralentis à plusieurs étapes de la formation.
- il permet aux stagiaires de naviguer sur plusieurs niveaux de connaissances
- il confronte les stagiaires à des films d'enfants d'un même niveau de classe dans une étape de formation et non à plusieurs niveaux dans une même étape

L'instrument pour apprendre que nous avons conçu est certainement amendable et peut être amélioré. Les choix que nous avons faits dépendaient pour partie du contexte, mais également de nous-même.

CONCLUSION : EVALUATION DE LA RECHERCHE

Nous avions, au départ, un souci relatif à l'évaluation des apprentissages moteurs en éducation physique et sportive. Dans son activité professionnelle, un enseignant évalue constamment. Il prélève des informations sur l'activité des élèves à tous les moments de l'apprentissage. En Education Physique les informations sont prélevées en particulier sur les productions motrices des élèves et, pour un formateur en IUFM, la question se pose en terme de formation à la lecture du mouvement. Les critères de réalisation que l'enseignant utilise à travers les tâches qu'il organise, sont des repères pour cette évaluation. Grâce à ces repères un professeur d'école doit être capable d'identifier les différents niveaux d'habileté qu'il rencontre dans la classe quand il propose une activité en Education Physique et Sportive et ce pour adapter son enseignement.

Nous avons choisi de nous pencher sur une activité motrice très simple, couramment pratiquée à l'école « le courir vite » et nous avons cherché, pour asseoir d'une manière rigoureuse la formation, à recueillir les savoirs établis sur cette activité, les savoirs savants, qui constituent les véritables repères établis scientifiquement, les critères de réalisation pour cette activité de course.

Nous avons fait le constat que dans la littérature scientifique, dans les recherches en biomécanique et notamment en biomécanique descriptive, les repères et les indicateurs de valeurs pour les organisations motrices en course sont donnés par niveau d'âge essentiellement. Il en est de même pour les travaux de recherche sur le développement de l'enfant. Tout fonctionne comme si les enfants se transformaient de la même façon au même moment. Dans sa classe un enseignant est confronté généralement à une seule classe d'âge, mais avec des enfants de niveaux différents.

Après cette revue de question sur le problème de la course chez l'enfant, nous avons retenu, des études scientifiques et des études pragmatiques consultées, un certain nombre d'indicateurs et le sens de leur évolution. Mais il manquait pour ceux-ci des données établies par niveau d'habileté. Nous avons fait le constat que les transformations les plus importantes se faisaient dans un plan sagittal, ce plan étant également le plan d'observation privilégié d'un enseignant. Nous avons pu également retenir les conditions les plus propices pour le recueil de données sur la course de vitesse maximale concernant des enfants entre 2 et 11 ans.

Certaines interrogations sont restées sans réponses sur lesquelles nous nous sommes penché avant de construire notre instrument pour apprendre : les valeurs des indicateurs en fonction des niveaux d'habileté, la pertinence des variables, vitesse et amplitude comme du niveau d'habileté indicateurs pour des enfants entre 2 et 11 ans, l'influence du sexe sur les niveaux d'habileté, la manière dont les enfants entrent en contact avec le sol en course de vitesse.

Nous avons montré que, entre 2 et 11 ans, l'âge des enfants de l'école primaire, pour un ensemble d'enfants suffisamment important pour faire un traitement statistique des

données, il était possible d'établir des niveaux d'habileté indépendamment de l'âge. Le tri hiérarchique dans une population non homogène a permis d'établir un nombre de classes important isolant ainsi des organisations motrices différentes. Le nombre de classes retenu dans notre recherche est tributaire des possibilités d'observation des professeurs d'école. Si dans un premier temps, identifier six niveaux d'habileté pour l'ensemble des classes nous avait semblé pertinent, l'expérimentation de la version 1.0 de l'instrument pour apprendre nous a montré qu'il était préférable de ne distinguer que cinq niveaux d'habileté.

Nous avons pu construire des fiches d'identification de 5 niveaux d'habileté en course de vitesse chez les enfants et utiliser les données pour construire un instrument pour apprendre à lire le mouvement en course à vitesse maximale. Ce travail a permis également d'établir un profil type pour les différentes classes de l'école primaire des organisations corporelles susceptibles d'être rencontrées en course de vitesse. Ces résultats de la recherche sont des bases pour l'évaluation des élèves en course de vitesse et peuvent servir de référence aux enseignants de l'école primaire. Un site est actuellement en construction qui mettra à disposition des internautes les principales données issues de la recherche. Si les données, concernant les 5 niveaux d'habileté, peuvent être considérées comme valides statistiquement, la répartition pour chaque classe de l'école ne s'est faite que sur une trentaine d'enfants. Il conviendrait pour asseoir les fiches par classe de faire un travail de classification sur un plus grand nombre d'enfants par niveau de classe.

Dans la revue de question biomécanique, nous nous interrogions sur l'influence du sexe sur les performances et le niveau d'habileté. Nos résultats montrent que'en règle générale les garçons au même âge présentent globalement des niveaux d'habileté supérieurs. Par contre nous ne pouvons expliquer les différences constatées et nous pensons, avec Atwater (1990), que ces différences s'expliquent en grande partie par les différences de pratiques et sont, pour l'essentiel, d'origine culturelle. L'analyse des résultats nous a conduit à émettre l'hypothèse d'une régression pour certains enfants au cours de leur scolarité en particulier au cycle 3. Nous avons imputé cette régression à un manque de pratique à l'école et en dehors de l'école. Il nous semble important de conduire une recherche, longitudinale cette fois, sur des enfants suivis sur la scolarité à l'école primairre pour confirmer ou infirmer cette hypothèse ce qui permettrait de conforter l'importance que nous accordons aux pratiques physiques à l'école.

Nous avons pu établir le sens des transformations au moment du posé, confirmant ainsi les tendances indiquées dans les études développementales et nous avons distingué deux catégories d'enfants ceux qui posent en talon et ceux qui posent en pointe. Notre travail a montré que plus le niveau d'habileté est élevé et plus les enfants ont tendance à poser le pied en plante de pied. Mais ces résultats ne sont pas assez précis pour être un apport important dans la connaissance des transformations à ce niveau. C'est aux possibilités offertes par le matériel que nous avons utilisé pour prélever les données que nous devons cette imprécision. Pour rendre plus pertinentes les informations sur les transformations au niveau des prises d'appui en course, les recherches conduites doivent utiliser des caméras à plus grande vitesse, mais également se tourner vers l'utilisation d'une plate-forme de force non contraignante pour la course des enfants.

Dans la perspective de construction de l'instrument pour apprendre, la modélisation du développement de la course est une aide à la formation des enseignants. Parmi les différentes modélisations existantes, celle qui nous est apparue la plus à même d'aider les stagiaires professeurs d'école dans la construction de leur habileté de lecture, est la « poulaine ». C'est parce qu'elle est une anamorphose du cycle de course qu'elle nous était apparue comme la

plus pertinente. Nous avons donc retenu cette modélisation due à Alain Durey (1988, 2000) à la fois pour établir les différents niveaux d'habileté et comme outil pour apprendre à lire le mouvement. La poulaine construite à partir d'un point fixe, la hanche, ne rendait pas compte des importants mouvements au niveau du tronc signalés par les différents chercheurs, c'est pourquoi nous avons proposé de construire cette courbe paramétrique à partir de l'oreille prise comme point fixe. Pour valider ce choix, nous avons comparé pour l'ensemble de notre population, une poulaine construite en prenant comme point fixe la hanche à une poulaine construite à partir d'un point fixe l'oreille. Nous n'avons pas démontré de supériorité d'une poulaine ou de l'autre. Chaque modèle permet une représentation de la forme du mouvement mais nous avons pu noter toutefois que la poulaine d'oreille était plus représentative des mouvements du tronc et connaissant leur importance chez les enfants, nous avons choisi de retenir cette modélisation. Nous avons établi les corrélations entre les différentes mesures des poulaines et les variations des organisations corporelles en course et ce pour les deux modélisations, poulaine de hanche et poulaine d'oreille, établissant rigoureusement ainsi la représentativité du cycle de course que nous devons à Piasenta (1988, 1994), représentation fréquemment utilisée par les experts mais jamais validée scientifiquement.

En ce qui concerne l'instrument pour apprendre, le test de la version 1.0 avec un groupe de stagiaires, test qui intégrait la poulaine d'oreille, a permis de montrer les difficultés de compréhension que posait cette modélisation à des stagiaires professeurs d'école non-spécialistes des activités motrices. Nous avons alors choisi une modélisation plus figurative : « le viseur ». Celle-ci introduite dans la version 2.0 de l'instrument pour apprendre a été favorablement accueillie par les stagiaires et semble donc plus adéquate avec leur niveau de connaissances. Nous n'avons pas établi d'une manière rigoureuse sa plus grande pertinence pour ce type de stagiaire et cette hypothèse est une piste de recherche. Nous pensons également que la poulaine devrait être mieux comprise par de futurs enseignants d'EPS et qu'un travail sur des populations différentes devrait être entrepris.

Concernant cette modélisation, des travaux menés dans le cadre de mémoire professionnel utilisant le viseur comme indicateur de progrès laissent apparaître l'intérêt que cette modélisation peut avoir pour des enfants du cycle 3 quant à la représentation de leur action. Un travail dans cette direction devrait être mené également.

Nous avons choisi de former les stagiaires professeurs d'école dans l'esprit d'une construction active des savoirs et savoir-faire. Nous avons montré que l'instrument pour apprendre à lire le mouvement, constitué à la fois de vidéogramme, d'image et abordant les connaissances conceptuelles sur la course de vitesse, permettait une amélioration de l'habileté de lecture d'enseignants stagiaires. Nous avons pu montrer que la version 2.0, plus répétitive, moins lourde pour chaque étape, présentée sur plusieurs niveaux d'apports de connaissances, utilisant les images et les films à différentes vitesses permettait une formation plus efficace que la version 1.0.

Si notre instrument pour apprendre, grâce aux possibilités offertes par l'informatique (navigation, mélange de textes, d'image, de sons et de vidéos) a montré une efficacité relative dans la formation de professeurs stagiaires, nous ne savons pas si une formation par le seul apport d'information ou une formation par la seule analyse de films vidéo, les deux voies traditionnelles de formation à la lecture d'habileté motrice (Morrisson & Harrisson 1997), auraient été plus ou moins efficace.

Mais nous avons pu observer que certains stagiaires n'avaient pas profité de la formation ou du moins que leurs résultats immédiats ne permettaient pas de conclure à

l'efficacité de la formation. Les résultats de notre travail ne permettent pas d'identifier les raisons de ces difficultés, mais nous autorisent à un certain nombre d'hypothèses qu'il conviendrait de vérifier, style d'apprentissage ou durée de la formation par exemple.

Nous avons dans le cadre de ce travail de recherche utilisé une démarche qui combine une recherche de biomécanique descriptive et une recherche didactique pour construire des savoirs relatifs à l'action motrice étudiée, un outil conceptuel et un instrument pour aider à la formation à la lecture du mouvement. Cette démarche en deux temps nous semble prometteuse pour les différentes habiletés motrices qui participent du répertoire des savoir-faire à enseigner en Education physique et Sportive. Elle intéresse en particulier les habiletés fermées (activités athlétiques, activités gymniques, activités aquatiques...). Ainsi nous avons entrepris un travail analogue en course lente et nous avons établi des valeurs précises sur les niveaux qu'intuitivement les enseignants d'EPS utilisent dans leur évaluation en course de longue durée ou qui servent de base à des recherches sur l'enseignement de la course de longue durée. Nous pensons donc que la démarche initiée dans ce travail peut servir de base à la construction d'un ensemble de savoirs sur différentes disciplines sportives et de critères de réalisation identifiés rigoureusement sur ces activités.

L'habileté à lire les mouvements en course de vitesse se situe dans une compétence plus large, celle de lecture du mouvement. Assurer l'enseignement de l'Education Physique et Sportive suppose la maîtrise de compétences professionnelles parmi lesquelles la lecture du mouvement est d'une importance capitale pour l'élaboration des contenus d'enseignement, le suivi et l'évaluation des apprentissages. Pour atteindre cette professionnalité, si la formation initiale doit introduire dans ses curricula des modules qui visent la transformation de ce décodage des mouvements, il n'en demeure pas moins que la notion même de compétence place ces transformations dans le domaine personnel et le long terme.

Bibliographie

1. ABERNOT, Y. (1994). L'évaluation scolaire. In J. Houssaye (Ed), *Une encyclopédie pour aujourd'hui*, (pp 235-245). Paris : ESF Editeur.

2. ADAMS, J.A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of motor behavior*, 3, 111-149.

3. AE, M., MIYASHITA, K., YOKOI, T., HASHIHARA, Y. (1987). Mechanical power and work done by muscles of the lower limb during running at different speeds. In B. Jonsson (Ed), *Biomechanics X-b,* (pp 895-899). Champaign : Human Kinetics Publishers.

4. AE, M., MIYASHITA, K., YOKOI, T., OOKI, S., SHIBUKAWA, K. (1986). Mechanical power and contributions of the lower limb muscles during running at différent speeds. *Bulletin of Health, and Sports Science,* 9, 229-239.

5. AE, M., MIYASHITA,K., YOKOI, T., & HASHIHARA, Y.,(1985). Bodysegment contributions during the support phase while running at different velocities. In D.A. Winter, R.W. Norman, R.P. Wells, K.C. Hayes et A.E. Patla (Eds) . *Biomechanics volume 9 b* , (pp 343-349). Champaign : Human Kinetics Publishers

6. AE, M., SUZUKI, M., ITO, A., MATSUO, A. & KOBAYASHI, K. (1991). Analysis of the race of men's 100 m sprint in the III world championships in Athletics, Tokyo, 1991. *Journal of Biomechanics,* 27, 6, 653.

7. ALTET, M. (1996). Les styles pédagogiques. *Sciences Humaines*, HS 12, 78-80.

8. ALTET, M. (1998). Les compétences de l'enseignant professionnel : entre savoirs, schèmes d'action et adaptation, le savoir analyser. In M . Altet, L. Paquay, E. Charlier & Ph. Perrenoud (Eds). *Former des enseignants professionnels*, (pp 20-40). Bruxelles : De Boeck université.

9. AMADE-ESCOT, C. & LEZIARD, Y. (1996). Diffusion des produits didactiques auprès des enseignants d'Education Physique et Sportive. In Claude Carret (Ed), *Les cahiers du CERF : Recherches et formation des enseignants,* (pp 132-143). Toulouse : Revue du centre de recherche sur la formation. IUFM.

10. AMADE-ESCOT, C. & MARSENACH, J. (1995). *Didactique de l'éducation physique et sportive.* Paris : La pensée sauvage Editions, INRP

11. AMADE-ESCOT, C. (1991). *Caractérisation de la formation didactique initiale des enseignants d'éducation physique et évaluation de ses retombées sur les compétences professionnelles*. Thèse non publiée. Université P Sabatier : Toulouse.

12. AMADE-ESCOT, C. (1991). Différentiation des contenus en EPS : tentative d'analyse des pratiques en présence. In René, B.X. (Ed), *Différencier la Pédagogie en EPS*, (pp 219-225). Poitiers : Editions revue EPS.

13. BOSC, JC., BARRUE, JP & AMADE-ESCOT (1998). *Recherche en EPS : bilan et perspectives*. Paris : revue EPS.

14. AMADE-ESCOT C. (1998). Approche didactique des interactions d'enseignement en éducation physique et sportive. *Sciences et motricité*, 35-36, 41-42.

15. AMALBERTI, R., DE MONTMOLLIN, M. & THEUREAU, J. (1991). *Modèles en analyse du travail.* Liège : Mardaga

16. AMANO, Y., HOSHIKAWA, T., TOYOSHIMA, S. & MATSUI, H.(1987). Longitudinal study of running in children aver an 8 year period. In Bengt Jonsson. *International Series on Biomechanics,* volume 10, (pp 819-824). Champaign : Human kinetics publishers

17. AMANO, Y., MIZUTANI, S. & HOSHIKAWA, T. (1983). Longitudinal study of running of 58 children over a four year period. In H .Matsui. (Ed) *Biomechanics, VIII b*, (pp 819-824). Champaign : Human kinetics publishers.

18. AMANS-PASSAGA, C. (1997). *Nature et effets d'une formation à la prise en compte des spécificités de l'adversaire en vue de l'adaptation des choix tactiques chez des sujets en perfectionnement en volley-ball.* Thèse de doctorat en didactique des APS : université Paul Sabatier de Toulouse III.

19. ANTHEAUME, P. (1988). Evaluer pour former. *Rencontres pédagogiques*, 22, 28-44

20. ARCA, M. & GUIDONI, P. (1989). Spécificité des aides didactiques dans la reconstruction cognitive de la complexité. In Giordan, A., Martinand, J.L. & Souchon, C. (Eds), *Actes JIES* XI, 41-46. Chamonix

21. ARENILLA, L., GOSST, B., ROLLAND, M.C. & Roussel, M.P. (1996). *Dictionnaire de la Pédagogie.* Paris : Bordas

22. ARTIGUE, M. (1990). Ingénierie didactique. *Recherches en didactiques des mathématiques,* 9, 3, 282-307.

23. ASTOLFI, J.P. (1989). Quel(s) sens pour aides didactiques. In Giordan, A., Martinand, J.L. & Souchon, C. (Eds), *Actes JIES* XI, 187-191. Chamonix.

24. ATWATER, A.E. (1990). Gender differences in distance running. In P.R . Cavanagh (Ed), *Biomechanics of distance running*, (pp 321-355). Champaign : Human Kinetics Publishers.

25. ATWATER, A.E., MORRIS, A.E., WILLIAMS, J.M., WILMORE, J.H. (1981). Kinematic aspects of running in 3 to 6-year-old boys and girls. *International Journal of Sports Medecine*, 2, 282-283.

26. AUBERT, F. (1994). Audiovisuel et athlétisme. *Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme,* 133, 26-30.

27. AUBERT, F. (1996). *Rapport de Travail de laboratoire en DEA dans le cadre du LIREST de Cachan.* Rapport non publié.

28. AUBERT, F. (2000) Educatifs de course: du rôle des gammes dans la pratique athlétique *Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme.*158, 49-56.

29. AUPHELLE, G., BATTISTA, E. & AL (1986). *L'enfant et l'athlétisme.* Paris : Editions Revue EPS.

30. AZEMAR, G. (1982). Ontogenèse du comportement moteur. In G. Azémar et H Ripoll, (Eds), *Eléments de neurobiologie des comportements moteurs,* (pp 271-317). Paris : Insep.

31. BAHLSEN, A., NIGG, B. (1987). Influence of attached masses on impact forces and running style in heel-roe running. *International Journal of Sport Biomechanics*, 3, 264-275.

32. BAILLAUQUE, S. (1998). Le travail des représentations dans la formation des enseignants. In M . Altet, L. Paquay, E. Charlier & Ph. Perrenoud (Eds), *Former des enseignants professionnels*, (pp 41-61). Paris : De Boeck Université

33. BALSEVICH, V. (1979). Le problème de la sélection des futurs sprinters. *Revue de l'A.E.F.A*, 64, 2, 41-44

34. BALSEVICH, V.K. (1985). Analysis of correlation structures in biomechanics of speed running and physical fitness in human ontogenesis. In D.A. Winter, R.W. Norman, R.P. Wells, K.C. Hayes et A.E. Patla (Eds), *Biomechanics volume 9 b*, (pp 361-363). Champaign : Human Kinetics Publishers

35. BALSEVICH, V.K. (1987). The age biomechanic standards of human locomotion. In Landry, Orban (Eds), *International Series on Biomechanics* volume 10 (pp 253-255). Champaign : Human Kinetics Publishers

36. BARNIER, L. (1955). L'analyse des mouvements. Paris : Puf

37. BARTHELEMY, R., GENTIL, F., FAMENCHON, J.L., BONIFAY, P. (1987). Evaluation des performances visuelles et décisionnelles chez des enfants de 9 à 13 ans et didactique des A.P.S. en milieu scolaire in M. Laurent & P. Terme(Eds) *Recherche en A.P.S. n° 2.*(pp 147-159). Marseille : centre de recherche de l'UEREPS d'Aix- Marseille II.

38. BAUDET, J. et ABBADIE, M. (1966). L'éducation physique des enfants de trois à 7 ans. *Cahier de pédagogie moderne,* 33, 10-33.

39. BECK, M. (1983). *The Path of the center of gravity during running in boys grade 16.* Thèse non publiée citée par Marino et MacDonald

40. BEE, H. (1997). *Psychologie du développement, les âges de la vie.* Paris, Bruxelles : De Boeck University.

41. BEHNCKE, H. (1994). Small effects in running. *Journal of applied biomechanics*, 10, 270-290.

42. BELAIR, L. (1996). Etude d'un modèle de formation à l'évaluation des apprentissages. Mesure et Evaluation en éducation, Vol 19 (1), 95-116.

43. BERTHIER, N. (1998). *Les techniques d'enquête.* Paris : Armand Colin.

44. BERTSCH, J. (1987). Habileté sportive et habileté pédagogique. in M. Laurent & P. Terme (Eds) *Recherche en A.P.S. n° 2* (pp 379-390). Marseille : centre de recherche de l'UEREPS d'Aix- Marseille II.

45. BILLAT, V., HAUTIER, C., BLANCHI, J.P., PINOTEAU, J., KORALSTEIN, J.P. (1991). Evolution des paramètres cinématiques et bioénergétiques de la course au cours d'une épreuve de temps limité à V.M.A. Quatrième journée Internationales d'automne de l'A.C.A.P.S. Paris : I.N.S.E.P.

46. BIRONNEAU, M. (1994). *Les vidéogrammes didactiques dans la formation de formateurs pour les activités physiques et sportives.* Thèse non publiée : Université de PARIS 8.

47. BLANQUI, JP. & al (1982). Biomécanique de la course : rôle du membre oscillant. *Revue STAPS*, 6, 11-17.

48. BLANCHI, J.P.(1990).Biomécanique et contrôle moteur du mouvement humain. In Nougier, V., Blanchi, J.P.(Eds), *Pratiques sportives et modélisation du geste*, (pp 283-294). Paris : INSEP..

49. BOBBERT, M.F., YEADON, M.R., NIGG, B.M. (1992).Mechanical analysis of landing phase in heel-toe running. *Journal of biomechanics*, 25, 3, 223-234.

50. BONHOMME, M., CHIRAT, S. & JALLON, C. (1993). *L'Education physique à l'école maternelle.* Paris : Editions revue EPS.

51. BONNE-PIERRON, F. (1994). Qu'appelle-t-on compétence. *Revue Expressions,* 4, 185-212.

52. BOUROCHE, JM & Saporta, G. (1980). *L'analyse des données.* Paris : PUF

53. BOUCHARD, C. & MALINA, R. (1998). Croissance et maturation de l'enfant. In M. Thiebauld & Sprumont (Eds), *L'enfant et le sport*, (pp15-25). Paris : Deboeck Université.

54. BOUDON, S. & CARLUX, C. (1994). La course de vitesse. *Revue EPS1.* 70, 7-9,

55. BOUTHIER, D. & DUREY, A. (1994). Technologie des APS. In D. Bouthier, A. Durey, M. Farget & J. Marsenach (Eds), *Impulsions,* (pp 95-124). Tours : INRP

56. BOUTHIER, D., PASTRE, P. & SAMURCAY, R. (1995). Editorial. In P. Pastre, R. Samurçay & D . Bouthier, s/d Yves Clot (Eds), *Le développement des compétences : analyse du travail et didactique professionnelle,* 123, 7-11.

57. BRANTA, C., HAUBENSTRICKER, J;, SEEFELD, V. (1984). Age changes in motor skills during childhood and adolescence. *Exercice and Sport Sciences Reviews*, 12, 467-519

58. BRIL, B., BRENIERE, Y.(1998) Development of postural control of gravity forces in children during the first 5 years of walking. *Exp Brain Res*, 121, 255-262.

59. BRILL, B. (1995). L'acquisition de la marche: maturation ou apprentissage. In H. Ripoll, J. Bilard, M. Durand & al (Eds), *Psychologie du sport: questions actuelles*, (pp 115-131).. Paris: Editions "revue EPS".

60. BRISSWALTER, J. (1992). *Interactions entre les processus physiologiques et cognitifs.* Mémoire pour le diplôme de l'ENSEP Paris : non publié

61. BRISSWALTER, J., LEGROS, P., DUREY, A. (1995). Variabilité du coût énergétique de la course à pied : effet de la spécificité de la vitesse d'entraînement sur l'évolution des paramètres physiologiques et cinématiques de la course à pied. *Science et motricité*, 25, 3-11.

62. BRISSWALTER, J., LEGROS, P., DUREY, A.(1994). Stabilité intra-individuelle des paramètres cinématiques et du coût énergétique de la course à pied chez des athlètes spécialistes de moyenne distance. *Sciences & Sports*, 9, 145-153

63. BRISSWALTER, J.,LEGROS, P., DURAND, M. (1996). Running economy, preferred step length correlated to body dimensions in elite middle distance runners. *Journal of Sports Medecine and Physical Fitness*, 36, 7-15

64. BROEKHOFF, J.(1978). Longitudinal comparison of the growth, physical fitness and motor performance of suburban and inner city elementary school children. In F. Landry et W.R. Orban (Eds), *Apprentissage moteur, psychologie du sport et aspect pédagogique de l'activité physique*, International congress of physical activity sciences, Floride : Miami

65. BROUSSEAU, G. (1986). *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques*. Thèse de l'université de Bordeaux 1

66. BROUSSEAU, G. (1998). *Théories des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.

67. BRUNEL, P. (1996). Influence de l'âge sur la différenciation des conceptions d'effort et de compétence chez le sportif en fonction des buts induits, *Revue STAPS*, 40, 67-73.

68. BUEKERS, M.J. (1995). L'apprentissage et l'entraînement des habiletés motrices et sportives. In J. Bertsch et C. Le Scanff, *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage*, (pp 27-47). Paris : PUF

69. BURNS, R. (1971) *Methods for individualizing instruction.* Educational Technology Publications.

70. CAMUS, J.F. (1985). *Les habiletés humaines : des rapports nouveaux entre les activités cognitives et motrices*. In L'éducation physique contenu et didactique. colloque 19 et 20 octobre 1985. Paris : SNEP

71. CARDINET, J. (1988). *Evaluation scolaire et pratique.* Paris : De Boeck Université

72. CAVAGNA, G. (1969). Travail mécanique dans la marche et la course. *Journal de physiologie*, 61, 3-42.

73. CAVANAGH, P.R, MILLIRON, M.J. (1990). Sagital plane kinematics of the lower extremity during distance running. In P.R. Cavanagh (Ed) *Biomechanics of distance running,* (pp 65-105). Champaign : Human kinetics publishers.

74. CAVANAGH, P.R., KRAM, R. (1990). Stride length in distance running : velocity, body dimensions, and added mass effects, In P.R. Cavanagh (ed) *Biomechanics of distance running,* (pp 35-63). Champaign : Human kinetics publishers.

75. CAVANAGH, P.R., LAFORTUNE, M.A. (1980). Ground reaction force in distance running. *Journal Biomechanics*, 13, 397-406.

76. CAVANAGH, P.R., WILLIAMS, K.R. (1982). The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Medicine and Science in Sports and Exercice*, 14, 1, 30-35.

77. CHANGEUX (1983). *L'homme neuronal.* Paris : INSEP

78. CHAPMAN, A.E., CALDWELL, G.E., HERRING, R.M., LONERGAN, R.M., SELBIE, S.W. (1987). Mechanical energy and preferred style of running. In Bengh Jonsson (Ed) *Biomechanics 10b*, (pp 875-879), Champaign : Human Kinetics Publishers.

79. CHAPMANN, A., CALDWELL, G., HERRING, R. & al. (1987). Mechanical energy and preferred style of running. In Bengt Jonsson (Ed), *Biomechanics 10 b,* (pp 875-879). Champaign : Human Kinetics publishers.

80. CHENGZHI, L, ZONGCHENG, H. (1987). Temporal and kinetic analysis of swing leg for elite sprinters. In B. Jonsson (Ed), *Biomechanics X-b* (pp 825-829). Champaign : Human Kinetics Publishers.

81. CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné.* Paris : La pensée sauvage.

82. CHEVRIER, J. FORTIN, G., LEBLANC, R. & THEBERGE, M. (2000). Problématique de la nature du style d'apprentissage. *Education et francophonie,* XXVIII, 1. (revue scientifique virtuelle chapitre 2).

83. CHOW, J.W. (1987). Maximum speed of female high school runners. *International journal of Sport Biomechanics*, 3, 110-127.

84. CLARK, J.E. & PHILLIPS, S.J. (1987). The ste cycle organisation in infant walkers. *Journal of motor behavior*, 19, 421-433

85. CLARKE, T.E., COOPER, L.B., HAMILL, C.L., CLARK, D.E. (1985). The effect of varied stride rate upon shank deceleration in running. *Journal of Sports Sciences*, 3, 41-49.

86. CLOUSE, F. (1959). *A kinematics analysis of the development of the running pattern of preschool boys*. Thèse non publiée citée par Marino et MacDonald.

87. Collectif d'enseignants ( ). *L'enfant et l'athlétisme* : Paris : Cercle d'étude d'athlétisme, Editions Revue EPS.

88. Collectif d'enseignants. ( ). *Guide de l'enseignant : Tome 2.* Paris : Editions « revue eps »

89. COMBARNOUS, M.(1982). La culture face à la technique. *Culture Technique*, 7, 227-241.

90. Commission maternelle du groupe CPC-CPD de Paris. (1998). Courir à la maternelle. *Revue EPS1*. 88, 13-14.

91. Commission pédagogique de l'Athlétisme National (1973). *L'athlétisme, n° spécial.* Blois : Imprimex.

92. COOKE, C.B. (1993). A comparison of mechanical power outputs in steady paced running for three groups : Elite, club, and recreational runners. In *14è congrès de la société internationale de biomécanique Paris 4-8 juillet 1993*. Clamecy : Ministère de l'Education nationale, de la recherche, Université de Paris Sud.

93. CORRAZE, J. (1987) *La neuropsychologie du mouvement*. Paris : Puf

94. DAPENA, J. Change of speed in a sprint. *Athetic Journal*, 61, 5, 32-33.

95. DAPENA, J. (1981). Simulation of modified human airborne movements. *Journal of Biomechanics,* 14, 2, 81-89.

96. DARRAS, B. (1993) . Faire et refaire l'image. *Mscope*, 6, 38-44.

97. DE CLERCQ, D., AERT, P., KUNNEN, M. (1994). The mechanical characteristics of the human heel pad during foot stike in running : an in vivo cineradiographic study. *Journal of biomechanics*, 27, 10, 1213-1222.

98. DE PERETTI, A. (1991). *Organiser des formations*. Hachette : Paris

99. De PERETTI, A. (1994). Outils pédagogiques; In Ph Champy & C. Etevé (Eds), *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation*, pp 711-713. Paris : Nathan.

100. DE ROSNAY, J. (1975). *Le macroscope.* La Flèche : Editions du Seuil.

101. DE VECCHI, G. & CARMONA MAGNALDI, N. (1996). *Faire construire des savoirs* 1996. Hachette : Paris

102. DE VECCHI, G. (1992). *Aider les élèves à apprendre*. Paris : Hachette.

103. DE VRIES, E. & TRICOT, A. (1998). *Les Hypermédias*. Paris : Hermès.

104. DE WIT, B. & De CLERCQ, D. (2000). Timing of lower extremity motions during barefoot and shod running at three velocities. *Journal of Applied Biomechanics*, 16, 169-179.

105. DE WIT, B., De CLERCQ, D., LENOIR, M. (1995). The effect of varying midsole hardness on impact forces and foot motion during foot contact in running. *Journal of Applied biomechanics* , 11, 395-406.

106. DELECLUSE, C.H., VAN COPPENOLLE, H., WILLEMS, E., DIELS, R., GORIS, M., VAN LEEMPUTTE, M., VUYLSTEKE, M. (1995). Analysis of 100 meter sprint performance as multi-dimensional skill. *Journal of Human Movement studies*, 28, 87-101

107. DELIGNIERES, D. (1998). Apprentissage moteur : quelques idées neuves. *Revue EPS*, 274, 61-66.

108. DERRICK, T., CALDWELL, G. & HAMILL, J. (2000). Modeling the stifness characteristics of the human while running with various stride lengths. *Journal of Applied Biomechanics*, 16, 36-51

109. DERRICK, T.R., HAMILL, J., CALDWELL, G.E. (1998). Energy absorption of impacts during running at various stride lengths. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 1, 128-135.

110. DESHAIES, P., (1980). Analyse psychobiologique de la performance sportive. In *Physiologie appliquée de l'activité physique*. Montréal : Vigot.

111. DESSONS, C., DRUT, G. DUBOIS, & al (1982). *Traité d'athlétisme (vol 1)*. Paris : Vigot.

112. DESSUS, PH. & HEDON, G. (1996). Effets du support, de la tâche et de la présentation dans la consultation d'un hypertexte sur l'informatique à l'école. In E. Bruillard, JM. Baldner & GL. Baron (Eds). *Hypermédias et apprentissage*, 3, 99-127. Paris : INRP.

113. DEVELAY, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement*. Paris : ESF Editeur

114. DHELLEMMES, R. (1988). Quelques repères pour une transposition didactique des activités athlétiques. *Actes du Colloques Eps aujourd'hui ce qui s'enseigne*, 19-20 novembre 1988, pp207-212.

115. DHELLEMMES, R. (1995). *EPS au collège et athlétisme.*Paris : I.N.R.P.

116. DILLMANN, C.J. (1975). Kinematics analyses of running. *Exercice of Sports Sciences Review*, 3, 193-218.

117. DITTMER, J. (1962). *A kinematic analysis of the development of the running pattern of grade school girls*. Thèse non publiée citée par Marino et MacDonald

118. DONATI, A. (1996). Development of stride length and stride frequency in sprint performance. *Modern Athlete and Coach*, 34, 1, 3-8.

119. DROUIN, A.M. (1988). Le modèle en question. *Aster,* 7, 1-20.

120. DUBOY, J., e, A., LACOUTURE, P. (1991). L'introduction des concepts de la mécanique dans l'analyse des gestes athlétiques. *Science et motricité, 18, 35-44.*

121. DUPRE, R. & JANIN, D. (2002). *Enseigner la vitesse*. Paris : Actio

122. DURAND, M. & BARNA, R. (1987). Ressources de traitement et performances motrices : étude développementale in M. Laurent, et P. Terme (Eds), *Recherche en APS n°2,* (pp 123-134). Marseille : centre de recherche de l'UEREPS d'Aix- Marseille II.

123. DURAND, M. (1988). Les aptitudes, précisions terminologiques. In FAMOSE, J.P. & DURAND, M.(Eds). *Aptitudes et performances motrices*, (pp 15-21). Paris : Edition « Revue EPS ».

124. DURAND, M. (1989). *L'enfant et le sport*. Paris : PUF

125. DURAND, M. (1990). Pratiques sportives et modélisation du geste (analyse d'ouvrage). *STAPS*, 23, 88-89.

126.

127. DUREY, A. (1988). L'analyse cinématique des gestes complexes de sportifs, une technique indispensable pour leur modélisation. In *Actes du symposium sport et technologies nouvelles 2829/01/1988*. Paris :Secrétariat d'état auprès du premier ministre chargé d la Jeunesse et des sports.

128. DUREY, A. (1997). *Physique pour les sciences du sport*. Paris : Masson.

129. DUREY, A. (2000). *Cadre descriptif des recherches technologiques en APS*. Texte non publié.

130. DUREY, A., VARIN, P. (1996). La prise de vue Vidéo : Première étape de recueil de données. In Document (non publié) du stage FPC "*Analyse biomécanique du geste sportif*". Toulouse : CREPS.

131. DUVERNEY-GUICHARD, E. (1992). *Le rôle de l'étirement détente dans l'économie de la course à pied*. Diplôme de l'Insep non publié, Paris : Insep.

132. DUVERNEY-GUICHARD, E., VAN HOECKE, J. (1993). The effect of stride frequency variation on oxygen uptake and muscular activity in running. *Journal of biomechanics*, 27, 6, 653.

133. DYSON, H.G. (1971). *Principes de mécanique en athlétisme*. Paris : Vigot.

134. EDINGTON, C.J., FREDERICK, E.C., & CAVANAGH, P.R. (1990). Rearfoot motion in distance running. In P.R. Cavanagh (Ed), *Biomechanics of distance running*, (pp 135-160). Champaign : Human Kinetics Publishers.

135. ELLIOT, B.C., ACKLAND, T. (1981). Biomechanical effects of fatigue on 10 000 meter running technique. *Research Quarterly for Exercise and Sport,* 52, (2), 160-166.

136. ELLIOT, B.C., LE ROSSIGNOL, P. & Pyke, F.S. (1981). Biomechanical adjustments of runners prolonged continuous running and interval games training. *Journal of Human Movement Studies*, 7, 99-107.

137. EMMANOUEL, C., ZERVAS, Y., VAGENAS, G. (1992). Effects of four physical education training methods on development of motor skill, self-concept, and social attitudes of fifth-grade children. *Perceptual Motor Skills,* 74, 1151-1167.

138. Equipe CPD-CPC de Charente (1981). Repères en EPS. *Revue EPS1*, 2, 10-13.

139. Equipe CPD-CPC de Seine St Denis (1981). Jeux de vitesse. *Revue EPS1*, 5, 12-13.

140. Equipe Eps Haute Loire. (1993) Courir, *Revue EPS1*. 64, 19-20.

141. FABRE, M. (1999). *Situations problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.

142. FAMOSE, J.P. (1985). L'habileté motrice : analyse et enseignement. *Revue des Sciences et Techniques des A.P.S.*, 6, 12, 31-48.

143. FAMOSE, J.P. (1990). *Apprentissage moteurs et difficultés de la tâche*. Paris : INSEP

144. FAMOSE, J.P., SARRAZIN, P. & CURY, F. (1995)Apprentissage moteur et buts d'accomplissement en éducation physique et sportive. In J. Bertsch et C. Le Sccanff (Eds), *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage*, (pp 67-85). Paris : Puf.

145. FAMOSE, JP. & DURAND, M. (1988). *Aptitudes et performances motrices*. Paris : INSEP.

146. FAMOSE, JP., BERTSCH, J, CHAMPION, E. & DURAND, M. (1983). *Tâches motrices et stratégies pédagogiques*. Paris : Editions « Revue EPS ».

147. FARLEY, C. & FERRIS, D. (1998). Biomecanics of walking and running : center of mass movements to muscle action. *Exercise and Sport Sciences Review,* 26, 253-285.

148. FARLEY, C.T. & GONZALES, O. (1996). Leg stiffness and stride frequency in human running. *Journal of Biomechanics*, 29, 2, 181-186.

149. FAYON, D. (2000). L'impact des NTIC dans l'enseignement supérieur. *Revue EPI*, 98, 81-83.

150. Fédération Française d'athlétisme, (1973). *L'athlétisme n° spécial*. Blois: Imprimex.

151. FITTS, P.M. (1964). Perceptual-motor skill learning. In A. W. Melton(Ed), *Categories of human learning* (pp 244-285). New York : Academic Press.

152. FORTNEY, V. (1963). *The swinging limb in running boys age seven to eleven.* Thèse non publiée citée par Marino et MacDonald.

153. FORTNEY, V. (1983). The Kinematics and kinetics of the running pattern of two, four, and six year-old children. *Research Quarterly for exercise and sport*, 54, 2, 126-135.

154. FOX, E.L. & MATHEWS, D.K. (1984). *Bases physiologique de l'activité musculaire*. Paris : Vigot

155. FREDERICK, E.C. (1985). The energy coast of load carriage on the feet during running. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b*, (pp 295-299). Champaign : Human Kinetics Publishers.

156. FREDERICK, E.C., HAGY, J.L. (1986). Factors affecting peak vertical ground reaction force in running. *International journal of sport biomechanics*, 2, 41-49.

157. FREDERICK, E.C., ROBINSON, J.R. & HAMILL, C.L.(1987). Rearfoot kinematics and ground reaction forces in elite caliber identical twin runners. In Bengh Jonsson (Ed) *Biomechanics 10b* (pp 809-812). Champaign : Human Kinetics Publishers.

158. FREYCHAT, P., BELLI, A., CARRET, J.P.& LACOUR, J.R. (1993). Rearfoot and forefoot alignment during running. Société Internationale de Biomécanique, *Actes du 14è congrès* (pp 424-425). Paris : ISB

159. FRISHGERG, B.A. (1981). An analysis of sprinting technique related to different running velocities during a 100-yard dash. *International journal of sports medecine*, 2, 282.

160. GACON, G., DURAND, D & GAUTHIER, C. (1983). *La course d'endurance*. Dijon : CRDP.

161. GAGER, B. (1994). *Mémoire non Publié.* Paris : Insep

162. GAGER, B. (1995). *Evolution de la foulée au cours du 800 mètres*. Paris : Mémoire INSEP non publié.

163. GAGER, B., DUREY, A., HANON, C. & THEPAUT-MATHIEU, C. (1996). La poulaine : une représentation de la foulée. In Symposium *Analyse du mouvement complexe en situation 22, 23, 24 avril 96*. Chamonix : Ministère de la Jeunesse et des Sports.

164. GALLAHUE, D.L. & OZMUN, J.C. (1995) (3è edition). *Understanding motor development, infants, children, adolescents, adults*. Dubuque (Iowa) : Brown Communications

165. GALLAHUE, D.L. (1982). *Understanding motor development in children*. New York : Wiley

166. GAY, A. (1996). Un hypermédias pour la construction de diagnostics d'élevage. In E. Bruillard, JM. Baldner & GL. Baron (Eds). *Hypermédias et apprentissage*, 3, 99-127. Paris : INRP.

167. GAZEAU, F. (1997). L'amplitude des foulées est discriminante de la performance. *Revue de l'A.E.F.A.*, 148, 22-23

168. GEHLSEN, G.M., DEMCHAK, T.J. & WALTERS, W.A. (1996). Running kinematics and aging. *Journal of human movement studies*, 31, 61-73.

169. GEORGE, C . (1983). *Apprendre par l'action*. Paris : PUF

170. GEORGE, C., & RICHARD, J.F. (1982). Contributions récentes de la psychologie de l'apprentissage à la pédagogie. *Revue Française de Pédagogie,* 58, 67-91.

171. GERARD, M & GERARD, JP. (1998). *Etude comparative des foulées d'étudiants en DEUG Staps au cours de situation d'échauffement en athlétisme à partir des paramètres biomécaniques et cinématiques*. Mémoire non publié Paris : LIREST

172. GERBEAUX, J.C., LYLEIRE, J.C., POULAIN, P. (1982). Comparaison de trois méthodes de mesure du moment d'inertie des segments corporels chez l'homme. *Revue Science et Techniques des Activités Physiques et Sportives*, 6, 3, 3-10.

173. GERBEAUX, M. (1984). *Développement musculaire et croissance chez l'enfant et l'adolescent.* Université de Lille : thèse non publiée.

174. GERVEREAU, L. (1994). *Voir, comprendre analyser les images.* Paris : La découverte.

175. GESELL, A. (1929). Maturation and infant behavior pattern. *Psychological Review*, 36, 307-319.

176. GIORDAN, A & DE VECCHI, G. (1994). *Les origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques.* Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.

177. GIORDAN, A. (1993). Savoirs disciplinaires et savoirs didactiques. In A*ctes du colloques de Strasbourg des 10 et 11 avril 1992, Technologie et didactique des A.P.S. : quels enseignements*, (pp 105-116). Clermont-Ferrand : AFRAPS

178. GIORDAN, A.(1999). *Apprendre.* Beaume les Dames : Belin

179. GIORDAN, A., GUICHARD, F. & GUICHARD, J. (1997). *Des idées pour apprendre.* Nice : Z'editions.

180. GIORDAN, A., SOUCHON, C. & CANTOR, M. (1993). *Evaluer pour innover : Musées, médias et écoles.* Nice : Z'editions.

181. GIRY, M. & LUCIEN, J.C. (1996). Navigation en hypermédia et/ou en multimédia et construction de savoir. In E. Bruillard, JM. Baldner & GL. Baron (Eds). *Hypermédias et apprentissage*, 3, 167-174 Paris : INRP.

182. GLIZE, D. & LAURENT, M. (1990). Etude comparée du sprint et de la course d'élan en saut en longueur : effet du niveau d'habileté. In V. Nougier & J.P. Blanchi (Eds), *Pratiques sportives et modélisation du geste*, (pp 179-194). Grenoble : UFR STAPS.

183. GLIZE, D. & Laurent, M., (1997), Controlling locomotion during the acceleration phase in sprinting and long jumping, *Journal of sports sciences,* 15, 181-189

184. GLIZE, D. (1994). *Effet de l'habileté sur le contrôle de la locomotion à hautes contraintes spatio-temporelles : le cas du saut en longueur.* Faculté d'Aix-Marseille : Thèse non publiée.

185. GORIOT, G. (1982a). *La pédagogie du débutant en athlétisme.* Paris : Vigot.

186. GORIOT, G. (1982b). *Les fondamentaux de l'athlétisme.* Paris : Vigot.

187. GRABINER, M.D. & ENOKA, R. (1995). Changes in movement capabilities with aging. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 23, 65-99.

188. Grand Dictionnaire Encyclopédique (1983), Lisy sur Ourque : Larousse

189. GREER, N.L., HAMILLl, J. & CAMPBELL, K.R. (1989). Dynamics of children's gait. *Human Movement Science*, 8, 465-480.

190. GREHAIGNE, JL, GODBOUT, P. & MAHUT, N. (1999). L'enseignement des jeux par la compréhension. *Revue STAPS*, 20, 48, 81-93.

191. GRELON, B. (1996). *L'entraînement en athlétisme.* Paris : Edition De Vecchi.

192. GRILLNER, S., HALMBERTSMA, J., NILSSON, J. & THORSTENSSON, A. (1979). The adaptation to speed in human locomotion. *Brain research*, 165, 177-182.

193. GUIARD, Y & PAILHOUS, J. (1992). Le contrôle du mouvement humain. *Le Courrier scientifique du CNRS, Dossier scientifique sciences cognitives*, 79,53.

194. GUILMAIN, E & GUILMAIN, G. (1971). *L'activité psychomotrice de l'enfant.* Paris : Libraire médicale Vigné.

195. GUTHRIE, E. R. (1957). *The psychology of learning.* New York : Harper & Brothers.

196. HAMILL, J., FREEDSON, P.S., CLARKSON, P.M., BRAUN, B. (1991). Muscle soreness during running : Biomechanical and physiological considerations. In*ternational Journal of Sport Biomechanics*, 7, 125-137.

197. HAMILL, J., MURPHY, M., SUSSMANN, D. (1987). The effects of track turns on lower extremity function. *International Journal of Sport Biomechanics*, 3, 276-286.

198. HAMILLl, J., DERRICK, T.R., HOL, K.G. (1995). *Shock attenuation and stride frequency during running.* Human Movement Science, 14, 45-60.

199. HAMILTON, N. (1993). Changes in sprint stride kinematics with ages in master's athletes. *Journal of applied biomechanics*, 9, 15-26

200. HANNON, P.R., RASMUSSEN, S.A. & DE ROSA C.P.(1985). Electromyographic patterns during level and inclined treadmill running and their relatuionshio to step cycle measures. *Research Quarterly for Exercise and sport,* 56, 4, 334-338.

201. HARADA , S. (1978). Studies in testing kindergarten children for motor ability .In F Landry et W.R. Orban (Eds), *Apprentissage moteur, psychologie du sport et aspect pédagogique de l'activité physique* (vol.7) (pp185,193), International congres of physical activity sciences, Floride, Miami.

202. HARRISSON, R.N., LEES, A., McCULLAGH, P.J. & ROWE, W. (1987). Bioengineering analysis of musle and joint force acting in the human leg during running. In Bengh Jonsson (ed) *Biomechanics, volume 10b*, (pp 855-861), Champaign : Human Kinetics Publishers.

203. HATZE, H. (1977). A complete set of control equations for the human musculo-skeletal system. *Journal of Biomechanics*, 10, 799-806.

204. HAUERT, C.A. (1995). Les déterminants du développement moteur : aspects théoriques et expérimentaux. In J. Bertsch et C. Le Scanff, *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage*, (pp 211-257). Paris : PUF.

205. HAUERT, C.A., BADAN, M., PELLIZER, G., SEVINO, O. (1999). Le développement perceptivo-moteur : quelques apports des études de pointage et de visée

visuo-manuels. In I. OLIVIER & H. RIPOLL (Eds), *Développement psychomoteur de l'enfant et pratiques physiques et sportives*, (pp 61-79). Paris : Editions « Revue EP.S »

206. HAVAGE, A.M. & HAVAGE, O (1995). *Athlétisme des 3/12 ans*. Paris : Editions « revue eps ».

207. HAY, J.G.(1980). *Biomécanique des techniques sportives*. Paris: Vigot

208. HENNIG, E.M., MILANI, T.L. & LAFORTUNE, M.A. (1993). Use of ground reaction force parameters in predicting peak tibial acceleration in running. *Journal of Applied Biomachanics,* 9, 306-314.

209. HENNIG, E.M., MILANI, T.L.(1995). In-shoe pressure distribution for running in various types of footwear. *Journal of Applied Biomachanics,* 11, 299-310.

210. HINRICHS, R.N. (1985). A three-dimensional analysis of the net moments at the shoulder and elbow joints in running and their relationship to upper-extremity EMG activity. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b*, (pp 337-342). Champaign : Human Kinetics Publishers.

211. HINRICHS, R.N. (1987). Upper extremity function in running I : angular momentum considerations. *International Journal of Sports Biomechanics,* 3, 222-241.

212. HINRICHS, R.N. (1992). Case studies of asymmetrical arm action in running. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8, 111-128.

213. HINRICHS, R.N., CAVANAGH, P.R. & WILLIAMS, K.R. (1987). Upper extremity function in running. I: center of mass and propulsion considerations. *International Journal of Sport Biomechanics*, 3, 222-241

214. HOFFMANN, K. (1971). Stature, leg length, and stride frequency. *Track technique*, 46, 1463-1469

215. HOLDEN, J.P., CAVANAGH, P.R. (1991). The free moment of ground reaction in distance running and its changes with pronation. *Journal of biomechanics*, 24, 10, 887-897.

216. HOLDEN, J.P., CAVANAGH,P.R., WILLIAMS, K.R., BEDNARSKI, K.N. (1985). Foot angles during walking and running. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b*, (pp 451-455). Champaign : Human Kinetics Publishers.

217. HOSHIKAWA, T., MATSUI, H. & MIYASHITA, M. (1973). Analysis of running pattern in relation to speed. *Medecine and sport,* vol8 Biomechanics III (pp 342-348). Karger : Basel

218. HUBICHE, J.L. & PRADET, M. (1993). *Comprendre l'athlétisme : sa pratique son entraînement*. Paris : Institut National du sport et de l'Education Physique.

219. ICEAGA-TANGUY, B. (2001). Du comportement de l'élève aux contenus d'enseignement. *Revue EPS*, 290, 71-76.

220. IGNICO, A. (1997). The effects of interactive videotape instruction on knowledge, performance and assessment of sport skills. *The Physical Educator*, 54, 2, 58-63.

221. IKAI, M. (1968). Biomechanics of sprint running with respect to the speed curve. In *biomechanics 1, First International Seminar Zurich 1967*, (pp 181-290). Karger : Basel

222. IKUTA, K., KURIHARA, T., NAKADOMO, F., HARIMOTO, S. (1984). Effects of sprint training on sprint ability and on agility, strength, and power. *Japanese Journal of Physical Education.*29, 3, 227-231.

223. IMANAKA, K., YOSHIMOTO, O., MATSUNAGA, J. (1981). Factor structure of sprint ability of adults and infants for varied forms of a short distance course. *Japanese Journal of Physical Education,* 26, 1, 29-41.

224. ITO, A., FUCHIMOTO, T., KANEKO, M. (1985). Quantitative analysis of EMG during various speeds of running. In D.A. Winter, R.W. Norman, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics 9 b*. Champaign : Human Kinetics Publishers.

225. ITO, A., FUCHIMOTO, T., KANEKO, M. (1987). Electromechanical efficiency in sprint running. In B. Jonsson (Ed), *Biomechanics X-b* (pp 863-867). Champaign : Human Kinetics Publishers.

226. ITO, A., SAITO, K., SAGAWA, K., KATO, K., AE, M., KOBAYASHI, K.(1993). Leg movement analysis of gold and silver medallists in men's 100m at the III world championships in athletics. Société Internationale de Biomécanique, *Actes du 14è congrès* (pp 624-625). Paris : ISB.

227. JAMES, C.R., OUELETTE, M.J., ANDREWS, P. & BATES, B.T.(1995). Effects of gait mode on the variability of impact acceleration and knee angle. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, supplement Mars 95, A-15.

228. JONHSON, M.D. & BUCKLEY, J.G. (1998). The biomechanics of sprint running: kinetic and kinematic parameters during stance. *Journal of Sports Sciences*, 16, 1, 10-11.

229. JONHSON, M.D. & BUCKLEY, J.G. (1998). The biomechanics of sprint running: kinetic and kinematic parameters during stance. *Journal of Sports Sciences*, 16, 1, 10-11.

230. JOVIS, D. (2001). Les courses : analyse en termes de compétences. *Revue EPS*, 289, 14-17.

231. JUILLARD, F. (1996). Athlétisme. *Revue EPS*, 262, 29-31.

232. JUNQUA, A. (1996). Le geste sportif : de la nécessité d'une étude en translation et en rotation. In *Dossiers EPS n° 28 Recherche et pratique en STAPS.* Paris : Edition Revue EPS.

233. KAELIN, X.,UNOLD, E., STUSSI, E & STACOFF, A. (1985). Inter individual and intra individual variability in running . In D.A. Winter, RW. Normann, R.P. Welles, K.C. Hayes, &A.E. Patla (Eds), *Biomechanics XB* (pp 356-360). Champaign : Human kinetics publishers.

234. KANEKO, M., FUCHIMOTO, T., Ito, A. & TOYOOKA, J. (1983). Mechanical efficiency of sprinters and distance runners during constant speed running. In H. Matsui, et K. Kobayashi (Eds), *Biomechanics 8 B*. Champaign : Human kinetics publishers.

235. KANEKO, M., MATSUMOTO, M., ITO, A. & FUCHIMOTO, T. (1987). Optimum step frequency in constant speed running. In Bengt Jonsson (Ed), *Biomechanics 10 b* (pp 803-807). Champaign : Human Kinetics Publishers.

236. KATOH, K., MIYAMARU, M. & AE, M. (1994). Development of running performance and maximal anaerobic power in high school girls. *Japanese Journal of Physical Education, 39*, 1,13-27.

237. KAULSTRUP, S. & LAURSEN, B. (1993). Images, hypermédias et enseignement des langues. *Mscope*, n°6, 59-66.

238. KELLER J. (1995). Orientation méthodologique pour l'étude et le développement des habiletés motrices de l'enfant. In J. Bertsch et C. Le Scanff (Eds), *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage*, (pp 261-285). Paris : PUF.

239. KELLER, J. & FLEURANCE, PH. (1987). Adaptation fonctionnelle à l'espace déterminé par les trajectoires de balle chez l'enfant de 3 à 9 ans In M. Laurent, et P. Terme (Eds) *Recherche en APS n°2*, (pp 111-122). Marseille : centre de recherche de l'UEREPS d'Aix- Marseille II.

240. KELLER, J. (1992). *Activité Physique et Sportive et Motricité de l'enfant*. Paris : Vigot.

241. KELLER, J. (1999). Aspect structurel et fonctionnel du développement psychomoteur de l'enfant. In I. OLIVIER & H. RIPOLL (Eds.), *Développement psychomoteur de l'enfant et pratiques physiques et sportives*, (pp 41-57). Paris : Editions « Revue EPS ».

242. Keller, J., (1995). Orientation méthodologique pour l'étude et le développement des habiletés motrices de l'enfant. In J. Bertsch, C. Le Scanff (Eds), *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage.* Paris : PUF.

243. KERLAN, A. (1988). Evaluer pour former. *Rencontres pédagogiques*, 22, 9-24

244. KLIMMER, H. (1979). A comparison of male and female performances. *M.A.O.,* 17, 45, 35-37

245. KNAPP, B. (1971). *Sport et motricité.* Paris : Vigot.

246. KONING, J.J., NIGG, B.M. (1993). Kinematic factors affecting initial peak vertical ground reaction force in running. In *14è congrès de la société internationale de biomécanique* Paris 4-8 juillet 1993. Clamecy : Ministère de l'Education nationale, de la recherche, Université de Paris Sud.

247. KUNZ, H. & KAUFMANN, D.A. (1981). Biomechanical analysis of sprinting : decathletes versus champions. *British Journal of Sports Medecine, 15, 3, 177-181.*

248. KURIHARA, T., IKUTA, K., NAKADOMO, F., HARIMOTO, S. (1985). Effects of sprint training on the form in sprint running. *Japanese Journal of Physical Education,* 29, 4, 285-291.

249. LAFORTUNE, M.A. (1991). Three-dimensional acceleration of the tibia during walking and running. *Journal of biomechanics*, 24, 10, 877-885

250. LAMOTTE, V. (1995). Athlétisme : une eps pour tous les élèves. *Revue EPS*, 252, 38-42.

251. LANDJERIT, B. (1996). Analyse biomécanique du mouvement : de la théorie vers le terrain. In *Dossiers EPS n° 28 Recherche et pratique en STAPS.* Paris : Edition Revue EPS.

252. LAPIERRE, J.W. (1992). *L'analyse de systèmes*. Paris : SYROS

253. LAURENT, M. (1995). La connaissance et l'action chez l'enfant et l'adolescent. Problèmes théoriques et applications. In M. Laurent et P. Therme (Eds), *L'enfant par son corps*, (pp163-198). Paris : Actio.

254. LAURENT, M., TOURNADRE, V. & BOVET, P. (1987). Facteurs critiques du déclenchement du freinage d'urgence chez l'homme en situation de course. In M. Laurent et P. Therme (Eds), *Recherches en A.P.S. 2 Apprentissage et développement des actions motrices complexes*, Aix- Marseille : Centre de recherche de l'UEREPS.

255. LE MOAL, M. (1990). Entre le comportement et la molécule : les neurosciences intégratives peuvent-elles exister. In X. Seron (Ed), *Psychologie et cerveau.*(pp 195-221). Paris : Puf

256. LE MOIGNE, J.L. (1985). Qu'est-ce qu'un modèle. *Confrontations Psychiatriques.*

257. LEMAIRE, J. (1999). *Psychologie cognitive.* Bruxelles : De Boeck Université.

258. LEPLANQUAIS, F. (1995). *Contribution à l'analyse mécanique des allures de la locomotion humaine. Caractérisation de tâches corporelles diverses à l'aide des travaux des efforts internes.* Thèse non publiée de l'Université de Poitiers.

259. LEPLAT, J. (1987). Les habiletés et leur analyse : terrain et laboratoire. In M. Laurent et P. Therme (Eds), *Recherches en A.P.S. n° 2* (pp 325-341). Aix Marseille : Centre de recherche de l'UEREPS.

260. LEPLAT, J. (1995). A propos des compétences incorporées.

261. LEZIART, Y. (1997). Savoir savant et transposition didactique en éducation physique et sportive. *Revue STAPS,* 42, 59-72.

262. LI LI, Van den BOGERT, E., CALDWELL, G., EMMERICK, R.,& HAMILL, J. (1999). Coordination patterns of walking and running at similar speed and stride frequency. *Human Movement Science*, 18, 67-85.

263. LINARD, M. (1996) . *Des machines et des hommes*. Paris : L'harmattan.

264. LOQUET, M. (1996). *EPS au collège et gymnastique rythmique sportive.* Paris : INRP

265. LUTHANEN, P., KOMI, P.V. (1978). Mechanical energy stades during running. *European Journal Of Applied Physiology,* 38, 41-48.

266. MANDIGOUT, S., LECOQ, A.M., COURTEIX, D. & al. (2000). Effet d'un programme d'entraînement en endurance sur la consommation maximale d'oxygène chez l'enfant prépubère: influence du sexe. *Science et Sports*, 15, 74-80.

267. MANN, R. & SPRAGUE, P. (1980). A kinetic analysis of the ground leg during sprint running. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 2, 334-348.

268. MANN, R. (1985). Biomechanical analysis of the elite sprinter and hurdler. In N.K. Butts and B. Zarins (Eds), *The elite athlete*, (pp 43-80). Champaign : Spectrum Publications.

269. MANN, R.A. & HAGY, J.H. (1980). Biomechanics of walking, running, and sprinting. *The American Journal of Sports Medecine*, 8, 5, 345-350

270. MANN, R.A., MORAN, G. & DOUGHERTY, S. (1986). Comparative electromyography of the lower extremity in jogging, running, sprinting. *The American Journal of Sports Medecine*, 14, 6, 501-510.

271. MANSOUR, S. (1994) L'enfance. In Ph. Champy et C. Etévé (Eds), *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation* . Paris : Editions Nathan

272. MARIEB, E. (1993). *Anatomie et Physiologie humaine.* St Laurent (Canada) : De Boeck Université.

273. MARINO, G.W., & McDONALD, M. (1986). A biomechanichal analysis of children's running pattern. In Sports science. J. Watkins, T. Reilly and L. Burwitz (Eds) *Proceedings of the VIII Commonwealth and international conference on Sport, Physical Education, Dance, Recreation and health, Glasgow* 18.23 July 1986, (pp123-129).).

274. MARTINAND, J.L. (1989). Pratiques de références, transposition didactique et savoirs professionnels en sciences et techniques. *Les Sciences de l'Education*, 2, 23-29.

275. MARTINAND, J & al (1992). *Enseignement de la modélisation en sciences.* Paris : INRP.

276. MARTINAND, J.L. (1993). *Organisation et mise en œuvre des contenus d'enseignement.* Recherches Didactiques : contributions à la formation des maîtres. Paris : INRP.

277. MARTINAND, J.L. (1994). Didactique des sciences et formation des enseignants ; Notes d'actualités. *Les Sciences de l'Education,* 1, 9-24.

278. MARTINAND, J.L. (1996). La didactique des sciences et de la technologie et la formation des enseignants. In Claude Carret (Ed), *Les cahiers du CERF : Recherches et formation des enseignants,* pp 1-11. Toulouse : Revue du centre de recherche sur la formation. IUFM.

279. MARZANI, F., LEGRAND, L. & POZZO, T. (1997). Vers l'analyse tridimensionnel du corps humain par une méthode de traitement d'images en niveau de gris. *Sciences et Sports,* 12 (supplément), 3-6.

280. MASSICOTE, D. (1990). L'enfant et l'activité physique. In *Physiologie appliquée de l'activité physique.* Montréal : Vigot

281. MASSION, J. (1997). *Cerveau et motricité.* Paris : PUF

282. MATSUO, A. & FUKUNAGA, T., (1983). The effect of age and sex on external mechanical energy in running. In H. Matsui and K Kobayashi (Eds), *Biomechanics 8 B* (pp 676-680) . Champaign : Human Kinetics Publishers

283. MATSUO, A., FUKUNAGA, T. & ASAMI, T. (1985). Relation between external work and running performance in athletes. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b,* (pp: 319-324). Champaign : Human Kinetics Publishers.

284. McCLAY, I. & MANAL, K. (1997). Coupling parameters in runners with normal and excessive pronation. *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 109-124.

285. McCLAY, I., LAKE, M. & CAVANAGH, P. (1990). Muscle activity in running. In P. Cavanagh (Ed), *Biomechanics of distance running*, (pp 165-186). Champaign : Human Kinetics Publishers.

286. McMAHON, T.A. & GREENE, P.R. (1979). The influence of track compliance on running. *Journal of Biomechanics*, 12, 893-904

287. McNAIR, P.J., MARSHALL,R.N. (1994). Kinematic and kinetic parameters associated with running in different shoes. *British Journal of Sports Medecine*, 28, 4, 256-260.

288. MEIRIEU, PH. (1987). *Apprendre, oui mais comment.* ESF : Paris

289. MEIRIEU, PH. (1993). *Itinéraire des pédagogies de groupe : apprendre en groupe.* Lyon : Chronique sociale

290. MERO, A., JAAKOLA, L. & KOMI, P.V. (1991). Relationships between muscle fire characteristics and physical performance capacity in trained athletic boys. *Journal of Sports Sciences*, 9, 161-171.

291. MERO, A., KOMI, P. (1986) Force, E-M-G-, and elasticity-velocity relationship at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. *European Journal of applied Physiology*, 55, 553-561.

292. MERO, A., LUTHANEN, P. & KOMI P (1986). Segmental contribution to velocity center of gravity during contact at different speeds in male and female sprinters. *Journal of Human Movement studies, 12, 5, 215-235.*

293. MERO, A., LUTHANEN, P., VIITASALO, J.T. & KOMI, P. (1981). Relationships between the maximal running velocity, muscle fibber characteristics, force production, and force relaxation of sprinters. *Scandinavian Journal Of Sports Science,* 3, 1, 16-22.

294. MESSIER, S.T., FRANKE, W.D. & REJESKI, W.J. (1986); Effects of altered stride lengths on ratings of perceived exertion during running. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57, 4, 273-279.

295. MESZAROS, J., MOHACSI, J., SZABO, T. & SZMODIS, I; (1986). Age dependency in the development of motor performance. In V. Rutenfranz, R. Mocellin, F. Klimt, *International Series on sport sciences, Children and exercise XII volume 17 (pp 347-353).* Champaign : Human Kinetics Publishers

296. MEYNAUD, H. & DUCLOS, D. (1989). *Les sondages d'opinion.* La Découverte : Paris.

297. MIALARET, G. (1979). *Vocabulaire de l'éducation.* Paris : PUF.

298. MILANI, T.L., SCHNABEL, G., HENNING, E.M.(1995). Rearfoot Motion and pressure distribution patterns during running in shoes with varus and valgus wedges. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 177-187.

299. MILLER, D.I. (1990). Ground reaction forces in distance running. In P.R. Cavanagh (Ed.) *Biomechanics of distance running* (pp 203-222). Champaign : Human kinetics publishers.

300. MILLIRON, MJ. & CAVANAGH, PRK. (1990). Sagittal plane kinematics of lower extremity during distance running. In PR Cavanagh (ED), *Biomecanics of distance running*, (pp 65-10). Champaign : Human Kinetics Publishers.

301. Ministère de l'Education Nationale (1995). *L'Education physique au cycle élémentaire.* Busagny : Editions « revue eps ».

302. Ministère de l'Education Nationale (2000). *Les unités d'enseignement apprentissage.* Paris : Editions « revue eps ».

303. Ministère de l'Education Nationale (1992). *L'Education physique au cycle préparatoire.* Busagny : Editions « revue EPS».

304. Ministère de l'éducation nationale. (1991). *Les cycles à l'école primaire.* Paris: Hachette

305. MIYAMARU, M. YOKOI, T. AE, M. & al. (1987). Path of whole body center of gravity for young children in running. Bengt Jonsson. *International Series on Biomechanics* volume 10 (pp 887,893). Champaign : Illinois

306. MORAN, G., MANN, R., DOUGHERTY, S. & al (1988). Biomechanics of running, electromyographic analysis of the hip during jogging, running and sprinting. In E. Kreighbaum et A. McNeill (eds), *Biomechanics in sport VI : Proceedings of the sixth International Symposium of Biomechanics in Sport (*pp 439-450). Bozeman : Montana State university,.

307. MORGAN, D.W., MARTIN, P.E. & KRAHENBUHL, G.S. (1989). Factors affecting running economy. *Sports medecine*, 7, 310-330.

308. MORGAN, D.W., TSEH, W., CAPUTO, J.L. & al (1997). Sex differences in running economy of young children. *Research Quarterly for Exercise and Sport,* 68, 1, 25.

309. MORGAN, DW, MARTIN, P., CRAIB, M., & al (1994). Effect of step leg optimization on the aerobic demand of running. *Journal of, Applied Physiology,* 77, 1, 245-251.

310. MORRIS, A.E., WILLIAMS, J.M., ATWATER, A.E., WILMOREe, J.H. (1982). Age and sex differences in motor performance of 3 through 6 year old children, *Research quarterly for exercise and sport*, 53, 3, 214-221.

311. MORRISSON, C. & REEVE, J. (1988). Effect of instruction and undergraduate major on qualitative skill analysis. *Journal of Human Movement Studies*, 15, 291-297.

312. MORRISSON, C. & REEVE, J. (1992). Perceptual style and instruction in the acquisition of qualitative analysis of movement by majors in elementary education. *Perceptual and motor skills*, 74, 579-583.

313. MORRISSON, C.S. & HARRISSON, J.M.(1997). Integrating qualitative analysis of movement in the university Physical Education Curriculum. *The Physical Educator*, 54, 2,64-71.

314. MORTH, S. (1978). Relation théorie-pratique : illustration en vitesse. *Revue EPS,* 274, 80-82.

315. MOSTON, M. (1981). *Teaching Physical Education.* Colombus : C. Merrill

316. MURER, K. & BUCHER, W. (1999) *1000 exercices d'athlétisme.* Paris : Vigot

317. NEVILL, M.E., BOOBIS, L.H., BROOKS, S. & WILLIAMS, C.(1989). Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *Journal of Applied Physiology*, 67, 6, 2376-2381.

318. NEWELL, KR. (1995). Continuité et discontinuité dans l'acquisition du mouvement. In H. Ripoll, J. Bilard, M. Durand & al (Eds), *Psychologie du sport : questions actuelles.* Paris : Editions « revue EPS ».

319. NEWELL . S & SWAN, J. (1995). The diffusion of innovations in sport organizations : an evaluative framework. *Journal of sport management*, 9,3,317-337.

320. NEWSHOLME E.., LEECH T. & DUESTER. G. (1998) . *La course à pied.* Paris : De Boeck University.

321. NIGG, B. & BAHLSEN, A. (1988). Influence of heel flare and midsole construction on pronation, supination, and impact forces for heel-toe running. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, 205-219.

322. NIGG, B.M., COLE, G.K. & BRUGGEMANN, G.P. (1995). Impact forces during Heel-toe running. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 407-432.

323. NILSSON, J., THORSTENSSON, A. (1987). Adaptability in frequency and amplitude of leg movements during human locomotion at different speeds. *Acta Physiologica Scandinavia*, 129, 107-114.

324. NILSSON, J., THORSTENSSON, A.,& HALBERTSMA, J. (1985) Changes in legs movements and muscles activity with speed of locomotion and mode of progression in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 123, (4), 457-475.

325. NOVACHECK, T.F., (1998). The biomechanics of running. *Gait and posture*, 7, 77-95.

326. NUMMELA, A., STRAY-GUNDERSON J. & RUSKO, K. (1996). Effects of fatigue on stride characteristics during a short-term maximal run. *Journal of applied Biomechanics,* 12, 151-160.

327. O'CONNOR, F., (1999). An analysis on the sprinting stride. *Modern Athlet and Coach,* 37, 2, 38-41.

328. OHLMANN, TH. (1990).Les systèmes perceptifs spatiaux vicariants. In M. Reuchlin, J. Lautrey, C. Marendaz et T. Ohlmann (Eds). *Cognition : l'individuel et l'universel*, 21-49. Paris : PUF.

329. OLIVIER, I., RIPOLL, H. & AUDRIFFEN, M. (1995). Ontogenèse des mécanismes de traitement de l'information impliqués dans le déclenchement et l'exécution d'un mouvement d'interception. *Science et Motricité*, 27, 11-16.

330. ONTANON, G. (1999). Sprint, quelques paramètres utiles : fréquence/amplitude/accélération. *Le Spécialiste de Medecine du Sport*, n° spécial, 10-15.

331. ORLY-LOUIS, I. & HUTEAU, M. (2000). Quelques questions soulevées par les styles d'apprentissage. *Education et francophonie,* XXVIII, 1. (revue scientifique virtuelle chapitre 9).

332. OrLY-LOUIS, I. (1995). L'évaluation des styles d'apprentissage : construction et validation d'un questionnaire contextualisé. *L'orientation scolaire et professionnelle*, 95-04, 12, 403-423.

333. OUELLETTE, J., ANDREWS, P. & JAMES, C.R. (1995). Effect of treadmill bed design on impact acceleration, *Research Quarterly for Exercise and Sport,* supplement Mars 95, A-15.

334. OUNPUU, S. (1990). The biomechanics running : A kinematic and kinetic analysis. In W.B. Greene (Ed), *Instructional course lectures* (pp 305-319). Park Ridge : Academy of Orthopaedic Surgeons.

335. OUNPUU, S. (1994). The biomechanics of walking and running. *Clinics in sports medicine*, 13, 4, 843-863.

336. OZOLIN, E. (1986). Contemporary sprint technique. *Soviet Sports Review,* 21, 4, 190-195.

337. PAILLARD, J.(1987), Vers une psychobiologie de l'intentionnalité. In Laurent, M. Therme, P. (Eds), *Apprentissage et développement des actions motrices complexes,(pp*163-194). Marseille : centre de recherche de l'U.E.R.E.P.S. Aix-Marseille.

338. PAILLARD, J.(1990). Réactifs et prédictif : deux modes de gestion de la motricité. In V.Nougier & J.-P.Blanchi(Eds), *Pratiques sportives et modélisation du geste*(pp 13-56). Grenoble : UFR STAPS.

339. PALLASCIO, R. (1990). Modélisation et représentation du réel. In A. Giordan, J.L. Martinand & C. Souchon (Eds), *Actes des journées internationales pour l'éducation scientifique*, 251-256.

340. PAOLETTI, R. (1999). *Education et motricité.* Paris : De Boeck Université

341. PARADISIS, G.P., COOKE, C.B. & BISSAS, A.I. (1998). Sloping surface, sprinting kinematics and running posture. *Journal of Sports Sciences*, 16, 1, 13-14.

342. PASQUIER, F. (2000). Du support analogique au document informatisé pour l'apprentissage, : les « désaports » de la numérisation. *Revue EPI*, 100, 109-115.

343. PAULY, O. (1991). *Etude comparative de la foulée du sprinter et du hurdler dans l'intervalle interobstacles. Conséquences pour le décathlonien.* Paris : Mémoire INSEP non publié

344. PAYNE, A.H. (1983). Foot to ground contact forces of elite runners. In H. Matsui & K. Kobayashi (Eds), *Biomechanics 8 B*, (pp 746-753). Champaign: Human kinetics Publishers.

345. PETTERMANN, J. & SCHAAB, R. (1987). Découverte de l'athlétisme. *Revue EPS1*, 32, 26-28.

346. PIASENTA, J. (1988). *L'éducation athlétique.* Paris : INSEP.

347. PIASENTA, J. (1994). *Apprendre à observer.* Paris : INSEP.

348. PIERON, H. (1973). *Vocabulaire de la psychologie.* Paris : PUF.

349. PIERON, M. (1992). *Pédagogie des activités physiques et du sport.* Paris : Editions « Revue Eps ».

350. PIERON, M. (1993). *Analyser l'enseignement pour mieux enseigner.* Paris : Editions « Revue EPS ».

351. PIRON, A. (1973, 1974, 1975). *Cours non publiés sur l'athlétisme.* Dijon : UERS EPS

352. PIRON, A. (1987). Analyse fonctionnelle du mouvement. *Revue EPS*, 204, 36-37.

353. PITHON, A. (1985a). La course de vitesse au collège. *Revue EPS*, 194, 67-70.

354. PITHON, A. (1985b). La course de vitesse au collège. *Revue EPS*, 195, 39-42.

355. PLESTRAN, F. (1993). Courir. *Revue EPS1*, 61, 15-16.

356. PLEY, R. (1998). *Comment apprendre à se former en groupe.* Paris : Editions Retz.

357. POCIELLO, G. (1999). *Sports et sciences sociales : histoire, sociologie et prospective.* Paris : Vigot.

358. POSTIC, M. (1979). *La relation éducative.* Paris : PUF.

359. POSTIC, M. (1981). *Observation et formation des enseignants.* Paris : PUF.

360. POSTIC, M. (1988). *Observer les situations éducatives.* Paris : PUF.

361. QUIGLEY, E.J. & RICHARDS, J.G. (1996). The effects of cycling on running mechanics. *Journal of applied biomechanics*, 12, 470-479.

362. RABARDEL, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains.* Paris : A. Colin.

363. RABARDEL, P. & SIX, B. (1995). Outiller les acteurs de la formation pour le développement des compétences au travail. In Daniel Bouthier, Yves Clot & al, *Le développement des compétences : analyse du travail et didactique professionnelle,* 123, 32-43.

364. RAGUZ, (1994). Athlétisme : course de vitesse. Acquérir et stabiliser. *Revue EPS*, 250, 25-28.

365. RASEK, P.J. & BURKE, R.K. (1971). *Kinesiology an applied anatomy.* Philadelphia : Léa et Febiger.

366. RAYNAL, F. & RIEUNIER, A. (1998). *Pédagogie : dictionnaire des concepts clés.* Paris : ESF Editeurs.

367. REBOUL, O. (1983). *L'éducateur.* Paris : PUF.

368. REGA, C. (2000). *La course de vitesse.* (cd rom). Paris : INSEP.

369. REUCHLIN, M. (1977). *Psychologie.* Paris : PUF.

370. REUCHLIN, M. (1978). Processus vicariants et différences individuelles. *Journal de Psychologie*, 2, 133-145.

371. RHEAUME, J. (2001). *La courbe d'apprentissage.* Faculté des sciences de l'Education. Université de Laval. http://www.fse.ulaval.ca/mediatic

372. RIPOLL, H., BILARD, J. & al (1995). *Psychologie du sport.* Paris : Editions Revue EPS.

373. RIPOLL, H., KELLER, J. & OLIVIER, I. (1994). Le développement du comportement moteur de l'enfant : l'exemple des saisies et des interceptions de balle. *Revue Enfance*, 2-3, 265-285.

374. ROBERTON, M.A. & HALVERSON, L.E. (1988). The development of locomotor coordination : longitudinal change and invariance. *Journal of Motor Behavior*, 20, 3, 197-241.

375. ROBERTON, M.A. (1978). Longitudinal evidence for developmental stages in the forceful overarm throw. Journal of human movement studies, 4, 2, 167-175.

376. RODGERS, M.M.(1992). Biomechanics of the foot during locomotion. In M.D. Grabiner (Ed), *Current issues in biomechanics,* (pp33-52). Champaign : Human Kinetics Publishers.

377. ROUANET, H. & LE ROUX, B. (1993). *Analyse des données multidimensionnelles*, Paris : Dunod.

378. ROUARD, A. (1988). L'analyse d'image comme élément d'une approche biomécanique de la performance. *Actes du symposium sport et technologies nouvelles 28-29/01/1988.* Paris : Secrétariat d'état auprès du premier ministre chargé d la Jeunesse et des sports.

379. ROY, B. (1982). Caractéristiques biomécaniques de la course d'endurance. *Canadian journal of sport science*, 7, 2, 104-115.

380. SAITO, M. & ITO, A.(1995). Development of running ability in 2 years-old children to world top sprinters. Japan journal of physical education, 40, 104-111.

381. SAITO, M., OHKUWA, T., IKEGAMI, Y., & MIYAMURA, M. (1983). Comparison of sprint running in the trained and untrained runners with respect to chemical and mechanical energy. In H. Matsui and K. Kobayashi, Biomechanics 8-b, (pp 963-968). Champaign : Human Kinetics Publishers.

382. SCHACHE, A.G., BENNEL, K.L., BLANCH, P.D. & WRIGLEY, T.V. (1999). *The coordinated movement of the lumbo-pelvic-hip complex during running : a literature review.* Gait and Posture, 10, 30-47.

383. SCHEPENS, B., WILLEMS P.A. & CAVAGNA, G.A.(1998). The mechanics of running in children. *Journal of Physiology,* 509,3, 927-940.

384. SCHMIDT, R. (1993). *Apprentissage moteur et performance.* Paris : Vigot.

385. SELBIE-SW & CHAPMAN, AE. (1987). A mathematical simulation of running. In *International congres of biomechanics, 10,* (pp 931-936). Champaign : Human Kinetics Publishers.

386. SHAPIRO, D.C., ZERNCKE, R.F., GREGOR, R.J. & DIESTELl, J.D. (1981). Evidence for generalised motor programs using gait pattern analysis, *Journal of motor behavior*, 13, 1, 33-47.

387. SHORTEN, M.R. (1985). Mechanical energy changes and elastic energy storage during treadmill running. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b*, (pp: 313-318). Champaign : Human Kinetics Publishers.

388. SHORTEN, M.R. (1993). The energetics of running and running shoes. *Journal of biomechanics*, 26 supplement 1, 41-51.

389. SIEDENTROP, D. (1994). *Apprendre à enseigner l'éducation physique.* Montréal : Gaëtan Morin Editeur.

390. SILER, W.L. & MARTIN, PH.E. (1991). Changes in running pattern during a treadmill run to volitional exhaustion : fast versus slower runners. *International journal of sport biomechanics*, 7, 12-28

391. SIMONET, P. (1985). *Apprentissages moteurs : processus et procédés d'acquisition.* Paris : Vigot.

392. SIMPSON, K.J., BATES, B.T. (1990). The effects of running speed on lower extremity joint moments generated during the support phase. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6, 309-324.

393. SNELL, J.G., DELLEMAN, N.J., HEERKENS, Y.F., Van INGEN SCHENAU, G.J.(1983). Shock-absorbing characteristics of running shoes during actual running. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b*, (pp: 133-137). Champaign : Human Kinetics Publishers.

394. SOLAR, C. (2001). *Le groupe en formation des adultes.* Bruxelles : De Boeck Université.

395. STACOFF, A., DENOTH, J., KAELIN, X. & STUESSI, E. (1988). Running injuries and shoe construction : some possible relationships. *International Journal of Sport Biomechanics,* 4, 342-357.

396. STACOFF, A., KAELIN, X., STUESSI, E. & SEGESSER, B. (1989). The torsion of the foot in running. *International Journal of Sport Biomechanics*, 5, 375-389.

397. STEFAYSHYN, D.J. & NIGG, B.M.(.(1998). Dynamic angular stiffness of the ankle joint during running and sprinting. *Journal of applied biomechanics*, 14, 292-299.

398. STERGIOU, N. & BATES, B.T. (1997). The relationship between subtalar and knee joint function as a possible mechanism for running injuries. *Gait and posture*, 6,177-185.

399. STERGIOU, N., BATES, B.T., SCHNEIDER, A. (1995). The effects of stride length on lower extremity joint moments of force and powers. *Research Quarterly for Exercise and Sport,* supplement Mars 95, A-15

400. STRADY, J. (1983) Athlétisme course, saut lancer, *Revue EPS1*, 15, 28-29.

401. SZCZESNY, S., COUDERT, J. (1987). Développement de la vitesse de course chez les filles lors de la puberté. *Sciences et motricité*, 1, 15-21.

402. TEMPRADO, J.J. (1995). La variabilité dans le contrôle des habiletés motrices : fonction de l'apprentissage. In J. Bertsch et C. Le Scanff (Eds), *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage*, (pp 67-85). Paris : Puf.

403. TENNENBAUM, G., FOGARTY, G., STEWART, E. & al. (1999). Perceived discomfort in running : scale development and theorical considerations. *Journal of Sports Sciences,* 17, 183-196.

404. THERER, J. (1998). Styles d'enseignement, styles d'apprentissage et pédagogie différenciée en sciences. *Information pédagogique n°40*, Laboratoire d'enseignement Multimédia de l'université de liège. http://www.ulg.ac.be/geoeco/lmg/compétences/hantier.

405. THIEBAULD, C. & SPRUMONT, P. (1998). *L'enfant et le sport*. Paris, Bruxelles : De Boeck Université.

406. THOMAS, R. (1989). Définitions de quelques concepts. Le problème de l'hérédité. In Thomas, R., Eclache, J.P. & Keller, J., *Les aptitudes motrices* (pp 39-46). Paris : Vigot

407. THOMAS, R., ECLACHE, J.P. & KELLER, J. (1989). *Les aptitudes motrices*. Paris : Vigot.

408. THORDARSON, D. (1997). Running biomechanics. *Clinics in Sports Medicine,* 16, 2, 239-247.

409. THORSTENSSON, A., CARLSON, H., ZOMLEFER, MR. & NILSSON, J., (1982). Lumbar muscle activity in relation to trunk movements during locomotion in man. *Acta Physiologica Scancinavia.*116, 13-20.

410. THORSTENSSON, A., NILSSON, J., CARLSON, H. & ZOMLEFER, MR. (1984). Trunk movements in human locomotion. *Acta Physiologica Scancinavia.* 121, 9-22.

411. THYS, H. (1987). Elasticité et rendement du geste sportif. *Science et motricité*, 11, 1, 22-26.

412. TORIOLA, A.L., IGBOKWE, N.U. (1986). Age and sex differences in motor performance of pre-school Nigerian children. *Journal of Sports Sciences,* 4, 219-227.

413. TRAN-THONG (1978).*Stades et concepts de stade de développement de l'enfant dans la psychologie contemporaine.* Paris : Librairie philosophique J. Vrin

414. TRICOT, A. & BASTIEN, C. (1996). La conception d'hypermédias pour l'apprentissage : structurer des connaissances rationnellement ou fonctionnellement. In E. Bruillard, JM Baldner & GL Baron (Eds), *Hypermédias et apprentissage*, 57-72. Paris : INRP.

415. TZETZIS, G. (2000). Different multimedia means for class presentation in higher education. *Journal of Human Movement Studies*, 39, 73-84.

416. URTEBIZE, F. (1987). Course de vitesse athlétique : ses particularités. *Revue EPS*, 206, 34-36.

417. VAGENAS, G. & HOSHIZAKI, B. (1988). Evaluation of rearfoot asymmetries in running with worm and new running shoes. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, 220-230.

418. VAGENAS, G. & HOSHIZAKI, B. (1991). Functional asymmetries and lateral dominance in the lower limbs of distance runners. *International Journal of Sport Biomechanics,* 7, 311-329.

419. VAGENAS, G. & HOSHIZAKI, B. (1992). A multivariable analysis of the lower extremity in running. *International Journal of Sport Biomechanics,* 8, 11-29.

420. Van GHELUWE, B., MADSEN, C. (1997). Frontal rearfoot kinematics in running prior to volitional exhaustion . *Journal of Applied Biomechanics*, 13, 66-75.

421. VAN PRAAGH, E., FALGAIRETTE, G. & BONNEMOY, C. (1985). Analyse factorielle de la performance motrice d'enfants de 7 à 10 ans. In *Activités physiques, sports : Journées d'automne 29, 30, 31 octobre 1985, Beaune.* ACAPS France pp12-13. Paris : INSEP

422. VAN WOENSEL, W., CAVANAGH, P.R. (1992). A perturbation study of lower extremity motion during running. *International Journal of Sport Biomechanics,* 8, 30-47.

423. VANDERVAEL, F. (1980). *Biométrie humaine.* Paris : Masson

424. VARDAXIS, V & HOSSHIZAKI, B.(1989). Power patterns of the leg during the recovery phase of the sprinting stride for advanced and intermediate sprinters. *International journal of sport biomechanics*, 5, 332-349.

425. VERGNAUD, G. (1994). *Apprentissages et didactiques, où en est-on* ? Paris : Hachette.

426. VERKERKE, G.J., AMENT, W., WIERENGA, R. & RAKHORST, G. (1998). Measuring changes in step parameters during an exhausting running exercice. *Gait and Posture,* 8, 37-42.

427. VERMEULEN, S.O., NIGG,B.M. (1987). On application of the phase plane to human running. In Bengh Jonsson (Ed), *Biomechanics 10 b*, (pp: 843-848) Champaign : Human Kinetics Publishers.

428. VIEL, E. (2000). *La marche humaine.* Paris : Masson.

429. VIGARELLO, G. (1988). *Une histoire culturelle du sport : techniques d'hier et d'aujourd'hui.* Paris : Editions Robert Lafont et Revue EPS.

430. WANGDO K., ARKADY, S. (1992). Dynamic loading during running on various surfaces. *Human Movement Science*, 11, 675-689.

431. WEBER, J.L. (1988). Vers une modélisation tridimensionnelle du geste sportif. *Actes du symposium sport et technologies nouvelles 28-29/01/1988.* Paris : Secrétariat d'état auprès du premier ministre chargé d la Jeunesse et des sports.

432. WEILL-FASSINA, A., RABARDEL, P. & DUBOIS, D. (1993). *Représentations pour l'action.* Paris : Octares

433. WEINECK, J. (1992). *Biologie du sport.* Paris : Vigot.

434. WHITALL, J. (1989). A developmental study of the interlimb coordination in running and galloping. *Journal of Motor Behavior*, 21, 409-428.

435. WICKSTROM, R.L. (1975). Developmental kinesiology : maturation of basic motor patterns. In J.H. Wilmore and KEOGH, J.F. *Exercise and Sport Sciences Reviews* (pp163-189). New York : Academic Press.

436. WICKSTROM, R.L. (1977). *Fundamental motor pattern,* Philadelphia : *Lea and Febiger*

437. WICKSTROM, R.L. (1983). *Fundamental motor patterns.* (3 edition) Philadelphia : Lea & Febiger

438. WIKLANDER, J., LYSHOLM, M., LYSHOLM, J. (1987). The correlation between running movements and muscle strength/joint mobility in the lower extremity. In B. Jonsson (Ed), *Biomechanics X-b* (pp 813-817). Champaign : Human Kinetics Publishers

439. WILLIAMS, K.R. & ZIFF, J.L. (1991). Changes in distance running mechanics due to systematic variations in running style. *International Journal Of sport Biomechanics*, 7, 76-90.

440. WILLIAMS, K.R. (1985a). Biomechanics of running. *Exercise and sports sciences Review*, 13, 389-441.

441. WILLIAMS, K.R. (1985b). A comparison of 2-D versus 3-D analyses of distance running kinematics. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b*, (pp 331-336). Champaign : Human Kinetics Publishers.

442. WILLIAMS, K.R. (1990). Relationships between distance running biomechanics and running economy. In P.R. Cavanagh (Ed), *Biomechanics of distance running*, (pp 271-305). Champaign : Human Kinetics Publishers.

443. WILLIAMS, K.R. (1992) Biomechanics of distance running. In M.D . Grabiner (Ed), *Current Issues in biomechanics*, (pp 3-31). Champaign : Human Kinetics Publishers.

444. WILLIAMS, K.R., SNOW, R. & AGRUSS, C. (1991). Changes in distances running kinematics with fatigue. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7, 138-162.

445. WINTER, D.A. (1983). Moments of force and mechanical power in jogging. *Journal of Biomechanics,* 16, 1, 91-97.

446. WUNENBURGER, JJ (1995). *La vie des images.* Strasbourg : Presses Universitaires de Starsbourg.

447. WUNENBURGER, JJ. (1997). *Philosophie des images.* Paris : PUF.

448. WOOD, G.A., MARSHALL, R.N. & JENNINGS, L.E. (1987). Optimal requirements and injury propensity of lower limb mechanics in sprint running. In B. Jonsson (Ed), *Biomechanics X B*, (pp 869-873). Champaign: Human Kinetics Publishers.

449. YOKOI, T., SHIBUKAWA, K., AE, M. &HASHIHARA, Y. (1987). Effects of stature difference on sprint running motion. In Bengt Jonsson (ed) *International Series on Biomechanics,* volume 10b, Champaign : Human Kinetics Publishers.

450. YOSHIZAWA, S., HONDA, H., NAKAMURA, N. & al (1997). Effects of an 18-month endurance run training program on maximal aerobic power in 4- to 6-year-old girls. *Pediatric Exercice Science*, 9, 33-43

451. ZULIN, V., LAMP, H. (1978). Analysis of an optimal stride. *M.A.O.*, 16, 3, 32-33.

Table des figures

FIGURE 1 : TRAME DE RECHERCHE 4
FIGURE 2 : FACTEURS DE LA PERFORMANCE EN COURSE DE VITESSE 8
FIGURE 3 : INSTANTS CARACTERISTIQUES D'UN CYCLE EN COURSE 9
FIGURE 4 : DECOMPOSITION EN PHASES DE LA FOULEE ET DU CYCLE DE COURSE. 10
FIGURE 5 : SCHEMATISATION DES RELATIONS APTITUDES, COMPETENCES, HABILETE, PERFORMANCE 16
FIGURE 6 : PROPOSITION DE STADES DE DEVELOPPEMENT EN COURSE A VITESSE MAXIMALE SELON WICKSTROM (1983). 23
FIGURE 7 : PROPOSITION DE STADES DE DEVELOPPEMENT SELON KELLER (1992). 24
FIGURE 8: DESCRIPTION DES TROIS PLANS ET DE LEURS AXES, POUR L'ETUDE CINEMATIQUE DE LA FOULEE CHEZ L'ENFANT. 42
FIGURE 9 : CONVENTION POUR LE CALCUL DES ANGLES INTER SEGMENTAIRES 43
FIGURE 10 : MOUVEMENTS DE LA CHEVILLE DANS UN PLAN SAGITTAL 44
FIGURE 11 : MOUVEMENTS DU GENOU DANS UN PLAN SAGITTAL. 46
FIGURE 12 : MOUVEMENTS AU NIVEAU DE LA HANCHE DANS UN PLAN SAGITTAL. 47
FIGURE 13 : MOUVEMENTS DU BASSIN DANS UN PLAN FRONTAL OU OBLIQUITE 49
FIGURE 14 : MOUVEMENTS DE LA HANCHE DANS UN PLAN FRONTAL 49
FIGURE 15 : PHENOMENE DE MODELISATION D'APRES UNE PROPOSITION DE MARTINAND (1992). 61
FIGURE 16 : DISPOSITIF EXPERIMENTAL 74
FIGURE 17 : POINTS CARACTERISTIQUES D'UNE POULAINE 77
FIGURE 18 :MESURES PRISES SUR UNE POULAINE 78
FIGURE 19 :DEFINITION DU POSE : LE PIED EST EN CONTACT AVEC LE SOL; DEFINITION DU QUITTE : LE PIED A DECOLLE DU SOL. 80
FIGURE 20 : INSTANTS PARTICULIERS DE LA VARIATION DE L'ANGLE DE LA CHEVILLE AU COURS D'UN CYCLE EN COURSE DE VITESSE 82
FIGURE 21 : INSTANTS PARTICULIERS DE LA VARIATION DE L'ANGLE DU GENOU AU COURS D'UN CYCLE EN COURSE DE VITESSE 83
FIGURE 22 : INSTANTS PARTICULIERS DE LA VARIATION DE L'ANGLE DE LA HANCHE EN COURSE DE VITESSE 84
FIGURE 23 :SECTEUR ANGULAIRE BALAYE PAR LA HANCHE LORS DE LA PHASE D'APPUI 88
FIGURE 24 : ANGLE EN FLEXION ET EXTENSION, SECTEUR ANGULAIRE BALAYE PAR LE BRAS .. 89
FIGURE 25 : ANGLE EN FLEXION ET EXTENSION AU NIVEAU DU TRONC, SECTEUR BALAYE PAR LE TRONC PENDANT UN CYCLE DE COURSE 90
FIGURE 26 :CONVENTIONS POUR L'ANGLE DE LA CHEVILLE 91
FIGURE 27 : CONVENTION POUR LE CALCUL DE L'ANGLE DU GENOU 92
FIGURE 28 : CONVENTION POUR L'ANGLE DE LA HANCHE 93
FIGURE 29 : REPRESENTATION DE LA SUCCESSION DE DEUX IMAGES 94
FIGURE 30 : REPRESENTATION DE L'ERREUR POSSIBLE SUR L'ESTIMATION DE L'INSTANT DU POSE. 95
FIGURE 31: MODIFICATIONS DES DIMENSIONS DE LA POULAINE D'OREILLE EN FONCTION DES PERFORMANCES DES SUJETS 102
FIGURE 32 : RELATIONS ENTRE LES VARIATIONS DES DIMENSIONS DE LA POULAINE ET LES VARIATIONS DES INDICATEURS DE LA COURSE. 104
FIGURE 33:GRAPHIQUES DES VALEURS PROPRES : TEST DE CATTELL 110
FIGURE 34 : POULAINES MOYENNES EN COURSE A VITESSE MAXIMALE DE LA PARTITION EN 4 CLASSES 121

FIGURE 35 :POULAINES MOYENNES COURSE EN VITESSE MAXIMALE DE LA PARTITION EN 5 CLASSES 122
FIGURE 36 : POULAINES MOYENNES EN COURSE A VITESSE MAXIMALE DE LA PARTITION EN SIX CLASSES 123
FIGURE 37 : POULAINES MOYENNES EN COURSE A VITESSE MAXIMALE DES CLASSES 4 ET 6 DE LA PARTITION EN 6 CLASSES 123
FIGURE 38 : REPARTITION PAR AGE DE LA POPULATION DE L'HABILETE 1 EN POURCENTAGE. 150
FIGURE 39 :REPARTITION PAR SEXE DE LA POPULATION DE L'HABILETE 1 EN POURCENTAGE. 150
FIGURE 40 : ANGLE VERTICALE/TALON/HANCHE AU POSE ET VERTICALE/POINTE HANCHE AU QUITTE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 1 151
FIGURE 41 : EXTENSION MAXIMALE ET FLEXION MAXIMALE DU BRAS POUR L'HABILETE DE NIVEAU 1 152
FIGURE 42 : FLEXION MINIMALE ET MAXIMALE DU TRONC POUR L'HABILETE DE NIVEAU 1.... 152
FIGURE 43 : ANGLE DE LA HANCHE EN DEGRE A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 1. 153
FIGURE 44 : ANGLE DU GENOU EN DEGRES A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGE POUR LE NIVEAU 1. 154
FIGURE 45 : ANGLES DE LA CHEVILLE EN DEGRE AUX DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 1. 155
FIGURE 46 :POULAINE D'OREILLE DE L'HABILETE DE NIVEAU 1 157
FIGURE 47 : REPARTITION PAR AGE DE LA POPULATION DE LA L'HABILETE 2 EN POURCENTAGE. 160
FIGURE 48 : REPARTITION PAR SEXE DE LA POPULATION DE L'HABILETE 2 EN POURCENTAGE.160
FIGURE 49 : ANGLE HANCHE/TALON/VERTICALE AU POSE ET ANGLE HANCHE/POINTE/VERTICALE AU QUITTE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 2. 161
FIGURE 50 : EXTENSION MAXIMALE ET FLEXION MAXIMALE DU BRAS POUR L'HABILETE DE NIVEAU 2. 162
FIGURE 51 : FLEXIONS MINIMALE ET MAXIMALE DU TRONC EN COURSE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 2. 163
FIGURE 52 : ANGLES DE LA HANCHE EN DEGRES A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 2. 163
FIGURE 53 : VARIATION DE L'ANGLE DU GENOU EN DEGRE POUR DIFFERENTS EVENEMENTS EN % DU CYCLE POUR LE NIVEAU D'HABILETE 2. 164
FIGURE 54 : ANGLES DE LA CHEVILLE EN DEGRE AUX DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 2. 165
FIGURE 55 : POULAINE DE NIVEAU 2. 166
FIGURE 56 : SUPERPOSITION DES POULAINES DE NIVEAU 1(EN BLEU) ET DE NIVEAU 2 (EN ROSE). 167
FIGURE 57 : REPARTITION PAR AGE DE LA POPULATION DE LA L'HABILETE 3 EN POURCENTAGE 170
FIGURE 58 : REPARTITION PAR SEXE DE LA POPULATION DE L'HABILETE 3 EN POURCENTAGE.170
FIGURE 59 : ANGLE HANCHE/TALON/VERTICALE AU POSE ET ANGLE HANCHE/POINTE/VERTICALE AU QUITTE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 3. 171
FIGURE 60 : EXTENSION MAXIMALE ET FLEXION MAXIMALE DU BRAS POUR L'HABILETE DE NIVEAU 3 171
FIGURE 61 : FLEXION MINIMALE ET MAXIMALE DU TRONC POUR L'HABILETE DE NIVEAU 3.... 172
FIGURE 62 : VARIATION DE L'ANGLE DE LA HANCHE EN DEGRES A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 3. 173
FIGURE 63 : ANGLES DU GENOU EN DEGRES A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 3. 174

FIGURE 64 : VARIATIONS DE L'ANGLE DE LA CHEVILLE EN DEGRES AUX DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 3 175
FIGURE 65 : POULAINE DE L'HABILETE DE NIVEAU 3. 175
FIGURE 66 : SUPERPOSITION DES POULAINES DE NIVEAU 2 ET DE NIVEAU 3 176
FIGURE 67 : REPARTITION PAR AGE DE LA POPULATION DE L'HABILETE 4A EN POURCENTAGE. 179
FIGURE 68 : REPARTITION PAR SEXE DE LA POPULATION DE L'HABILETE 4A EN POURCENTAGE. 179
FIGURE 69 : REPARTITION FILLES/GARÇONS POUR LE NIVEAU 4A D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE 179
FIGURE 70 : ANGLES HANCHE/TALON/VERTICALE AU POSE ET HANCHE/POINTE/VERTICALE AU QUITTE POUR LE NIVEAU 4A. 180
FIGURE 71 : EXTENSION MAXIMALE ET FLEXION MAXIMALE DU BRAS POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4 A. 181
FIGURE 72 : FLEXION MINIMALE ET MAXIMALE EN COURSE AU NIVEAU 4A. 181
FIGURE 73 : ANGLES DE LA HANCHE EN DEGRES A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4A. 182
FIGURE 74 : ANGLES DU GENOU EN DEGRES A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4A 183
FIGURE 75 : ANGLES DE LA CHEVILLE EN DEGRES AUX DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4A. 184
FIGURE 76 : POULAINE DE L'HABILETE DE NIVEAU 4A EN COURSE DE VITESSE. 185
FIGURE 77 : SUPERPOSITION DES POULAINES DE L'HABILETE DE NIVEAU 3 ET 4A. 185
FIGURE 78 : REPARTITION PAR AGE DE LA POPULATION DE LA L'HABILETE 4B EN POURCENTAGE. 188
FIGURE 79 : REPARTITION PAR SEXE DE LA POPULATION DE L'HABILETE 4B EN POURCENTAGE. 188
FIGURE 80 : ANGLE HANCHE/TALON/VERTICALE AU POSE ET HANCHE/POINTE/VERTICALE AU QUITTE POUR LE NIVEAU 4B EN COURSE DE VITESSE. 189
FIGURE 81 : ANGLES COUDE/EPAULE/VERTICALE EN EXTENSION ET EN FLEXION MAXIMALE POUR LES COUREURS DE NIVEAU 4B. 190
FIGURE 82 : FLEXION MAXIMALE ET MINIMALE DU TRONC AU NIVEAU 4B. 190
FIGURE 83 : ANGLES DE LA HANCHE EN DEGRES A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4B. 190
FIGURE 84 : ANGLE DU GENOU EN DEGRES A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4B. 191
FIGURE 85 : ANGLES DE LA CHEVILLE EN DEGRES AUX DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4B. 192
FIGURE 86 : COURBES DE L'ANGLE DE LA CHEVILLE DES NIVEAUX 4A ET 4B. 193
FIGURE 87 : POULAINE DE L'HABILETE DE NIVEAU 4B. 193
FIGURE 88 : SUPERPOSITION DES POULAINES DE NIVEAU 4A ET DE NIVEAU 4B 194
FIGURE 89 : REPARTITION PAR AGE DE LA POPULATION DE L'HABILETE EN POURCENTAGE. 196
FIGURE 90 : REPARTITION PAR SEXE DE LA POPULATION DE L'HABILETE 5 EN POURCENTAGE. 196
FIGURE 91 : ANGLES VERTICALE/TALON/HANCHE AU POSE ET VERTICALE/POINTE/HANCHE AU QUITTE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 5 198
FIGURE 92 : EXTENSION MAXIMALE ET FLEXION MAXIMALE DU BRAS POUR LE NIVEAU 5 EN COURSE DE VITESSE. 198
FIGURE 93 : FLEXION MINIMALE ET MAXIMALE DU TRONC EN COURSE AU NIVEAU 5. 199
FIGURE 94 : VARIATIONS DE L'ANGLE DE LA HANCHE EN DEGRES A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 5. 199

FIGURE 95 : VARIATIONS DE L'ANGLE DU GENOU EN DEGRE A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 5. 200
FIGURE 96 : VARIATIONS DE L'ANGLE DE LA CHEVILLE EN DEGRE AUX DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGES POUR L'HABILETE DE NIVEAU 5 201
FIGURE 97 : MODELISATION DU NIVEAU 5 D'HABILETE EN COURSE A VITESSE MAXIMALE..... 202
FIGURE 98 : SUPERPOSITION DES POULAINES DE NIVEAU 4B ET 5 202
FIGURE 99 : LE REGISTRE DE TECHNICITE DE LECTURE DANS LA MODELISATION DE LA FORMATION D'APRES LE MODELE PROPOSE PAR JL MARTINAND (1996) 213
FIGURE 100 : MODELISATION DU SYSTEME « SITUATION DE FORMATION » 217
FIGURE 101 : PRESENTATION DE LA LOGIQUE DE LA SEQUENCE DE FORMATION. 239
FIGURE 102 : DEMARCHE DE FORMATION A LA LECTURE DES COMPORTEMENTS MOTEURS EN COURSE DE VITESSE. 243
FIGURE 103 : PAGE DE PRESENTATION DU TEST INITIAL DE LA VERSION 1.0. 246
FIGURE 104 : PAGE DE PRESENTATION DU QUESTIONNAIRE. 247
FIGURE 105 : PAGE DE PRESENTATION DES INDICATEURS LES PLUS PERTINENTS POUR OBSERVER UNE COURSE DE VITESSE CHEZ LES ENFANTS. 248
FIGURE 106 :PAGE DE PRESENTATION DES 6 NIVEAUX D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE CHEZ LES ENFANTS. 249
FIGURE 107 : NOMBRE DE STAGIAIRES EN PROGRES, EN REGRESSION OU STABLE EXPRIMES EN POURCENTAGE DANS LEUR HABILETE DE LECTURE APRES TRAVAIL AVEC L'INSTRUMENT 1.0 251
FIGURE 108 : RESULTATS AU TEST INITIAL ET AU TEST FINAL DU CD-ROM VERSION 1.0. 252
FIGURE 109 :DIFFERENTIEL DE BONNES REPONSES POUR CHAQUE NIVEAU D'HABILETE ENTRE LE POST TEST ET LE PRE TEST. 253
FIGURE 110 : MODELISATION POUR LES NIVEAUX D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE : « LE VISEUR ». 258
FIGURE 111 : PAGE D'ACCUEIL DE LA VERSION 2.0 DE L'INSTRUMENT POUR APPRENDRE A LIRE LE MOUVEMENT. 260
FIGURE 112 : PAGE D'ACCUEIL DU TEST INITIAL DE L'INSTRUMENT POUR APPRENDRE A LIRE LE MOUVEMENT EN COURSE VERSION 2.0. 261
FIGURE 113 : PRESENTATION DU TEST 2, CD-ROM VERSION 2.0 262
FIGURE 114 : PAGE DE PRESENTATION DE LA TROISIEME ETAPE, VERSION2.0 263
FIGURE 115 : PAGE DE PRESENTATION DES INDICATEURS COMPOSANT LE VISEUR, VERSION 2.0. 264
FIGURE 116 : PAGE DE PRESENTATION DE L'INDICATEUR INCLINAISON DU TRONC DANS LA MODELISATION DU DEVELOPPEMENT DE LA COURSE VERSION 2.0. 265
FIGURE 117: PAGE D'ACCUEIL POUR LES AUTRES PARAMETRES OBSERVABLES. 265
FIGURE 118 : PAGE D'ACCUEIL POUR LES 5 NIVEAUX D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE VERSION 2.0. 266
FIGURE 119 : PAGE DE PRESENTATION DU KINOGRAMME POUR LE NIVEAU 1 VERSION 2.0..... 267
FIGURE 120 : PAGE D'ACCUEIL DU 3E TEST AVEC AIDE DIDACTIQUE PAR LA MODELISATION ET LA POSSIBILITE DE VOIR LES FILMS AU RALENTI. 268
FIGURE 121 : POURCENTAGE DES STAGIAIRES EN PROGRES EN REGRESSION OU STABLES, APRES FORMATION AVEC LA VERSION 2.0. 272
FIGURE 122 : POURCENTAGE DES STAGIAIRES EN PROGRES EN REGRESSION OU STABLES, APRES FORMATION AVEC LA VERSION 1.0 ET 2.0. 273
FIGURE 123 : NOMBRE DE FILMS CORRECTEMENT EVALUES PAR LES STAGIAIRES DANS LE TEST INITIAL ET LE TEST FINAL. 274
FIGURE 124 : POURCENTAGE DE STAGIAIRES EN FONCTION DU NOMBRE DE BONNES REPONSES AUX TESTS INITIAL ET FINAL AVEC LA VERSION 1.0 ET LA VERSION 2.0 275

FIGURE 125 : POURCENTAGE DE BONNES REPONSES PAR NIVEAU D'HABILETE AU TEST INITIAL ET AU TEST FINAL DANS L'INSTRUMENT POUR APPRENDRE A LIRE VERSION 2.0. 276
FIGURE 126 : NOMBRE DE BONNES REPONSES, EN POURCENTAGE, PAR NIVEAU D'HABILETE AU TEST INITIAL ET AU TEST FINAL DANS L'INSTRUMENT POUR APPRENDRE A LIRE VERSION 1.0 ET VERSION 2.0. 277
FIGURE 127 : POURCENTAGE DES STAGIAIRES EN PROGRES, STABLE OU EN REGRESSION DANS LEUR APPRECIATION DU NIVEAU DES ENFANTS EN COURSE ENTRE LE PRE TEST ET LE POST TEST. 278
FIGURE 128 : NOMBRE D'ELEVES CORRECTEMENT EVALUES PAR LES STAGIAIRES 279
FIGURE 129 : POURCENTAGE DE STAGIAIRES AYANT UN DIFFERENTIEL NEGATIF, NUL OU POSITIF ENTRE LE NOMBRE D'ELEVES CORRECTEMENT EVALUES AU POST TEST ET AU PRE TEST. 280
FIGURE 130 : POURCENTAGES CUMULES DE STAGIAIRES EN PROGRES, STABLES OU EN REGRESSION DANS LEUR HABILETE DE LECTURE. 281
FIGURE 131 : POURCENTAGE DE STAGIAIRES EN PROGRES DANS LEUR HABILETE DE LECTURE, EN FONCTION DU DIFFERENTIEL DE BONNES REPONSES ENTRE LE TEST INITIAL ET LE TEST FINAL DANS L'INSTRUMENT. 282
FIGURE 132 : POURCENTAGES DE STAGIAIRES STABLES DANS LEUR HABILETE DE LECTURE, EN FONCTION DU DIFFERENTIEL DE BONNES REPONSES ENTRE LE TEST INITIAL ET LE TEST FINAL DANS L'INSTRUMENT. 284
FIGURE 133 : POURCENTAGE DE STAGIAIRES, EN REGRESSION DANS LEUR HABILETE DE LECTURE, EN FONCTION DU DIFFERENTIEL DE BONNES REPONSES ENTRE LE TEST INITIAL ET LE TEST FINAL DANS L'INSTRUMENT. 285
FIGURE 134 : POURCENTAGE DE BONNES REPONSES PAR NIVEAU D'HABILETE AU PRE TEST ET AU POST TEST AVEC DES CLASSES. 286

Liste des tableaux :

TABLEAU 1 : CRITERES PERMETTANT DE DIFFERENCIER DEVELOPPEMENT ET APPRENTISSAGE MOTEUR D'APRES HAUERT (1995). 18
TABLEAU 2 : VITESSE DE COURSE EN M.S^{-1}CHEZ LES ENFANTS EN COURSE A VITESSE MAXIMALE. 28
TABLEAU 3: PERFORMANCES MOYENNES EN SECONDES PAR AGE EN COURSE A VITESSE MAXIMALE. 30
TABLEAU 4 : VITESSE EN M.S^{-1} ET ECART TYPE EN COURSE A VITESSE MAXIMALE. 31
TABLEAU 5 : VARIATION DE LA VITESSE EN COURSE MAXIMALE EN M.S^{-1} ET VITESSE PONDEREE EN COURSE A VITESSE MAXIMALE EN M.S^{-1}/M D'APRES V. FORTNEY (1983). 32
TABLEAU 6 : VITESSE MAXIMALE EN M.S^{-1} ET VITESSE PONDEREE PAR LA LONGUEUR DE LA JAMBE EN M.S^{-1}/M D'APRES V. FORTNEY (1983). 33
TABLEAU 7 : VITESSE DE COURSE EN M..S-1 CHEZ LES GARÇONS ET LES FILLES EN COURSE A VITESSE MAXIMALE. 34
TABLEAU 8: POIDS EN KG ET VITESSE EN M.S^{-1} CHEZ LES GARÇONS ET LES FILLES ENTRE 3 ET 7 ANS SELON MIYAMARU & AL (1986). 35
TABLEAU 9: LONGUEUR DES FOULEES EN CENTIMETRES SELON L'AGE EN COURSE A VITESSE MAXIMALE. 36
TABLEAU 10: EVOLUTION AVEC L'AGE DES FREQUENCES MOYENNES DES FOULEES EN HERZ A VITESSE MAXIMALE 37
TABLEAU 11: FREQUENCE EN HERZ ET ECART TYPE EN COURSE A VITESSE MAXIMALE SELON MIYAMARU & AL (1987) 38
TABLEAU 12 : EVOLUTION DU RAPPORT TEMPS DE SUSPENSION /TEMPS D'APPUI EN COURSE A VITESSE MAXIMALE 39
TABLEAU 13 : DEPLACEMENT VERTICAL DU CENTRE DE GRAVITE EN COURSE A VITESSE MAXIMALE, ... 40
TABLEAU 14 : REPARTITION EN POURCENTAGE DES STYLES DE COUREURS EN FONCTION DE LA SPECIALITE PRATIQUEE D'APRES PAYNE (1983) 45
TABLEAU 15: ANGLE DE LA CHEVILLE EN DEGRE, EN COURSE A VITESSE MAXIMALE EN FONCTION DE L'AGE D'APRES FORTNEY (1983). 45
TABLEAU 16 : VARIATIONS DE LA VALEUR DE L'ANGLE EN DEGRE DU GENOU EN COURSE A VITESSE MAXIMALE EN FONCTION DE L'AGE SELON FORTNEY (1983). 46
TABLEAU 17: VARIATIONS DE LA VALEUR DE L'ANGLE EN DEGRE DE LA HANCHE EN COURSE A VITESSE MAXIMALE EN FONCTION DE L'AGE SELON FORTNEY (1983). 47
TABLEAU 18 : LISTE DES UNITES D'APPRENTISSAGES EN EPS CONDUITES AU COURS D'UNE ANNEE DANS L'ECOLE A 71
TABLEAU 19 : LISTE DES UNITES D'APPRENTISSAGES EN EPS CONDUITES AU COURS D'UNE ANNEE DANS L'ECOLE B 72
TABLEAU 20 : POPULATION CONCERNEE PAR L'ETUDE 73
TABLEAU 21 : CHAMP COUVERT PAR LA CAMERA EN METRES POUR LES COURSES A VITESSE MAXIMALE. 75
TABLEAU 22 :INDICATEURS D'IDENTIFICATION DES SUJETS 79
TABLEAU 23 :INDICATEUR DU STYLE DU COUREUR 80
TABLEAU 24 :INDICATEURS TEMPORELS 81
TABLEAU 25 : INDICATEURS TEMPORELS DE LA CHEVILLE 82
TABLEAU 26 : INDICATEURS TEMPORELS POUR LE GENOU 83
TABLEAU 27 :INDICATEURS TEMPORELS POUR LA HANCHE 84
TABLEAU 28 : INDICATEURS TEMPORELS DE DEPHASAGE. 85
TABLEAU 29 : INDICATEURS SPATIAUX ET SPATIO-TEMPORELS. 87

TABLEAU 30 : INDICATEURS ANGULAIRES DU SECTEUR ANGULAIRE BALAYE PAR LA HANCHE AU COURS DE L'APPUI. 88
TABLEAU 31 : INDICATEURS ANGULAIRES DU SECTEUR ANGULAIRE BALAYE PAR LE BRAS AU COURS D'UN CYCLE. 89
TABLEAU 32 : INDICATEURS ANGULAIRES DU TRONC AU COURS D'UN CYCLE. 90
TABLEAU 33 : INDICATEURS ANGULAIRES DE LA CHEVILLE AU COURS D'UN CYCLE. 91
TABLEAU 34 : INDICATEURS ANGULAIRES POUR LE GENOU AU COURS D'UN CYCLE. 92
TABLEAU 35 : INDICATEURS ANGULAIRES POUR LE GENOU AU COURS D'UN CYCLE. 93
TABLEAU 36 :TEMPS DES POSES ET QUITTES DE L'INDIVIDU N° 276 EN COURSE DE VITESSE..... 95
TABLEAU 37 : VALEURS D'UN PIXEL DANS LES DIFFERENTS FILMS 96
TABLEAU 38 : DISTANCE DES POSES ET QUITTES DE L'INDIVIDU N° 276 (CLASSE DE CM2) EN COURSE DE VITESSE..... 96
TABLEAU 39 : DIFFERENCES DES CORRELATIONS ENTRE LES MESURES DE POULAINES ET LES INDICATEURS POUR LES COURSES DES POULAINES D'OREILLE ET DES POULAINES DE HANCHES PONDEREES..... 99
TABLEAU 40: DIFFERENCES ENTRE LES CORRELATIONS DE POULAINE D'OREILLE ET DE POULAINE DE HANCHE POUR LES INDICATEURS LES PLUS SIGNIFICATIFS. 100
TABLEAU 41 : INDICATEURS DE PERFORMANCE LES PLUS CORRELES AUX MESURES DES POULAINES D'OREILLE EN COURSE CHEZ LES ENFANTS ENTRE 2 ET 11 ANS..... 101
TABLEAU 42 : INDICATEURS DE FORME D'ORGANISATION CORPORELLE LES PLUS CORRELES AUX MESURES DES POULAINES D'OREILLE EN COURSE CHEZ LES ENFANTS ENTRE 2 ET 11 ANS 102
TABLEAU 43 :LISTE DES VARIABLES CORRELEES ENTRE ELLES ET CHOIX DES VARIABLES RETENUES EN COURSE DE VITESSE..... 111
TABLEAU 44 : NOMENCLATURE DES VARIABLES CORRELEES ENTRE ELLES ET NON RETENUES EN COURSE DE VITESSE CHEZ LES ENFANTS 112
TABLEAU 45 :VARIABLES MAL DISTRIBUEES EN COURSE DE VITESSE 112
TABLEAU 46 : NOMENCLATURE DES VARIABLES MAL DISTRIBUEES EN COURSE DE VITESSE CHEZ LES ENFANTS. 113
TABLEAU 47 : DIFFERENTIEL ENTRE L'INDICE DE CORRELATION DES MESURES DES POULAINES, DES INDICES DE SAUTILLEMENT, DE L'AMPLITUDE ET DE LA VITESSE ET DE LEUR CORRESPONDANT PONDERE. 115
TABLEAU 48 : NOMENCLATURE DES MESURES ET DES INDICATEURS SUPPRIMES POUR LA CLASSIFICATION. 118
TABLEAU 49 : NOMBRE D'INDIVIDUS PAR CLASSE EN FONCTION DU PLAN DE COUPE..... 119
TABLEAU 50 : NOMBRE D'ENFANTS PAR AGE DANS UNE DIVISION EN 7 CLASSES 120
TABLEAU 51 : NOMBRE DE NIVEAUX D'HABILETE A OBSERVER PAR NIVEAU DE CLASSE 124
TABLEAU 52 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 1 SUPPRIMEES, CAR CORRELEES OU MAL DISTRIBUEES. 125
TABLEAU 53 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 1 SUPPRIMEES DONT LA CORRELATION ANTI-IMAGE EST INFERIEURE A 0.5..... 125
TABLEAU 54 :RESULTATS DU TEST DE KAISER ET DU POURCENTAGE DE VARIANCE SUR LES VARIABLES ANGULAIRES POUR LA CLASSE 1. 126
TABLEAU 55 : COMPOSANTES DE LA CLASSE 1 EXTRAITES PAR ACP AVEC ROTATION QUARTIMAX. 126
TABLEAU 56 : INDICES DE DISPERSION DES VARIABLES ANGULAIRES DE LA CLASSE 1..... 127
TABLEAU 57 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 2 SUPPRIMEES, CAR CORRELEES OU MAL DISTRIBUEES. 128
TABLEAU 58 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 2 SUPPRIMEES DONT LES CORRELATIONS ANTI-IMAGES SONT INFERIEURES A O,5..... 128

TABLEAU 59 :RESULTATS DU TEST DE KAISER ET DU POURCENTAGE DE VARIANCE SUR LES VARIABLES ANGULAIRES POUR LA CLASSE 2. 128
TABLEAU 60 : COMPOSANTES DE LA CLASSE 2 EXTRAITES PAR ACP AVEC ROTATION QUARTIMAX. 129
TABLEAU 61 : INDICES DE DISPERSION DES VARIABLES ANGULAIRES DE LA CLASSE 2. 130
TABLEAU 62 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 3 SUPPRIMEES, CAR CORRELEES OU MAL DISTRIBUEES. 131
TABLEAU 63 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 3 DONT LA CORRELATION ANTI-IMAGE EST INFERIEURE A 0,3 132
TABLEAU 64 : RESULTAT DU TEST DE KAISER ET DU POURCENTAGE DE VARIANCE SUR LES VARIABLES ANGULAIRES POUR LA CLASSE 3. 132
TABLEAU 65 :COMPOSANTES DE LA CLASSE 3 EXTRAITES PAR ACP AVEC ROTATION QUARTIMAX. 132
TABLEAU 66 : INDICES DE DISPERSION DES VARIABLES ANGULAIRES DE LA CLASSE 3. 133
TABLEAU 67 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 4 SUPPRIMEES CAR CORRELEES OU MAL DISTRIBUEES. 134
TABLEAU 68 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 4 SUPPRIMEES DONT LA CORRELATION ANTI-IMAGE EST INFERIEURE A 0,5 135
TABLEAU 69 : RESULTATS DU TEST DE KAISER ET DU POURCENTAGE DE VARIANCE SUR LES VARIABLES ANGULAIRES POUR LA CLASSE 1. 135
TABLEAU 70 : COMPOSANTES DE LA CLASSE 4 EXTRAITES PAR ACP AVEC ROTATION QUARTIMAX. 136
TABLEAU 71 : INDICE DE DISPERSION DES VARIABLES ANGULAIRES DE LA CLASSE 4. 137
TABLEAU 72 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 5 SUPPRIMEES CAR CORRELEES OU MAL DISTRIBUEES. 137
TABLEAU 73 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 5 SUPPRIMEES, DONT LA CORRELATION ANTI-IMAGE EST INFERIEURE A 0,5 138
TABLEAU 74 : TEST DE KAISER ET POURCENTAGE DE VARIANCE SUR LES VARIABLES ANGULAIRES POUR LA CLASSE 5. 138
TABLEAU 75 : COMPOSANTES DE LA CLASSE 5 EXTRAITES PAR ACP AVEC ROTATION QUARTIMAX. 139
TABLEAU 76 : INDICES DE DISPERSION DES VARIABLES ANGULAIRES DE LA CLASSE 5. 139
TABLEAU 77 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 6 SUPPRIMEES CAR CORRELEES OU MAL DISTRIBUEES. 140
TABLEAU 78 : NOMENCLATURE DES VARIABLES DE LA CLASSE 6 SUPPRIMEES DONT LA CORRELATION ANTI-IMAGE EST INFERIEURE A 0,5 141
TABLEAU 79 : TEST DE KAISER ET POURCENTAGE DE VARIANCE SUR LES VARIABLES ANGULAIRES POUR LA CLASSE 6. 141
TABLEAU 80 :COMPOSANTE DE LA CLASSE 6 EXTRAITES PAR ACP AVEC ROTATION QUARTIMAX. 142
TABLEAU 81 : INDICES DE DISPERSION DES VARIABLES DE LA CLASSE 6. 143
TABLEAU 82 : NOMBRE DE FACTEURS PAR CLASSE ET POURCENTAGE CORRESPONDANT DE LA VARIANCE DE LA POPULATION. 144
TABLEAU 83 : RESSEMBLANCES ET DISSEMBLANCES ANGULAIRES AUX DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE DE COURSE PAR CLASSE 144
TABLEAU 84 : AMPLITUDE, FREQUENCE, VITESSE, AMPLITUDE PONDEREE ET VITESSE PONDEREE DES 6 CLASSES. 146
TABLEAU 85: AGE MOYEN EN MOIS ET TAILLE MOYENNE EN CM DES 6 CLASSES. 147
TABLEAU 86 :CORRESPONDANCE CLASSE ET NIVEAU D'HABILETE. 147
TABLEAU 87 : PERFORMANCES MOYENNES ET PONDEREES DES ENFANTS DE NIVEAU 1 149

TABLEAU 88 :TIMING DES EVENEMENTS CARACTERISTIQUES EN POURCENTAGE DE LA DUREE DU CYCLE DE L'HABILETE DE NIVEAU 1. 149
TABLEAU 89: REPARTITION FILLES/GARÇONS POUR LE NIVEAU 1 D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE. 150
TABLEAU 90 : PERFORMANCES MOYENNES ET PONDEREES DES ENFANTS DE NIVEAU 2. 159
TABLEAU 91 : TIMING DES EVENEMENTS CARACTERISTIQUES EN POURCENTAGE DE LA DUREE DU CYCLE DE L'HABILETE DE NIVEAU 2. 159
TABLEAU 92 : REPARTITION FILLES/GARÇONS POUR LE NIVEAU 2 D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE. 160
TABLEAU 93 : PERFORMANCES MOYENNES ET PONDEREES DES COUREURS DE NIVEAU 3. 169
TABLEAU 94 :TIMING DES EVENEMENTS CARACTERISTIQUES EN POURCENTAGES DE LA DUREE DU CYCLE DE L'HABILETE DE NIVEAU 3. 169
TABLEAU 95 : REPARTITION FILLES/GARÇONS POUR LE NIVEAU 3 D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE. 170
TABLEAU 96 : PERFORMANCES MOYENNES ET PONDEREES DES COUREURS DE NIVEAU 4A. 178
TABLEAU 97 : TIMING DES EVENEMENTS CARACTERISTIQUES EN POURCENTAGE DE LA DUREE DU CYCLE DE L'HABILETE DE NIVEAU 4A. 178
TABLEAU 98 : PERFORMANCES MOYENNES ET PONDEREES DES COUREURS DE NIVEAU 4B. 187
TABLEAU 99 : TIMING DES EVENEMENTS CARACTERISTIQUES EN POURCENTAGE DE LA DUREE DU CYCLE DE L'HABILETE DE NIVEAU 4B. 187
TABLEAU 100 : REPARTITION FILLES/GARÇONS POUR LE NIVEAU 4B D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE 188
TABLEAU 101 : PERFORMANCES MOYENNES ET PONDEREES DES COUREURS DE NIVEAU 5. 195
TABLEAU 102 : TIMING DES EVENEMENTS CARACTERISTIQUES EN POURCENTAGE DE LA DUREE DU CYCLE DE L'HABILETE DE NIVEAU 5. 195
TABLEAU 103 : REPARTITION FILLES/GARÇONS POUR LE NIVEAU 5 D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE. 196
TABLEAU 104 : REPARTITION DE LA POPULATION PAR NIVEAU D'HABILETE ET PAR CLASSE DE L'ECOLE PRIMAIRE. 203
TABLEAU 105 : PRINCIPALES VARIATIONS ANGULAIRES EN FONCTION DES NIVEAUX D'HABILETE ENTRE 2 ET 11 ANS A L'ECOLE PRIMAIRE. 204
TABLEAU 106 : CRITERES DE REALISATION SUR L'OBSERVATION DE LA COURSE DE VITESSE EXPRIMES PAR DES STAGIAIRES PE. 228
TABLEAU 107 : TERMES DEFINISSANT LA COURSE DE VITESSE POUR DES ETUDIANTS PROFESSEURS D'ECOLE. 230
TABLEAU 108 : NOMBRE D'ETUDIANTS EN POURCENTAGE CLASSANT LES DIFFERENTES PHASES DE LA COURSE DE VITESSE EN FONCTION DE LEUR IMPORTANCE A LEURS YEUX. 231
TABLEAU 109 : POURCENTAGES D'ETUDIANTS PE CITANT DIFFERENTS CRITERES DE REALISATION SUR LA PHASE DE VITESSE STABILISEE EN COURSE DE VITESSE. 232
TABLEAU 110 : LES DIFFERENTES ETAPES CONSTITUTIVES DU CD-ROM VERSION 1.0 244
TABLEAU 111 : VALEURS DES DIFFERENTS INDICATEURS DU VISEUR POUR LES 5 NIVEAUX D'HABILETE. 258
TABLEAU 112 : MODELISATION DU DEVELOPPEMENT DE LA FOULEE CHEZ L'ENFANT EN 5 NIVEAUX. 259
TABLEAU 113 : LES 7 ETAPES CONSTITUTIVES DE L'INSTRUMENT POUR APPRENDRE, VERSION 2.0, ... 269
TABLEAU 114 : PROFILS DES RESULTATS DE LA FORMATION ET POURCENTAGE CORRESPONDANT DE LA POPULATION ETUDIEE. 286

Table des matières

CHAPITRE I. POSITION DU PROBLEME : FINALITES DE LA RECHERCHE, ETAT DES CONNAISSANCES TECHNIQUES ET DES MODELES ANTERIEURS RELATIFS A L'ACTION ETUDIEE 5

I.1. UNE RECHERCHE SUR LA COURSE 7
I.1.1. La course 7
I.1.1.1. La course de vitesse : un système complexe 7
I.1.1.2. Les différentes phases de la course à vitesse maximale 8
I.1.2. Précisions terminologiques 13
I.1.2.1. Aptitudes et capacités 13
I.1.2.2. Capacité et compétence 13
I.1.2.3. l'habileté motrice 14
I.2. UNE RECHERCHE SUR LE DEVELOPPEMENT 17
I.2.1. Le développement moteur / l'apprentissage moteur : définitions 17
I.2.1.1. Développement versus apprentissage 17
I.2.1.2. L'échelle temporelle 18
I.2.1.3. L'irréversibilité versus possibilité d'oubli 18
I.2.1.4. Multitude d'aspects communs, versus diversité des modes d'apprentissage 19
I.2.1.5. Contraintes temporelles par les programmes de croissance versus apprentissage non soumis systématiquement à ces contraintes. 19
I.2.1.6. Développement comme condition préalable aux apprentissages versus apprentissage non obligatoire pour le développement 19
I.2.1.7. Modifications en fonction de l'âge versus modifications en fonction de la répétition ou de l'expérience 20
I.2.2. les recherches sur le développement moteur 21
I.2.3. Les recherches développementales descriptives en course de vitesse 22
I.2.3.1. Etudes descriptives globales 22
I.2.3.2. Les études descriptives segmentaires 25
I.2.4. Conclusion 25
I.3. UNE RECHERCHE BIOMECANIQUE 26
I.3.1. Evolution de la course à vitesse maximale chez l'enfant 27
I.3.1.1. Evolution des paramètres spatio-temporels 27
I.3.1.2. Analyse cinématique 41
I.3.1.3. Conclusions 50
I.3.2. La cinématique de la course de vitesse des adultes comparée à celle des enfants 51
I.3.3. Conclusion : 51
I.4. UNE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE A VISEE DIDACTIQUE 54
I.4.1. un problème de didactique 54
I.4.2. les savoirs à transmettre recommandés par les Instructions officielles .. 55
I.4.3. Les savoirs professionnels empiriques 56
I.4.4. les modélisations au service de l'apprentissage 60
I.4.4.1. Qu'est-ce que modéliser ? 60
I.4.4.2. Pourquoi modéliser ? 62
I.4.4.3. Les différentes modélisations de la foulée 62
I.4.4.4. Conclusions 65
I.5. CONCLUSION DU CHAPITRE 67

CHAPITRE II. MODELISATION DE DEVELOPPEMENT DE LA COURSE A VITESSE MAXIMALE CHEZ L'ENFANT ENTRE 2 ET 11 ANS..... 68

II.1. CHOIX DE LA REPRESENTATION PARAMETRIQUE : POULAINE D'OREILLE VERSUS POULAINE DE HANCHE 70
II.1.1. Sujets *70*
II.1.1.1. Présentation des écoles 71
II.1.1.2. Démarche de présentation de l'étude aux écoles 72
II.1.1.3. Descriptif de la population étudiée 73
II.1.2. Matériel *73*
II.1.3. Modalités *75*
II.1.3.1. Les variables sur la poulaine 76
II.1.3.2. Les autres descripteurs d'une course 79
II.1.3.3. Les erreurs possibles 94
II.1.4. Traitement des données *97*
II.1.5. Résultats *97*
II.1.5.1. Vérification de la population 97
II.1.5.2. Comparaison des corrélations 98
II.1.6. Discussion des résultats *100*
II.1.7. Conclusion *104*
II.2. REPARTITION DE LA POPULATION ETUDIEE EN CLASSES DISTINCTES 106
II.2.1. Démarche *107*
II.2.2. Vérification de l'homogénéité de la population *107*
II.2.2.1. Traitement des données 107
II.2.2.2. Résultats 110
II.2.2.3. Discussion des résultats 114
II.2.3. Conclusion *116*
II.3. LES DIFFERENTES CLASSES DANS NOTRE POPULATION : 117
II.3.1. Modalités *117*
II.3.2. Traitement des données *118*
II.3.3. Résultats *118*
II.3.3.1. Détermination des classes 118
II.3.3.2. Choix du nombre de classes 119
II.3.3.3. Confirmation des six classes par ACP 124
II.3.4. Conclusion *143*
II.4. LES DIFFERENTS NIVEAUX D'HABILETE EN COURSE A VITESSE MAXIMALE CHEZ L'ENFANT ENTRE 2 ET 11 ANS 146
II.4.1. Détermination des niveaux d'habileté *146*
II.4.2. Description des niveaux d'habileté *148*
II.4.2.1. L'habileté de niveau 1 149
II.4.2.2. L'habileté de niveau 2 159
II.4.2.3. L'habileté de niveau 3 169
II.4.2.4. L'habileté de niveau 4a 178
II.4.2.5. L'habileté de niveau 4b 187
II.4.2.6. L'habileté de niveau 5 195
II.4.3. Présentation synthétique *203*
II.4.4. Conclusion *207*

CHAPITRE III. DEVELOPPEMENT DE L'INSTRUMENT PERMETTANT D'APPRENDRE A LIRE LE COMPORTEMENT DE L'ENFANT EN COURSE..... 208

III.1. ELABORATION THEORIQUE DE L'OUTIL POUR APPRENDRE A LIRE LA FOULEE 211
III.1.1. Un problème de formation *211*
III.1.2. Evaluation des élèves : entre transmettre des connaissances et s'approprier savoirs et savoir-faire, une formation à construire. *213*
III.1.3. Un instrument pour apprendre : étude des sous-systèmes *216*
III.1.3.1. Analyse du système « situation de formation » 216
III.1.3.2. Le sous-système des savoirs 217
III.1.3.3. Le sous-système des stagiaires 226
III.1.3.4. Le sous-système du contexte 237
III.1.3.5. le sous-système du formateur 240
III.1.3.6. Structure de l'instrument 244
III.2. MISE EN ŒUVRE DES ESSAIS ET EVALUATION 245
III.2.1. Première étape : expérimentation de la version 1.0 ..... *245*
III.2.1.1. Présentation de la version 1.0 245
III.2.1.2. Validation de la version 1.0 250
III.2.1.3. Conclusion 256
III.2.2. Expérimentation de la version 2.0 ..... *256*
III.2.2.1. la version 2.0 256
III.2.2.2. Evaluation de la version 2.0 270
CONCLUSION : EVALUATION DE LA RECHERCHE 296

Bibliographie 376

Table des illustrations 416

Table des tableaux.....423

Annexes : .....**Tome 2**

Résumé :

Ce travail analyse la course de vitesse des enfants de l'école primaire et élabore, pour la formation des enseignants, un outil d'apprentissage de la lecture de cette course .
La première partie a permis d'isoler des niveaux d'habileté en course de vitesse indépendamment de l'âge des enfants. Pour cela 270 enfants entre 2 et 11 ans ont été filmés et leur course analysée grâce au logiciel 3D vision de Gilles Dietrich. Chaque course a été identifiée par des indicateurs (temporels, spatio-temporels et angulaires) et par des mesures prises sur une représentation paramétrique de la trajectoire de la pointe du pied, le point fixe retenu étant l'oreille (la poulaine d'oreille). Un tri hiérarchique a permis de cerner 6, puis niveaux d'habileté en course de vitesse chez les enfants. Chaque niveau a été décrit, principales caractéristiques isolées par une analyse en composante principale. Une premi modélisation des différents niveaux est proposée sous la forme d'une poulaine moyenne.
D'une manière empirique, un cd-rom d'apprentissage de la lecture du mouvement a été con et testé auprès de stagiaires professeur d'école. Les résultats obtenus ont mis en évidence l difficulté de compréhension de la poulaine d'oreille. Ils ont conduit à une nouvell modélisation, plus figurative, des niveaux de course par un « viseur ». Cette modélisation, prend en compte l'inclinaison du tronc, la position de la cheville et la position de la cuisse. Ils sont également à l'origine de transformations dans la conception de l'instrument pour apprendre. Le second cd-rom a été testé auprès d'enseignants stagiaires, il conduit à une meilleure analyse de la course des élèves.
Mots clés : Didactique, course de vitesse, modèle, formation professionnelle, lecture du mouvement

Abstract :

This work analyses the sprint for the primary school children and elaborates, for teachers, a teaching aid to analyse the sprint.
The first part has allowed to isolate some physical levels in sprint apart from the age of the children. For this, two hundred and seventy children between two and eleven years old have been filmed and there sprint analysed thanks to the 3D vision software by Gilles Dietrich. Each sprint has been identified by indicators (time, space and time and angle) and by measures taken on a parametric representation of the toes positions. The fixed point being the ear ("poulaine d'oreille"). A hierarchical selection has allowed to define six , then five, physical levels in the children sprint. Each level has been described, the main characteristics isolated by an analysis in the main component. A first shape of the different levels is proposed as an average "poulaine". A CD ROM to learn the movement analysis has been created and tested by some students. The results have made clear the difficulty of comprehension of the "poulaine". They led to a new shape, more representative of the sprint level by a "sight". This shape takes into account the trunk tilt, the position of the ankle and the position of the thigh. They are also the basis of the changes in the conception of the instrument . The second CD ROM has been tested by trainee teachers and led to a better analysis of the pupils'sprint.

Key Words : Didactic, sprint, model, professional formation, movement reading

UNIVERSITE DE LA REUNION

UFR STAPS

Annexes

de

Jean Paul Gérard

SERVICE COMMUN DE LA DOCUMENTATION
UNIVERSITE DE LA REUNION

Thèse soutenue le Le 6 octobre 2003

SCD UNIVERSITE DE LA REUNION
273152 0350

I.I TH 34 F /2

UNIVERSITE DE LA REUNION

UFR STAPS

Annexes

de

Jean Paul Gérard

Thèse soutenue le Le 6 octobre 2003

273152

ANNEXE I. : LA CINEMATIQUE DE LA COURSE A VITESSE MAXIMALE CHEZ LES ADULTES COMPAREE A CELLE DES ENFANTS.

Dans un souci de mise en perspective des résultats, pour une compréhension du sens du développement de la foulée après l'enfance, nous avons fait une revue bibliographique de la cinématique de la course à vitesse maximale pour les adultes.

Les études sur les adultes en course à vitesse maximale sont nombreuses et portent à la fois sur les adultes experts dans la discipline de sprint, champions du monde et détenteurs de records ou sur des sujets dont le degré d'expertise est moindre, athlète de niveau régional, mais également sur les adultes plus âgés, qu'ils soient anciens experts ou non. Dans le but d'examiner la course à vitesse maximale mature en relation avec celle des enfants, nous entreprendrons la revue des parties identiques : les paramètres spatio-temporels et l'analyse cinématique.

I.1. Les paramètres spatio-temporels

Nous aborderons dans un premier temps la notion de vitesse maximale et les facteurs l'influençant, puis les paramètres de la foulée en course à vitesse maximale.

I.1.1. Notion de vitesse maximale pour les adultes

I.1.1.1. Vitesse maximale et sprint

Le temps est différent si la course se fait départ arrêté ou départ lancé. C'est le cas pour les temps pris sur 100 mètres et lors du relais 4X 100 m. Les vitesses sont différentes et Newsholme, Leech & Duester (1998) rapportent pour Carl Lewis une différence de vitesse moyenne de plus de 1 $m.s^{-1}$.

Tableau 1 : Différences de temps en seconde et de vitesse moyenne en $m.s^{-1}$ de Carl Lewis selon Newsholme, Leech & Duester (1998)

	Temps	Vitesse
100 m	9,86	10,14
100 m départ volant	8,91	11,22

Pour étudier la foulée à vitesse maximale, il faut auparavant définir la vitesse maximale et indiquer à quel moment les sprinters sont à vitesse maximale. Ikai (1968), Ae & al (1991), Pradet & Hubiche (1993), Delecluze & al (1995), Gazeau (1997) ont étudié les variations de la vitesse sur des courtes distances en particulier sur la course de 100 mètres, ils

distinguent communément trois phases dans une course de vitesse, la phase de départ, la phase d'accélération et la phase de maintien de la vitesse.

La vitesse maximale n'est pas atteinte par tous les coureurs au même moment. Ae, Suzuki, Ito, Matsuo, Kobayashi (1991), analysant les courses des championnats du monde de Tokyo, ont montré que les coureurs n'atteignent pas tous en même temps leur vitesse maximale; sur 67 sprinters, 15 coureurs atteignent leur vitesse maximale entre 60-70 m, 33 entre 50-60 m et 19 entre 40-50 m. De plus, ils indiquent que la plupart des sprinters montrent une courbe de vitesse qui présente un double pic, rejoignant en cela Ikai (1968). Gazeau (1997) étudiant 117 performances des ½ finales et finale des Jeux Olympiques de Séoul montre que les meilleurs athlètes sont ceux qui parviennent à augmenter la vitesse pondérée du deuxième 50 m par rapport au premier.

La vitesse dans un sprint court présente un plateau et diminue sur la fin de la course (Ikai 1968, Ae & al 1991, Pradet & Hubiche 1993, Delecluze & al 1995, Gazeau 1997).

Comme la vitesse maximale dans un sprint de 100 m est atteinte par les adultes après une mise en action conséquente, entre 40 et 70 m, le plateau de vitesse maximale n'a lieu que pendant un court laps de temps sur une distance de 10 à 30 m selon les coureurs. Pour analyser la foulée en course à vitesse maximale, il faut donc pour les adultes étudier les foulées dans cet intervalle et Chow (1987) définit la vitesse maximale comme la vitesse obtenue en faisant la moyenne des 5 foulées consécutives les plus rapides d'une course sur 100 m.

En comparaison la vitesse maximale sur une foulée est atteinte par les enfants à des distances bien inférieures : 25 m pour les garçons entre 8 et 11 ans, 20 m pour les filles (Ikai 1967), 18m à 6 ans et 10 m à 2 ans (Fortney 1983).

I.1.1.2. Facteurs influençant la vitesse maximale.

Chez les adultes la vitesse maximale sur une foulée est dépendante d'un certain nombre de facteurs, le niveau de pratique, la performance réalisée, l'âge, la taille, le sexe, la composition musculaire, la fatigue, le type de course.

I.1.1.2.1. La performance

Certaines recherches se sont attachées à la foulée des coureurs quand ils sont à vitesse maximale (Mero, Luthanen & Komi 1986, Yokoi et al 1987, Hamilton 1993, Vardaxis et Hoshizaki 1989). Nous présentons les résultats de leurs travaux dans le tableau ci-dessous. Les valeurs indiquées par Vardaxis & Hoshizaki (1989) sont des moyennes de la foulée la plus rapide pour un coureur sur 5 ou 6 courses, les valeurs indiquées par Méro & al (1986)ou Méro & Komi (1986) sont des moyennes de la vitesse de la foulée la plus rapide de plusieurs coureurs.

Tableau 2 : Variations de la performance en secondes et de la vitesse maximale en $m.s^{-1}$.

Auteurs	Nombre	Performance sur 100 m	Vitesse maximale
Méro & Komi 1986	8	12.22 s ± 0.28	8.77 $m.s^{-1}$ ± 0.30
Vardaxis & Hoshizaki 1989	1G	12.15 s ± 0.13	9.40 $m.s^{-1}$ ± 0.4

Méro & al 1986	7 F	11.95 s ± 0.5	8,71 $m.s^{-1}$ ± 0,38
Vardaxis & Hoshizaki 1989	1G	11.68 s ± 0.15	9.11 $m.s^{-1}$ ± 0.35
Méro & Komi 1986	6	10.96 s ± 0.19	9.78 $m.s^{-1}$ ± 0.42
Méro & al 1986	11G	10.84 s ± 0.29	9,58 $m.s^{-1}$ ± 0,46
Vardaxis & Hoshizaki 1989	1G	10.69 s ± 0.16	10.32 $m.s^{-1}$ ± 0.35
Méro & Komi 1986	5	10.62 s ± 0.04	10.16 $m.s^{-1}$ ± 0.15
Vardaxis & Hoshizaki 1989	1G	10.59 s ± 0.17	10.15 $m.s^{-1}$ ± 0.45

Il apparaît, ce qui est logique, que plus la performance est élevée, plus la vitesse maximale sur une foulée est importante, 8.77 $m.s^{-1}$ pour une performance de 12.22 s sur 100 m, et 10.15 $m.s^{-1}$ pour une performance de 10.59 s sur 100 m. Par contre, pour des performances proches, les vitesses maximales moyennes trouvées n'augmentent pas toujours avec l'amélioration de la performance. Les différences proviennent certainement des conditions de calcul de la vitesse maximale, mais peuvent également s'expliquer par des habiletés différentes qui se traduisent par des mises en action plus ou moins rapides et une capacité à maintenir une grande vitesse plus ou moins longtemps. Il est donc possible de produire une vitesse maximale très élevée, mais de ne pas être capable de la conserver très longtemps. La performance finale est alors différente.

I.1.1.2.2. Les niveaux d'habileté

En biomécanique, les études pour déterminer les niveaux d'habileté se font par comparaison. Ces études utilisent des critères de partage de la population et ensuite comparent les différences électromyographiques, cinétiques et d'organisation corporelle entre les deux populations.

Les études biomécaniques comparatives sur la course à vitesse maximale, en vue de déterminer les différences dans les organisations corporelles entre les coureurs, spécifient le niveau d'habileté des sujets. Les critères de classification sont la meilleure performance de l'année, le nombre d'années de pratique dans la discipline ou l'âge (enfants, adolescents, adultes). Les auteurs classent alors les coureurs en athlètes de haut niveau (Mann & Sprague 1980), athlètes de bon, moyen ou faible niveau (Mann & al 1986), sprinters avancés et intermédiaires (Vardaxis & Hoshizaki 1989). Certaines études comparent les organisations corporelles de coureurs de disciplines différentes quand ils sont confrontés à une même tâche, décathloniens opposés aux spécialistes du 100 m, sprinters et sauteurs en longueur, sprinters et coureurs de fond ou de demi-fond.

Il apparaît que les sprinters ont une organisation corporelle différente des hurdlers dans une course sur le plat, course plus en fréquence, trajet du pied plus plat, jambe libre moins fléchie, un compas entre les deux cuisses au moment de l'appui et au moment du quitté moindre pour les coureurs sur haies (Pauly 1991). Les spécialistes en saut en longueur comparés à des non-spécialistes en saut ont des foulées plus grandes pour un temps d'appui plus court et une vitesse plus grande dans la course de sprint mais également dans la course précédant un saut en longueur (Glize & Laurent 1990). Les coureurs de niveau d'habileté plus élevé développent un pic de puissance plus tôt dans la phase d'appui (Vassilis & Hoshizaki

1989). La différence de niveau d'habileté ne vient pas seulement des capacités de mobilisation énergétique, mais également de l'efficacité mécanique (Saito & al 1983).

Les niveaux d'habileté se manifestent donc par des organisations corporelles différentes, des capacités de mobilisation énergétique, une efficacité mécanique qui aboutissent à une meilleure performance. Mais si la performance est identique, peut-on dire que le niveau d'habileté est équivalent ?

Yokoi, & al (1987) dans une étude comparative de 9 grands sprinters et 9 petits sprinters montrent que les petits sprinters présentent une organisation corporelle différente pour parvenir au même résultat : une vitesse maximale sensiblement identique 9.30 $m.s^{-1}$ ± 0.238 pour les grands et 9.36 $m.s^{-1}$ ± 0.389 pour les petits. L'étude montre que même si la taille et la longueur des jambes sont significativement différentes entre les deux groupes, le centre de gravité calculé pour une position en sprint n'est pas, quant à lui, significativement différent. Le rapport de hauteur du C.G. au moment de la phase d'appui est significativement plus grand chez les petits coureurs, ils courent plus haut sur l'appui. Il existe d'autres différences chez les coureurs de plus petite taille : l'inclinaison du buste est plus grande; au quitté la jambe est plus étendue par rapport à la hanche, indiquant une position plus en arrière de la cuisse et du pied; au posé, la jambe libre est plus pliée vers la hanche, elle montre en outre une plus grande vélocité dans la rotation autour de la hanche. Ces différences d'organisation indiquent deux habiletés différentes même si la performance est identique, un autre facteur intervient, la taille.

I.1.1.2.3. La taille

La taille ou la dimension à l'enfourchure sont les paramètres étudiés par les chercheurs dans leur relation avec la vitesse ou encore avec l'amplitude des foulées ou leur fréquence. Hoffmann (1971) dans une étude des meilleurs sprinters mondiaux rapporte une corrélation positive entre taille et longueur des foulées maximale et moyenne. L'étude citée ci-dessus de Yokoi et al (1987) indique une influence de la taille sur l'organisation corporelle des coureurs pour obtenir une performance équivalente. Pauly (1991) dans une étude comparative entre sprinter et hurdler rapporte l'amplitude à l'enfourchure et montre que les contraintes spécifiques des épreuves imposent une attitude de course différente.

La taille semble influencer la vitesse maximale de course chez l'adulte ou du moins l'amplitude de la foulée. Les résultats chez les enfants avaient montré une tendance similaire pour la performance à une course et nous devrons donc tenir compte de ce facteur pour différencier les habiletés en introduisant le concept de vitesse relative, rapportée à l'index de stature.

I.1.1.2.4. Le sexe

Klimmer (1978) analyse les records mondiaux. Les temps des hommes sont en général 10% inférieurs à ceux des femmes.

Le tableau ci-dessous représente les temps lors des finales du 100 m hommes et femmes aux Jeux Olympiques à Sydney.

Tableau 3 : Résultats en seconde des finales hommes et dames à Sidney.

	Hommes	temps	Dames	temps
1	Maurice Greene (USA)	9.87 s	Marion Jones (USA)	10.75 s
2	Ato Boldon (TRI)	9.99 s	Ekaterini Thanou (GRE)	11.12 s
3	Obadele Thompson (BAR)	10.04 s	Tanya Lawrence (JAM)	11.18 s
4	Dwain Chambers (GBR)	10.08 s	Merlene Ottey (JAM)	11.19 s
5	Jonathan Drummond (USA)	10.09 s	Zhanna Pintusevych (UKR)	11.20 s
6	Darren Campbell (GBR)	10.13 s	Chandra Sturrup (BAH)	11.21 s
7	Kim Collins (KNA)	10.17 s	Savetheda Fynes (BAH)	11.22 s
8			Debbie Ferguson (BAH)	11.29 s
	moyenne	10.05 s	moyenne	11.14

Si nous analysons les résultats pour les finales Homme et Femme du 100 m plat, le temps moyen des hommes est toujours sensiblement inférieur de 10% à celui des femmes. Le haut niveau, à un moment donné, représente le niveau d'habileté le plus accompli. Les hommes vont plus vite que les femmes, mais est-ce pour autant qu'ils présentent des niveaux d'habileté différents ? Les études chez les enfants avaient souligné une tendance, avec des résultats contradictoires selon les études : les filles vont moins vite que les garçons au même âge. La différence de performance est-elle due à une différence de niveau d'habileté ou à des possibilités physiques différentes ? L'étude que nous entreprenons devra vérifier s'il existe des corrélations entre vitesse maximale pondérée et le sexe des enfants et analyser les résultats obtenus en fonction du sexe des sujets.

I.1.1.2.5. L'âge

Chez les adultes l'âge est un facteur d'évolution et on parle alors d'involution. Hamilton (1993) dans une étude sur 169 sprinters de 30 ans à plus de 90 ans aux championnats du Monde des vétérans, montre que la vitesse, la longueur des foulées, le temps de suspension, le temps d'appui, le temps de balancier de la jambe libre, l'amplitude du mouvement de la hanche et du genou diminuent avec l'âge alors que la durée de la foulée et le temps d'appui augmentent. Ces résultats sont à mettre en rapport avec la diminution de la vitesse maximale avec l'âge. L'étude rapporte non pas la vitesse maximale, mais la vitesse moyenne. Le tableau ci-dessous rapporte les différences entre chaque groupe d'âge trouvées par Nancy Hamilton (1993).

Tableau 4 : Variation de la vitesse moyenne en course en fonction de l'âge selon Hamilton (1993).

Groupes d'âge	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90+
Vitesse en $m.s^{-1}$	8.93	8.57	8.51	7.85	7.03	6.27	4.91

La vitesse diminue avec l'âge, elle est la conséquence d'organisations corporelles différentes qui se traduisent par des variations au niveau des différentes parties du corps. Il est possible de suivre l'évolution des niveaux d'habileté. Cette évolution est due certainement à une diminution des possibilités physiques et physiologiques des individus, leur niveau d'organisation corporel en étant la conséquence. Chez les enfants, nous avons vu que les différentes études, pour des enfants non-spécialistes d'âge scolaire, reflétent une augmentation de la vitesse jusqu'à l'âge de l'adolescence (Ikai 1968, Matsuo & Fukunaga 1983), puis cette vitesse se stabilise pour ensuite comme le montre Hamilton (1993) diminuer.

Le niveau d'habileté dépend donc de l'âge des sujets mais ce paramètre n'étant pas unique, cela devra nous conduire à estimer en fonction des niveaux d'habileté le pourcentage d'enfants ayant atteint les niveaux déterminés.

I.1.1.2.6. Les conditions du milieu

Certaines études rendent compte de l'influence des conditions extérieures sur la performance en course à vitesse maximale. Les jeux olympiques de Mexico ont été l'occasion de questionnement et des modèles mathématiques ont été proposés pour quantifier l'influence de différents paramètres, altitude, vent, courbure de la piste (Dapena & Feltner 1987 Behncke 1994). Les modèles ne donnent pas les mêmes résultats. Ainsi, Behncke (1994) trouve que l'altitude a un effet de 1 à 2 % à Mexico alors que l'étude de Dapena et Feltner (1987) indique un avantage de seulement 0.45 %. Pour le vent, les résultats des deux études sont également différents, avec une influence inférieure pour Dapena et Feltner (1987).

Il est parfaitement reconnu que le milieu influence les performances, le niveau d'habileté étant similaire. Une étude pour déterminer les différents niveaux d'habileté en course à vitesse maximale devra donc être conduite dans des conditions stabilisées.

I.1.1.2.7. La composition musculaire

Le muscle squelettique est composé de deux fibres différentes, la reconnaissance de ces grands types remontant à Lorenzini en 1678 et à Ranvier en 1873 (Sprumont & Thiebauld 1997). Il est courant maintenant de distinguer les fibres rouges et les fibres blanches à contraction rapide. Les fibres rouges ont une contraction lente et un métabolisme énergétique essentiellement par voie aérobie. Elles sont très résistantes à la fatigue et sont particulièrement sollicitées dans les épreuves d'endurance. Les fibres blanches ont une contraction rapide. Elles sont peu résistantes à la fatigue et utilisent principalement la voie anaérobie. Elles sont particulièrement sollicitées dans des épreuves de type sprint. Il est maintenant fréquent de distinguer également parmi les fibres rapides des fibres intermédiaires qui utilisent les deux voies aérobie et anaérobie. Chez les adultes, la composition musculaire est différente si les coureurs sont des spécialistes de sprint ou de course de longue distance.

Un pourcentage important de fibres rapides dans le muscle est corrélé positivement avec la capacité à courir vite, à mettre en œuvre une fréquence plus grande et une capacité à produire des forces, verticales, horizontales et isométriques maximales, mais inversement corrélé avec l'endurance musculaire (Méro & al 1981).

Chez l'adulte, la répartition dans la composition du muscle entre fibres lentes et rapides varie d'un individu à l'autre dans des pourcentages importants et avec l'âge la proportion de fibres lentes à tendance à augmenter. Il semble que l'activité ait une influence sur la composition musculaire. Il n'est pas étonnant de constater que la spécialisation dans une discipline est associée à une proportion élevée de fibres spécifiques de la qualité sollicitée. Le tableau ci-dessous reprend les données issues des études de Costill & al 1976 sur le pourcentage de fibres lentes et rapides en fonction du type d'activité pratiqué par les individus

Tableau 5 : Pourcentage des fibres du triceps sural chez des athlètes d'élite en valeur moyenne d'après Costill et al (1976).

	Pourcentage de fibres	
	Contraction lente	Contraction rapide
Sprinter	24	76
Coureur de demi-fond	52	48
Coureur de marathon	79	21

En moyenne, les coureurs de 100 m possèdent 75% de fibres rapides alors que les marathoniens n'en disposent que de 20% (Newlshome, Leech, & Duester 1998).

Pour les enfants, ce n'est que vers 2-3 ans que les enfants acquièrent leur répartition de fibres rouges et de fibres blanches. Les caractéristiques morphologiques des fibres musculaires de l'enfant sont identiques en distribution et en surface à celles de l'adulte (Mero & al 1981). La répartition des fibres est-elle identique chez les enfants et chez les adultes avec des différences importantes en fonction du patrimoine génétique et de l'activité des différents enfants ? Cette répartition permet-elle d'expliquer les écarts à la moyenne constatés chez les enfants en fonction de leur âge ?

I.1.1.2.8. La fatigue musculaire

La fatigue dans une course de sprint intervient après l'épuisement des ressources énergétiques anaérobies et l'entrée en activité des processus aérobies. Elle intervient plus ou moins vite en fonction du degré d'entraînement des athlètes et de la longueur du sprint.

Chez l'adulte la fatigue est responsable de certaines modifications des paramètres de la foulée, amplitude et fréquence (Chapmann 1982, Sprague & Mann 1983), dans le timing des différentes parties de la phase d'appui, de la phase de suspension et dans la flexion et extension maximale des différentes articulations de la jambe (Williams 1985). Ces modifications se font à certains seuils dans une course de 400m, indépendantes du sexe, de l'entraînement ou du niveau de l'athlète, elles restent dépendantes des stratégies individuelles (Nummela & al 1996). Malgré tout, des athlètes mieux entraînés maintiennent leurs paramètres de foulées plus longtemps que des athlètes de niveau inférieur (Sprague & Mann 1983).

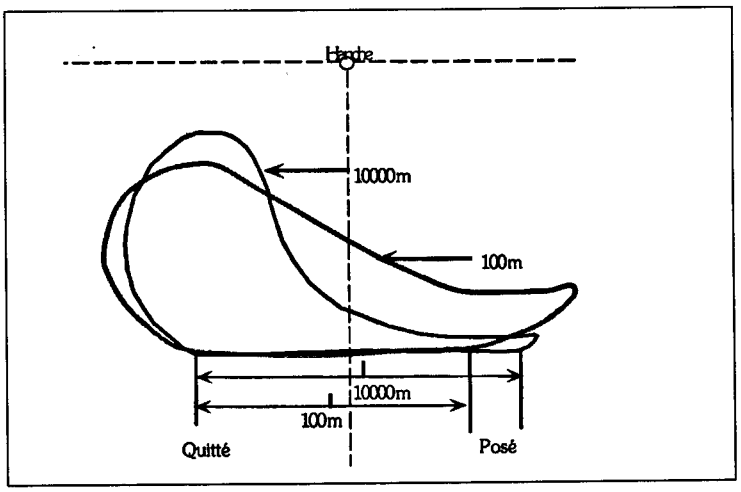
Pour éviter le biais qu'introduirait la fatigue et l'incidence sur l'organisation motrice en course, les prises de données devront se faire dans des conditions qui n'obligent pas les enfants à courir en situation de fatigue.

I.1.1.2.9. Le type de course

Les coureurs adultes adaptent leur habileté motrice en fonction de la course. Pour Stefanyshyn et Nigg (1998) les mêmes coureurs ont une tonicité différente au niveau de la cheville quand ils sont en sprint et quand ils sont en course lente. Ils expriment cette tonicité en Newton par mètre et par degré (N.m/°) et trouvent 5.68 N.m/° pour la course lente et 7.38 N.m/° pour le sprint. Cette tonicité de la cheville n'apparaît pas aux auteurs comme relevant des individus mais d'une spécialisation pour l'activité ou due à l'activité. Les organisations corporelles sont différentes en course lente et en sprint. Alain Durey (1998) indique les transformations entre la course sur 100 m et la course de longue distance. Il propose une

schématisation des foulées par une représentation paramétrique de la trajectoire du pied : la poulaine. Le schéma ci-dessous montre les différences d'organisation corporelle entre deux types de course par la représentation des deux poulaines l'une en sprint sur 100 m, l'autre en course longue 10 000m.

Figure 1 : Trajectoires de la pointe du pied par rapport à la hanche en course longue et en sprint selon Durey(1997).



On peut noter que les deux cycles de jambe sont différents, le pied passant beaucoup plus haut sous la hanche pendant la phase de retour de la jambe libre, le retour de la jambe libre étant plus postérieur, mais moins haut en sprint qu'en course lente. On peut se poser la question de cette adaptation chez les enfants en particulier chez les tout-petits.

La possibilité de différencier la course lente de la course rapide est acquise à l'âge adulte et se manifeste par des adaptations dans l'organisation corporelle. Nous allons donc porter une attention aux évolutions des transformations dans l'organisation corporelle en course à vitesse maximale de l'adulte à l'enfant.

I.1.2. Paramètres de la foulée en course à vitesse maximale

L'amplitude, la fréquence, la durée des temps d'appui et de suspension permettent de différencier les niveaux de performance atteints par les coureurs.

I.1.2.1. Amplitude et fréquence

Le tableau ci-dessus regroupe les données de différentes études sur la course à vitesse maximale. Ces vitesses sont prisent en général au moment où s'établit le plateau de vitesse dans un sprint court sur 100 m. Mais certaines correspondent à la vitesse maximale moyenne sur 30 m chronométrés une fois que la vitesse maximale est atteinte.

Tableau 6 : Amplitude et fréquence à vitesse maximale.

Auteurs	Nb	Vitesse en $m.s^{-1}$	Amplitude en m	Fréquence en Hz

Chow 1987	12 F	8.20 ± 0.10	2.00 ± 0.08	4.11 ± 0.19
Méro, Luthanen & Komi 1986	7F	8.71 ± 0.38	1.91± 0.03	4.55 ± 0.10
Nummela & al 1996	4 F	8.78 ± 0.17	2.08 ± 0.02	4.23 ± 0.09
Méro & al 1981	8 H	9.11 ± 0.12	2.20 ± 0.09	4.17 ± 0.19
Vardaxis & Hoshizaki 1989	1 H	9.11 ± 0.35	2.19 ± 0.1	4.08 ± 0.16
Yokoi & al 1987	9 H	9.30 ± 0.23	2.34 ± 0.22	4.01 ± 0.44
Yokoi & al 1987	9 H	9.36 ± 0.39	2.18 ± 0.26	4.35 ± 0.4
Vardaxis & Hoshizaki 1989	1 H	9.40 ± 0.40	2.26 ± 0.08	4.10 ± 0.15
Méro & al 1981	8 H	9.44 ± 0.09	2.16 ± 0.09	4.37 ± 0.19
Méro, Luthanen & Komi 1986	11 H	9.58 ± 0.46	2.16 ± 0.04	4.44 ± 0.14
Méro & al 1981	9 H	9.75 ± 0.19	2.17 ±0.1	4.51 ± 0.22
Nummela & al 1996	7 H	10.1 ± 0.21	2.39 ± 0.08	4.24 ± 0.08
Vardaxis & Hoshizaki 1989	1 H	10.1 ± 0.45	2.40 ± 0.08	4.27 ± 0.10
Vardaxis & Hoshizaki 1989	1 H	10.32 ± 0.35	2.38 ± 0.1	4.3 h ± 0.16

Quand la vitesse augmente, globalement l'amplitude et la fréquence augmentent. Les sprinters de haut niveau sont les coureurs capables d'une grande fréquence et d'une grande amplitude (Mann 1985).

Certains chercheurs montrent que pour améliorer leurs performances, les sprinters jouent en particulier sur la fréquence (Dillman 1975, Hunz & Kaufmann 1981, Mann 1985, Vardaxis & Hoshizaki 1989, Nummela & al 1996, Durey 1997). L'augmentation en fréquence est due à une diminution du temps de suspension. Dillman rapporte des études de Saito & al (1974), Osterhoudt (1968) et Buchanan (1971) qui font état de diminution de l'amplitude des foulées à la vitesse maximale.

Frishberg (1981) rapporte des transformations différentes suivant les sujets analysés. Il montre que les améliorations en vitesse pour 4 coureurs entre le milieu et la fin de saison résultent de l'entraînement mais également du style du coureur. Pour des augmentations de performances similaires (8.62 m/s à 9.62 m/s) 2 coureurs manifestent une augmentation de fréquence et une diminution du temps de suspension concomitante, pour un temps d'appui inchangé ; un coureur augmente sa fréquence par une diminution du temps d'appui et un temps de suspension constant, le dernier n'augmente pas sa fréquence mais obtient un gain de vitesse grâce une plus grande amplitude.

Le rapport optimal entre amplitude et fréquence est individuel. Il dépend de la taille, de la longueur des membres inférieurs et de la plus ou moins grande rapidité des contractions musculaires. Kunz et Kaufmann (1981), Frishberg (1981), Hamilton (1993) précisent qu'il dépend également de l'âge des coureurs, les deux paramètres évoluant simultanément : diminution de la fréquence et de l'amplitude de la foulée.

Les athlétes, femmes et les hommes, de haut niveau en course à vitesse maximale, présentent des fréquences similaires. Le tableau ci-dessous met en parallèle les performances à vitesse maximale de femmes et d'hommes (en jaune) qui courent avec la même fréquence d'appui. Ces vitesses sont prisent en général au moment où s'établit le plateau de vitesse dans un sprint court sur 100 m. Mais certaines correspondent à la vitesse maximale moyenne sur 30 m chronométrés une fois que la vitesse maximale est atteinte.

Tableau 7 : Vitesse maximale, amplitude et fréquence pour des athlètes filles et garçons.

Auteurs	Nombre	Taille	Vitesse	Vitesse	Amplitude	Fréquence
Chow 1987	12 F	167.5 cm ± 6	Maximale	8.20 $m.s^{-1}$ ± 0.10	2.00 m ± 0.08	4.11 Hz ± 0.19
Vardaxis & Hoshizaki 1989	1 G	1.83 cm	Maximale	9.40 $m.s^{-1}$ ± 0.40	2.26 m ± 0.08	4.10 Hz ± 0.15
Nummela & al 1996	4 F	169.6cm ± 3.7	Moyenne sur 30 m lancer	8.78 $m.s^{-1}$ ± 0.17	2.08 m ± 0.02	4.23 Hz ± 0.09
Nummela & al 1996	7 G	184.9 cm ± 2.9	Moyenne sur 30 m lancé	10.12 $m.s^{-1}$ ± 0.21	2.39 m ± 0.08	4.24 Hz ± 0.08
Méro, Luthanen & Komi 1986	7F	167.1cm ± 5	Maximale	8.71 $m.s^{-1}$ ± 0.38	1.91m ± 0.03	4.55 Hz ± 0.10
Méro & al 1981	9 G	180cm ± 6	Moyenne sur 30 m lancer	9.75 $m.s^{-1}$ ± 0.19	2.17 m ±0.1	4.51 Hz ±0.22

Pour des fréquences équivalentes, les femmes montrent une amplitude inférieure de l'ordre de 10 à 15%, une vitesse de 10 à 13% inférieure, mais également une taille de 8% inférieure. La différence de performance entre homme et femme s'explique certainement, pour une grande partie, par la différence de taille.

Chez les enfants, en course à vitesse maximale, l'amplitude augmente avec l'âge, et passe de 0,90 m à 4 ans à 1,50 m à 11 ans, mais dans le même temps la taille passe de sensiblement 1m à 1,5 m. Le tableau ci-dessous présente les amplitudes rapportées à une taille égale à 1, dans les études pour lesquelles nous disposions des paramètres de taille et d'amplitude.

Tableau 8 : Amplitude à vitesse maximale en pourcentage de la taille d'après les études de Balsevich 1987 et Miyamaru & al 1987.

Références	Age Nb	4	5	6	7	8	9 /10	11 /12	13 /14	15 /16	17 /19	Adultes
Miyamaru 1987	89 G	0.87	0.86	0.95	0.94							
	106 F	0.86	0.94	0.98	1.02							
Balsevich 1987	245		0.83		0.93		0.91	1.09	1.12	1.03	1.10	0.93
Chow 1987	12 F											1.20
Nummela & al 1996	4 F											1.23
Méro & al 1986	7 F											1.14

Références	Age Nb	4	5	6	7	8	9 /10	11 /12	13 /14	15 /16	17 /19	Adul tes
Vardaxis & Hoshizaki 1989	1 G											1.23
Nummela & al 1996	7 G											1.30
Méro & al 1981	9 G											1.21

F = fille, G= garçon

Si nous comparons l'amplitude rapportée à une taille 1, nous pouvons constater que celle-ci augmente avec l'âge et peut-être plus rapidement pour les filles que pour les garçons. Concernant les adultes experts, ce rapport est supérieur pour les hommes. Le sens de l'amélioration de l'enfant à l'adulte entraîné va vers une augmentation du rapport amplitude-taille. Mais si on considère les adultes non-spécialistes, il apparaît avec Balsevich (1987) que les enfants dès l'âge de 7 ans ont atteint le rapport des adultes non entraînés.

Pour les fréquences chez les enfants, nous l'avons vu, les avis divergent, légère augmentation avec l'âge ou une fréquence de sensiblement 4 Hz acquise dès l'âge de 2 ans, le sens du progrès est donc dans un dépassement de cette fréquence de 4 Hz.

I.1.2.2. Temps d'appui et temps de suspension

La durée du cycle de course diminue quand la vitesse augmente et par exemple passe de 746 ms à 3.4 $m.s^{-1}$ à 492 ms à 9.2 $m.s^{-1}$ (Williams 1985).

Le temps d'appui diminue quand la vitesse de course augmente. En sprint, la durée d'un appui en pourcentage du temps du cycle représente 22%, alors qu'en course lente il représente 37% de la durée du cycle (Novacheck 1998).

Le temps de suspension, lui, augmente (Dillmann 1975, Grillner & al 1979, Kunz & Kaufmann 1981, Nilsson & Thorstensson 1987, Nilsson, Thorstensson & Habertsma 1985, Durey 1997). Pour obtenir la vitesse maximale, les adultes diminuent la durée de la phase d'appui et d'une manière conséquente la phase aérienne du cycle de la foulée Dillman 1975. C'est par une diminution de la phase d'amortissement que les athlètes parviennent à réduire la durée de la phase d'appui (Dillmann 1975, Durey 1997).

Avec l'âge, pour les adultes, le temps d'appui à vitesse maximale recommence à augmenter et le temps de suspension à diminuer (Hamilton 1993, Balsevich 1987).

La fatigue dans un sprint long, 400m, entraîne une diminution de la fréquence due à une augmentation du seul temps d'appui. Le temps d'appui augmente de 20.5 % entre la plus petite valeur et la fin du 400m. L'augmentation n'est pas linéaire et il existe deux seuils de 6 et 7 ms, à 140m ± 17 et 341m ± 8 (Nummela & al 1996).

Le tableau ci-dessous regroupe les données de différentes études concernant le temps de suspension et le temps d'appui en course à vitesse maximale chez l'adulte.

Tableau 9 : En course à vitesse maximale en $m.s^{-1}$, temps d'appui et temps de suspension en ms.

Références	Année	Vitesse moyenne	Temps de suspension	Temps d'appui
Balsevich 1987	5-6	4.7	78	164
	7-8	4.8	87	161
	9-10	5.09	87	160
	11-12	6.85	107	128
	13-14	7.76	113	123
	15-16	7.33	117	124
	17-19	8.46	107	120
Chow 1987	Etudiantes	8.20	130	114
Mero & al (1986)	20.1	8.71	120	91
	19.8	9.58	114	93
Hamilton (1993)	30-39	8.93	120	126
	40-49	8.57	112	125
	50-59	8.51	106	128
	60-69	7.85	102	140
	70-79	7.03	89	158
	80-89	6.27	75	180

Pour les enfants, le sens des améliorations avec l'âge procède d'une diminution du temps d'appui et d'une augmentation du temps de suspension. Pour les adultes, l'amélioration des performances passe par une diminution de la durée de l'appui et la diminution de la phase de suspension, chaque individu devant construire son rapport optimal. L'involution nous montre que les adultes en vieillissant présentent une foulée dans laquelle le temps d'appui augmente et le temps de suspension diminue.

Les enfants dans un premier temps améliorent leur vitesse en augmentant l'amplitude de leur foulée mais avec des impulsions verticales importantes qui entraînent une augmentation du temps de suspension, les adultes entraînés augmentent leur amplitude en diminuant leur temps de suspension par une foulée plus rasante, une meilleure répartition des forces horizontales et verticales. Les adultes en vieillissant perdent leurs qualités de souplesse, de force, de réaction qui conduisent à une perte des organisations corporelles les plus efficaces.

I.1.2.3. Trajectoire du centre de gravité.

Les mouvements de la tête, du buste, de la hanche ou du centre de gravité en course ont été analysés par différents chercheurs pour comprendre les déplacements verticaux du corps en course à vitesse maximale. Dans une revue de question sur le sujet, Dillman (1975) rend compte de divergences d'opinion sur la forme exacte de la courbe.

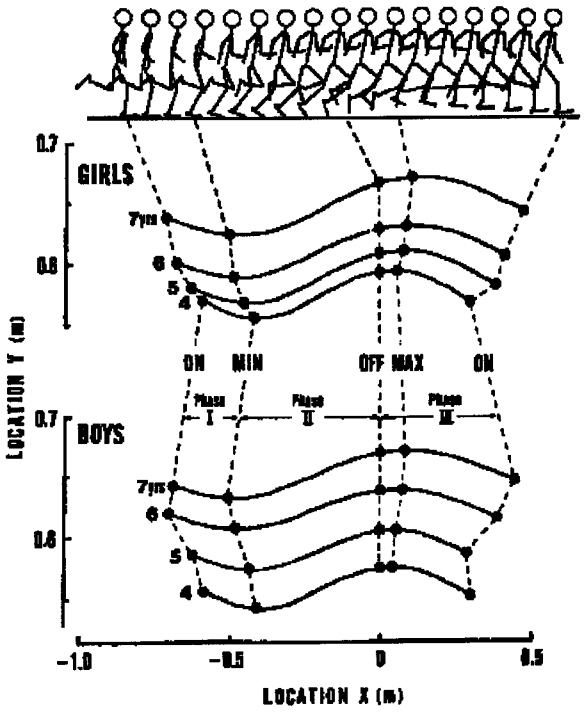
Le centre de gravité décrit une courbe avec son point le plus bas pendant la phase d'appui et son point le plus haut pendant la phase de suspension. C'est sur l'instant précis de ces maximum et minimum que les avis divergent. Les études rapportées par Dillman (1975)

indiquent que le point le plus bas du centre de gravité se trouve peu après le posé et le point le plus haut peu après le quitté et non pas au milieu du posé et au milieu du quitté.

La vitesse verticale et le déplacement vertical ne sont pas recherchés par les meilleurs sprinters, ceux-ci présentant des vitesses verticales inférieures à celles de coureurs de niveau inférieur (Mann 1985). Les coureurs présentant une meilleure habileté en course sont plus hauts sur leur jambe d'appui pendant tout le posé Dillman (1975). Cette différence provient d'une plus grande extension de la jambe d'appui (Yokoi & all 1987).

La figure ci-dessous représente les graphiques proposés par Miyamaru & al (1987) sur les variations du déplacement du centre de gravité avec l'âge.

Tableau 10 : Variation des déplacements du centre de gravité en fonction de l'âge selon Miyamaru et al 1987.



Le point "on" caractérise le posé, le point "off" le quitté. Pour les enfants, l'étude de Miyamaru & al 1987 conforte cette idée de déphasage des minimum et maximum du centre de gravité en course à vitesse maximale.

Les résultats des travaux de recherche vont contre les idées proposées dans les livres sur la course Dyson (1971), Goriot (1980) ou plus récemment Pradet & Hubiche (1993), O'Connor (1999) qui indiquent une courbe du déplacement du centre de gravité sinusoïdale avec un point bas au milieu de l'appui et un point haut au milieu de la phase de suspension.

L'étude des variations de la hauteur du centre de gravité pendant une foulée permet de rendre compte de l'affaissement du coureur pendant l'appui et de l'énergie dépensée par le coureur. Chez les enfants, la variation de hauteur du centre de gravité en course à vitesse maximale au cours d'une foulée augmente avec l'âge en valeur absolue (Fortney 1983, Miyamaru & al 1987, Schepens & al 1998). Chez les adultes, l'étude de Yokoi & al (1987)

montre que les petits coureurs cherchent à rester plus haut sur leur appui pendant l'appui pour aller aussi vite que les grands, réduisant les variations de hauteur du centre de gravité. Schepens, Willems & Cavagna (1998) montrent qu'avec l'augmentation de la vitesse, l'amplitude de cette oscillation diminue chez les adultes, les courbes des adolescents entre 13 et 16 ans se rapprochant de celles des adultes. Pour des filles de 15, 16 et 17 ans Katoh, Miyamaru & Ae (1994) indiquent que cette oscillation diminue. Le sens des transformations de l'oscillation du centre de gravité de l'enfant à l'adulte en course à vitesse maximale semble être une augmentation jusqu'à l'âge de 13-15 ans puis pour des coureurs entraînés une diminution de cette oscillation.

Si cette oscillation est exprimée en valeur relative (rapportée à la taille) elle reste stable entre 4 et 7 ans (Miyamaru & al 1987). Des études complémentaires sont nécessaires pour comprendre l'évolution de ce paramètre avant 4 ans et après 7 ans en course à vitesse maximale.

Le fonctionnement recherché en course à vitesse maximale semble donc être pendant la phase d'appui une jambe plus étendue, un secteur balayé plus grand consécutif à un angle CG-appui/horizontale plus petit, un affaissement du centre de gravité minimum pendant l'appui, un grandissement maximum au quitté pour que le centre de gravité soit déjà très haut et retombe rapidement pendant la phase aérienne de la foulée, contribuant à la réduction de la phase de suspension recherchée par les sprinters de haut niveau.

I.2. Analyse cinématique de la course à vitesse maximale adulte.

Les études sur les variations de l'organisation corporelle de la course à vitesse maximale adulte sont nombreuses et l'intérêt au cours de ces dernières années n'a pas faibli. Elles ont été conduites en deux dimensions et rendent compte du seul plan sagittal (Dillmann 1975, Mann & Hagy 1980, Kunz & Kaufmann 1981, Mann 1985, Kurihara & al 1985, Payne 1983, Nilsson & al 1985, Mann & al 1986, Chengzhi & Zongcheng 1987,Yokoi & al 1987, Pauly 1991, Duverney Guichard 1992, Hamilton 1993, Ito & al 1993, Stefanyshyn & Nigg 1998, 0'connor 1999).

L'étude en 3 dimensions de Novacheck (1998) des différences entre marche, course lente et sprint propose comme vitesse pour le sprint 3.9 ms^{-1} ce qui n'est pas une vitesse de course à vitesse maximale. Il envisage seulement les mouvements à une vitesse de 9 $m.s^{-1}$ dans le plan sagittal. Nous limiterons donc notre revue au plan sagittal, les deux autres plans en course à vitesse maximale chez l'adulte et chez l'adulte expert n'étant pas suffisamment renseignés.

Les études dans le plan sagittal sont, comme pour la course lente, très nombreuses et nous allons tout d'abord envisager le cheville, le genou, la hanche.

I.2.1.1. La cheville

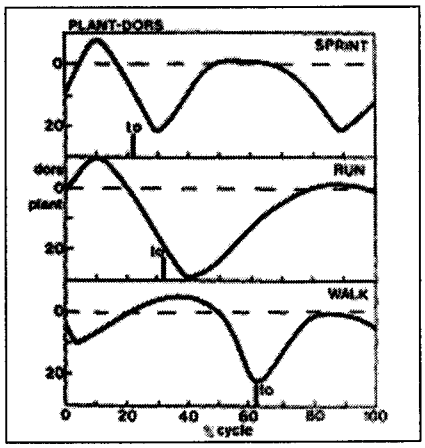
Au moment du posé en fonction des chercheurs. Les sprinters sont *"toujours sur ses orteils"* (Mann & Hagy 1980). *"En sprint, le contact se fait par l'avant pied"* (Novacheck 1998). L'angle de la cheville au moment du posé, dans un plan sagittal, en course dépend du style du coureur et Payne (1983) indique que 56% des sprinters prennent contact avec le sol

avec la partie antérieure de la plante du pied, alors qu'ils ne sont que 7% des coureurs de longue distance.

Pendant l'appui l'amplitude du mouvement est plus restreinte en sprint qu'en course lente (Mann & al 1986, Novacheck 1998).

Le timing des événements change également avec la vitesse, l'instant de flexion et d'extension maximum apparaissent plus tôt quand la vitesse augmente (Mann & Hagy 1980, Mann & al 1985, Novacheck 1998). Les graphiques ci-dessous reprennent les variations de l'angle de la cheville en marche, course et sprint.

Figure 2 : Variations de l'angle de la cheville au cours du cycle en marche course et sprint d'après Mann & Hagy 1980.



En marche chez l'adulte, juste après le posé, il se produit une légère extension, puis une flexion pendant la première partie de la phase de mise en tension, l'extension qui suit se termine au moment du quitté. En course lente et en sprint chez les adultes il n'existe plus d'extension en tout début de la phase d'appui, par contre la flexion commence immédiatement dans la phase de mise en tension, l'extension se produit dans la phase de renvoi et se termine après le quitté (Mann & Hagy 1980, Mann & al 1986, Novacheck 1998).

Nilsson, Thorstensson & Halbertsma (1985) évaluent la tonicité de la cheville par la courbe mettant en rapport le moment des forces au niveau de la cheville et l'angle au niveau de l'articulation. Ainsi définie, la tonicité de la cheville est significativement plus importante en sprint (7.38 ± 1.08 N.m/° pour le sprint et 5.68 ± 0.72 N.m/° pour la course lente). L'étude montre également que la tonicité de la cheville n'est pas une caractéristique individuelle, mais apparaît plus comme une caractéristique de l'activité demandée. L'activité demande donc une habileté particulière et impose une transformation motrice.

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs trouvées dans la littérature pour l'angle de la cheville à différents moments du cycle.

Tableau 11 : Variations, en degré, de l'amplitude du mouvement et de l'angle de la cheville au cours d'une foulée en fonction de l'âge en année et de la vitesse en $m.s^{-1}$.

Auteurs	Nb	Age	Vitesse	Amplitude du mouvement	Phase d'appui	Phase de retour de la jambe libre

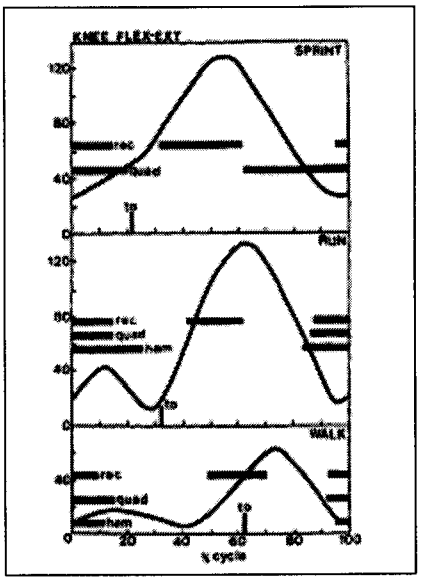
					Posé	Flexion max	Quitté	Extension max	Flexion max
Adultes									
Stefanyshyn & Nigg (1998)	5	22 ± 4	De 7.1 à 8.4		80	100	65		
Mann& Hagy(1980)	2		7,49	30	80	100	85	70	90
Mann & al (1986)	15	22.5 ±3.5	10,8	33	82	98	65	65	90
Nilsson & al (1985)	10	24 ± 5	8	29					
Enfants									
Fortney (1983)		2	2.13		90.17	91.17		91.33	
		4	3.75		81.42	97.92		84.17	
		6	4.26		81.8	100.3		78.2	

Pendant l'appui, les enfants montrent un angle équivalent à celui des adultes, au niveau du posé et de la flexion dorsale au milieu de l'appui, à partir de 4 ans seulement. C'est pendant la phase de retour de la jambe libre que les plus grosses différences apparaissent. Les enfants, jusqu'à 6 ans ont une flexion plantaire moins importante au niveau de la cheville que les adultes, le sens de l'évolution étant une cheville qui reste sensiblement en position neutre chez les tout-petits, à une cheville en forte flexion plantaire dans la phase de retour de la jambe libre chez l'adulte. Nous manquons de données pour comparer les autres moments caractéristiques d'un cycle.

I.2.1.2. Le genou

Pendant l'appui, les mouvements du genou, en course à vitesse maximale chez l'adulte, se distinguent des mouvements en course lente (Mann & Hagy 1980, Mann & al 1986, Chenghi & Zongcheng 1987, Novacheck 1998). Pour illustrer ce propos nous utiliserons les trois graphiques ci-dessous tirés de l'article de Mann & al (1986). Ils représentent les variations de l'angle du genou dans un plan sagittal à différentes allures.

Figure 3 : Mouvement du genou dans le plan sagittal en marche, course et sprint d'après Mann & al (1986).



Ces graphiques montrent que pendant la phase d'appui en course à vitesse maximale, il n'existe pas de flexion/extension. Par opposition en course lente, comme en marche, le posé est suivi d'une flexion puis d'une extension du genou. Le timing des événements est également différent. Le renversement extension/flexion en fin d'appui n'existe pas en sprint, se situe juste avant le quitté en course, bien avant le quitté en marche.

L'extension maximale a lieu juste avant le posé (Mann & al 1986, Mann & Hagy 1980; Williams 1985a). Les valeurs en extension maximale augmentent avec la vitesse, cela signifie que les sprinters présentent une jambe plus fléchie que les coureurs de distance. L'élite des sprinters minimise l'extension de la jambe au quitté, pour minimiser le temps d'appui, pendant le retour de la jambe libre, il montre une plus grande flexion maximale et une flexion plus importante au moment où la cheville de la jambe libre croise la jambe d'appui pendant la phase de retour de la jambe libre (Mann 1985).

Pendant la phase de retour de la jambe libre. Plus la vitesse augmente, plus il y a augmentation de la flexion de la jambe libre. L'angle passe de 30° à 1 m .s^{-1} à 120° à 8 m.s^{-1} (Grillner & al 1979, Williams 1985). Le tableau ci-dessous conforte ce fait, l'amplitude des mouvements du genou dans un plan latéral passe globalement de 90° à 3.4 m.s^{-1} à 123° à 8.93 m.s^{-1}.

Tableau 12 : Amplitude du mouvement, flexion maximale et extension maximale de l'angle du genou (degré), en course en fonction de la vitesse de course (m.s^{-1}) et de l'âge (an).

Auteurs	Nb	Age	Vitesse	Amplitude	Flexion max	Extension max
Milliron et Cavanagh (1990)	4		3.8	99.4	109.3	9.9
Grillner & al (1979)	8	18-27	5	100		
Milliron & Cavanagh (1990)	4		5	103.1	117.3	15.5
Grillner & al (1979)	8	18-27	6	106		
Grillner & al (1979)	8	18-27	7	110		
Kurihara & al (1985)	6	19-20	8.23	114	143	29

Auteurs	Nb	Age	Vitesse	Amplitude	Flexion max	Extension max
Kurihara & al (1985)	6	19-20	8.70	116	148	32
Grillner & al (1979)	8	18-27	8	120		
Mann & al (1986)	15	19-26	10.8	130		30

D'autres études sur le haut niveau proposent des méthodes d'approches différentes pour le calcul de l'angle du genou. Pauly (1991) propose l'angle formé par les segments genou/CG et genou/cheville. Il compare des sprinters, des coureurs sur haies et des décathloniens. A vitesse maximale les sprinters montrent une amplitude de mouvement au niveau du genou plus importante (143.4°) que les hurdlers (136.2°).

Le sens des progrès ou de la spécialisation en course à vitesse maximale semble être dans l'augmentation de l'amplitude des mouvements pendant le cycle, dans une flexion plus importante pendant la phase de retour de la jambe libre, dans une attitude de course qui permet, pendant la phase d'appui, la suppression de la phase d'amortissement par flexion du genou.

Chez les enfants, en course lente il existe ce mouvement de flexion/extension, mais nous n'avons pas trouvé d'indications sur les organisations corporelles des enfants en course à vitesse maximale au niveau du genou dans la phase d'appui. Il serait intéressant de savoir si l'organisation adulte existe chez les enfants et si elle est présente dès que les enfants savent distinguer course lente et course rapide.

I.2.1.3. La hanche

L'angle de la hanche tel que nous le calculons est l'angle inter-segmentaire tronc/cuisse. L'inclinaison du tronc en course modifie la valeur de cet angle. Certains auteurs (Williams 1985, Kurihara 1985) préfèrent le calcul de l'angle de la cuisse par rapport à la verticale ou l'horizontale. Si cette manière de calculer est intéressante parce qu'elle donne accès à l'amplitude des mouvements de la cuisse seule, l'angle inter segmentaire permet de mieux rendre compte de l'organisation corporelle. En revanche, il est nécessaire, dans ce cas, d'étudier l'inclinaison du buste par rapport à la verticale.

Si nous examinons le mouvement d'une hanche dans un plan sagittal en course à vitesse maximale, il présente une sinusoïde correspondant à une flexion extension.

L'extension commence pendant la deuxième partie de la phase de retour de la jambe libre, pour préparer l'instant du posé. Cette extension évite la décélération excessive qui arriverait si le pied était trop loin en avant du centre de gravité au moment du contact (Novacheck 1998). Au moment du posé, la hanche de la jambe d'appui présente un angle de sensiblement 50° (Mann & Hagy 1980, Mann & al 1986).

L'extension augmente dans un premier temps avec l'augmentation de la vitesse de course, mais en course à vitesse maximale cette extension est moindre (Williams 1985, Mann & Hagy 1980, Mann & al 1986, Schache & al 1999). Le sens du progrès en course à vitesse maximale se situe dans une réduction de cette extension, ainsi, pour 6 coureurs non-spécialistes, Kurihara (1985) montre qu'un entraînement a pour conséquence une diminution de cette extension maximale. Les valeurs différentes de l'angle de la hanche en fonction de la vitesse confirment cette réduction. En course à vitesse maximale (9.21 $m.s^{-1}$), l'angle de la

hanche en extension extrême est de l'ordre 20°. En course lente (4.77 $m.s^{-1}$), il est de –5° (la valeur négative indiquant une hyper extension) (Mann & al 1986).

L'extension se termine et le mouvement de flexion ne commence pas au même moment selon les auteurs et les études : à l'instant du quitté (Mann & al 1986) ou après le quitté (Dillmann 1975, Nilsson & al 1985, Mann & Hagy 1980, Williams 1985a, Novacheck 1998). Le tableau ci-dessous reprend les instants d'inversion du mouvement dans les différentes études en rapport avec la vitesse étudiée.

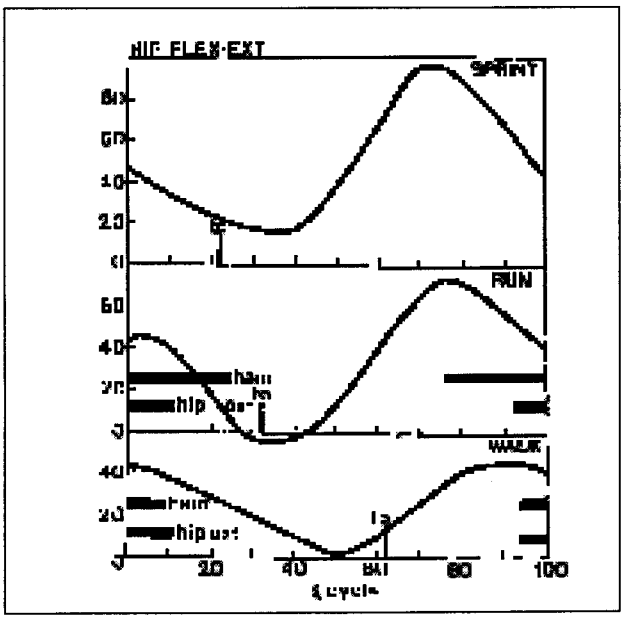
Tableau 13 : Variation du moment de début de flexion de la hanche en fonction de la vitesse en $m.s^{-1}$.

Références	Vitesse	Inversion Extension/flexion
Dillmann (1975)	7.8-9.2	Posé controlatéral
Nilsson (1985)	8	Posé controlatéral
Mann & Hagy (1980)	7.49	Avant le posé controlatéral
Novacheck (1998)	9	Avant le posé controlatéral
Mann & al (1986)	10.8	Au quitté

Quand la vitesse augmente, le moment d'inversion entre extension et flexion de la hanche se fait plus tôt. En durée relative, plus la vitesse augmente et plus la durée de la flexion augmente et donc plus la durée de l'extension diminue (Schache & al 1999).

Les graphiques ci-dessous reprennent les variations du timing des événements en fonction de la vitesse de course chez l'adulte d'après Mann & Hagy (1980).

Figure 4 : Variations de l'angle de la hanche en fonction de la vitesse de déplacement selon Mann et Hagy 1980 (en marche, course et sprint)



En marche l'inversion, extension flexion, se situe avant le quitté, en course lente, elle se situe sensiblement à l'instant du quitté, en sprint, cette inversion a lieu après le quitté.

Le mouvement de flexion est de plus grande ampleur en sprint qu'en course lente, il augmente avec l'augmentation de la vitesse (Williams 1985, Novacheck 1998, Mann & Hagy

1980, Mann & al 1986, Schache & al 1999). L'angle est de sensiblement 20° à 3 $m.s^{-1}$ (Nilsson & al 1985) et de 96° à 10.8 $m.s^{-1}$ (Mann & Hagy 1980, Moran & al 1988). La flexion maximale a lieu en course à vitesse maximale sensiblement en même temps que le quitté controlatéral.

La limitation de l'extension à la phase d'appui quand le coureur atteint une grande vitesse maximale entraîne un début de flexion plus précoce, mais également une fin de flexion plus précoce pour permettre une extension pendant la phase de retour de la jambe libre qui réduit la décélération excessive au posé. En durée relative, ce moment d'inversion entre flexion et extension pendant la phase de retour de la jambe a lieu plus tôt quand la vitesse augmente.

Dans un plan sagittal, le progrès en course à vitesse maximale chez les adultes, pour ce qui concerne l'angle de la hanche, va dans le sens d'une limitation de l'extension maximale et de la durée relative de l'extension. Cette réduction permet une flexion plus importante et plus rapide de la jambe libre (Mann 1985).

Pour les enfants en course à vitesse maximale, nous avons peu d'indication sur l'angle de la hanche. Les seules mesures sont celles de Fortney (1983) qui a constaté une augmentation de la flexion de la hanche de la jambe libre au moment du quitté controlatéral. Elles ne nous permettent pas une mise en perspective et des études complémentaires sont nécessaires.

I.2.1.4. Le tronc et le pelvis

Les mouvements du tronc en course à vitesse maximale aussi bien chez les enfants que chez les adultes ne sont pas très bien documentés. Kunz et Kaufmann (1981) indiquent que les champions ont le tronc plus incliné vers l'avant au moment du posé. L'étude de Yokoi & al (1987) montre que les coureurs petits qui courent à des vitesses maximales sensiblement identiques à des grands ont une inclinaison du buste plus importante. Cela traduit une organisation corporelle différente.

Nous n'avons pas de données sur l'inclinaison d'un tronc en course à vitesse maximale chez les enfants. Seul Keller (1992) indique que le sens du progrès est, en course à vitesse maximale, un tronc presque vertical légèrement incliné vers l'avant. Il paraît nécessaire de comprendre dans un premier temps cette évolution pour distinguer ensuite les niveaux d'habileté.

I.2.1.5. Les membres supérieurs

Peu d'études descriptives sont consacrées aux mouvements du membre supérieur en course à vitesse maximale. On peut décomposer les mouvements du membre supérieur en rotation autour de l'épaule (par rapport au tronc ou par rapport à la verticale en fonction des études) et en rotation autour du coude par l'angle inter-segmentaire bras/avant bras.

Les rotations autour de l'épaule sont plus importantes en sprint qu'en course lente. L'amplitude maximale des mouvements est de l'ordre de 40° en course lente (Hinrichs 1985) et de 135° en course à vitesse maximale. Contrairement aux mouvements en course lente, en sprint le bras vient en avant du corps et fait un angle de 30° à 60° avec le tronc, puis la

rotation entraîne le bras en arrière, entre 70 et 90° pour les coureurs de haut niveau. Les coureurs experts ont une amplitude inférieure (135°) à celle des coureurs de moindre expertise (150°) et des mouvements excessifs signalent des mouvements non économiques. (Mann 1985).

En course rapide, le sens des transformations se trouve d'abord dans une augmentation des mouvements de rotation du bras autour de l'épaule en particulier en flexion. Puis à un niveau d'expertise plus grand, le sens du progrès en course à vitesse semble être dans une réduction de l'amplitude de ces mouvements.

Contrairement à la croyance populaire, l'avant bras ne maintient pas le même angle avec le bras pendant un sprint. A chaque foulée, l'angle est minimum au moment où le bras est en flexion ou extension maximale et l'angle est maximum au milieu de la phase de retour de la jambe libre. L'amplitude du mouvement entre l'avant bras et le bras est plus importante chez les non spécialistes 85° pour 68° chez les spécialistes (Mann 1985).

Le sens du progrès semble être chez les adultes une diminution de l'amplitude des mouvements au niveau du coude. Pour les enfants nous n'avons aucune données, seul Keller (1992) propose comme progrès au niveau des bras "un balancement ample des bras synchronisés".

Dans le plan sagittal, il semble difficile d'identifier les mouvements au niveau du coude. En effet l'articulation de l'épaule permet des mouvements dans toutes les directions, et un bras en flexion à 90°, s'il reste dans le plan sagittal, conserve à l'analyse cette valeur. Mais si le bras dans un mouvement de croisement passe du plan sagittal au plan frontal, à l'examen des données la valeur au niveau du coude pourra devenir nulle, le bras de profil cachant l'avant-bras. Dans le plan sagittal, les mouvements du membre supérieur peuvent être décrits d'une manière parcellaire en analysant les mouvements du bras par rapport à la verticale ou par rapport à l'axe épaule/hanche.

ANNEXE II. : LISTE DES INDICATEURS MORPHOLOGIQUES, TEMPORELS, SPATIO-TEMPORELS, ANGULAIRES ET MESURES DES POULAINES

Indicateurs morphologiques

Numéro	Nomenclature des variables
i 1	Sexe : Fille = 1 garçon = 2
i 2	Nombre de mois
i 3	Poids
i 4	Taille
i 5	Taille à l'épaule
i 6	Taille à la hanche
i 7	Taille au genou
i 8	Style de Posé talon =1, plat = 2

Indicateurs temporels, spatio-temporels

Numéro	Nomenclature des variables
i 9	Durée Posé Gauche
i 10	Durée Suspension Gauche
i 11	Durée Posé Droit
i 12	Durée Suspension Droite
i 13	Durée du cycle
i 14	Instant du quitté gauche en pourcentage du cycle
i 15	Instant du posé droit en pourcentage du cycle
i 16	Instant du quitté droit en pourcentage du cycle
i 17	Différence en pourcentage entre appui gauche et droit
i 18	Instant de la première extension de la cheville pendant l'appui en pourcentage du cycle
i 19	Instant de flexion maximale pendant l'appui de la cheville en pourcentage du cycle
i 20	Instant de l'extension maximale de la cheville en pourcentage du cycle
i 21	Instant de la flexion maximale de la cheville pendant le retour de la jambe libre en pourcentage du cycle
i 22	Instant de la flexion maximale du genou pendant l'appui en pourcentage du cycle
i 23	Instant de l'extension maximale du genou vers le quitté en pourcentage du cycle
i 24	Instant de la flexion maximale du genou en pourcentage du cycle
i 25	Instant de l'extension maximale de la hanche en pourcentage du cycle
i 26	Instant de la flexion maximale de la hanche en pourcentage du cycle
i 27	Ecart entre les dates de flexion maximale pour la cheville et le genou en pourcentage du cycle
i 28	Déphasage entre les dates de l'extension maximum de la cheville et QG en pourcentage du cycle
i 29	Déphasage entre les dates de l'extension maximum du genou et QG en pourcentage du cycle
i 30	Déphasage entre les dates de l'extension maximum de la hanche et QG en pourcentage du cycle
i 31	Déphasage en extension
i 32	Indice de sautillement oreille

Numéro	Nomenclature des variables
i 33	Indice de sautillement hanche
i 34	Amplitude
i 35	Fréquence
i 36	Vitesse
i 37	Indice de sautillement oreille pondéré
i 38	Indice de sautillement de hanche pondéré
i 39	Amplitude pondérée
i 40	Vitesse pondérée

Indicateurs angulaires

Numéro	Nomenclature des variables
i 41	Angle hanche/talon- verticale au posé
i 42	Angle hanche/pointe- verticale au quitté
i 43	Secteur angulaire balayé par la hanche
i 44	Angle bras verticale en extension
i 45	Angle bras verticale en flexion
i 46	Amplitude des mouvements du bras
i 47	Angle tronc/verticale minimum
i 48	Angle tronc/verticale maximum
i 49	Angle tronc/verticale moyen
i 50	Amplitude des mouvements du tronc
i 51	Angle de la cheville au PG
i 52	Angle de la cheville au QG
i 53	Angle de la cheville au PD
i 54	Angle de la cheville au QD
i 55	Angle de la cheville en flexion maximale pendant l'appui
i 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre
i 57	Angle de la cheville en flexion maximale pendant le retour de la jambe libre
i 58	Amplitude des mouvements de la cheville
i 59	Angle du genou au PG
i 60	Angle du genou QG
i 61	Angle du genou PD
i 62	Angle du genou QD
i 63	Flexion du genou pendant l'appui
i 64	extension maximum du genou
i 65	Flexion maximale du genou dans la phase de retour de la jambe libre
i 66	Amplitude des mouvements du genou
i 67	Angle de la hanche au PG
i 68	Angle de la hanche au QG
i 69	Angle de la hanche au PD
i 70	Angle de la hanche au QD
i 71	Flexion maximale de la hanche dans la phase d'appui
i 72	Extension maximale de la hanche
i 73	Flexion maximale de la hanche pendant le retour de la jambe libre
i 74	Amplitude des mouvements de la hanche par la hanche

Mesures de poulaines

Numéro	Nomenclature des variables
M 01	Poulaine lissée abscisse de PG
M 02	Poulaine lissée abscisse de QG
M 03	Poulaine lissée abscisse de PD
M 04	Poulaine lissée abscisse de QD
M 05	Poulaine lissée valeur absolue du segment PG/QG
M 06	Poulaine lissée longueur avant
M 07	Poulaine lissée Longueur arrière
M 08	Poulaine lissée hauteur de corne
M 09	Poulaine lissée épaisseur de poulaine à la verticale de l'oreille
M 10	Poulaine lissée hauteur de bosse
M 11	Poulaine pondérée abscisse de PG
M 12	Poulaine pondérée abscisse de QG
M 13	Poulaine pondérée abscisse de PD
M 14	Poulaine pondérée abscisse de QD
M 15	Poulaine pondérée valeur absolue du segment PG/QG
M 16	Poulaine pondérée longueur avant
M 17	Poulaine pondérée Longueur arrière
M 18	Poulaine pondérée hauteur de corne
M 19	Poulaine pondérée épaisseur de poulaine à la verticale de l'oreille
M 20	Poulaine pondérée hauteur de bosse

ANNEXE III. : CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET STYLE DE POSE EN COURSE DE VITESSE :

Sexe : Fille = 1 Garçon = 2, Age en mois, Poids en kg, Mesure de la Taille en cm , Style de Posé talon =1, plat = 2.

Course de vitesse	Sexe	Age	Poids	Taille	Taille à l'épaule	Taille à la hanche	Taille au genou	Style de Posé
Individu n° 01	1	32	14,5	102	76	46	35	1
Individu n° 02	2	35	16	100	78	48	27	2
Individu n° 03	1	34	16	100	77	44	25	2
Individu n° 04	1	32	14	96	74	46	25	2
Individu n° 05	2	33	13,5	93	72	42	24	1
Individu n° 06	1	34	16	99	76	49	28	1
Individu n° 07	1	32	12	96	73	50	29	1
Individu n° 08	1	31	12	90	69	40	26	1
Individu n° 09	2	33	16	102	75	46	27	1
Individu n° 10	2	33	14,5	98	72	48	27	2
Individu n° 11	1	33	13	97	74	48	26	2
Individu n° 12	2	31	12	94	70	44	25	1
Individu n° 13	1	31	16	97	71	44	26	1
Individu n° 14	2	26	15	92	66	40	25	2
Individu n° 15	1	32	16	94	71	43	27	1
Individu n° 16	1	33	11	92	69	43	25	1
Individu n° 17	2	29	12	94	69	43	26	2
Individu n° 18	2	33	14,5	98	75	46	27	1
Individu n° 19	1	33	17	95	69	40	26	1
Individu n° 20	1	33	12,5	95	68	40	26	1
Individu n° 21	1	29	12,5	93	73	41	27	1
Individu n° 22	1	32	11	92	68	43	28	1
Individu n° 23	2	31	14	93	69	43	28	2
Individu n° 24	1	42	12,5	95	74	45	25	2
Individu n° 25	2	46	17,5	108	83	49	30	2
Individu n° 26	1	43	16	101	79	47	26	1
Individu n° 27	1	46	20	107	84	51	30	1
Individu n° 28	1	43	12,5	95	75	47	27	2
Individu n° 29	1	47	20,5	112	90	56	31	2
Individu n° 30	2	44	16,5	106	84	50	29	1
Individu n° 31	2	43	17	106	84	53	29	1
Individu n° 32	2	45	15,5	105	80	49	28	1
Individu n° 33	2	40	13,5	106	83	48	30	2
Individu n° 34	2	41	17,5	103	80	46	28	2
Individu n° 35	2	40	13	94	73	40	25	1
Individu n° 36	1	39	14,5	94	71	41	25	2
Individu n° 37	1	35	15	97	76	46	26	2
Individu n° 38	1	40	15	101	78	49	30	1
Individu n° 39	1	35	12,5	91	71	41	25	2
Individu n° 40	2	38	15,5	96	74	43	26	1
Individu n° 41	2	41	13	94	74	42	24	2
Individu n° 42	2	40	16	102	79	43	26	2
Individu n° 43	2	35	14	99	77	48	28	1
Individu n° 44	1	37	20	106	85	49	30	1
Individu n° 45	2	40	13	94	73	43	25	2
Individu n° 46	1	42	20	106	81	55	33	1

Course de vitesse	Sexe	Age	Poids	Taille	Taille à l'épaule	Taille à la hanche	Taille au genou	Style de Posé
Individu n° 47	2	37	13	99	76	45	27	1
Individu n° 48	2	41	20	103	76	50	30	1
Individu n° 49	1	40	13	100	77	52	27	1
Individu n° 50	1	45	17	98	73	47	29	2
Individu n° 51	2	39	14	97	73	47	26	1
Individu n° 52	2	39	18	101	72	46	26	1
Individu n° 53	1	38	15	103	79	54	30	2
Individu n° 54	2	54	16	104	79	47	29	1
Individu n° 55	1	56	16,5	105	81	51	30	1
Individu n° 56	2	51	20	109	82	52	31	2
Individu n° 57	2	46	20	115	75	47	29	1
Individu n° 58	2	46	15,5	101	77	49	27	2
Individu n° 59	1	57	16	103	78	48	29	1
Individu n° 60	1	56	23	114	89	59	35	1
Individu n° 61	1	55	22,5	116	86	57	33	2
Individu n° 62	2	57	18	110	86	53	31	1
Individu n° 63	2	67	12	101	76	48	29	1
Individu n° 64	2	55	16	107	80	50	31	2
Individu n° 65	1	52	14	103	79	51	30	2
Individu n° 66	1	48	17	102	78	49	29	2
Individu n° 67	1	47	14	101	79	51	30	1
Individu n° 68	1	56	16	106	80	50	30	1
Individu n° 69	2	51	15	101	78	49	29	1
Individu n° 70	1	52	21	112	84	56	33	2
Individu n° 71	2	52	20	109	81	51	30	2
Individu n° 72	2	48	18	105	80	52	30	2
Individu n° 73	1	57	24	121	93	62	34	1
Individu n° 74	2	57	24,5	117	90	55	32	1
Individu n° 75	1	49	16	100	74	49	27	2
Individu n° 76	2	50	15	100	74	49	27	2
Individu n° 77	2	46	18,5	108	86	53	31	2
Individu n° 78	2	46	17	104	75	45	26	2
Individu n° 79	1	56	18	109	84	52	31	2
Individu n° 80	1	50	16	107	80	52	29	2
Individu n° 81	2	50	17	107	80	51	30	2
Individu n° 82	2	50	14	101	75	50	29	2
Individu n° 83	1	53	14	101	78	50	28	2
Individu n° 84	1	57	18,5	110	84	54	30	1
Individu n° 85	1	57	18	112	85	59	29	2
Individu n° 86	1	63	25	119	88	52	31	1
Individu n° 87	2	63	18	119	90	57	32	1
Individu n° 88	2	57	17	112	83	50	30	1
Individu n° 89	1	64	17	110	85	54	33	1
Individu n° 90	1	65	21	117	90	60	37	2
Individu n° 91	2	66	23	121	92	55	33	1
Individu n° 92	2	68	21	118	90	54	35	2
Individu n° 93	2	59	21	124	92	58	34	2
Individu n° 94	2	69	23	123	96	63	39	2
Individu n° 95	2	67	30	124	94	61	39	1
Individu n° 96	2	60	22	115	84	51	21	1
Individu n° 97	2	66	17	113	83	52	31	1
Individu n° 98	1	65	19	117	90	60	32	2
Individu n° 99	2	63	28	118	89	55	32	1
Individu n° 100	2	67	24	123	93	57	33	1
Individu n° 101	2	66	19	114	87	52	32	1

Course de vitesse	Sexe	Age	Poids	Taille	Taille à l'épaule	Taille à la hanche	Taille au genou	Style de Posé
Individu n° 102	2	60	24	123	94	57	38	2
Individu n° 103	2	71	20	111	88	64	30	2
Individu n° 104	1	66	18	108	88	62	30	2
Individu n° 105	1	58	17	103	82	56	28	2
Individu n° 106	2	62	18	115	92	66	36	2
Individu n° 107	1	71	21	116	93	60	34	2
Individu n° 108	1	71	17	103	83	56	28	2
Individu n° 109	2	70	21	123	100	69	38	1
Individu n° 110	2	60	21	114	90	65	34	2
Individu n° 111	1	69	18	108	86	62	32	2
Individu n° 112	1	61	15	101	81	59	30	2
Individu n° 113	1	69	18	112	91	64	33	2
Individu n° 114	1	62	14,5	109	84	49	30	1
Individu n° 115	1	62	30	126	103	60	36	1
Individu n° 116	2	76	17,5	114	87	57	32	1
Individu n° 117	2	71	18	115	89	56	33	1
Individu n° 118	1	78	19	113	89	59	35	2
Individu n° 119	1	72	18	113	86	56	33	2
Individu n° 120	2	76	18,5	116	88	58	35	2
Individu n° 121	2	79	20,5	119	92	60	36	2
Individu n° 122	1	73	22	120	96	62	39	1
Individu n° 123	2	73	18,5	120	90	60	38	2
Individu n° 124	1	77	21	126	97	68	38	1
Individu n° 125	1	72	23	122	93	67	36	1
Individu n° 126	1	75	18	115	89	57	85	2
Individu n° 127	1	70	18,5	116	88	60	34	2
Individu n° 128	1	78	24	128	100	64	41	2
Individu n° 129	1	77	30	127	100	67	34	1
Individu n° 130	2	74	28,5	126	98	56	37	2
Individu n° 131	2	81	18	114	91	66	30	2
Individu n° 132	1	81	20	120	95	65	29	2
Individu n° 133	2	76	22	120	97	64	30	2
Individu n° 134	1	83	20	115	93	63	25	2
Individu n° 135	2	73	26	123	100	68	30	2
Individu n° 136	1	73	23	125	100	73	29	2
Individu n° 137	2	81	20	115	94	65	28	1
Individu n° 138	2	77	26	127	101	69	29	2
Individu n° 139	2	74	20	117	98	63	28	2
Individu n° 140	1	72	17	110	91	61	24	2
Individu n° 141	2	79	28	126	103	67	31	2
Individu n° 142	1	79	26	131	105	62	38	1
Individu n° 143	2	76	25	124	99	65	29	2
Individu n° 144	2	76	30	128	104	55	37	1
Individu n° 145	1	79	20	119	95	66	28	1
Individu n° 146	1	78	27	121	94	60	31	2
Individu n° 147	1	83	21	119,5	95,5	68	35	1
Individu n° 148	1	87	18	113,5	90	63	33	1
Individu n° 149	2	93	21	126	101	69	38	2
Individu n° 150	1	93	22	122,5	101	67	36	1
Individu n° 151	2	88	24	117	94	64	34	2
Individu n° 152	1	99	20	117	94	64	34	2
Individu n° 153	2	90	24	128	102	65	37	2
Individu n° 154	2	89	32	132	107	69	38	2
Individu n° 155	2	91	21	123	98	63	34	2
Individu n° 156	2	85	23	118	95	61	34	1

Course de vitesse	Sexe	Age	Poids	Taille	Taille à l'épaule	Taille à la hanche	Taille au genou	Style de Posé
Individu n° 157	1	83	35,5	126	97	59	37	2
Individu n° 158	1	85	24	131	103	66	42	2
Individu n° 159	2	82	37	132	102	64	37	2
Individu n° 160	2	88	42,5	140	107	69	41	2
Individu n° 161	2	86	21	122	97	62	37	2
Individu n° 162	2	82	24,5	121	94	61	35	1
Individu n° 163	2	83	27	126	97	58	38	2
Individu n° 164	2	102	30	132	105	68	41	2
Individu n° 165	2	91	24	125	98	62	36	2
Individu n° 166	2	90	22	122	95	58	36	2
Individu n° 167	1	91	30,5	135	103	66	40	2
Individu n° 168	1	87	22	120	91	61	36	1
Individu n° 169	2	84	24	126,5	98	63	38	2
Individu n° 170	1	89	28,5	138	109	75	42	2
Individu n° 171	2	89	29	134	103	64	39	2
Individu n° 172	2	84	24	128	100	67	40	2
Individu n° 173	1	96	26	135,5	105	67	39	2
Individu n° 174	2	91	17,5	127	99	64	36	2
Individu n° 175	1	87	26,5	133	105	68	38	2
Individu n° 176	1	98	29	130	105	72	38	2
Individu n° 177	2	102	22	125	102	68	40	2
Individu n° 178	1	107	46	139	114	73	45	2
Individu n° 179	1	96	31	131	102	69	38	1
Individu n° 180	1	111	52	139	112	81	41	2
Individu n° 181	1	101	27	130	103	69	39	2
Individu n° 182	1	97	25	130	104	72	41	1
Individu n° 183	2	107	35	141	114	73	41	2
Individu n° 184	2	103	26	131	102	66	38	2
Individu n° 185	1	101	28	139	108	73	41	1
Individu n° 186	2	103	34	133	105	69	39	1
Individu n° 187	2	94	24	125	95	68	38	1
Individu n° 188	2	107	28	131	104	70	41	1
Individu n° 189	2	107	35	145	117	78	46	2
Individu n° 190	2	92	23	124	98	67	37	2
Individu n° 191	2	99	33	134	106	70	41	2
Individu n° 192	2	105	26	129	103	68	41	2
Individu n° 193	1	105	23	125	95	67	38	2
Individu n° 194	1	102	27	135	107	74	42	2
Individu n° 195	2	96	27	132	102	71	41	2
Individu n° 196	2	103	43	137	110	72	42	1
Individu n° 197	2	99	29	135	101	72	42	1
Individu n° 198	1	99	25	140	110	76	41	2
Individu n° 199	2	120	26	128	100	64	36	2
Individu n° 200	1	102	33	142	113	79	42	1
Individu n° 201	1	108	28	135	107	70	41	1
Individu n° 202	2	97	25,5	136	110	68	43	2
Individu n° 203	2	101	39	140	114	72	45	2
Individu n° 204	1	100	43	143	114	80	46	2
Individu n° 205	2	105	31	137	106	68	40	2
Individu n° 206	2	102	35	134	108	66	41	2
Individu n° 207	1	96	27	133	103	72	41	2
Individu n° 208	1	96	25	124	98	66	39	2
Individu n° 209	1	94	28	134	106	74	42	1
Individu n° 210	1	94	28	133	103	72	41	2
Individu n° 211	2	116	55	142	112	73	46	2

Course de vitesse	Sexe	Age	Poids	Taille	Taille à l'épaule	Taille à la hanche	Taille au genou	Style de Posé
Individu n° 212	1	119	35	138	108	64	39	1
Individu n° 213	2	110	36	141	114	68	43	2
Individu n° 214	1	116	31	145	114	71	40	2
Individu n° 215	1	111	23,5	132	105	62	37	2
Individu n° 216	1	104	31	130	104	67	35	2
Individu n° 217	1	106	26	136	109	74	38	2
Individu n° 218	2	115	27,5	138	110	70	39	2
Individu n° 219	1	115	28,5	134	108	69	40	2
Individu n° 220	2	112	36,5	143	115	70	40	2
Individu n° 221	2	118	26,5	131	103	62	37	2
Individu n° 222	1	106	28,5	136	107	71	44	2
Individu n° 223	1	112	28	138	110	72	47	1
Individu n° 224	1	104	28,5	137	108	71	44	2
Individu n° 225	1	106	35	147	117	80	44	1
Individu n° 226	1	107	42,5	136	105	70	44	2
Individu n° 227	1	107	25	137	109	74	44	1
Individu n° 228	1	113	27	138	110	79	45	1
Individu n° 229	2	114	41	136	108	70	40	1
Individu n° 230	2	117	29	144	113	72	42	2
Individu n° 231	2	112	29	136	105	67	42	2
Individu n° 232	2	109	32	132	100	66	41	2
Individu n° 233	2	110	24	136	105	70	44	1
Individu n° 234	2	120	26	130	102	66	43	2
Individu n° 235	2	123	34	132	101	67	41	2
Individu n° 236	2	129	29	136	107	70	41	1
Individu n° 237	2	120	27	132	102	67	41	2
Individu n° 238	2	130	32	143	110	70	43	2
Individu n° 239	2	127	34	147	120	80	46	2
Individu n° 240	1	116	42	145	115	74	42	2
Individu n° 241	1	109	41	139	109	72	42	2
Individu n° 242	1	109	32	137	107	69	38	1
Individu n° 243	1	109	25	132	103	67	42	2
Individu n° 244	1	113	24	135	104	70	41	2
Individu n° 245	1	110	23	139	111	75	45	1
Individu n° 246	1	122	37,5	148	117	80	45	2
Individu n° 247	1	122	28	134	104	72	41	2
Individu n° 248	1	126	26	136	110	73	38	2
Individu n° 249	2	126	33	140	114	70	40	2
Individu n° 250	2	124	30	137	111	71	39	2
Individu n° 251	2	128	30	145	120	78	42	2
Individu n° 252	2	129	40	164	130	70	56	2
Individu n° 253	1	126	37	144	123	82	43	1
Individu n° 254	2	130	32	142	116	74	41	2
Individu n° 255	2	114	37,5	146	117	80	50	2
Individu n° 256	2	119	25	135	109	75	45	2
Individu n° 257	1	128	45	147	120	78	44	1
Individu n° 258	1	126	29	135	104	68	40	2
Individu n° 259	1	125	33	140	111	74	43	1
Individu n° 260	1	127	43	161	129	90	54	1
Individu n° 261	2	129	57	150	120	80	46	1
Individu n° 262	1	125	34	141	116	79	45	1
Individu n° 263	1	122	34	148	119	79	45	1
Individu n° 264	1	121	36	154	125	82	46	1
Individu n° 265	1	124	34	152	122	84	50	1
Individu n° 266	1	125	38	147	116	75	45	2

Course de vitesse	Sexe	Age	Poids	Taille	Taille à l'épaule	Taille à la hanche	Taille au genou	Style de Posé
Individu n° 267	1	118	40	148	118	74	49	2
Individu n° 268	1	128	48	158	124	81	50	2
Individu n° 269	2	124	27	148	116	77	47	1
Individu n° 270	2	125	39	145	114	75	44	2
Individu n° 271	2	118	37,5	150	119	75	46	2
Individu n° 272	2	125	36,5	150	118	79	48	1
Individu n° 273	2	118	28	142	111	75	46	2
Individu n° 274	1	122	22	130	103	71	40	2
Individu n° 275	1	120	30	135	104	70	40	1
Individu n° 276	1	125	24	128,5	100	72	41	1

ANNEXE IV. : INDICATEURS TEMPORELS EN COURSE DE VITESSE

	i 9	i 10	i 11	i 12	i 13	i 14	i 15	i 16	i 17	i 18	i 19	i 20	i 21	i 22	i 23	i 24	i 25	i 26	i 27	i 28	i 29	i 30	i 31
n° 01	0,2	0,02	0,24	0	0,46	43	48	100	-9	4	17	52	74						9	-9			35
n° 02	0,18	0,08	0,16	0,04	0,46	39	57	91	4	13	17	39	91						4	0			17
n° 03	0,14	0,06	0,16	0,06	0,42	33	48	86	-5	0	14	33	71						0	0			24
n° 04	0,18	0,06	0,18	0,04	0,46	39	52	91	0	0	17	39	87						9	0			13
n° 05	0,24	0,08	0,2	0,08	0,6	40	53	87	7	0	20	40	70						13	0			10
n° 06	0,22	0,02	0,18	0,06	0,48	46	50	88	8	8	29	46	83						17	0			17
n° 07	0,18	0,04	0,18	0,06	0,46	39	48	87	0	0	9	39	78						0	0			13
n° 08	0,18	0,06	0,2	0,04	0,48	38	50	92	-4	0	17	50	92						-4	-13			25
n° 09	0,22	0,04	0,2	0,04	0,5	44	52	92	4	8	28	52	96						12	-8			16
n° 10	0,26	0,02	0,24	0,04	0,56	46	50	93	4	4	18	46	86						0	0			21
n° 11	0,22	0,08	0,2	0,02	0,52	42	58	96	4	4	15	46	92						0	-4			27
n° 12	0,2	0,02	0,2	0,06	0,48	42	46	88	0	4	21	46	83						8	-4			29
n° 13	0,19	0,06	0,22	0,06	0,53	36	47	89	-6	9	21	43	70						8	-8			15
n° 14	0,2	0,02	0,2	0,02	0,44	45	50	95	0	5	14	59	86						5	-14			50
n° 15	0,2	0,04	0,2	0,04	0,48	42	50	92	0	8	21	58	96						4	-17			42
n° 16	0,2	0,04	0,18	0,06	0,48	42	50	88	4	8	29	46	92						8	-4			38
n° 17	0,16	0,08	0,16	0,04	0,44	36	55	91	0	0	18	41	95						5	-5			23
n° 18	0,24	0,02	0,28	0,02	0,56	43	46	96	-7	7	25	57	93						18	-14			39
n° 19	0,24	0,02	0,22	0	0,48	50	54	100	4	8	29	54	100						17	-4			25
n° 20	0,22	0,1	0,19	0,07	0,58	38	55	88	5	3	21	34	83						7	3			17
n° 21	0,24	0,06	0,22	0,06	0,58	41	52	90	3	3	17	52	93						0	-10			17
n° 22	0,18	0,04	0,2	0,04	0,46	39	52	91	-4	4	22	43	91						14	-4			31
n° 23	0,18	0,11	0,18	0,05	0,52	35	44	79	0	0	15	35	88						9	0			29
n° 24	0,16	0,06	0,16	0,06	0,44	36	50	86	0	0	9	36	82						0	0			9
n° 25	0,18	0,06	0,18	0,06	0,48	38	50	88	0	0	17	38	88						4	0			17
n° 26	0,16	0,06	0,16	0,08	0,46	35	48	83	0	0	13	35	78						4	0			17
n° 27	0,2	0,06	0,2	0,04	0,5	40	52	92	0	4	20	44	100						16	-4			24
n° 28	0,16	0,08	0,18	0,1	0,52	31	46	81	-4	0	15	35	81						12	-4			8
n° 29	0,16	0,1	0,14	0,06	0,46	35	57	87	4	0	22	52	83						13	-17			17
n° 30	0,2	0,04	0,2	0,06	0,5	40	48	88	0	0	20	48	92						4	-8			24
n° 31	0,22	0,08	0,18	0,08	0,56	39	54	86	7	4	18	36	96						7	4			11
n° 32	0,16	0,08	0,16	0,08	0,48	33	50	83	0	4	13	33	92						0	0			8
n° 33	0,16	0,08	0,16	0,06	0,46	35	52	87	0	0	17	35	91						0	0			9
n° 34	0,2	0,08	0,2	0,06	0,54	37	52	89	0	4	19	37	89						11	0			0
n° 35	0,2	0,08	0,18	0,08	0,54	37	52	85	4	0	19	37	96						7	0			0
n° 36	0,2	0,06	0,2	0,08	0,54	37	48	85	0	4	15	37	81						0	0			15
n° 37	0,17	0,08	0,16	0,06	0,47	36	53	87	2	2	15	40	79						4	-4			21
n° 38	0,18	0,04	0,16	0,1	0,48	38	46	79	4	4	21	42	79						13	-4			4
n° 39	0,18	0,04	0,16	0,1	0,48	38	52	84	4	4	20	40	84						12	-3			15
n° 40	0,18	0,08	0,16	0,08	0,5	36	52	88	4	4	12	52	88						-4	-16			16
n° 41	0,2	0,04	0,16	0,08	0,48	42	50	83	8	8	21	42	83						8	0			17
n° 42	0,16	0,14	0,14	0,14	0,58	28	52	76	3	0	10	31	83						-3	-3			10
n° 43	0,16	0,14	0,14	0,14	0,58	28	52	87	3	9	22	35	83						13	-7			20
n° 44	0,18	0,12	0,16	0,08	0,54	33	56	85	4	4	15	33	89						4	0			7
n° 45	0,16	0,1	0,16	0,08	0,5	32	52	84	0	4	16	32	84						0	0			8
n° 46	0,16	0,08	0,18	0,08	0,5	32	48	84	-4	4	20	40	84						8	-8			8
n° 47	0,16	0,08	0,18	0,06	0,48	33	50	88	-4	0	17	46	96						8	-13			29
n° 48	0,24	0,02	0,24	0,08	0,58	41	45	86	0	3	21	52	86						7	-10			21
n° 49	0,2	0,06	0,2	0,04	0,5	40	52	92	0	4	24	40	84						12	0			12
n° 50	0,18	0,06	0,18	0,06	0,48	38	50	88	0	0	8	46	79						0	-8			13
n° 51	0,18	0,08	0,18	0,04	0,48	38	54	92	0	4	21	50	88						13	-13			21
n° 52	0,18	0,02	0,2	0,06	0,46	39	43	87	-4	0	22	39	96						9	0			22
n° 53	0,16	0,06	0,18	0,08	0,48	33	46	83	-4	0	8	33	92						4	0			17

	i 9	i 10	i 11	i 12	i 13	i 14	i 15	i 16	i 17	i 18	i 19	i 20	i 21	i 22	i 23	i 24	i 25	i 26	i 27	i 28	i 29	i 30	i 31
n° 54	0,18	0,08	0,18	0,08	0,52	35	50	85	0	0	15	35	69						4	0			8
n° 55	0,14	0,1	0,18	0,12	0,54	26	44	78	-7	0	11	30	93						4	-4			4
n° 56	0,2	0,04	0,2	0,08	0,52	38	46	85	0	4	23	38	85						12	0			8
n° 57	0,24	0,04	0,22	0,04	0,54	44	52	93	4	4	22	48	89						11	-4			19
n° 58	0,2	0,06	0,2	0,04	0,5	40	52	92	0	0	16	44	92						4	-4			12
n° 59	0,18	0,12	0,2	0,06	0,56	32	54	89	-4	4	14	32	100						4	0			0
n° 60	0,22	0,04	0,22	0,06	0,54	41	48	89	0	4	22	52	93						15	-11			30
n° 61	0,22	0,08	0,22	0,04	0,56	39	54	93	0	4	21	50	89						7	-11			25
n° 62	0,18	0,1	0,16	0,12	0,56	32	50	79	4	4	14	36	93						4	-4			7
n° 63	0,22	0,04	0,22	0,06	0,54	41	48	89	0	4	22	41	89						7	0			7
n° 64	0,22	0,06	0,2	0,04	0,52	42	54	92	4	4	15	42	88						0	0			15
n° 65	0,22	0,06	0,2	0,06	0,54	41	52	89	4	4	15	37	81						7	4			11
n° 66	0,18	0,08	0,18	0,06	0,5	36	52	88	0	4	16	44	96						8	-8			16
n° 67	0,2	0,04	0,2	0,06	0,5	40	48	88	0	4	20	40	100						8	0			12
n° 68	0,2	0,12	0,18	0,14	0,64	31	50	78	3	3	16	31	75						9	0			3
n° 69	0,2	0,08	0,18	0,08	0,54	37	52	85	4	4	15	52	96						4	-15			22
n° 70	0,18	0,06	0,16	0,08	0,48	38	50	83	4	0	17	50	88						4	-13			21
n° 71	0,16	0,1	0,16	0,1	0,52	31	50	81	0	0	15	31	92						8	0			0
n° 72	0,16	0,08	0,18	0,08	0,5	32	48	84	-4	0	12	32	92						4	0			8
n° 73	0,18	0,1	0,18	0,1	0,56	32	50	82	0	4	14	32	89						7	0			4
n° 74	0,2	0,08	0,22	0,1	0,6	33	47	83	-3	0	13	33	90						0	0			10
n° 75	0,16	0,12	0,16	0,12	0,56	29	50	79	0	4	18	50	96						11	-21			29
n° 76	0,19	0,07	0,2	0,06	0,52	37	50	88	-2	0	12	35	92						0	2			10
n° 77	0,16	0,08	0,16	0,08	0,48	33	50	83	0	0	17	33	79						4	0			17
n° 78	0,18	0,06	0,18	0,06	0,48	38	50	88	0	0	17	42	88						4	-4			29
n° 79	0,2	0,08	0,18	0,08	0,54	37	52	85	4	4	19	37	96						11	0			11
n° 80	0,18	0,12	0,18	0,1	0,58	31	52	83	0	3	14	41	86						7	-10			17
n° 81	0,18	0,1	0,16	0,08	0,52	35	54	85	4	4	15	35	92						8	0			8
n° 82	0,16	0,1	0,16	0,08	0,5	32	52	84	0	0	12	36	96						0	-4			12
n° 83	0,18	0,08	0,16	0,1	0,52	35	50	81	4	0	23	46	92						15	-12			19
n° 84	0,23	0,03	0,24	0,02	0,52	44	50	96	-2	8	23	50	88						8	-6			25
n° 85	0,18	0,12	0,16	0,12	0,58	31	52	79	3	0	10	31	90						0	0			7
n° 86	0,2	0,1	0,2	0,1	0,6	33	50	83	0	0	13	37	97						7	-3			17
n° 87	0,18	0,08	0,2	0,1	0,56	32	46	82	-4	4	14	39	86						0	-7			14
n° 88	0,18	0,08	0,16	0,06	0,48	38	54	88	4	4	21	38	100						13	0			17
n° 89	0,18	0,1	0,18	0,12	0,58	31	48	79	0	3	14	31	76						7	0			3
n° 90	0,2	0,12	0,18	0,1	0,6	33	53	83	3	3	20	33	93						10	0			7
n° 91	0,18	0,08	0,18	0,08	0,52	35	50	85	0	4	15	35	100						4	0			8
n° 92	0,16	0,06	0,12	0,06	0,4	40	55	85	10	5	15	45	85						0	-5			15
n° 93	0,16	0,12	0,18	0,08	0,54	30	52	85	-4	0	11	30	89						4	0			7
n° 94	0,18	0,08	0,14	0,12	0,52	35	50	77	8	4	19	35	88						8	0			15
n° 95	0,18	0,06	0,2	0,04	0,48	38	50	92	-4	4	21	46	88						4	-8			13
n° 96	0,16	0,08	0,16	0,06	0,46	35	52	87	0	0	13	43	91						4	-9			13
n° 97	0,18	0,08	0,2	0,06	0,52	35	50	88	-4	8	19	50	81						8	-15			15
n° 98	0,16	0,06	0,16	0,1	0,48	33	46	79	0	0	13	42	88						8	-8			17
n° 99	0,18	0,08	0,2	0,12	0,58	31	45	79	-3	3	17	31	90						10	0			7
n° 100	0,2	0,1	0,18	0,1	0,58	34	52	83	3	0	17	34	93						3	0			7
n° 101	0,19	0,08	0,18	0,06	0,51	37	53	88	2	6	18	57	92						4	-20			27
n° 102	0,18	0,08	0,18	0,08	0,52	35	50	85	0	0	15	35	85						12	0			4
n° 103	0,14	0,08	0,14	0,12	0,48	29	54	83	0	0	17	33	92						0	-4			21
n° 104	0,2	0,08	0,18	0,08	0,54	37	48	85	4	4	11	37	96						4	0			19
n° 105	0,18	0,12	0,18	0,08	0,56	32	46	79	0	4	21	36	71						4	-4			4
n° 106	0,2	0,08	0,2	0,06	0,54	37	48	85	0	0	22	48	85						11	-11			11
n° 107	0,14	0,12	0,16	0,14	0,56	25	54	79	-4	0	14	29	100						11	-4			11
n° 108	0,18	0,08	0,2	0,08	0,54	33	52	85	-4	4	19	37	93						0	-4			7
n° 109	0,2	0,08	0,22	0,08	0,58	34	52	86	-3	3	24	38	93						10	-3			10
n° 110	0,16	0,12	0,18	0,1	0,56	29	50	79	-4	4	14	32	96						7	-4			14
n° 111	0,2	0,08	0,2	0,08	0,56	36	50	86	0	4	21	36	93						4	0			7
n° 112	0,18	0,08	0,18	0,08	0,52	35	50	85	0	4	19	46	100						4	-12			15

	i 9	i 10	i 11	i 12	i 13	i 14	i 15	i 16	i 17	i 18	i 19	i 20	i 21	i 22	i 23	i 24	i 25	i 26	i 27	i 28	i 29	i 30	i 31
n° 113	0,22	0,12	0,22	0,1	0,66	33	48	82	0	3	21	30	79						12	3			12
n° 114	0,2	0,08	0,2	0,08	0,56	36	50	86	0	4	18	36	93						7	0			25
n° 115	0,2	0,08	0,2	0,06	0,54	37	48	85	0	4	19	41	100						7	-4			7
n° 116	0,16	0,06	0,16	0,08	0,46	35	48	83	0	4	13	39	91						0	-4			13
n° 117	0,18	0,02	0,25	0,05	0,5	36	40	90	-14	4	16	36	88						0	0			4
n° 118	0,16	0,1	0,16	0,12	0,54	30	48	78	0	4	15	30	96						7	0			11
n° 119	0,18	0,1	0,17	0,11	0,56	32	50	80	2	4	14	32	100						4	0			7
n° 120	0,16	0,08	0,14	0,08	0,46	35	52	83	4	0	22	35	87						17	0			17
n° 121	0,16	0,08	0,18	0,08	0,5	32	48	84	-4	4	16	32	96						4	0			0
n° 122	0,2	0,1	0,18	0,1	0,58	34	52	83	3	3	14	41	93						3	-7			17
n° 123	0,16	0,1	0,16	0,1	0,52	31	50	81	0	4	15	31	85						0	0			0
n° 124	0,16	0,1	0,18	0,12	0,56	29	46	79	-4	7	18	43	86						4	-14			14
n° 125	0,16	0,08	0,16	0,08	0,48	33	50	83	0	4	13	29	79						4	4			17
n° 126	0,16	0,1	0,18	0,12	0,56	29	46	79	-4	0	14	32	93						11	-4			7
n° 127	0,16	0,08	0,16	0,08	0,48	33	50	83	0	0	17	38	88						4	-4			13
n° 128	0,16	0,1	0,16	0,08	0,5	32	52	84	0	0	16	32	92						8	0			8
n° 129	0,18	0,06	0,18	0,1	0,52	35	54	88	0	4	23	50	88						12	-15			19
n° 130	0,18	0,1	0,18	0,12	0,58	31	52	83	0	3	17	45	97						7	-14			24
n° 131	0,14	0,14	0,16	0,12	0,56	25	50	75	-4	4	14	29	82						4	-4			11
n° 132	0,16	0,12	0,18	0,1	0,56	29	50	79	-4	4	14	32	86						-4	-4			18
n° 133	0,18	0,08	0,18	0,06	0,5	36	48	84	0	4	16	36	92						-4	0			0
n° 134	0,16	0,1	0,18	0,12	0,56	29	54	82	-4	4	25	39	89						14	-11			14
n° 135	0,14	0,1	0,16	0,1	0,5	28	52	80	-4	4	16	36	76						-4	-8			16
n° 136	0,16	0,12	0,18	0,12	0,58	28	52	79	-3	3	17	31	83						0	-3			24
n° 137	0,14	0,08	0,16	0,08	0,46	30	52	83	-4	4	17	43	91						4	-13			26
n° 138	0,18	0,09	0,17	0,06	0,5	36	46	82	2	2	10	42	90						4	-6			18
n° 139	0,14	0,12	0,16	0,14	0,56	25	54	79	-4	4	18	46	79						0	-21			36
n° 140	0,16	0,1	0,16	0,12	0,54	30	52	81	0	4	19	44	78						7	-15			22
n° 141	0,16	0,1	0,18	0,08	0,52	31	50	81	-4	4	19	35	96						12	-4			4
n° 142	0,2	0,12	0,2	0,1	0,62	32	48	81	0	3	16	45	97						10	-13			16
n° 143	0,14	0,1	0,16	0,08	0,48	29	50	79	-4	0	13	33	92						0	-4			13
n° 144	0,2	0,14	0,18	0,08	0,6	33	43	77	3	3	13	30	87						7	3			17
n° 145	0,16	0,1	0,18	0,08	0,52	31	50	81	-4	4	15	46	85						0	-15			15
n° 146	0,18	0,06	0,18	0,08	0,5	36	52	88	0	4	24	36	76						16	0			8
n° 147	0,16	0,1	0,18	0,08	0,52	31	50	81	-4	4	15	46	92						4	-15			27
n° 148	0,16	0,06	0,16	0,12	0,5	32	44	76	0	0	12	32	96						4	0			8
n° 149	0,14	0,12	0,14	0,1	0,5	28	52	80	0	4	12	28	76						0	0			4
n° 150	0,18	0,1	0,16	0,08	0,52	35	54	85	4	4	15	31	92						0	4			12
n° 151	0,14	0,08	0,14	0,1	0,46	30	48	78	0	0	9	30	83						0	0			4
n° 152	0,14	0,08	0,14	0,1	0,46	30	48	78	0	0	17	30	91						9	0			9
n° 153	0,16	0,12	0,14	0,1	0,52	31	54	81	4	4	15	42	85						4	-12			12
n° 154	0,16	0,08	0,16	0,1	0,5	32	48	80	0	4	16	32	72						4	0			12
n° 155	0,16	0,12	0,16	0,12	0,56	29	50	79	0	4	14	39	75						4	-11			11
n° 156	0,16	0,08	0,16	0,08	0,48	33	50	83	0	4	17	38	96						0	-4			13
n° 157	0,22	0,08	0,18	0,06	0,54	41	56	89	7	7	19	41	89						0	0			7
n° 158	0,14	0,12	0,16	0,12	0,54	26	48	78	-4	0	19	44	78						7	-19			22
n° 159	0,18	0,12	0,18	0,1	0,58	31	52	83	0	0	14	31	86						7	0			10
n° 160	0,18	0,08	0,18	0,08	0,52	35	50	85	0	4	15	42	96						0	-8			15
n° 161	0,14	0,1	0,16	0,1	0,5	28	48	80	-4	4	12	36	92						0	-8			8
n° 162	0,18	0,08	0,18	0,08	0,52	35	50	85	0	4	15	35	96						0	0			8
n° 163	0,14	0,08	0,14	0,11	0,47	30	47	77	0	4	13	30	81						0	0			9
n° 164	0,14	0,08	0,14	0,08	0,44	32	50	82	0	0	14	32	95						0	0			0
n° 165	0,16	0,16	0,16	0,14	0,62	26	52	77	0	3	19	29	77						6	-3			19
n° 166	0,16	0,16	0,2	0,08	0,6	27	53	87	-7	0	13	30	87						3	-3			10
n° 167	0,14	0,1	0,14	0,1	0,48	29	50	79	0	0	13	29	88						8	0			8
n° 168	0,16	0,04	0,18	0,06	0,44	36	45	86	-5	5	18	45	95						9	-9			23
n° 169	0,16	0,1	0,14	0,08	0,48	33	54	83	4	0	13	33	92						-8	0			0
n° 170	0,14	0,08	0,14	0,1	0,46	30	48	78	0	0	13	39	83						0	-9			9
n° 171	0,16	0,1	0,16	0,06	0,48	33	54	88	0	0	13	46	92						-4	-13			17

	i 9	i 10	i 11	i 12	i 13	i 14	i 15	i 16	i 17	i 18	i 19	i 20	i 21	i 22	i 23	i 24	i 25	i 26	i 27	i 28	i 29	i 30	i 31
n° 172	0,16	0,1	0,16	0,1	0,52	31	50	81	0	0	12	31	92						4	0			15
n° 173	0,16	0,12	0,16	0,13	0,57	28	49	77	0	0	14	32	74						4	-4			4
n° 174	0,16	0,1	0,16	0,08	0,5	32	52	84	0	0	16	32	84						12	0			8
n° 175	0,18	0,1	0,18	0,1	0,56	32	50	82	0	4	14	32	89						7	0			7
n° 176	0,12	0,08	0,16	0,1	0,46	26	57	83	-9	4	26	48	91						13	-22			30
n° 177	0,14	0,1	0,16	0,08	0,48	29	50	79	-4	4	13	38	92						-4	-8			17
n° 178	0,18	0,1	0,18	0,1	0,56	32	50	82	0	4	11	39	86						0	-7			11
n° 179	0,18	0,12	0,16	0,1	0,56	32	46	79	4	4	11	36	86						4	-4			11
n° 180	0,16	0,08	0,16	0,08	0,48	33	50	83	0	0	17	50	79						-4	-17			17
n° 181	0,12	0,12	0,16	0,12	0,52	23	54	77	-8	4	15	31	85						0	-8			27
n° 182	0,2	0,08	0,18	0,1	0,56	36	50	86	4	7	18	36	89						7	0			7
n° 183	0,16	0,08	0,16	0,1	0,5	32	52	84	0	8	20	36	92						4	-4			12
n° 184	0,12	0,08	0,14	0,08	0,42	29	52	81	-5	5	19	52	90						0	-24			38
n° 185	0,17	0,1	0,18	0,1	0,55	31	52	81	-2	4	19	33	85						4	-2			6
n° 186	0,16	0,08	0,16	0,1	0,5	32	52	84	0	8	16	32	92						4	0			12
n° 187	0,14	0,12	0,16	0,12	0,54	26	52	78	-4	4	15	30	85						4	-4			15
n° 188	0,16	0,1	0,18	0,1	0,54	30	52	81	-4	4	19	52	89						7	-22			26
n° 189	0,12	0,12	0,16	0,16	0,56	21	57	79	-7	4	18	32	86						4	-11			32
n° 190	0,14	0,1	0,16	0,12	0,52	27	54	81	-4	4	15	42	100						0	-15			23
n° 191	0,17	0,11	0,16	0,11	0,55	31	49	80	2	4	15	33	73						0	-2			9
n° 192	0,12	0,16	0,15	0,11	0,54	22	48	70	-6	4	15	33	93						7	-11			22
n° 193	0,16	0,1	0,16	0,1	0,52	31	50	81	0	4	15	50	92						4	-19			23
n° 194	0,14	0,14	0,14	0,12	0,54	26	48	74	0	0	11	41	85						0	-15			15
n° 195	0,16	0,1	0,16	0,08	0,5	32	48	80	0	4	12	32	76						0	0			8
n° 196	0,16	0,1	0,18	0,06	0,5	32	48	80	-4	4	20	44	92						0	-12			12
n° 197	0,16	0,1	0,16	0,08	0,5	32	48	80	0	4	16	36	80						0	-4			8
n° 198	0,16	0,08	0,16	0,1	0,5	32	48	80	0	0	8	44	88						0	-12			20
n° 199	0,14	0,12	0,14	0,1	0,5	28	52	80	0	4	12	28	84						0	0			20
n° 200	0,2	0,1	0,2	0,08	0,58	34	52	86	0	3	17	41	72						10	-7			14
n° 201	0,2	0,06	0,2	0,06	0,52	38	50	88	0	4	19	38	77						4	0			8
n° 202	0,15	0,11	0,16	0,1	0,52	29	50	81	-2	0	12	35	85						4	-6			10
n° 203	0,22	0,12	0,2	0,12	0,66	33	52	82	3	3	18	33	91						3	0			3
n° 204	0,22	0,12	0,2	0,14	0,68	32	50	79	3	3	18	32	82						9	0			9
n° 205	0,15	0,1	0,14	0,08	0,47	32	53	83	2	0	19	45	83						13	-13			21
n° 206	0,17	0,07	0,15	0,09	0,48	35	50	81	4	2	10	35	90						0	0			8
n° 207	0,17	0,11	0,15	0,11	0,54	31	52	80	4	0	15	31	93						-4	0			4
n° 208	0,2	0,08	0,19	0,09	0,56	36	50	84	2	4	18	36	68						7	0			0
n° 209	0,19	0,08	0,2	0,06	0,53	36	51	89	-2	2	21	36	96						8	0			8
n° 210	0,16	0,1	0,16	0,1	0,52	31	50	81	0	0	12	31	85						4	0			4
n° 211	0,14	0,12	0,15	0,14	0,55	25	53	78	-2	0	13	27	78						-4	-2			5
n° 212	0,16	0,16	0,16	0,16	0,64	25	50	75	0	0	9	25	69						0	0			0
n° 213	0,14	0,12	0,16	0,12	0,54	26	52	78	-4	4	15	33	85						0	-7			11
n° 214	0,16	0,12	0,14	0,1	0,52	31	46	77	4	0	15	27	92						0	4			12
n° 215	0,14	0,12	0,14	0,18	0,58	24	55	79	0	3	14	28	83						7	-3			14
n° 216	0,14	0,13	0,16	0,1	0,53	26	49	75	-4	8	15	30	91						4	-4			4
n° 217	0,14	0,12	0,14	0,12	0,52	27	50	77	0	4	15	42	88						4	-15			27
n° 218	0,14	0,08	0,12	0,08	0,42	33	48	81	5	0	14	33	86						5	0			14
n° 219	0,16	0,1	0,16	0,1	0,52	31	50	81	0	0	12	35	85						4	-4			4
n° 220	0,16	0,1	0,14	0,1	0,5	32	48	80	4	0	8	32	80						-4	0			4
n° 221	0,12	0,1	0,14	0,12	0,48	25	54	79	-4	8	21	42	88						0	-17			42
n° 222	0,16	0,1	0,18	0,14	0,58	28	45	76	-3	0	10	31	76						0	-3			14
n° 223	0,2	0,08	0,2	0,08	0,56	36	50	86	0	7	21	43	86						7	-7			11
n° 224	0,18	0,12	0,16	0,16	0,62	29	48	74	3	6	16	35	81						3	-6			10
n° 225	0,2	0,08	0,2	0,1	0,58	34	48	83	0	3	17	34	93						7	0			7
n° 226	0,18	0,12	0,16	0,1	0,56	32	54	82	4	0	14	43	89						7	-11			18
n° 227	0,16	0,14	0,16	0,14	0,6	27	50	77	0	3	13	27	70						7	0			13
n° 228	0,16	0,12	0,17	0,17	0,62	26	45	73	-2	3	13	26	84						10	0			0
n° 229	0,18	0,08	0,16	0,08	0,5	36	52	84	4	4	16	32	92						8	4			16
n° 230	0,16	0,1	0,14	0,12	0,52	31	50	77	4	4	19	38	85						4	-8			15

	i 9	i 10	i 11	i 12	i 13	i 14	i 15	i 16	i 17	i 18	i 19	i 20	i 21	i 22	i 23	i 24	i 25	i 26	i 27	i 28	i 29	i 30	i 31
n° 231	0,14	0,1	0,14	0,1	0,48	29	50	79	0	0	13	50	83						0	-21			25
n° 232	0,18	0,06	0,18	0,06	0,48	38	50	88	0	4	13	50	96						0	-13			29
n° 233	0,18	0,08	0,18	0,1	0,54	33	48	81	0	4	19	33	81						7	0			7
n° 234	0,12	0,08	0,14	0,08	0,42	29	48	81	-5	0	14	29	90						0	0			10
n° 235	0,17	0,08	0,15	0,08	0,48	35	52	83	4	0	15	35	81						0	0			13
n° 236	0,16	0,08	0,16	0,1	0,5	32	48	80	0	4	16	32	96						8	0			8
n° 237	0,15	0,11	0,15	0,13	0,54	28	48	76	0	0	19	30	78						11	-2			13
n° 238	0,13	0,11	0,14	0,16	0,54	24	44	70	-2	0	7	26	78						-4	-2			6
n° 239	0,15	0,11	0,17	0,13	0,56	27	46	77	-4	0	11	27	75						-4	0			4
n° 240	0,17	0,11	0,16	0,12	0,56	30	50	79	2	0	14	30	86						-4	0			7
n° 241	0,17	0,08	0,2	0,12	0,57	30	44	79	-5	2	16	30	93						0	0			0
n° 242	0,18	0,1	0,19	0,1	0,57	32	49	82	-2	4	21	32	77						7	0			7
n° 243	0,14	0,14	0,14	0,16	0,58	24	48	72	0	0	10	24	93						0	0			3
n° 244	0,16	0,13	0,16	0,11	0,56	29	52	80	0	0	14	32	79						-4	-4			11
n° 245	0,16	0,12	0,16	0,14	0,58	28	48	76	0	3	17	28	86						0	0			10
n° 246	0,16	0,12	0,15	0,13	0,56	29	50	77	2	0	14	29	89						0	0			11
n° 247	0,16	0,1	0,16	0,14	0,56	29	46	75	0	4	14	29	93						0	0			4
n° 248	0,18	0,1	0,16	0,06	0,5	36	44	80	4	0	12	44	72						-12	-8			12
n° 249	0,12	0,14	0,15	0,12	0,53	23	51	74	-6	0	13	28	89						0	-6			17
n° 250	0,14	0,1	0,14	0,1	0,48	29	50	79	0	0	13	29	75						0	0			4
n° 251	0,18	0,12	0,16	0,1	0,56	32	54	82	4	4	18	43	86						11	-11			14
n° 252	0,14	0,12	0,14	0,12	0,52	27	50	77	0	0	8	31	77						0	-4			4
n° 253	0,18	0,13	0,17	0,16	0,64	28	51	78	2	2	11	42	85						-6	-13			20
n° 254	0,1	0,12	0,12	0,14	0,48	21	54	75	-4	0	8	33	79						0	-13			21
n° 255	0,18	0,12	0,18	0,12	0,6	30	50	80	0	0	17	30	83						7	0			7
n° 256	0,16	0,16	0,14	0,12	0,58	28	55	79	3	0	14	28	90						3	0			10
n° 257	0,18	0,08	0,18	0,1	0,54	33	48	81	0	4	15	33	93						7	0			15
n° 258	0,16	0,1	0,18	0,1	0,54	30	48	81	-4	4	15	30	93						7	0			0
n° 259	0,18	0,08	0,2	0,1	0,56	32	46	82	-4	4	14	29	93						4	4			14
n° 260	0,18	0,12	0,18	0,08	0,56	32	54	86	0	7	18	32	82						7	0			4
n° 261	0,2	0,08	0,18	0,1	0,56	36	50	82	4	7	21	36	79						11	0			7
n° 262	0,18	0,12	0,2	0,12	0,62	29	48	81	-3	0	13	29	90						0	0			0
n° 263	0,16	0,12	0,18	0,08	0,54	30	52	85	-4	0	15	48	93						7	-19			22
n° 264	0,2	0,14	0,18	0,1	0,62	32	55	84	3	6	19	32	81						6	0			6
n° 265	0,18	0,1	0,16	0,1	0,54	33	52	81	4	0	15	33	96						4	0			11
n° 266	0,16	0,1	0,18	0,08	0,52	31	50	85	-4	0	15	31	92						8	0			8
n° 267	0,18	0,14	0,18	0,12	0,62	29	52	81	0	3	10	29	90						0	0			6
n° 268	0,18	0,12	0,18	0,14	0,62	29	48	77	0	3	16	29	90						6	0			6
n° 269	0,2	0,08	0,22	0,08	0,58	34	48	86	-3	0	17	41	93						3	-7			17
n° 270	0,14	0,1	0,14	0,08	0,46	30	52	83	0	0	13	30	91						4	0			13
n° 271	0,16	0,12	0,16	0,1	0,54	30	52	81	0	0	15	30	89						4	0			0
n° 272	0,16	0,14	0,14	0,14	0,58	28	52	76	3	0	14	28	93						3	0			7
n° 273	0,18	0,16	0,16	0,14	0,64	28	53	78	3	0	16	28	91						9	0			0
n° 274	0,15	0,12	0,16	0,1	0,53	28	51	81	-2	0	11	26	92						4	2			6
n° 275	0,2	0,11	0,2	0,11	0,62	32	50	82	0	0	18	32	98						10	0			19
n° 276	0,17	0,09	0,17	0,1	0,53	32	49	81	0	4	11	32	79						0	0			8

Indicateur n° 9	Durée Posé Gauche
Indicateur n° 10	Durée Suspension Gauche
Indicateur n° 11	Durée Posé Droit
Indicateur n° 12	Durée Suspension Droite
Indicateur n° 13	Durée du cycle
Indicateur n° 14	Instant du quitté gauche en pourcentage du cycle
Indicateur n° 15	Instant du posé droit en pourcentage du cycle

Indicateur n° 16	Instant du quitté droit en pourcentage du cycle
Indicateur n° 17	Différence en pourcentage entre appui gauche et droit
Indicateur n° 18	Instant de la première extension de la cheville pendant l'appui en pourcentage du cycle
Indicateur n° 19	Instant de flexion maximale pendant l'appui de la cheville en pourcentage du cycle
Indicateur n° 20	Instant de l'extension maximale de la cheville en pourcentage du cycle
Indicateur n° 21	Instant de la flexion maximale de la cheville pendant le retour de la jambe libre en pourcentage du cycle
Indicateur n° 22	Instant de la flexion maximale du genou pendant l'appui en pourcentage du cycle
Indicateur n° 23	Instant de l'extension maximale du genou [illegible] du cycle
Indicateur n° 24	Instant [illegible]
Indicateur n° 25	Instant de l'extension maximale de la hanche en pourcentage du cycle
Indicateur n° 26	Instant de la flexion maximale de la hanche en pourcentage du cycle
Indicateur n° 27	Ecart entre les dates de flexion maximale pour la cheville et le genou en pourcentage du cycle
Indicateur n° 28	Déphasage entre les dates de l'extension maximum de la cheville et QG en pourcentage du cycle
Indicateur n° 29	Déphasage entre les dates de l'extension maximum de la cheville et [illegible] pourcentage du cycle
Indicateur n° 30	Déphasage entre les dates de l'extension maximum de la hanche et QG en pourcentage du cycle
Indicateur n° 31	Déphasage en extension

ANNEXE V. : INDICATEURS SPATIO-TEMPORELS, ET INDICATEURS D'ANGLES POUR LE SECTEUR ANGULAIRE A L'APPUI, LE TRONC ET LES BRAS EN COURSE DE VITESSE

	i 32	i 33	i 34	i 35	i 36	i 37	i 38	i 39	i 40	i 41	i 42	i 43	i 44	i 45	i 46	i 47	i 48	i 49	i 50
n° 01	5,1	5,6	92,9	4,24	197,1	5,0	5,5	91,1	193,3							9	15	6	6
n° 02	5,7	5,6	158,7	4,25	337,6	5,7	5,6	158,7	337,6							9	14	12	5
n° 03	6,8	7,3	112,2	4,69	263,1	6,8	7,3	112,2	263,1							6	11	8	5
n° 04	4,0	5	111,1	4,59	255,0	4,1	5,2	115,7	265,7							5	12	9	7
n° 05	9,6	9,6	136,0	3,60	244,6	10,4	10,3	146,3	263,1							7	17	13	10
n° 06	6,8	9	123,0	4,28	263,0	6,9	9,1	124,2	265,7							6	16	12	10
n° 07	7,9	7,9	130,3	4,40	287,1	8,3	8,2	135,8	299,0							8	16	12	8
n° 08	6,2	9	133,2	4,17	277,5	6,9	10,0	148,0	308,3							8	15	12	7
n° 09	4,7	6,9	122,5	3,92	240,3	4,6	6,8	120,1	235,6							3	11	7	8
n° 10	5,4	9,3	140,3	3,57	250,6	5,5	9,5	143,2	255,7							8	15	13	7
n° 11	9,3	9,3	127,1	3,87	246,0	9,6	9,6	131,1	253,6							2	8	5	6
n° 12	4,7	7,7	150,4	4,23	318,2	4,9	8,2	160,0	338,5							1	8	5	7
n° 13	6,2	10	163,2	3,76	307,1	6,4	10,3	168,3	316,6							9	17	14	8
n° 14	4,7	7	112,4	4,39	246,7	5,1	7,6	122,2	268,1							1	9	4	8
n° 15	5,4	8,5	134,9	4,24	285,9	5,8	9,0	143,5	304,1							5	15	10	10
n° 16	4,7	9,3	145,0	4,12	298,8	5,1	10,1	157,6	324,8							0	16	6	16
n° 17	7,0	8,5	138,0	4,21	290,7	7,4	9,0	146,8	309,3							2	10	5	8
n° 18	4,7	12,4	133,3	3,55	236,7	4,7	12,7	136,1	241,5							0	11	3	11
n° 19	4,0	6,2	151,7	4,26	322,8	4,2	6,5	159,7	339,8							11	19	15	8
n° 20	11,4	9,6	131,3	3,43	225,3	12,0	10,1	138,2	237,2							15	23	19	8
n° 21	8,0	10,2	142,6	3,24	230,9	8,6	11,0	153,3	248,3							4	15	11	11
n° 22	5,7	5,7	128,4	3,79	243,1	6,2	6,2	139,6	264,2							6	13	9	7
n° 23	8,0	12,5	165,0	3,85	318,0	8,6	13,4	177,4	341,9							6	14	9	8
n° 24	4,5	6,2	146,2	4,19	306,6	4,8	6,5	153,9	322,7							9	17	11	8
n° 25	6,8	7,9	205,7	3,99	410,9	6,3	7,3	190,5	380,4							15	24	20	9
n° 26	6,2	6,8	162,1	4,32	349,9	6,2	6,7	160,5	346,4							3	14	10	11
n° 27	8,5	10,8	156,4	3,90	304,9	7,9	10,1	146,2	285,0							8	15	11	7
n° 28	11,3	12,4	178,0	3,66	325,9	11,9	13,1	187,3	343,0							17	26	22	9
n° 29	5,7	11,3	163,8	4,42	362,2	5,1	10,1	146,2	323,4							5	14	10	9
n° 30	4,0	6,2	179,1	4,04	361,6	3,7	5,8	169,0	341,1							12	21	18	9
n° 31	13,0	13	187,6	3,54	331,9	12,3	12,3	177,0	313,2							9	22	17	13
n° 32	6,8	5,7	176,8	4,25	375,5	6,5	5,4	168,4	357,6							4	14	10	10
n° 33	6,3	7,8	138,0	4,50	310,2	5,9	7,4	130,2	292,7							9	16	14	7
n° 34	5,7	6,2	143,2	3,85	275,8	5,6	6,0	139,1	267,8							18	26	14	8
n° 35	6,3	9,4	130,7	3,76	245,9	6,6	10,0	139,1	261,6							12	19	16	7
n° 36	6,8	9,4	111,5	3,67	204,5	7,2	10,0	118,6	217,5							11	22	17	11
n° 37	7,8	11,5	144,2	4,39	316,4	8,1	11,9	148,6	326,1							4	14	10	10
n° 38	8,3	11,5	140,6	3,97	278,9	8,3	11,4	139,2	276,1							-2	15	3	17
n° 39	6,8	7,8	129,2	4,30	277,8	7,4	8,6	141,9	305,3							0	10	6	10
n° 40	8,3	6,3	133,3	3,91	260,4	8,7	6,6	138,9	271,3							15	26	23	11
n° 41	5,2	8,3	131,3	4,35	285,4	5,5	8,8	139,6	303,6							3	11	23	8
n° 42	8,3	12,5	171,9	3,41	292,7	8,2	12,3	168,5	287,0							11	24	15	13
n° 43	5,2	5,7	133,9	3,41	228,1	5,3	5,8	135,2	230,4							14	22	19	8
n° 44	12,5	9,4	179,7	3,70	332,8	11,8	8,9	169,5	313,9							5	11	9	6
n° 45	7,3	8,9	143,0	3,96	283,3	7,8	9,5	152,1	301,4							17	27	22	10
n° 46	8,9	6,8	154,7	3,97	307,3	8,4	6,4	145,9	289,9							11	20	14	9
n° 47	6,3	6,8	135,9	4,17	283,2	6,3	6,9	137,3	286,1							-2	11	4	13
n° 48	9,2	9,7	175,9	3,57	313,9	9,0	9,4	170,8	304,7							14	34	24	20
n° 49	6,2	6,6	152,3	4,07	309,7	6,2	6,6	152,3	309,7							2	10	4	8
n° 50	5,1	6,7	164,6	4,32	355,8	5,2	6,8	168,0	363,0							6	14	7	8

	i 32	i 33	i 34	i 35	i 36	i 37	i 38	i 39	i 40	i 41	i 42	i 43	i 44	i 45	i 46	i 47	i 48	i 49	i 50
n° 51	6,7	6,7	163,1	4,09	333,3	6,9	6,9	168,1	343,6							0	12	11	12
n° 52	7,7	10,3	146,7	4,27	313,3	7,6	10,2	145,2	310,2							0	8	3	8
n° 53	6,2	9,7	183,6	4,10	376,1	6,0	9,4	178,2	365,1							0	5	3	5
n° 54	5,1	11,7	207,4	3,81	394,5	4,9	11,3	199,4	379,3							1	10	7	9
n° 55	5,9	11	235,3	3,66	430,3	5,6	10,5	224,1	409,8							9	20	14	11
n° 56	3,7	9,6	233,1	3,83	446,8	3,4	8,8	213,8	409,9							18	25	22	7
n° 57	6,6	9,6	159,6	3,74	298,2	5,8	8,3	138,7	259,3							0	17	13	17
n° 58	6,6	7,4	161,8	4,04	326,5	6,6	7,3	160,2	323,2							10	17	14	7
n° 59	9,6	11	211,0	3,61	380,8	9,3	10,7	204,9	369,7							3	19	12	16
n° 60	5,1	8,8	181,6	3,69	335,0	4,5	7,7	159,3	293,8							4	16	11	12
n° 61	6,6	11	193,4	3,49	337,4	5,7	9,5	166,7	290,9							10	20	16	10
n° 62	7,4	9,6	247,8	3,61	447,7	6,7	8,7	225,3	407,0							18	26	23	8
n° 63	5,8	10,3	163,2	3,70	302,3	5,7	10,2	161,6	299,3							19	29	23	10
n° 64	7,4	9,6	161,8	3,88	313,9	6,9	9,0	151,2	293,4							11	21	15	10
n° 65	5,9	12,5	164,7	3,79	311,8	5,7	12,1	159,9	302,7							6	16	11	10
n° 66	6,6	11,7	196,3	3,90	382,4	6,5	11,5	192,5	374,9							9	19	13	10
n° 67	5,1	9,6	184,6	4,00	369,1	5,1	9,5	182,7	365,5							4	16	9	12
n° 68	8,8	12,5	227,2	3,28	372,2	8,3	11,8	214,3	351,2							9	23	17	14
n° 69	4,4	11,8	203,7	3,68	374,5	4,4	11,7	201,7	370,7							11	21	16	10
n° 70	2,9	7,4	183,8	4,17	383,0	2,6	6,6	164,1	341,9							9	20	15	11
n° 71	5,9	11,8	229,4	3,86	442,6	5,4	10,8	210,5	406,0							2	14	8	12
n° 72	4,4	7,4	186,8	4,05	377,9	4,2	7,0	177,9	359,9							11	19	15	8
n° 73	8,8	11,8	261,0	3,55	463,5	7,3	9,8	215,7	383,1							19	26	23	7
n° 74	7,9	13,6	197,9	3,32	328,6	6,7	11,6	169,1	280,8							11	18	15	7
n° 75	5,0	13,6	203,6	3,57	363,5	5,0	13,6	203,6	363,5							14	28	20	14
n° 76	7,9	12,9	181,4	3,88	351,6	7,9	12,9	181,4	351,6							9	23	16	14
n° 77	6,4	12,1	233,6	4,04	471,7	6,0	11,2	216,3	436,8							3	18	9	15
n° 78	5,0	7,9	158,6	4,04	319,9	4,8	7,6	152,5	307,6							4	15	9	11
n° 79	5,7	9,3	198,6	3,72	369,0	5,2	8,5	182,2	338,6							11	21	16	10
n° 80	8,6	15	223,6	3,48	389,2	8,0	14,0	208,9	363,7							5	17	13	12
n° 81	6,4	12,1	238,6	3,82	456,0	6,0	11,3	223,0	426,2							10	25	18	15
n° 82	5,7	11,4	189,3	3,97	375,7	5,7	11,3	187,4	372,0							7	19	12	12
n° 83	7,9	10	192,9	3,82	368,1	7,8	9,9	190,9	364,5							16	27	20	11
n° 84	7,9	9,3	150,7	3,92	295,3	7,1	8,5	137,0	268,5							-2	6	2	8
n° 85	8,7	8,7	213,5	3,56	380,4	7,8	7,8	190,6	339,6							7	18	13	11
n° 86	8,7	11,9	201,6	3,37	339,9	7,3	10,0	169,4	285,7							7	17	12	10
n° 87	4,8	10,3	254,0	3,55	450,7	4,0	8,7	213,4	378,7							19	29	25	10
n° 88	8,7	11,1	197,6	4,23	418,3	7,8	9,9	176,4	373,5							8	16	12	8
n° 89	6,3	11,9	238,1	3,43	407,8	5,8	10,8	216,5	370,7							10	21	15	11
n° 90	11,1	15,9	279,4	3,30	460,3	9,5	13,6	238,8	393,4							13	26	20	13
n° 91	5,6	9,5	233,3	3,82	445,7	4,6	7,9	192,8	368,3							18	30	24	12
n° 92	4,0	7,1	206,3	4,98	513,9	3,4	6,0	174,9	435,5							5	17	11	12
n° 93	7,9	10,3	242,9	3,63	440,9	6,4	8,3	195,9	355,6							13	22	17	9
n° 94	5,6	9,5	258,7	3,88	502,1	4,5	7,7	210,3	408,2							6	16	12	10
n° 95	5,6	8,7	206,3	4,23	436,5	4,5	7,0	166,4	352,0							12	22	14	10
n° 96	6,3	12,7	226,2	4,23	477,9	5,5	11,0	196,7	415,6							10	22	16	12
n° 97	7,1	11,1	231,7	3,83	444,1	6,3	9,8	205,1	393,0							11	22	16	11
n° 98	4,0	5,6	238,1	4,18	497,7	3,4	4,8	203,5	425,4							15	28	20	13
n° 99	4,0	11,9	245,2	3,46	424,2	3,4	10,1	207,8	359,5							17	34	20	17
n° 100	8,7	8,7	274,6	3,47	476,2	7,1	7,1	223,3	387,1							16	32	24	16
n° 101	6,3	11,1	203,6	3,98	405,4	5,6	9,7	178,6	355,6							5	13	9	8
n° 102	4,8	10,3	240,5	4,01	482,3	3,9	8,4	195,5	392,1							11	22	16	11
n° 103	5,2	7,8	229,9	4,24	488,0	4,7	7,0	207,1	439,6							12	25	19	13
n° 104	4,3	12,1	221,3	3,73	412,9	4,0	11,2	204,9	382,4							9	23	17	14
n° 105	7,8	11,2	208,3	3,63	378,1	7,6	10,9	202,2	367,1							3	13	7	10
n° 106	6,9	9,5	189,3	3,60	340,9	6,0	8,3	164,6	296,5							8	23	14	15
n° 107	11,2	13,8	255,0	3,56	453,8	9,7	11,9	219,8	391,2							-2	15	8	17
n° 108	5,2	10,4	204,0	3,70	377,7	5,0	10,1	198,0	366,7							5	17	11	12
n° 109	6,1	9,5	243,7	3,40	414,3	4,9	7,7	198,2	336,8							9	20	15	11

	i 32	i 33	i 34	i 35	i 36	i 37	i 38	i 39	i 40	i 41	i 42	i 43	i 44	i 45	i 46	i 47	i 48	i 49	i 50
n° 110	5,2	13,8	251,5	3,56	447,6	4,5	12,1	220,6	392,6							4	16	10	12
n° 111	6,9	9,5	236,8	3,53	418,2	6,4	8,8	219,3	387,2							1	16	10	15
n° 112	7,8	9,5	219,5	3,79	415,5	7,7	9,4	217,4	411,4							8	17	12	9
n° 113	6,1	15,6	235,1	3,09	362,7	5,4	13,9	209,9	323,9							16	31	25	15
n° 114	6,9	12,1	195,3	3,52	344,2	6,3	11,1	179,2	315,8							-4	17	10	21
n° 115	6,1	11,2	220,4	3,76	414,5	4,8	8,9	174,9	329,0							14	27	20	13
n° 116	5,0	6,4	202,1	4,27	431,7	4,4	5,6	177,3	378,7							11	18	15	7
n° 117	8,6	7,1	195,0	3,96	385,7	7,5	6,2	169,6	335,4							14	24	19	10
n° 118	7,1	7,9	208,6	3,64	379,6	6,3	7,0	184,6	336,0							4	15	10	11
n° 119	9,3	9,2	205,0	3,58	367,3	8,2	8,1	181,4	325,1							8	20	14	12
n° 120	9,3	7,1	171,4	4,35	372,7	8,0	6,1	147,8	321,3							7	23	16	16
n° 121	6,4	7,1	223,6	4,01	448,6	5,4	6,0	187,9	377,0							18	26	21	8
n° 122	5,0	7,9	235,0	3,49	410,1	4,2	6,6	195,8	341,7							10	22	15	12
n° 123	5,0	5,7	241,4	3,82	461,5	4,2	4,8	201,2	384,6							17	28	22	11
n° 124	7,1	10	224,3	3,62	405,6	5,7	7,9	178,0	321,9							4	16	11	12
n° 125	4,3	5,7	219,3	4,13	452,4	3,5	4,7	179,7	370,8							9	21	15	12
n° 126	6,4	7,1	220,7	3,43	378,8	5,6	6,2	191,9	329,4							15	26	20	11
n° 127	5,7	6,4	200,0	4,03	403,3	4,9	5,5	172,4	347,6							8	20	13	12
n° 128	7,1	9,3	195,7	4,00	391,4	5,6	7,3	152,9	305,8							11	20	16	9
n° 129	6,8	12,7	239,3	3,77	450,7	5,4	10,0	188,4	354,9							4	22	14	18
n° 130	6,8	10,7	261,7	3,45	451,2	5,4	8,5	207,7	358,1							9	21	15	12
n° 131	6,8	13,7	286,1	3,69	528,4	6,0	12,0	251,0	463,5							10	24	17	14
n° 132	7,8	12,7	295,9	3,50	517,9	6,5	10,6	246,6	431,6							3	18	12	15
n° 133	5,9	9,8	247,1	4,02	496,1	4,9	8,2	205,9	413,4							5	16	11	11
n° 134	5,9	10,7	244,1	3,63	442,9	5,1	9,3	212,3	385,2							-7	8	0	15
n° 135	6,8	9,8	264,6	4,30	568,4	5,6	8,0	215,2	462,1							10	24	16	14
n° 136	7,8	10,7	281,3	3,45	484,9	6,3	8,6	225,0	387,9							8	22	15	14
n° 137	5,9	7,8	233,4	4,44	518,0	5,1	6,8	203,0	450,4							4	18	10	14
n° 138	5,9	9,8	265,6	3,94	523,4	4,6	7,7	209,2	412,2							12	25	17	13
n° 139	6,8	12,7	277,3	3,66	507,5	5,8	10,9	237,0	433,7							10	21	15	11
n° 140	8,8	12,7	232,4	3,17	368,9	8,0	11,5	211,3	335,4							0	16	9	16
n° 141	5,9	10,7	297,9	3,87	576,5	4,7	8,5	236,4	457,6							12	25	15	13
n° 142	5,9	10,7	273,4	3,24	442,6	4,5	8,2	208,7	337,9							9	24	16	15
n° 143	6,8	11,7	241,2	4,17	502,5	5,5	9,4	194,5	405,3							4	19	13	15
n° 144	4,9	14,6	254,9	3,37	429,7	3,8	11,4	199,1	335,7							1	18	12	17
n° 145	5,9	6,8	259,8	3,89	505,2	4,9	5,7	218,3	424,5							-2	17	7	19
n° 146	6,8	10,7	217,8	3,93	427,7	5,6	8,8	180,0	353,5							0	15	8	15
n° 147	7,2	10,2	231,1	3,88	448,3	6,0	8,5	193,4	375,2							12	23	18	11
n° 148	6,1	10,2	255,6	3,98	509,2	5,4	9,0	225,2	448,6							8	19	13	11
n° 149	6,1	8,1	278,1	4,07	566,5	4,9	6,4	220,7	449,6							9	21	16	12
n° 150	9,2	15,3	278,1	3,87	538,8	7,5	12,5	227,0	439,8							3	22	14	19
n° 151	6,1	8,2	264,8	4,21	557,9	5,2	7,0	226,3	476,9							11	20	16	9
n° 152	7,2	9,2	264,8	4,18	553,5	6,1	7,9	226,3	473,1							12	24	18	12
n° 153	6,1	8,2	273,0	3,77	515,2	4,8	6,4	213,3	402,5							11	20	15	9
n° 154	6,1	12,3	285,3	4,03	574,6	4,6	9,3	216,1	435,3							15	32	26	17
n° 155	5,1	9,2	285,3	3,62	516,7	4,2	7,5	231,9	420,1							9	23	16	14
n° 156	6,1	9,2	256,6	4,10	526,2	5,2	7,8	217,5	445,9							4	13	9	9
n° 157	7,3	8,3	216,5	3,64	394,2	5,8	6,6	171,8	312,8							14	23	17	9
n° 158	8,3	10	273,4	3,70	506,3	6,3	7,6	208,7	386,5							1	14	8	13
n° 159	6,4	10	281,7	3,50	493,5	4,9	7,6	213,4	373,9							22	34	28	12
n° 160	6,4	11	274,3	3,83	525,8	4,6	7,9	195,9	375,5							7	20	14	13
n° 161	4,6	9,2	277,1	4,01	556,0	3,8	7,5	227,1	455,7							6	18	12	12
n° 162	4,6	7,3	248,6	3,87	481,7	3,8	6,0	205,5	398,1							16	25	21	9
n° 163	5,5	8,6	309,2	4,22	652,9	4,4	6,8	245,4	518,2							9	21	15	12
n° 164	5,5	10	254,1	4,51	573,4	4,2	7,6	192,5	434,4							5	16	11	11
n° 165	8,3	11	274,3	3,41	467,6	6,6	8,8	219,4	374,1							7	18	11	11
n° 166	8,3	7,4	302,8	3,33	504,6	6,8	6,1	248,2	413,6							14	23	18	9
n° 167	4,6	7,4	264,2	4,04	533,3	3,4	5,5	195,7	395,0							9	19	13	10
n° 168	8,3	8,3	245,0	4,36	533,8	6,9	6,9	204,1	444,8							15	29	22	14

	i 32	i 33	i 34	i 35	i 36	i 37	i 38	i 39	i 40	i 41	i 42	i 43	i 44	i 45	i 46	i 47	i 48	i 49	i 50
n° 169	5,5	8,3	257,8	4,17	537,1	4,4	6,6	203,8	424,6							11	24	18	13
n° 170	4,6	9,2	267,0	4,36	582,4	3,3	6,7	193,5	422,0							23	32	25	9
n° 171	5,5	7,4	267,9	3,98	533,3	4,1	5,5	199,9	398,0							11	19	16	8
n° 172	8,3	6,4	256,0	3,64	465,8	6,5	5,0	200,0	363,9							14	22	17	8
n° 173	7,1	11,9	306,2	3,57	547,2	5,3	8,8	226,0	403,8							13	22	18	9
n° 174	4,8	11,1	269,0	4,04	542,9	3,7	8,7	211,8	427,4							4	13	9	9
n° 175	7,1	12,7	277,0	3,52	487,5	5,4	9,5	208,3	366,6							11	22	15	11
n° 176	4,1	9,2	260,7	4,25	553,5	3,1	7,1	200,5	425,8							1	16	8	15
n° 177	7,2	7,2	283,2	4,15	587,9	5,7	5,8	226,6	470,3							17	30	24	13
n° 178	7,2	10,2	297,5	3,56	529,5	5,1	7,3	214,1	380,9							16	25	20	9
n° 179	7,2	9,2	307,8	3,63	558,7	5,5	7,0	234,9	426,5							12	26	19	14
n° 180	5,1	11,3	266,9	4,28	570,9	3,7	8,1	192,0	410,7							5	16	11	11
n° 181	7,2	10,2	298,6	3,86	576,1	5,5	7,8	229,7	443,2							6	21	14	15
n° 182	8,2	10,2	279,1	3,58	500,3	6,3	7,8	214,7	384,8							2	19	11	17
n° 183	6,1	10,2	301,6	4,09	617,6	4,4	7,2	213,9	438,0							2	19	10	17
n° 184	4,1	12,3	223,9	4,91	550,2	3,1	9,4	170,9	420,0							16	33	25	17
n° 185	7,2	13,3	322,6	3,70	596,8	5,1	9,6	232,1	429,3							8	19	13	11
n° 186	10,2	11,3	275,1	3,96	544,0	7,7	8,5	206,8	409,0							9	18	13	9
n° 187	9,2	8,2	301,6	3,62	545,3	7,4	6,6	241,3	436,3							3	15	9	12
n° 188	8,2	10,2	283,2	3,74	530,2	6,2	7,8	216,2	404,7							8	18	13	10
n° 189	6,1	12,3	341,5	3,59	613,5	4,2	8,5	235,5	423,1							-1	12	5	13
n° 190	7,2	8,2	285,3	3,82	544,7	5,8	6,6	230,1	439,3							12	25	19	13
n° 191	10,2	10,2	280,7	3,68	515,9	7,6	7,6	209,5	385,0							5	16	11	11
n° 192	7,2	8,2	336,4	3,83	643,8	5,5	6,4	260,8	499,1							15	31	24	16
n° 193	8,2	9,2	264,8	3,82	505,3	6,5	7,4	211,9	404,3							7	23	16	16
n° 194	6,1	8,2	333,3	3,68	613,5	4,5	6,1	246,9	454,4							7	18	12	11
n° 195	6,1	9,2	311,9	3,83	597,1	4,6	7,0	236,3	452,4							9	23	17	14
n° 196	8,2	8,2	248,5	3,97	492,8	6,0	6,0	181,4	359,7							10	22	14	12
n° 197	6,1	11,3	266,9	4,02	535,8	4,5	8,4	197,7	396,9							9	19	14	10
n° 198	6,1	14,1	275,8	3,91	539,4	4,3	10,1	197,0	385,3							12	24	17	12
n° 199	8,1	13,1	286,9	3,96	567,7	6,3	10,2	224,1	443,5							9	24	17	15
n° 200	9,0	7,4	278,0	3,44	478,0	6,3	5,2	195,8	336,6							9	19	14	10
n° 201	5,1	7,1	259,6	3,89	505,1	3,7	5,3	192,3	374,1							-2	9	3	11
n° 202	6,1	10,1	306,1	3,72	569,2	4,5	7,4	225,0	418,5							4	20	13	16
n° 203	10,1	14,1	325,3	3,04	494,3	7,2	10,1	232,3	353,1							20	43	32	23
n° 204	9,1	11,1	281,8	3,08	433,7	6,4	7,8	197,1	303,3							2	12	6	10
n° 205	6,1	6,1	251,5	4,34	545,9	4,4	4,5	183,6	398,5							12	25	18	13
n° 206	5,1	8,1	252,0	4,17	525,0	3,8	6,0	188,1	391,8							18	31	25	13
n° 207	5,1	8,1	292,9	3,59	525,6	3,8	6,1	220,2	395,2							13	23	19	10
n° 208	9,1	8,1	283,8	3,57	506,9	7,3	6,5	228,9	408,8							10	23	16	13
n° 209	7,1	9,1	249,5	3,68	459,3	5,3	6,8	186,2	342,8							16	32	24	16
n° 210	7,1	10,1	260,6	3,83	499,2	5,3	7,6	195,9	375,4							14	25	19	11
n° 211	8,2	11,3	317,1	3,55	562,1	5,8	8,0	223,3	395,9							11	26	19	15
n° 212	10,2	12,3	340,5	3,05	519,2	7,4	8,9	246,7	376,3							7	19	13	12
n° 213	10,2	11,3	320,0	3,76	602,1	7,3	8,0	227,0	427,0							2	22	14	20
n° 214	8,2	15,4	353,8	3,69	652,8	5,6	10,6	244,0	450,2							5	24	14	19
n° 215	7,2	15,4	299,6	3,48	521,8	5,4	11,7	227,0	395,3							5	17	10	12
n° 216	8,2	9,2	307,6	3,50	538,9	6,3	7,1	236,6	414,5							9	22	17	13
n° 217	8,2	12,3	305,8	3,84	586,4	6,0	9,0	224,8	431,2							7	20	12	13
n° 218	4,1	8,2	274,0	4,58	628,1	3,0	5,9	198,6	455,1							7	24	17	17
n° 219	6,1	11,3	290,4	3,85	558,4	4,6	8,4	216,7	416,7							6	18	12	12
n° 220	8,2	9,2	305,7	4,00	611,5	5,7	6,4	213,8	427,6							17	33	27	16
n° 221	5,1	9,2	287,3	4,09	587,9	3,9	7,0	219,3	448,8							11	26	19	15
n° 222	8,3	14,8	263,9	3,46	456,6	6,1	10,9	194,0	335,7							14	25	19	11
n° 223	7,4	9,3	246,3	3,63	446,4	5,4	6,7	178,5	323,5							5	21	14	16
n° 224	8,3	12	318,5	3,27	521,2	6,1	8,8	232,5	380,4							8	24	16	16
n° 225	7,4	9,3	276,9	3,39	469,3	5,0	6,3	188,3	319,3							8	19	14	11
n° 226	5,6	10,2	308,3	3,45	532,4	4,1	7,5	226,7	391,5							9	32	11	23
n° 227	6,5	9,3	313,0	3,33	521,6	4,7	6,8	228,4	380,7							4	17	10	13

	i 32	i 33	i 34	i 35	i 36	i 37	i 38	i 39	i 40	i 41	i 42	i 43	i 44	i 45	i 46	i 47	i 48	i 49	i 50
n° 228	10,2	11,1	328,7	3,23	530,2	7,4	8,0	238,2	384,2							13	21	16	8
n° 229	6,5	13	281,5	4,05	570,4	4,8	9,6	207,0	419,4							11	23	16	12
n° 230	4,6	13,9	326,9	3,86	630,3	3,2	9,7	227,0	437,7							9	24	18	15
n° 231	7,4	9,3	307,4	4,05	623,1	5,4	6,8	226,0	458,1							14	27	21	13
n° 232	7,4	9,3	239,8	4,13	495,8	5,6	7,0	181,7	375,6							-3	12	5	15
n° 233	6,5	9,3	274,1	3,74	512,7	4,8	6,8	201,5	377,0							12	26	19	14
n° 234	3,7	9,3	268,5	4,56	612,9	2,8	7,2	206,6	471,4							10	21	16	11
n° 235	4,6	6,4	266,5	4,09	545,0	3,5	4,8	201,9	412,9							14	24	20	10
n° 236	7,3	7,3	304,6	3,88	590,8	5,4	5,4	224,0	434,4							13	24	20	11
n° 237	7,3	10,1	305,5	3,65	557,3	5,6	7,7	231,4	422,2							19	33	27	14
n° 238	6,4	9,2	289,0	3,68	531,8	4,5	6,4	202,1	371,9							14	24	21	10
n° 239	7,3	8,3	317,4	3,62	575,0	5,0	5,6	215,9	391,2							19	30	25	11
n° 240	8,3	8,3	338,5	3,39	574,2	5,7	5,7	233,5	396,0							1	18	10	17
n° 241	6,4	11	298,2	3,37	502,8	4,6	7,9	214,5	361,7							8	22	15	14
n° 242	2,8	10,1	301,4	3,50	527,9	2,0	7,4	220,0	385,3							17	26	22	9
n° 243	9,2	11	311,0	3,40	463,8	7,0	8,3	235,6	351,3							12	23	19	11
n° 244	7,3	11	306,4	3,62	555,4	5,4	8,1	227,0	411,4							3	17	12	14
n° 245	9,2	10,1	311,0	3,43	533,1	6,6	7,3	223,7	383,5							18	27	23	9
n° 246	5,5	10,1	331,2	3,58	593,1	3,7	6,8	223,8	400,7							9	23	16	14
n° 247	6,4	9,2	320,2	3,60	576,7	4,8	6,9	238,9	430,4							14	22	18	8
n° 248	7,2	7,2	300,6	4,07	611,5	5,3	5,3	221,0	449,6							10	27	19	17
n° 249	6,1	9,2	321,6	3,82	614,4	4,4	6,6	229,7	438,9							5	16	10	11
n° 250	10,2	8,2	320,0	4,30	688,1	7,5	6,0	233,6	502,2							14	23	18	9
n° 251	8,2	7,2	318,0	3,62	575,2	5,6	5,0	219,3	396,7							4	15	12	11
n° 252	4,1	8,2	349,7	3,99	698,0	2,5	5,0	213,2	425,6							15	28	23	13
n° 253	9,2	16,4	255,6	4,05	517,3	6,4	11,4	177,5	359,3							1	14	6	13
n° 254	6,1	9,2	343,6	4,07	698,7	4,3	6,5	241,9	492,0							9	20	16	11
n° 255	7,8	12,6	330,1	3,32	548,5	5,3	8,6	226,1	375,7							7	24	15	17
n° 256	6,8	15,5	327,2	3,33	544,0	5,0	11,5	242,4	403,0							6	17	12	11
n° 257	6,8	13,6	312,6	3,66	571,7	4,6	9,3	212,7	388,9							4	18	11	14
n° 258	4,9	11,7	302,9	3,73	564,5	3,6	8,7	224,4	418,2							18	29	24	11
n° 259	9,7	13,6	276,7	3,50	483,7	6,9	9,7	197,6	345,5							8	19	13	11
n° 260	4,9	9,7	341,7	3,55	606,8	3,0	6,0	212,3	376,9							0	14	7	14
n° 261	9,7	12,6	272,8	3,66	499,3	6,5	8,4	181,9	332,9							6	22	14	16
n° 262	10,7	12,6	319,4	3,18	507,4	7,6	8,9	226,5	359,8							10	24	16	14
n° 263	9,7	12,6	296,1	3,52	521,4	6,6	8,5	200,1	352,3							7	16	11	9
n° 264	8,7	12,6	356,3	3,26	581,0	5,7	8,2	231,4	377,2							1	12	6	11
n° 265	8,7	8,7	319,4	3,67	586,1	5,7	5,7	210,1	385,6							13	25	20	12
n° 266	8,7	11,7	286,4	3,62	519,0	5,9	8,0	194,8	353,1							10	17	13	7
n° 267	9,7	11,7	272,8	3,31	451,0	6,6	7,9	184,3	304,7							4	16	8	12
n° 268	9,7	13,6	327,2	3,23	527,7	6,1	8,6	207,1	334,0							13	25	18	12
n° 269	12,6	15,5	324,3	3,35	542,4	8,5	10,5	219,1	366,5							14	30	22	16
n° 270	5,8	9,7	278,6	4,36	607,9	4,0	6,7	192,2	419,2							18	26	22	8
n° 271	6,8	20,4	346,6	3,55	614,9	4,5	13,6	231,1	409,9							3	18	11	15
n° 272	9,7	10,7	352,4	3,51	619,4	6,5	7,1	235,0	412,9							7	16	12	9
n° 273	8,7	15,5	318,4	3,21	511,2	6,2	10,9	224,3	360,0							6	19	14	13
n° 274	8,7	13,6	307,8	3,70	569,7	6,7	10,5	236,7	438,2							9	17	13	8
n° 275	7,8	12,6	308,7	3,23	498,4	5,8	9,3	228,7	369,2							15	25	20	10
n° 276	6,8	8,7	288,8	3,75	541,3	5,3	6,8	224,8	421,3							0	14	5	14

Indice de sautillement, Amplitude en cm, Fréquence en hz, Vitesse en cm/seconde, Indicateurs pondérés en % de la taille, Angle en degré

Indicateur n° 32	Indice de sautillement oreille
Indicateur n° 33	Indice de sautillement hanche
Indicateur n° 34	Amplitude
Indicateur n° 35	Fréquence
Indicateur n° 36	Vitesse

Indicateur n° 37	Indice de sautillement oreille pondéré
Indicateur n° 38	Indice de sautillement de hanche pondéré
Indicateur n° 39	Amplitude pondérée
Indicateur n° 40	Vitesse pondérée
[illegible]	
Indicateur n° 44	Angle bras/verticale/extension
Indicateur n° 45	Angle bras/verticale/flexion
Indicateur n° 46	Amplitude des mouvements du bras
Indicateur n° 47	Angle tronc/verticale minimum
Indicateur n° 48	Angle tronc/verticale maximum
Indicateur n° 49	Angle tronc/verticale moyen
Indicateur n° 50	Amplitude des mouvements du tronc

ANNEXE VI. : INDICATEURS ANGULAIRES POUR LA CHEVILLE, LE GENOU ET LA HANCHE EN COURSE DE VITESSE

	i 51	i 52	i 53	i 54	i 55	i 56	i 57	i 58	i 59	i 60	i 61	i 62	i 63	i 64	i 65	i 66	i 67	i 68	i 69	i 70	i 71	i 72	i 73	i 74
n° 01	97	87	84	103	115	80	111	35									37	3	0	27	37	-6	49	55
n° 02	111	73	85	116	119	73	116	46									45	4	28	55	46	-2	71	73
n° 03	94	88	79	111	121	78	117	43									28	-8	1	67	27	9	67	58
n° 04	95	81	73	92	117	73	113	44									20	11	16	45	31	6	63	57
n° 05	96	69	81	113	124	61	115	63									46	3	29	70	54	-6	86	92
n° 06	109	90	94	104	115	90	109	25									36	10	4	66	39	5	71	66
n° 07	94	82	81	102	110	75	111	36									30	-2	-2	58	37	-1	58	59
n° 08	95	78	64	117	117	64	117	53									38	7	14	54	39	1	85	84
n° 09	113	102	77	117	123	77	120	46									39	-8	4	43	40	-7	53	60
n° 10	121	78	80	115	132	78	122	54									55	10	6	64	58	-5	73	78
n° 11	111	71	80	108	112	67	114	47									49	6	23	37	50	-7	69	76
n° 12	107	73,0	69	116	124	69	116	55									46	4	12	49	46	2	60	58
n° 13	117	89	68,0	119	132	55	102	77									45	-1	0	49	36	7	60	53
n° 14	108	88,0	71	118	122	69	122	53									35	5	10	58	47	-4	70	74
n° 15	116	82	76	118	125	73	127	54									46	1	11	55	53	0	59	59
n° 16	102	68	71	106	127	52	123	75									42	1	6	42	43	2	74	72
n° 17	93	93	89	122	130	68	123	62									30	10	0	54	41	0	60	60
n° 18	121	79	80	107	117	75	121	46									30	0	0	35	30	-3	55	58
n° 19	110	78	76	110	123	76	110	47									54	5	2	47	50	3	57	54
n° 20	109	90	99	114	121	83	118	38									49	7	12	67	50	7	77	70
n° 21	106	82	75	110	128	75	113	53									29	-1	7	52	39	0	63	63
n° 22	106	71	77	121	121	71	121	50									34	4	26	53	47	-3	55	58
n° 23	99	62,0	50,0	91	123	47	107	76									35	-10	7	63	36	-17	63	80
n° 24	96	78	87	113	115	78	114	37									35	2	18	64	42	1	74	73
n° 25	87	63	77	119	129	63	119	66									53	5	12	90	54	6	90	84
n° 26	97	82	95	115	115	82	115	33									45	-3	5	62	46	-2	69	71
n° 27	100	87	84	116	121	81	116	40									47	7	7	51	54	3	68	65
n° 28	100	86	86	109	129	82	109	47									53	3	4	91	57	3	93	90
n° 29	100	73	72	114	122	66	117	56									49	-2	21	65	50	-1	74	75
n° 30	94	87	77	116	123	77	120	46									54	5	7	77	58	1	86	85
n° 31	123	82	85	118	123	80	122	43									67	11	14	68	61	9	69	60
n° 32	110	68	82	98	127	68	113	59									36	-8	11	63	44	-7	76	83
n° 33	97	76	77	98	120	60	106	60									54	1	12	55	54	1	65	64
n° 34	115	88	85	127	123	78	127	49									44	-5	11	65	48	5	78	73
n° 35	107	79	61	107	129	61	121	68									45	-2	10	62	49	2	81	79
n° 36	99	80	70	96	121	77	110	51									44	6	14	63	40	6	72	66
n° 37	99	73	87	106	123	68	108	55									54	4	24	59	31	-11	67	78
n° 38	112	77	67	102	121	63	108	58									36	-19	6	54	37	-18	56	74
n° 39	114	81	79	118	121	74	118	47									40	-2	0	51	46	-3	64	67
n° 40	108	76	68	113	120	68	113	52									52	1	-2	60	53	-4	62	66
n° 41	114	77	83	117	127	77	117	50									40	-5	10	60	51	-10	69	79
n° 42	90	81	78	101	114	62	113	52									52	7	1	90	32	1	90	89
n° 43	113	94	74	116	123	81	120	49									48	8	15	61	47	6	71	65
n° 44	114	74	73	113	117	67	122	55									62	-2	32	71	52	-2	82	84
n° 45	96	79	76	107	125	73	107	52									35	13	21	60	47	6	69	63
n° 46	110	81	74	117	113	73	117	44									35	-7	10	47	38	-6	53	59
n° 47	100	71	75	110	125	64	128	64									18	1	3	49	39	-9	57	66
n° 48	112	81	83	108	126	77	108	49									53	10	8	55	52	9	66	57
n° 49	104	74	77	104	126	74	116	52									35	2	9	42	37	-3	54	57
n° 50	90	66	68	103	113	59	102	54									29	0	6	52	32	-1	60	61
n° 51	120	81	78	108	120	76	113	44									43	11	25	63	44	9	93	84
n° 52	101	76	80	111	119	76	119	43									28	12	4	46	32	3	54	51

	i 51	i 52	i 53	i 54	i 55	i 56	i 57	i 58	i 59	i 60	i 61	i 62	i 63	i 64	i 65	i 66	i 67	i 68	i 69	i 70	i 71	i 72	i 73	i 74
n° 53	102	57	66	95	120	57	104	63	[illegible]								36	2	8	59	44	-8	64	72
n° 54	99	68	78	110	127	68	109	59	[illegible]								37	-17	3	50	47	-16	67	83
n° 55	90	65	65	109	123	63	115	60	[illegible]								41	-6	6	70	45	-5	72	77
n° 56	121	72	80	116	128	72	116	56	[illegible]								64	5	10	80	59	1	87	86
n° 57	118	86	89	118	124	81	125	44	[illegible]								46	9	18	62	48	1	64	63
n° 58	96	63	75	119	120	62	119	58	[illegible]								45	3	12	63	45	-10	66	76
n° 59	104	64	77	106	119	64	111	55	[illegible]								47	-11	2	57	48	-10	72	82
n° 60	110	84	84	117	120	79	119	41	[illegible]								31	-1	10	43	40	-2	62	64
n° 61	110	73	75	113	124	66	114	58	[illegible]								48	3	16	60	49	-4	71	75
n° 62	109	80	80	98	121	77	112	44	[illegible]								56	-1	12	79	57	0	84	84
n° 63	118	80	87	120	123	80	120	43	[illegible]								44	-5	1	58	53	-4	72	76
n° 64	117	77	85	110	110	77	112	40	[illegible]								44	6	16	47	51	-5	70	75
n° 65	102	79	86	103	120	68	110	52	[illegible]								44	2	13	45	52	-1	62	63
n° 66	117	77	76	113	121	65	125	60	[illegible]								52	-1	15	67	53	0	69	69
n° 67	104	66	71	103	118	66	108	52	[illegible]								41	6	7	57	44	-8	78	86
n° 68	110	62	78	106	115	62	108	53	[illegible]								55	-5	12	80	56	-4	80	84
n° 69	109	68	62	106	116	62	117	55	[illegible]								53	13	16	81	56	5	81	76
n° 70	95	83	77	104	118	77	105	41	[illegible]								42	1	2	77	43	-4	77	81
n° 71	91	70	73	103	113	70	115	45	[illegible]								34	-20	7	64	37	-20	68	88
n° 72	90	72	80	114	113	72	121	49	[illegible]								41	3	16	58	49	2	77	75
n° 73	115	74	93	112	119	74	126	52	[illegible]								55	-2	10	82	56	-1	81	82
n° 74	92	76	77	94	121	76	113	45	[illegible]								52	-1	12	55	53	-1	74	75
n° 75	99	59	45	90	114	45	107	69	[illegible]								44	4	15	84	48	3	84	81
n° 76	96	65	71	108	120	65	113	55	[illegible]								45	-7	0	58	46	-6	63	69
n° 77	85	80	89	116	114	80	118	38	[illegible]								36	10	21	71	40	6	82	76
n° 78	95	74	80	117	122	72	117	50	[illegible]								40	-3	0	64	41	-2	64	66
n° 79	105	64	74	105	124	64	116	60	[illegible]								36	-11	15	57	43	-10	70	80
n° 80	101	73	64	100	122	54	109	68	[illegible]								47	-3	14	59	60	-10	61	71
n° 81	103	60	76	107	128	60	116	68	[illegible]								52	-6	3	69	53	-6	77	83
n° 82	89	74	75	104	116	62	118	56	[illegible]								35	0	16	54	35	-14	56	70
n° 83	90	77	79	107	124	73	113	51	[illegible]								39	3	15	65	49	4	65	61
n° 84	101	83	78	112	119	78	117	41	[illegible]								35	-5	17	54	37	4	58	54
n° 85	91	62	77	99	112	62	113	51	[illegible]								44	-4	3	59	45	-3	66	69
n° 86	94	78	72	101	119	68	117	51	[illegible]								47	3	12	51	48	2	62	60
n° 87	119	81	84	116	126	79	120	47	[illegible]								50	-4	9	90	54	-7	97	104
n° 88	112	73	75	103	126	73	121	53	[illegible]								46	1	6	58	47	-2	63	65
n° 89	107	62	94	97	114	62	110	52	[illegible]								37	-12	13	69	42	-11	70	81
n° 90	102	75	99	118	118	75	123	48	[illegible]								52	3	20	68	53	4	76	72
n° 91	116	67	78	112	113	67	124	57	[illegible]								45	0	6	75	46	1	79	78
n° 92	98	80	74	105	117	71	105	46	[illegible]								49	1	15	64	50	-7	66	73
n° 93	92	59	77	107	120	59	107	61	[illegible]								55	-8	4	78	56	-9	78	87
n° 94	112	60	67	96	126	60	121	66	[illegible]								40	-8	6	72	37	-7	72	79
n° 95	111	81	84	118	127	77	124	50	[illegible]								47	2	8	52	47	-7	59	66
n° 96	102	89	63	111	116	61	116	55	[illegible]								56	-5	15	75	57	-2	83	85
n° 97	118	68	42	117	122	42	122	80	[illegible]								48	-10	-3	72	46	-4	77	81
n° 98	94	70	69	103	128	65	113	63	[illegible]								49	-10	11	79	50	-9	83	92
n° 99	105	51	63	102	119	51	118	68	[illegible]								48	4	4	74	52	-7	82	89
n° 100	91	68	83	111	127	68	124	59	[illegible]								54	1	4	73	56	-7	73	80
n° 101	109	74	74	113	127	69	114	58	[illegible]								50	-8	11	58	46	-10	63	73
n° 102	87	76	82	123	124	76	123	48	[illegible]								59	-7	14	84	60	-6	88	94
n° 103	89	82	84	104	128	68	112	60	[illegible]								45	4	0	78	45	-18	78	96
n° 104	96	80	67	110	119	63	116	56	[illegible]								50	0	0	50	56	-6	78	84
n° 105	111	77	64	94	127	52	100	75	[illegible]								47	-12	0	71	49	-12	71	83
n° 106	81	65	54	102	128	54	102	74	[illegible]								47	-6	4	54	43	-6	54	60
n° 107	91	60	68	98	115	60	107	55	[illegible]								54	-14	11	62	48	-14	62	76
n° 108	100	66	72	107	128	66	119	62	[illegible]								48	-4	16	76	48	-4	76	80
n° 109	104	62	76	108	127	62	119	65	[illegible]								67	-18	-1	79	72	-18	81	99
n° 110	108	63	73	99	121	63	121	58	[illegible]								53	-1	4	71	67	-3	78	81
n° 111	106	73	86	104	133	73	121	60	[illegible]								60	-15	0	88	45	-20	95	115

	i 51	i 52	i 53	i 54	i 55	i 56	i 57	i 58	i 59	i 60	i 61	i 62	i 63	i 64	i 65	i 66	i 67	i 68	i 69	i 70	i 71	i 72	i 73	i 74
n° 112	104	65	47	91	124	38	104	86	[illegible]								68	-9	14	83	68	-10	83	93
n° 113	88	75	82	111	124	63	116	61	[illegible]								72	-4	3	78	72	-6	84	90
n° 114	116	70	77	106	116	70	107	46	[illegible]								46	3	4	63	45	-5	69	74
n° 115	111	73	77	102	125	71	111	54	[illegible]								58	0	13	71	58	0	76	76
n° 116	105	65	81	109	122	56	126	70	[illegible]								44	-4	9	84	45	-7	83	90
n° 117	109	77	88	108	123	77	113	46	[illegible]								51	-9	10	73	52	-8	88	96
n° 118	107	76	81	109	116	76	120	44	[illegible]								40	-7	19	64	40	-8	77	85
n° 119	113	60	75	97	110	60	117	57	[illegible]								41	-3	28	54	37	-2	71	73
n° 120	90	69	73	104	122	69	105	53	[illegible]								39	4	5	61	55	4	69	65
n° 121	113	80	84	117	126	80	119	46	[illegible]								53	-12	7	84	62	-11	84	95
n° 122	109	70	83	94	118	67	117	51	[illegible]								43	-7	8	69	48	-7	79	86
n° 123	111	58	80	106	117	58	110	59	[illegible]								56	-5	4	87	45	-4	87	91
n° 124	109	70	57	100	114	53	116	63	[illegible]								36	-6	8	54	36	-18	65	83
n° 125	105	75	76	108	113	67	115	48	[illegible]								33	1	7	64	36	0	71	71
n° 126	94	74	80	96	129	71	115	58	[illegible]								51	1	0	63	48	-2	63	65
n° 127	92	82	84	113	121	79	120	42	[illegible]								45	-1	16	70	55	-1	70	71
n° 128	96	69	77	109	115	69	110	46	[illegible]								39	0	19	66	40	-1	66	67
n° 129	109	87	75	113	118	82	113	43	[illegible]								52	-11	23	67	53	-13	66	79
n° 130	113	87	79	100	121	71	111	50	[illegible]								48	-3	18	78	48	-7	82	89
n° 131	101	58	76	103	118	58	116	60	[illegible]								67	-9	0	81	67	-9	83	92
n° 132	108	66	71	118	124	66	121	58	[illegible]								47	-5	11	75	54	-16	75	91
n° 133	112	61	72	105	124	61	117	63	[illegible]								66	-13	2	67	66	-13	70	83
n° 134	104	76	84	106	125	60	112	65	[illegible]								37	-10	27	55	55	-11	63	74
n° 135	92	61	68	112	121	58	114	63	[illegible]								51	-11	9	63	53	-11	67	78
n° 136	114	56	88	113	124	56	119	68	[illegible]								53	-3	0	90	42	-8	90	98
n° 137	111	75	74	106	106	66	108	45	[illegible]								60	-4	11	76	44	-8	76	84
n° 138	100	81	79	111	118	74	125	51	[illegible]								44	-1	16	72	65	-18	76	94
n° 139	99	75	93	105	113	63	105	50	[illegible]								46	7	14	86	46	-7	75	82
n° 140	116	73	76	95	124	58	115	66	[illegible]								53	0	4	70	53	-1	76	77
n° 141	118	56	72	92	122	56	114	66	[illegible]								71	-9	5	86	75	-13	86	99
n° 142	106	77	74	105	121	67	114	54	[illegible]								51	-2	9	89	51	-2	82	84
n° 143	87	72	75	93	120	72	120	48	[illegible]								46	-10	14	61	38	-10	76	86
n° 144	113	73	68	105	123	73	110	55	[illegible]								45	-4	3	60	45	-13	69	82
n° 145	110	77	71	116	123	66	125	59	[illegible]								54	-5	12	72	54	-15	74	89
n° 146	94	84	89	111	127	84	114	43	[illegible]								43	-10	10	64	43	-10	66	76
n° 147	106	74	75	111	122	66	126	60	[illegible]								56	-2	21	62	56	-2	62	64
n° 148	87	66	67	109	124	66	121	58	[illegible]								57	2	9	68	57	-5	76	81
n° 149	94	56	66	102	115	56	111	59	[illegible]								48	-17	11	82	48	-17	87	104
n° 150	93	66	78	111	119	61	119	58	[illegible]								45	3	8	67	56	-1	75	76
n° 151	92	67	69	101	114	67	105	47	[illegible]								39	-5	8	77	58	-5	77	82
n° 152	103	73	76	112	137	73	130	64	[illegible]								51	6	23	92	52	1	92	91
n° 153	98	76	77	103	116	72	116	44	[illegible]								49	-14	1	75	49	-14	78	92
n° 154	109	70	70	116	120	70	118	50	[illegible]								61	4	1	72	61	1	74	73
n° 155	104	56	73	98	116	51	109	65	[illegible]								57	-9	13	69	57	-9	93	102
n° 156	111	94	96	110	120	87	118	33	[illegible]								55	-7	3	64	55	-14	64	78
n° 157	115	84	86	114	126	84	114	42	[illegible]								51	5	13	67	54	6	75	69
n° 158	94	89	74	111	122	67	111	55	[illegible]								34	-3	0	70	38	-7	72	79
n° 159	98	72	83	99	119	72	111	47	[illegible]								61	-7	3	70	62	-8	73	81
n° 160	114	76	85	115	119	65	126	61	[illegible]								34	1	13	60	42	1	73	72
n° 161	112	86	74	99	119	73	111	46	[illegible]								47	-8	0	80	48	-7	80	87
n° 162	115	63	69	107	122	63	122	59	[illegible]								58	0	8	69	59	1	81	80
n° 163	99	66	72	109	117	66	112	51	[illegible]								47	-3	17	74	48	-2	74	76
n° 164	97	82	88	111	120	82	122	40	[illegible]								45	-4	7	72	46	-3	73	76
n° 165	108	85	83	111	119	72	111	47	[illegible]								39	-5	-1	67	46	-26	75	101
n° 166	93	83	84	119	117	75	119	44	[illegible]								47	-6	9	72	49	-11	84	95
n° 167	95	68	76	101	132	68	122	64	[illegible]								45	9	18	77	49	1	77	76
n° 168	106	89	85	106	124	85	125	40	[illegible]								51	3	2	79	52	-1	79	80
n° 169	90	67	79	100	115	67	106	48	[illegible]								59	6	36	56	60	5	72	67
n° 170	98	85	88	105	122	83	112	39	[illegible]								56	-4	11	76	57	-3	76	79

	i 51	i 52	i 53	i 54	i 55	i 56	i 57	i 58	i 59	i 60	i 61	i 62	i 63	i 64	i 65	i 66	i 67	i 68	i 69	i 70	i 71	i 72	i 73	i 74
n° 171	96	74	82	111	122	71	117	51									48	-15	14	84	51	-14	84	98
n° 172	94	62	77	105	118	62	108	56									34	2	23	63	39	-5	73	78
n° 173	88	76	78	109	121	71	112	50									43	-8	21	64	51	-7	67	74
n° 174	92	74	85	117	123	74	117	49									40	-10	3	51	48	-11	67	78
n° 175	100	79	91	109	124	79	129	50									43	-4	12	72	47	-3	72	75
n° 176	108	80	69	96	122	51	117	71									44	-6	17	77	44	-7	77	84
n° 177	110	62	75	114	122	60	117	62									64	-12	14	80	67	13	80	67
n° 178	116	74	85	112	122	67	122	55									52	-6	3	67	51	12	67	55
n° 179	111	70	84	114	106	59	118	59									60	6	2	85	56	-6	85	91
n° 180	90	79	64	90	115	64	99	51									62	-2	10	64	62	-2	69	71
n° 181	114	64	79	107	122	64	114	58									54	-19	14	61	54	-21	61	82
n° 182	125	86	72	107	116	72	128	56									55	6	5	77	55	-1	77	78
n° 183	115	84	71	106	118	61	112	57									54	-7	16	93	53	3	95	92
n° 184	104	82	66	108	114	66	125	59									33	-12	24	64	50	-13	71	84
n° 185	111	64	75	113	126	64	122	62									48	-6	10	75	51	0	73	73
n° 186	98	63	68	107	110	63	112	49									47	-3	8	68	47	-3	75	78
n° 187	118	71	82	102	127	71	118	56									50	-2	9	63	55	-6	71	77
n° 188	109	89	82	100	122	82	116	40									51	-10	5	74	51	-10	78	88
n° 189	99	66	72	92	116	52	103	64									51	-14	34	78	51	-27	78	105
n° 190	102	60	75	101	110	57	105	53									64	5	6	67	64	-7	73	80
n° 191	101	61	66	102	124	53	107	71									48	-11	6	65	48	-11	67	78
n° 192	121	88	75	104	119	75	123	48									59	-9	10	94	64	-9	96	105
n° 193	113	82	69	107	117	69	117	48									52	-5	13	71	52	-7	71	78
n° 194	87	72	64	111	118	52	115	66									55	-13	1	70	55	-13	70	83
n° 195	95	70	82	103	112	70	107	42									57	10	19	76	57	6	86	80
n° 196	109	92	89	101	121	78	119	43									54	8	26	84	54	8	89	81
n° 197	109	78	71	114	126	65	114	61									56	0	16	79	56	0	79	79
n° 198	92	61	69	100	111	60	105	51									48	-7	-2	61	49	-10	61	71
n° 199	104	69	82	104	116	69	113	47									38	-2	20	65	39	-7	83	90
n° 200	113	68	81	104	120	62	107	58									47	-2	15	63	48	-1	64	65
n° 201	103	75	84	108	123	75	109	48									32	-22	-1	44	35	-22	51	73
n° 202	93	62	63	90	123	53	106	70									32	-9	23	73	47	-8	73	81
n° 203	106	82	95	107	125	82	118	43									53	4	12	71	49	5	71	66
n° 204	104	70	88	104	118	70	105	48									29	-12	7	46	33	12	51	39
n° 205	90	79	81	107	123	72	107	51									47	-9	19	66	46	-9	72	81
n° 206	95	72	78	111	107	69	115	46									49	-1	10	66	52	0	73	73
n° 207	89	59	62	102	121	59	106	62									54	-3	22	74	55	-4	90	94
n° 208	96	63	85	99	125	63	100	62									61	-14	-2	69	62	-13	73	86
n° 209	95	70	86	111	129	70	115	59									56	2	10	61	48	-2	69	71
n° 210	93	65	80	101	123	65	103	58									63	-4	11	65	64	2	73	71
n° 211	93	62	90	111	121	62	111	59									43	7	29	74	40	0	87	87
n° 212	89	71	90	111	121	71	112	50									36	-5	23	64	37	-5	75	80
n° 213	107	78	91	115	123	69	122	54									56	-2	13	62	45	-9	69	78
n° 214	101	60	70	108	130	60	121	70									46	-5	13	67	46	-15	67	82
n° 215	103	66	88	108	121	59	119	62									43	-2	10	73	48	-11	83	94
n° 216	111	57	71	100	119	57	107	62									57	2	19	80	57	2	81	79
n° 217	119	80	74	115	128	61	121	67									42	0	11	64	42	-8	67	75
n° 218	92	69	77	106	121	65	109	56									34	-3	8	67	34	-3	72	75
n° 219	101	60	69	108	126	46	124	80									53	-8	6	57	53	-8	66	74
n° 220	89	70	67	116	119	60	116	59									58	-4	13	83	58	-8	91	99
n° 221	102	109	80	110	123	58	124	66									65	19	12	77	65	3	77	74
n° 222	95	83	80	105	116	74	105	42									43	8	20	74	45	5	84	79
n° 223	117	82	77	120	128	70	120	58									48	-4	12	48	51	-3	64	67
n° 224	108	83	98	114	121	80	122	42									40	-1	21	55	55	0	65	65
n° 225	114	85	98	114	124	85	122	39									41	-3	-1	53	46	-13	62	75
n° 226	90	74	72	89	124	68	106	56									47	6	28	66	58	7	73	66
n° 227	105	86	97	109	119	86	110	33									42	-3	5	49	43	-5	61	66
n° 228	101	74	81	107	119	74	118	45									36	-15	5	64	45	-14	68	82
n° 229	97	85	86	108	117	78	114	39									46	-3	12	76	47	-4	76	80

	i 51	i 52	i 53	i 54	i 55	i 56	i 57	i 58	i 59	i 60	i 61	i 62	i 63	i 64	i 65	i 66	i 67	i 68	i 69	i 70	i 71	i 72	i 73	i 74
n° 230	104	81	94	103	119	77	115	42									46	3	36	76	49	2	76	74
n° 231	95	85	82	110	123	82	118	41									47	0	21	82	48	1	87	86
n° 232	107	74	69	99	110	70	118	49									31	-3	0	44	31	7	52	45
n° 233	106	80	93	116	125	80	116	45									44	-1	15	76	49	0	81	81
n° 234	98	75	86	100	116	75	105	41									31	2	10	65	32	-2	65	67
n° 235	92	63	83	105	121	63	112	58									40	5	23	78	55	6	78	72
n° 236	106	71	71	109	127	71	122	56									51	5	12	86	52	-4	86	90
n° 237	95	86	90	115	126	73	115	53									51	5	23	76	52	4	76	72
n° 238	96	80	86	106	116	80	114	36									43	-3	18	71	44	-3	75	78
n° 239	93	81	92	104	117	81	110	36									42	7	28	70	47	8	79	71
n° 240	95	76	88	102	116	76	104	40									41	-1	7	45	42	-3	55	58
n° 241	96	68	79	107	121	68	111	53									37	-5	22	54	40	5	67	62
n° 242	119	73	80	100	121	73	113	48									53	4	11	65	54	5	68	63
n° 243	94	69	87	108	116	69	111	47									47	8	18	67	48	9	71	62
n° 244	95	74	87	114	127	68	118	59									41	-12	10	52	42	-17	61	78
n° 245	110	86	101	111	130	86	128	44									52	5	14	76	53	-3	76	79
n° 246	100	75	88	117	130	75	126	55									38	0	8	69	41	-6	73	79
n° 247	105	69	77	114	121	69	119	52									46	-10	15	73	47	-9	84	93
n° 248	103	73	63	104	117	63	108	54									61	-3	6	105	61	-4	105	109
n° 249	90	66	82	106	113	66	117	51									50	-13	16	80	54	-17	83	100
n° 250	83	53	75	106	110	53	106	57									53	-15	16	83	53	-24	84	108
n° 251	104	74	82	108	121	65	116	56									44	-15	12	68	44	-15	72	87
n° 252	90	70	81	108	119	67	108	52									66	-13	24	85	66	-13	85	98
n° 253	90	80	69	109	117	56	113	61									31	0	15	69	40	-7	80	87
n° 254	96	64	78	102	109	55	105	54									32	-10	18	80	32	-11	80	91
n° 255	85	69	80	105	117	69	113	48									23	1	17	60	40	2	73	71
n° 256	92	63	82	104	120	63	117	57									38	-6	15	73	34	-5	77	82
n° 257	119	80	85	108	122	80	120	42									24	8	10	67	38	0	66	66
n° 258	122	72	74	112	118	72	120	50									55	-7	11	78	56	-6	83	89
n° 259	111	83	80	109	117	75	124	49									23	-12	18	58	32	12	62	50
n° 260	107	64	83	119	118	64	108	55									37	-4	11	50	37	-4	61	65
n° 261	108	71	79	112	122	71	114	51									41	6	14	65	48	-5	69	74
n° 262	96	62	78	110	123	62	122	61									40	1	7	56	47	2	69	67
n° 263	98	90	85	110	122	81	124	43									31	-10	13	59	41	-5	69	74
n° 264	117	69	79	112	119	69	115	50									37	-12	4	59	37	-14	60	74
n° 265	93	79	77	111	119	79	119	42									57	4	20	68	62	3	72	69
n° 266	94	60	75	114	120	60	118	60									30	0	22	72	41	-8	77	85
n° 267	103	68	78	103	119	68	110	51									35	-10	27	60	64	-11	66	77
n° 268	113	58	75	100	120	58	115	62									42	4	20	67	53	3	74	71
n° 269	98	70	76	115	118	65	123	58									58	-6	-2	70	59	-8	80	88
n° 270	93	76	81	109	119	76	117	43									44	5	28	76	45	4	79	75
n° 271	99	74	85	116	120	74	119	46									36	-22	18	67	43	-22	69	91
n° 272	96	62	89	107	120	62	117	58									16	-11	30	66	30	-15	75	90
n° 273	105	76	84	108	120	76	117	44									31	-18	22	74	40	-17	81	98
n° 274	91	60	66	104	124	60	114	64									53	-5	5	74	57	-10	74	84
n° 275	89	68	70	107	120	68	119	52									46	9	6	72	59	-2	80	82
n° 276	104	68	80	108	123	68	115	55									38	-13	9	69	39	-12	71	83

Angles en degré

Indicateur n° 51	Angle de la cheville au PG
Indicateur n° 52	Angle de la cheville au QG
Indicateur n° 53	Angle de la cheville au PD
Indicateur n° 54	Angle de la cheville au QD

Indicateur n° 55	Angle de la cheville en flexion maximale pendant l'appui
Indicateur n° 56	Angle de la cheville en extension maximale pendant le retour de la jambe libre
Indicateur n° 57	Angle de la cheville en flexion maximale pendant le retour de la jambe libre
Indicateur n° 58	Amplitude des mouvements de la cheville
Indicateur n° 59	Angle du genou au PG
Indicateur n° 60	Angle du genou QG
Indicateur n° 61	Angle du genou PD
Indicateur n° 62	Angle du genou QD
Indicateur n° 63	Flexion du genou pendant l'appui
Indicateur n° 64	extension maximum du genou
Indicateur n° 65	Flexion maximale du genou dans la phase de retour de la jambe libre
Indicateur n° 66	Amplitude des mouvements du genou
Indicateur n° 67	Angle de la hanche au PG
Indicateur n° 68	Angle de la hanche au QG
Indicateur n° 69	Angle de la hanche au PD
Indicateur n° 70	Angle de la hanche au QD
Indicateur n° 71	Flexion maximale de la hanche dans la phase d'appui
Indicateur n° 72	Extension maximale de la hanche
Indicateur n° 73	Flexion maximale de la hanche pendant le retour de la jambe libre
Indicateur n° 74	Amplitude des mouvements de la hanche

ANNEXE VII. : MESURES DES POULAINES D'OREILLE DE COURSE DE VITESSE

	M 01	M 02	M 03	M 04	M 05	M 06	M 07	M 08	M 09	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20
n° 01	-23,2	19,6	21,7	-22,9	42,8	23,2	21,7	7,2	4,2	9,0	-22,7	19,2	21,3	-22,5	42,0	22,7	21,3	7,0	4,2	8,8
n° 02	-22,5	34,9	33,0	-23,6	57,4	24,9	38,5	10,0	11,5	20,9	-22,5	34,9	33,0	-23,6	57,4	24,9	38,5	10,0	11,5	20,9
n° 03	-13,4	21,9	28,2	-15,3	35,3	18,3	28,1	4,7	10,7	12,3	-13,4	21,9	28,2	-15,3	35,3	18,3	28,1	4,7	10,7	12,3
n° 04	-20,0	27,6	22,9	-24,9	47,6	24,9	27,5	8,6	9,7	12,1	-20,8	28,8	23,9	-25,9	49,6	25,9	28,6	8,9	10,1	12,6
n° 05	-18,9	40,4	30,4	-22,7	59,3	23,4	44,2	12,9	13,6	29,9	-20,3	43,4	32,7	-24,4	63,8	25,2	47,5	13,9	14,6	32,2
n° 06	-19,1	27,3	30,0	-13,4	46,4	19,8	31,5	8,1	6,5	11,9	-19,3	27,6	30,3	-13,5	46,9	20,0	31,8	8,2	6,6	12,0
n° 07	-16,4	34,2	36,2	-19,1	50,6	21,0	37,2	5,7	5,6	15,5	-17,1	35,6	37,7	-19,9	52,7	21,9	38,8	5,9	5,9	16,1
n° 08	-20,0	31,2	36,1	-23,8	51,2	23,8	37,0	10,0	8,6	14,6	-22,2	34,7	40,1	-26,4	56,9	26,4	41,1	11,1	9,5	16,2
n° 09	-19,1	28,7	33,6	-23,8	47,8	23,7	33,6	4,9	6,1	9,6	-18,7	28,1	32,9	-23,3	46,9	23,2	32,9	4,8	5,9	9,4
n° 10	-13,4	39,8	39,0	-20,2	53,2	20,9	39,8	9,0	7,6	11,1	-13,7	40,6	39,8	-20,6	54,3	21,3	40,6	9,2	7,8	11,3
n° 11	-22,7	26,4	20,9	-27,9	49,1	29,5	26,9	10,0	9,8	15,0	-23,4	27,2	21,5	-28,8	50,6	30,4	27,7	10,3	10,1	15,5
n° 12	-27,4	31,0	31,8	-31,0	58,4	31,5	31,8	7,9	2,1	9,3	-29,1	33,0	33,8	-33,0	62,1	33,5	33,8	8,4	2,3	9,9
n° 13	-19,3	38,2	51,4	-24,5	57,5	26,1	51,4	7,0	2,2	20,1	-19,9	39,4	53,0	-25,3	59,3	26,9	53,0	7,2	2,3	20,7
n° 14	-17,8	28,7	28,7	-20,9	46,5	21,4	28,7	8,6	7,0	11,8	-19,3	31,2	31,2	-22,7	50,5	23,3	31,2	9,3	7,6	12,8
n° 15	-22,5	33,3	39,3	-22,2	55,8	23,5	39,3	7,0	3,6	11,4	-23,9	35,4	41,8	-23,6	59,4	25,0	41,8	7,4	3,8	12,1
n° 16	-23,3	35,9	36,2	-25,1	59,2	27,9	38,0	7,0	8,4	14,0	-25,3	39,0	39,3	-27,3	64,3	30,3	41,3	7,6	9,1	15,2
n° 17	-19,6	28,4	24,8	-30,7	48,0	30,7	32,8	13,4	7,4	10,8	-20,9	30,2	26,4	-32,7	51,1	32,7	34,9	14,3	7,9	11,5
n° 18	-25,1	28,9	30,7	-29,7	54,0	30,7	30,7	11,3	4,7	9,9	-25,6	29,5	31,3	-30,3	55,1	31,3	31,3	11,5	4,7	10,1
n° 19	-16,5	35,8	36,9	-17,4	52,3	19,5	36,9	3,8	1,8	10,0	-17,4	37,7	38,8	-18,3	55,1	20,5	38,8	4,0	1,9	10,5
n° 20	-11,9	35,6	42,4	-11,1	47,5	15,9	44,9	6,5	8,8	28,4	-12,5	37,5	44,6	-11,7	50,0	16,7	47,3	6,8	9,2	29,9
n° 21	-21,2	34,3	37,3	-22,0	55,5	22,0	37,9	4,9	4,4	21,1	-22,8	36,9	40,1	-23,7	59,7	23,7	40,8	5,3	4,7	22,7
n° 22	-20,5	31,4	24,1	-21,6	51,9	21,6	32,4	8,5	2,1	8,2	-22,3	34,1	26,2	-23,5	56,4	23,5	35,2	9,2	2,3	8,9
n° 23	-24,1	36,9	47,5	-15,0	61,0	24,4	48,5	7,2	4,7	24,6	-25,9	39,7	51,1	-16,1	65,6	26,2	52,2	7,7	5,1	26,5
n° 24	-14,3	33,2	32,1	-25,7	47,5	27,2	34,6	9,1	6,4	10,8	-15,1	34,9	33,8	-27,1	50,0	28,6	36,4	9,6	6,7	11,4
n° 25	-19,0	51,7	51,5	-19,6	70,7	25,5	54,9	13,6	11,6	21,7	-17,6	47,9	47,7	-18,1	65,5	23,6	50,8	12,6	10,8	20,1
n° 26	-17,0	37,0	38,5	-17,5	54,0	23,4	40,9	6,4	11,0	21,4	-16,8	36,6	38,1	-17,3	53,5	23,2	40,5	6,3	10,9	21,2
n° 27	-22,2	39,1	41,7	-27,3	61,3	29,6	42,8	10,6	1,2	11,6	-20,7	36,5	39,0	-25,5	57,3	27,7	40,0	9,9	1,1	10,8
n° 28	-8,5	44,3	52,5	-13,4	52,8	21,7	53,4	8,5	8,9	30,0	-8,9	46,6	55,3	-14,1	55,6	22,8	56,2	8,9	9,4	31,6
n° 29	-19,0	36,0	38,4	-20,7	55,0	22,6	45,9	9,6	13,3	24,2	-17,0	32,1	34,3	-18,5	49,1	20,2	41,0	8,6	11,9	21,6
n° 30	-20,2	45,9	48,9	-23,4	66,1	26,0	48,9	12,1	10,9	22,3	-19,1	43,3	46,1	-22,1	62,4	24,5	46,1	11,4	10,3	21,0
n° 31	-19,8	46,4	50,0	-19,8	66,2	19,8	52,5	7,0	5,8	31,0	-18,7	43,8	47,2	-18,7	62,5	18,7	49,5	6,6	5,5	29,2
n° 32	-19,8	37,9	43,2	-17,9	57,7	24,5	45,1	10,2	11,6	20,6	-18,9	36,1	41,1	-17,0	55,0	23,3	43,0	9,7	11,0	19,6
n° 33	-21,7	29,5	31,9	-24,6	51,2	26,7	36,9	7,0	7,9	14,8	-20,5	27,8	30,1	-23,2	48,3	25,2	34,8	6,6	7,5	14,0
n° 34	-19,0	35,5	42,3	-16,6	54,5	19,7	46,8	8,1	8,4	20,0	-18,4	34,5	41,1	-16,1	52,9	19,1	45,4	7,9	8,1	19,4
n° 35	-23,0	23,4	36,6	-20,6	46,4	25,6	36,4	9,5	9,1	23,1	-24,5	24,9	38,9	-21,9	49,4	27,2	38,7	10,1	9,7	24,6
n° 36	-15,6	27,4	35,9	-11,6	43,0	16,8	35,9	5,0	4,8	12,9	-16,6	29,1	38,2	-12,3	45,7	17,9	38,2	5,3	5,1	13,7
n° 37	-22,0	24,8	30,9	-25,6	46,8	29,5	35,2	10,4	5,7	10,9	-22,7	25,6	31,9	-26,4	48,2	30,4	36,3	10,7	5,8	11,2
n° 38	-19,6	31,4	39,2	-4,5	51,0	21,7	39,2	3,8	4,6	17,9	-19,4	31,1	38,8	-4,5	50,5	21,5	38,8	3,8	4,6	17,7
n° 39	-20,6	26,3	30,0	-20,3	46,9	23,2	31,7	9,6	10,6	18,7	-22,6	28,9	33,0	-22,3	51,5	25,5	34,8	10,5	11,7	20,5
n° 40	-16,1	37,1	38,1	-19,7	53,2	5,5	38,7	6,6	0,0	10,6	-16,8	38,6	39,7	-20,5	55,4	5,7	40,3	6,9	0,0	11,0
n° 41	-22,3	33,1	28,9	-19,4	55,4	24,4	34,5	8,2	8,9	17,8	-23,7	35,2	30,7	-20,6	58,9	26,0	36,7	8,7	9,4	18,9
n° 42	-13,8	32,4	46,8	1,7	46,2	18,9	51,7	12,5	12,7	38,1	-13,5	31,8	45,9	1,7	45,3	18,5	50,7	12,3	12,4	37,4
n° 43	-14,0	30,3	38,0	-15,1	44,3	16,3	39,0	11,6	9,7	13,2	-14,1	30,6	38,4	-15,3	44,7	16,5	39,4	11,7	9,8	13,3
n° 44	-24,1	37,3	35,4	-31,5	61,4	31,5	46,8	16,7	10,5	19,6	-22,7	35,2	33,4	-29,7	57,9	29,7	44,2	15,8	9,9	18,5
n° 45	-17,0	30,0	32,2	-24,1	47,0	25,0	36,9	9,6	5,8	14,8	-18,1	31,9	34,3	-25,6	50,0	26,6	39,3	10,2	6,2	15,7
n° 46	-17,2	30,1	39,9	-20,1	47,3	24,1	40,9	6,8	0,0	13,8	-16,2	28,4	37,6	-19,0	44,6	22,7	38,6	6,4	0,0	13,0
n° 47	-18,4	28,6	30,0	-23,0	47,0	25,6	35,7	6,6	9,3	18,8	-18,6	28,9	30,3	-23,2	47,5	25,9	36,1	6,7	9,4	19,0
n° 48	-18,5	51,7	54,1	-21,7	70,2	23,7	55,0	12,5	-1,8	20,3	-18,0	50,2	52,5	-21,1	68,2	23,0	53,4	12,1	-1,8	19,7
n° 49	-32,8	39,7	31,9	-31,1	72,5	35,3	33,3	8,7	8,2	16,1	-32,8	39,7	31,9	-31,1	72,5	35,3	33,3	8,7	8,2	16,1
n° 50	-21,5	41,7	44,1	-44,1	63,2	23,5	45,4	6,3	4,8	21,9	-21,9	42,6	45,0	-45,0	64,5	24,0	46,3	6,4	4,9	22,3
n° 51	-26,1	29,9	30,0	-32,9	56,0	33,1	34,5	10,9	14,3	21,5	-26,9	30,8	30,9	-33,9	57,7	34,1	35,6	11,3	14,7	22,2
n° 52	-22,2	31,6	34,7	-27,6	53,8	28,0	34,7	5,3	3,5	10,3	-22,0	31,3	34,4	-27,3	53,3	27,7	34,4	5,2	3,5	10,2
n° 53	-16,9	38,9	41,5	-23,0	55,8	26,6	41,0	3,9	9,6	20,9	-16,4	37,8	40,3	-22,3	54,2	25,8	39,8	3,8	9,4	20,3

	M 01	M 02	M 03	M 04	M 05	M 06	M 07	M 08	M 09	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20
n° 54	-22,0	44,8	44,8	-26,4	66,8	32,8	50,0	7,6	10,3	30,6	-21,2	43,1	43,1	-25,4	64,2	31,5	48,1	7,3	9,9	29,4
n° 55	-17,8	47,3	54,9	-12,9	65,1	29,1	61,2	11,8	14,2	41,9	-17,0	45,0	52,3	-12,3	62,0	27,7	58,3	11,2	13,5	39,9
n° 56	-21,3	61,0	62,5	-26,2	82,3	29,1	63,9	18,4	12,1	24,3	-19,5	56,0	57,3	-24,0	75,5	26,7	58,6	16,9	11,1	22,3
n° 57	-22,0	39,2	38,2	-25,9	61,2	26,9	39,2	12,7	1,6	8,6	-19,1	34,1	33,2	-22,5	53,2	23,4	34,1	11,0	1,4	7,5
n° 58	-16,9	45,5	44,8	-23,0	62,4	23,0	49,2	8,0	8,7	19,4	-16,7	45,0	44,4	-22,8	61,8	22,8	48,7	7,9	8,7	19,2
n° 59	-26,9	42,4	45,5	-29,6	69,3	30,1	54,1	13,2	10,3	35,2	-26,1	41,2	44,2	-28,7	67,3	29,2	52,5	12,8	10,0	34,2
n° 60	-23,0	46,5	49,7	-27,9	69,5	28,9	49,7	7,8	6,5	21,4	-20,2	40,8	43,6	-24,5	61,0	25,4	43,6	6,8	5,7	18,8
n° 61	-27,4	48,5	54,1	-30,6	75,9	31,1	57,8	8,8	2,9	23,8	-23,6	41,8	46,6	-26,4	65,4	26,8	49,8	7,6	2,5	20,5
n° 62	-17,1	59,3	61,7	-3,9	76,4	23,7	69,1	11,8	13,5	45,6	-15,5	53,9	56,1	-3,5	69,5	21,5	62,8	10,7	12,3	41,5
n° 63	-15,4	48,5	53,4	-11,0	63,9	16,4	53,6	7,6	3,5	20,6	-15,2	48,0	52,9	-10,9	63,3	16,2	53,1	7,5	3,5	20,4
n° 64	-24,2	40,4	42,1	-21,5	64,6	24,2	43,3	7,0	9,0	19,6	-22,6	37,8	39,3	-20,1	60,4	22,6	40,5	6,5	8,4	18,3
n° 65	-22,0	41,4	42,4	-27,4	63,4	27,4	44,1	4,4	4,8	17,2	-21,4	40,2	41,2	-26,6	61,6	26,6	42,8	4,3	4,6	16,7
n° 66	-22,5	44,5	46,5	-26,9	67,0	27,9	50,7	14,7	8,6	23,3	-22,1	43,6	45,6	-26,4	65,7	27,4	49,7	14,4	8,5	22,8
n° 67	-24,7	45,5	47,3	-30,8	70,2	32,2	48,0	11,5	11,9	21,6	-24,5	45,0	46,8	-30,5	69,5	31,9	47,5	11,4	11,8	21,4
n° 68	-19,8	50,4	51,4	-18,3	70,2	25,4	60,7	9,1	9,6	35,8	-18,7	47,5	48,5	-17,3	66,2	24,0	57,3	8,6	9,0	33,8
n° 69	-23,7	49,0	54,1	-18,6	72,7	28,6	56,1	10,8	6,1	28,2	-23,5	48,5	53,6	-18,4	72,0	28,3	55,5	10,7	6,0	27,9
n° 70	-17,4	47,5	45,8	-19,8	64,9	24,2	49,7	10,2	10,6	25,3	-15,5	42,4	40,9	-17,7	57,9	21,6	44,4	9,1	9,4	22,6
n° 71	-20,8	46,5	46,3	-24,0	67,3	34,0	55,3	10,8	12,4	33,8	-19,1	42,7	42,5	-22,0	61,7	31,2	50,7	9,9	11,4	31,0
n° 72	-15,9	43,1	42,8	-23,7	59,0	25,7	47,0	12,0	10,5	20,1	-15,1	41,0	40,8	-22,6	56,2	24,5	44,8	11,4	10,0	19,1
n° 73	-14,7	64,8	66,4	-15,6	79,5	24,0	73,5	16,3	13,0	36,3	-12,1	53,5	54,9	-12,9	65,7	19,8	60,7	13,5	10,8	30,0
n° 74	-18,0	49,7	58,5	-16,1	67,7	22,3	59,0	5,5	2,0	32,3	-15,4	42,5	50,0	-13,8	57,9	19,1	50,4	4,7	1,7	27,6
n° 75	-13,5	48,3	49,7	-12,1	61,8	21,9	61,9	11,4	9,5	44,5	-13,5	48,3	49,7	-12,1	61,8	21,9	61,9	11,4	9,5	44,5
n° 76	-18,0	44,5	53,0	-20,7	62,5	25,2	55,4	12,4	5,3	30,9	-18,0	44,5	53,0	-20,7	62,5	25,2	55,4	12,4	5,3	30,9
n° 77	-21,6	52,6	47,1	-32,6	74,2	35,4	55,7	15,9	16,0	31,2	-20,0	48,7	43,6	-30,2	68,7	32,8	51,6	14,7	14,8	28,9
n° 78	-16,4	40,0	41,9	-20,0	56,4	22,1	44,0	5,9	5,9	17,3	-15,8	38,5	40,3	-19,2	54,2	21,3	42,3	5,7	5,7	16,6
n° 79	-20,4	52,1	52,8	-13,8	72,5	23,3	57,6	9,8	7,6	28,8	-18,7	47,8	48,4	-12,7	66,5	21,4	52,8	9,0	7,0	26,4
n° 80	-20,9	45,9	50,4	-22,8	66,8	27,1	57,8	8,6	3,3	27,1	-19,5	42,9	47,1	-21,3	62,4	25,3	54,0	8,0	3,1	25,3
n° 81	-20,7	65,7	60,7	-14,0	86,4	25,4	67,8	11,9	9,7	35,9	-19,3	61,4	56,7	-13,1	80,7	23,7	63,4	11,1	9,1	33,6
n° 82	-18,0	42,3	42,1	-23,5	60,3	24,5	49,0	8,3	6,6	20,4	-17,8	41,9	41,7	-23,3	59,7	24,3	48,5	8,2	6,5	20,2
n° 83	-15,2	50,4	53,5	-12,6	65,6	22,6	58,0	13,0	10,2	25,9	-15,0	49,9	53,0	-12,5	65,0	22,4	57,4	12,9	10,1	25,6
n° 84	-24,7	38,0	44,0	-27,3	62,7	28,5	44,0	6,1	4,6	17,4	-22,5	34,5	40,0	-24,8	57,0	25,9	40,0	5,5	4,2	15,8
n° 85	-18,5	49,4	50,5	-11,6	67,9	27,7	60,8	8,7	10,1	40,2	-16,5	44,1	45,1	-10,4	60,6	24,7	54,3	7,8	9,0	35,9
n° 86	-20,8	47,6	51,8	-23,2	68,4	29,8	56,0	7,9	9,7	32,0	-17,5	40,0	43,5	-19,5	57,5	25,0	47,1	6,6	8,1	26,9
n° 87	-14,0	61,6	68,2	-15,0	75,6	21,9	70,1	21,1	19,9	36,3	-11,8	51,8	57,3	-12,6	63,5	18,4	58,9	17,8	16,7	30,5
n° 88	-24,6	45,2	47,0	-19,0	69,8	27,5	51,8	12,9	11,1	26,9	-22,0	40,4	42,0	-17,0	62,3	24,6	46,3	11,5	9,9	24,0
n° 89	-24,0	48,4	55,5	-10,0	72,4	29,6	58,9	5,9	9,3	36,6	-21,8	44,0	50,5	-9,1	65,8	26,9	53,5	5,4	8,5	33,3
n° 90	-28,8	53,4	51,3	-28,8	82,2	31,8	59,5	13,5	6,3	29,4	-24,6	45,6	43,8	-24,6	70,3	27,2	50,9	11,5	5,4	25,1
n° 91	-10,0	67,4	74,0	-12,1	77,4	19,0	78,0	15,0	15,6	42,0	-8,3	55,7	61,2	-10,0	64,0	15,7	64,5	12,4	12,9	34,7
n° 92	-20,8	50,2	44,9	-19,8	71,0	28,0	51,5	8,7	11,7	16,4	-17,6	42,5	38,1	-16,8	60,2	23,7	43,6	7,4	9,9	13,9
n° 93	-12,4	62,1	71,2	-17,1	74,5	24,0	73,2	12,4	13,0	43,4	-10,0	50,1	57,4	-13,8	60,1	19,4	59,0	10,0	10,4	35,0
n° 94	-29,8	63,2	61,1	-9,5	93,0	29,8	67,7	18,3	13,4	36,0	-24,2	51,4	49,7	-7,7	75,6	24,2	55,0	14,9	10,9	29,3
n° 95	-25,3	48,4	56,0	-26,4	73,7	29,1	56,0	14,6	7,6	16,6	-20,4	39,0	45,2	-21,3	59,4	23,5	45,2	11,8	6,1	13,4
n° 96	-17,9	57,9	58,4	-21,6	75,8	29,6	64,5	14,5	14,2	33,3	-15,6	50,3	50,8	-18,8	65,9	25,7	56,1	12,6	12,3	29,0
n° 97	-23,2	63,2	67,7	-20,3	86,4	27,5	69,3	14,3	14,0	37,9	-20,5	55,9	59,9	-18,0	76,5	24,3	61,3	12,7	12,4	33,5
n° 98	-17,1	66,1	65,3	-20,6	83,2	29,8	69,8	16,3	12,2	33,0	-14,6	56,5	55,8	-17,6	71,1	25,5	59,6	13,9	10,4	28,2
n° 99	-13,7	66,9	70,3	-5,8	80,6	22,7	77,7	19,6	10,5	53,7	-11,6	56,7	59,6	-4,9	68,3	19,2	65,8	16,6	8,9	45,5
n° 100	-23,0	70,6	74,3	-7,1	93,6	23,5	79,3	16,4	14,7	49,0	-18,7	57,4	60,4	-5,8	76,1	19,1	64,5	13,3	11,9	39,8
n° 101	-23,0	46,0	47,6	-28,0	69,0	33,0	52,6	12,2	10,9	24,3	-20,2	40,4	41,8	-24,6	60,5	28,9	46,1	10,7	9,6	21,3
n° 102	-20,1	62,4	62,4	-20,1	82,5	24,3	67,9	17,5	17,8	29,1	-16,3	50,7	50,7	-16,3	67,1	19,8	55,2	14,2	14,5	23,7
n° 103	-18,1	55,0	59,3	6,0	73,1	21,3	65,3	3,4	13,1	46,4	-16,3	49,5	53,4	5,4	65,9	19,2	58,8	3,1	11,8	41,8
n° 104	-18,1	59,3	58,1	-23,0	77,4	28,8	61,6	12,7	11,3	36,5	-16,8	54,9	53,8	-21,3	71,7	26,7	57,0	11,8	10,5	33,6
n° 105	-26,2	39,1	46,9	-24,2	65,3	35,7	48,1	10,1	9,3	23,1	-25,4	38,0	45,5	-23,5	63,4	34,7	46,7	9,8	9,0	22,4
n° 106	-19,3	50,1	58,1	-15,2	69,4	24,7	58,1	4,1	4,1	25,7	-16,8	43,6	50,5	-13,2	60,3	21,5	50,5	3,6	3,5	22,3
n° 107	-25,3	45,8	48,4	-12,9	71,1	35,1	59,6	10,1	14,4	38,6	-21,8	39,5	41,7	-11,1	61,3	30,3	51,4	8,7	12,4	33,3
n° 108	-23,6	46,0	43,7	-23,0	69,6	29,0	49,2	12,4	8,2	24,2	-22,9	44,7	42,4	-22,3	67,6	28,2	47,8	12,0	8,0	23,5
n° 109	-29,6	58,1	62,2	-21,6	87,7	38,3	62,2	11,8	7,7	27,4	-24,1	47,2	50,6	-17,6	71,3	31,1	50,6	9,6	6,2	22,3
n° 110	-27,0	50,4	61,3	-4,3	77,4	33,7	62,2	12,1	15,0	36,6	-23,7	44,2	53,8	-3,8	67,9	29,6	54,6	10,6	13,1	32,1
n° 111	-32,2	49,2	54,4	-28,5	81,4	36,3	57,0	15,6	17,8	35,2	-29,8	45,6	50,4	-26,4	75,4	33,6	52,8	14,4	16,5	32,6
n° 112	-28,5	44,6	50,4	-32,5	73,1	34,5	54,7	13,6	9,1	23,6	-28,2	44,2	49,9	-32,2	72,4	34,2	54,2	13,5	9,0	23,4

	M 01	M 02	M 03	M 04	M 05	M 06	M 07	M 08	M 09	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20
n° 113	-18,1	63,0	68,5	-6,9	81,1	22,4	72,6	10,9	13,1	40,9	-16,2	56,3	61,2	-6,2	72,4	20,0	64,8	9,7	11,7	36,5
n° 114	-28,8	45,2	48,4	-16,4	74,0	29,9	52,1	8,4	12,8	34,3	-26,4	41,5	44,4	-15,0	67,9	27,4	47,8	7,7	11,8	31,5
n° 115	-22,7	62,2	63,6	-19,5	84,9	25,9	68,8	12,4	12,1	44,6	-18,0	49,4	50,5	-15,5	67,4	20,6	54,6	9,8	9,6	35,4
n° 116	-14,0	46,1	44,5	-20,4	60,1	24,7	49,2	13,1	14,8	21,6	-12,3	40,4	39,0	-17,9	52,7	21,7	43,2	11,5	12,9	18,9
n° 117	-17,6	46,6	50,7	-17,6	64,2	23,0	52,1	12,6	15,9	26,4	-15,3	40,5	44,1	-15,3	55,8	20,0	45,3	11,0	13,9	23,0
n° 118	-18,3	38,8	37,6	-19,5	57,1	30,0	45,7	13,8	15,5	30,5	-16,2	34,3	33,3	-17,3	50,5	26,5	40,4	12,2	13,8	27,0
n° 119	-19,0	40,7	35,4	-19,7	59,7	27,8	43,3	8,8	7,7	19,0	-16,8	36,0	31,3	-17,4	52,8	24,6	38,3	7,8	6,8	16,8
n° 120	-13,8	45,0	46,9	-8,5	58,8	17,6	51,4	7,0	14,5	29,6	-11,9	38,8	40,4	-7,3	50,7	15,2	44,3	6,0	12,5	25,5
n° 121	-16,4	50,7	60,0	-14,7	67,1	20,9	61,9	10,5	8,9	31,9	-13,8	42,6	50,4	-12,4	56,4	17,6	52,0	8,8	7,5	26,8
n° 122	-23,0	56,1	53,0	-15,7	79,1	25,9	63,8	11,7	16,6	44,5	-19,2	46,8	44,2	-13,1	65,9	21,6	53,2	9,8	13,9	37,1
n° 123	-18,8	51,6	55,4	-10,7	70,4	23,8	59,7	10,8	10,2	33,6	-15,7	43,0	46,2	-8,9	58,7	19,8	49,8	9,0	8,5	28,0
n° 124	-19,1	37,8	50,7	-12,8	56,9	25,4	54,0	13,4	17,8	42,4	-15,2	30,0	40,2	-10,2	45,2	20,2	42,9	10,6	14,1	33,7
n° 125	-14,7	52,1	50,2	-0,2	66,8	21,6	57,8	13,5	14,9	39,0	-12,0	42,7	41,1	-0,2	54,8	17,7	47,4	11,1	12,2	32,0
n° 126	-21,4	46,9	60,7	4,7	68,3	23,3	62,6	8,1	10,9	42,6	-18,6	40,8	52,8	4,1	59,4	20,3	54,4	7,0	9,4	37,0
n° 127	-26,4	42,6	41,4	-26,4	69,0	31,6	46,4	14,0	8,8	15,3	-22,8	36,7	35,7	-22,8	59,5	27,2	40,0	12,1	7,6	13,2
n° 128	-15,2	45,7	45,2	-19,5	60,9	22,8	52,6	11,6	10,4	21,2	-11,9	35,7	35,3	-15,2	47,6	17,8	41,1	9,1	8,2	16,6
n° 129	-31,5	41,9	63,8	-23,1	73,4	33,8	63,8	11,1	9,1	32,9	-24,8	33,0	50,2	-18,2	57,8	26,6	50,2	8,7	7,1	25,9
n° 130	-27,6	51,4	56,9	-25,7	79,0	36,4	68,0	12,0	18,3	46,3	-21,9	40,8	45,2	-20,4	62,7	28,9	54,0	9,5	14,5	36,7
n° 131	-20,1	59,2	54,3	-10,4	79,3	32,5	69,3	18,2	18,1	44,6	-17,6	51,9	47,6	-9,1	69,6	28,5	60,8	16,0	15,9	39,1
n° 132	-46,0	56,3	56,9	-17,5	102,3	44,5	63,8	12,4	13,4	34,2	-38,3	46,9	47,4	-14,6	85,3	37,1	53,2	10,3	11,1	28,5
n° 133	-34,8	53,3	54,6	-28,9	88,1	38,0	57,9	13,0	7,3	21,1	-29,0	44,4	45,5	-24,1	73,4	31,7	48,3	10,8	6,1	17,6
n° 134	-39,7	36,4	36,1	-37,1	76,1	46,8	45,8	8,5	10,3	26,4	-34,5	31,7	31,4	-32,3	66,2	40,7	39,8	7,4	8,9	23,0
n° 135	-11,3	60,5	62,8	-17,9	71,8	27,9	76,6	14,6	11,5	39,4	-9,2	49,2	51,1	-14,6	58,4	22,7	62,3	11,9	9,3	32,0
n° 136	-27,6	54,3	57,2	-12,6	81,9	38,0	70,6	10,1	20,7	52,7	-22,1	43,4	45,8	-10,1	65,5	30,4	56,5	8,1	16,5	42,2
n° 137	-21,1	48,1	49,8	-13,6	69,2	29,2	56,9	15,0	17,7	28,9	-18,3	41,8	43,3	-11,8	60,2	25,4	49,5	13,0	15,4	25,1
n° 138	-17,9	59,2	69,3	-20,5	77,1	29,6	70,6	14,0	12,7	30,3	-14,1	46,6	54,6	-16,1	60,7	23,3	55,6	11,0	10,0	23,9
n° 139	-20,5	46,5	49,4	-21,4	67,0	35,1	64,7	15,0	18,3	39,0	-17,5	39,7	42,2	-18,3	57,3	30,0	55,3	12,8	15,7	33,3
n° 140	-33,2	41,3	46,5	-23,7	74,5	39,3	52,4	12,7	15,4	31,3	-30,2	37,5	42,3	-21,5	67,7	35,7	47,6	11,5	14,0	28,5
n° 141	-26,3	68,0	68,6	-10,7	94,3	34,5	75,5	14,3	13,4	51,1	-20,9	54,0	54,4	-8,5	74,8	27,4	59,9	11,3	10,6	40,6
n° 142	-29,2	59,5	69,3	-6,1	88,7	33,5	72,5	14,0	18,1	53,7	-22,3	45,4	52,9	-4,7	67,7	25,6	55,3	10,7	13,8	41,0
n° 143	-17,9	55,6	60,5	-14,6	73,5	32,5	64,7	12,0	10,5	35,5	-14,4	44,8	48,8	-11,8	59,3	26,2	52,2	9,7	8,5	28,6
n° 144	-28,3	54,3	66,7	-14,6	82,6	37,5	68,3	14,3	12,3	45,9	-22,1	42,4	52,1	-11,4	64,5	29,3	53,4	11,2	9,6	35,9
n° 145	-32,5	57,6	54,6	-29,6	90,1	41,0	62,8	19,5	19,5	35,5	-27,3	48,4	45,9	-24,9	75,7	34,5	52,8	16,4	16,4	29,8
n° 146	-31,5	42,9	48,5	-29,2	74,4	37,1	48,5	11,0	14,4	24,7	-26,0	35,5	40,1	-24,1	61,5	30,7	40,1	9,1	11,9	20,4
n° 147	-18,0	55,5	61,0	-8,1	73,5	22,4	63,7	12,3	5,9	18,4	-15,1	46,4	51,0	-6,8	61,5	18,7	53,3	10,3	4,9	15,4
n° 148	-12,9	60,6	59,9	-11,5	73,5	32,7	62,3	12,6	14,5	37,9	-11,4	53,4	52,8	-10,1	64,8	28,8	54,9	11,1	12,8	33,4
n° 149	-21,1	54,8	51,8	-19,7	75,9	32,0	69,8	14,4	24,8	47,7	-16,7	43,5	41,1	-15,6	60,2	25,4	55,4	11,4	19,7	37,9
n° 150	-30,3	60,6	56,5	-29,6	90,9	37,1	68,5	14,6	19,6	45,0	-24,7	49,5	46,1	-24,2	74,2	30,3	55,9	11,9	16,0	36,7
n° 151	-20,1	54,5	61,3	-7,1	74,6	30,6	66,4	13,3	11,5	35,6	-17,2	46,6	52,4	-6,1	63,8	26,2	56,8	11,4	9,8	30,4
n° 152	-19,4	55,2	60,6	-8,8	74,6	32,0	64,4	19,4	21,2	37,9	-16,6	47,2	51,8	-7,5	63,8	27,4	55,0	16,5	18,1	32,4
n° 153	-25,2	57,2	59,3	-18,4	82,4	29,6	70,8	15,0	19,6	38,5	-19,7	44,7	46,3	-14,4	64,4	23,1	55,3	11,7	15,3	30,1
n° 154	-6,4	71,2	81,7	13,2	77,6	16,7	84,1	6,5	12,6	51,8	-4,8	53,9	61,9	10,0	58,8	12,7	63,7	5,0	9,6	39,2
n° 155	-25,5	63,3	56,2	-16,7	88,8	36,8	70,5	14,7	19,9	47,0	-20,7	51,5	45,7	-13,6	72,2	29,9	57,3	12,0	16,2	38,2
n° 156	-31,6	48,0	54,5	-14,9	79,6	38,5	56,9	13,3	10,0	32,4	-26,8	40,7	46,2	-12,6	67,5	32,6	48,2	11,3	8,4	27,5
n° 157	-20,7	58,7	59,0	-18,6	79,4	24,4	63,9	9,1	9,9	33,4	-16,4	46,6	46,8	-14,8	63,0	19,4	50,7	7,2	7,9	26,5
n° 158	-26,9	41,2	54,7	-26,9	68,1	43,4	63,3	13,5	21,1	39,1	-20,5	31,5	41,8	-20,5	52,0	33,1	48,3	10,3	16,1	29,8
n° 159	-12,8	69,7	76,7	-11,6	82,5	22,3	84,0	20,4	12,3	49,5	-9,7	52,8	58,1	-8,8	62,5	16,9	63,6	15,5	9,3	37,5
n° 160	-24,1	65,7	61,4	-28,1	89,8	30,2	71,2	17,8	16,9	36,7	-17,2	46,9	43,9	-20,1	64,1	21,6	50,9	12,7	12,0	26,2
n° 161	-22,3	59,0	58,1	-11,9	81,3	29,0	65,4	13,8	18,8	47,4	-18,3	48,4	47,6	-9,8	66,6	23,8	53,6	11,3	15,4	38,9
n° 162	-20,4	61,7	65,1	-16,2	82,1	24,4	70,0	11,6	12,1	40,1	-16,9	51,0	53,8	-13,4	67,9	20,2	57,9	9,6	10,0	33,1
n° 163	-20,1	66,9	66,0	-9,4	87,0	35,1	74,9	13,5	24,3	53,9	-16,0	53,1	52,4	-7,5	69,0	27,9	59,4	10,7	19,3	42,8
n° 164	-21,7	50,1	48,0	-24,7	71,8	33,6	56,8	18,3	17,1	31,2	-16,4	38,0	36,4	-18,7	54,4	25,5	43,0	13,9	12,9	23,6
n° 165	-31,4	40,0	50,1	-16,5	71,4	31,4	60,8	12,1	18,6	43,1	-25,1	32,0	40,1	-13,2	57,1	25,1	48,6	9,7	14,9	34,5
n° 166	-23,2	59,0	68,5	-13,1	82,2	34,2	79,8	14,6	14,4	41,9	-19,0	48,4	56,1	-10,7	67,4	28,0	65,4	12,0	11,8	34,3
n° 167	-18,0	55,6	54,4	-17,7	73,6	31,1	66,0	16,6	17,9	39,1	-13,3	41,2	40,3	-13,1	54,5	23,0	48,9	12,3	13,2	29,0
n° 168	-13,1	64,5	69,1	-15,9	77,6	26,6	69,1	11,0	9,8	32,1	-10,9	53,8	57,6	-13,3	64,7	22,2	57,6	9,2	8,2	26,8
n° 169	-14,0	62,9	53,2	-22,0	76,9	25,0	69,7	11,0	11,1	24,4	-11,1	49,7	42,1	-17,4	60,8	19,8	55,1	8,7	8,8	19,3
n° 170	-10,7	68,0	75,0	12,8	78,7	14,0	78,5	15,6	15,0	45,6	-7,8	49,3	54,3	9,3	57,0	10,1	56,9	11,3	10,9	33,0
n° 171	-18,9	59,9	58,7	-25,9	78,8	30,8	68,8	16,1	20,6	37,6	-14,1	44,7	43,8	-19,3	58,8	23,0	51,3	12,0	15,4	28,1

	M 01	M 02	M 03	M 04	M 05	M 06	M 07	M 08	M 09	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20
n° 172	-9,7	65,1	62,9	-18,3	74,8	28,1	72,7	11,6	13,5	34,3	-7,6	50,9	49,1	-14,3	58,4	22,0	56,8	9,1	10,6	26,8
n° 173	-17,9	62,9	71,4	-13,4	80,8	27,7	79,8	12,8	20,3	45,2	-13,2	46,4	52,7	-9,9	59,6	20,4	58,9	9,5	15,0	33,4
n° 174	-28,0	53,9	50,7	-34,9	81,9	36,7	63,7	11,9	12,3	23,9	-22,0	42,4	39,9	-27,5	64,5	28,9	50,2	9,4	9,7	18,8
n° 175	-21,4	64,0	66,9	-17,7	85,4	29,6	74,6	10,3	16,8	40,2	-16,1	48,1	50,3	-13,3	64,2	22,3	56,1	7,7	12,7	30,2
n° 176	-31,3	54,1	48,3	-27,6	85,4	42,6	63,0	16,0	18,1	33,7	-24,1	41,6	37,2	-21,2	65,7	32,8	48,5	12,3	13,9	25,9
n° 177	-23,1	62,0	67,1	-4,4	85,1	26,9	72,8	13,5	18,9	44,3	-18,5	49,6	53,7	-3,5	68,1	21,5	58,2	10,8	15,1	35,4
n° 178	-32,7	61,3	73,2	-16,0	94,0	35,4	80,4	14,0	14,6	50,5	-23,5	44,1	52,7	-11,5	67,6	25,5	57,8	10,1	10,5	36,3
n° 179	-23,8	62,7	77,3	-7,4	86,5	31,3	83,5	18,7	15,2	50,8	-18,2	47,9	59,0	-5,6	66,0	23,9	63,7	14,3	11,6	38,8
n° 180	-14,0	62,7	74,6	-15,3	76,7	25,5	79,0	11,2	3,3	28,6	-10,1	45,1	53,7	-11,0	55,2	18,3	56,8	8,1	2,3	20,6
n° 181	-26,9	56,2	55,5	-13,2	83,1	33,0	70,2	12,6	9,9	35,8	-20,7	43,2	42,7	-10,2	63,9	25,4	54,0	9,7	7,6	27,5
n° 182	-23,1	56,9	75,5	-20,1	80,0	25,5	76,3	11,9	15,7	49,4	-17,8	43,8	58,1	-15,5	61,5	19,6	58,7	9,2	12,1	38,0
n° 183	-31,3	63,3	76,6	-13,2	94,6	32,3	84,5	19,8	22,2	44,3	-22,2	44,9	54,3	-9,4	67,1	22,9	59,9	14,1	15,7	31,4
n° 184	-27,6	44,3	56,5	-17,3	71,9	28,6	71,5	12,2	13,2	27,2	-21,1	33,8	43,1	-13,2	54,9	21,8	54,6	9,3	10,1	20,8
n° 185	-37,8	59,9	63,5	-20,4	97,7	40,5	78,7	17,8	21,4	57,2	-27,2	43,1	45,7	-14,7	70,3	29,1	56,6	12,8	15,4	41,2
n° 186	-33,0	48,7	64,7	-16,3	81,7	35,1	70,2	13,3	14,7	45,0	-24,8	36,6	48,6	-12,3	61,4	26,4	52,8	10,0	11,1	33,8
n° 187	-23,8	55,2	54,8	-20,7	79,0	37,8	68,5	17,0	12,1	34,4	-19,0	44,2	43,8	-16,6	63,2	30,2	54,8	13,6	9,7	27,5
n° 188	-32,0	58,2	58,2	-26,2	90,2	35,1	67,8	11,6	17,4	41,2	-24,4	44,4	44,4	-20,0	68,9	26,8	51,8	8,8	13,3	31,5
n° 189	-37,1	54,1	49,7	-17,7	91,2	42,2	72,9	16,0	22,0	48,7	-25,6	37,3	34,3	-12,2	62,9	29,1	50,3	11,0	15,1	33,6
n° 190	-16,3	64,4	63,7	1,3	80,7	29,9	78,3	7,5	11,4	54,2	-13,1	51,9	51,4	1,0	65,1	24,1	63,1	6,0	9,2	43,7
n° 191	-26,9	53,8	60,0	-25,2	80,7	38,5	66,8	11,2	20,1	40,2	-20,1	40,1	44,8	-18,8	60,2	28,7	49,9	8,4	15,0	30,0
n° 192	-14,9	65,0	66,8	4,0	79,9	36,1	82,4	25,3	26,4	56,9	-11,6	50,4	51,8	3,1	61,9	28,0	63,9	19,6	20,5	44,1
n° 193	-29,9	49,7	69,1	-6,1	79,6	32,0	72,2	12,0	14,0	42,6	-23,9	39,8	55,3	-4,9	63,7	25,6	57,8	9,6	11,2	34,1
n° 194	-29,9	57,2	70,8	-6,8	87,1	43,2	81,4	19,1	20,0	48,4	-22,1	42,4	52,4	-5,0	64,5	32,0	60,3	14,1	14,8	35,9
n° 195	-38,2	63,7	66,4	-21,8	101,9	42,2	72,5	14,0	15,2	32,1	-28,9	48,3	50,3	-16,5	77,2	32,0	54,9	10,6	11,5	24,3
n° 196	-30,3	51,8	56,9	-26,5	82,1	39,8	58,2	19,5	19,6	28,9	-22,1	37,8	41,5	-19,3	59,9	29,1	42,5	14,2	14,3	21,1
n° 197	-29,9	55,2	63,3	-20,1	85,1	37,4	67,1	13,3	17,7	34,7	-22,1	40,9	46,9	-14,9	63,0	27,7	49,7	9,9	13,1	25,7
n° 198	-11,1	71,0	77,4	-3,0	82,1	26,5	80,8	12,8	18,6	39,4	-7,9	50,7	55,3	-2,1	58,6	18,9	57,7	9,1	13,3	28,1
n° 199	-16,4	60,6	57,5	-17,8	77,0	28,6	71,3	14,0	17,6	42,1	-12,8	47,3	44,9	-13,9	60,2	22,3	55,7	10,9	13,8	32,9
n° 200	-25,5	64,6	62,6	-31,9	90,1	36,3	73,4	13,1	15,8	39,4	-18,0	45,5	44,1	-22,5	63,5	25,6	51,7	9,2	11,2	27,7
n° 201	-43,7	49,1	47,8	-46,1	92,8	48,8	51,1	13,0	4,3	13,8	-32,4	36,4	35,4	-34,1	68,7	36,1	37,9	9,6	3,2	10,2
n° 202	-16,4	60,9	64,9	-25,2	77,3	32,6	75,0	15,5	15,4	35,7	-12,1	44,8	47,7	-18,5	56,8	24,0	55,1	11,4	11,3	26,3
n° 203	-20,2	88,2	93,2	0,3	108,4	28,6	97,9	16,5	18,7	54,5	-14,4	63,0	66,6	0,2	77,4	20,4	69,9	11,8	13,3	38,9
n° 204	-38,7	53,5	55,5	-30,3	92,2	44,7	60,9	12,8	10,1	28,9	-27,1	37,4	38,8	-21,2	64,5	31,3	42,6	9,0	7,1	20,2
n° 205	-14,8	60,2	58,5	-19,8	75,0	25,5	70,7	9,9	14,0	33,3	-10,8	43,9	42,7	-14,5	54,7	18,6	51,6	7,2	10,2	24,3
n° 206	-10,0	71,0	73,4	-9,4	81,0	23,5	77,4	12,1	10,7	33,0	-7,5	53,0	54,8	-7,0	60,4	17,5	57,8	9,0	8,0	24,6
n° 207	-15,8	70,7	57,9	-16,0	86,5	32,6	72,3	17,2	20,1	40,1	-11,9	53,2	43,5	-12,0	65,0	24,5	54,4	12,9	15,1	30,2
n° 208	-29,6	65,6	65,9	-21,2	95,2	36,3	71,3	8,8	7,9	31,0	-23,9	52,9	53,1	-17,1	76,8	29,3	57,5	7,1	6,4	25,0
n° 209	-14,4	72,0	81,1	-4,3	86,4	25,5	81,4	7,7	4,6	34,3	-10,7	53,7	60,5	-3,2	64,5	19,0	60,7	5,7	3,4	25,6
n° 210	-9,4	66,3	67,3	-10,1	75,7	23,5	76,7	10,8	14,3	44,8	-7,1	49,8	50,6	-7,6	56,9	17,7	57,7	8,1	10,8	33,7
n° 211	-30,6	60,3	54,8	-23,1	90,9	42,6	75,6	26,6	17,5	42,6	-21,5	42,5	38,6	-16,3	64,0	30,0	53,2	18,7	12,4	30,0
n° 212	-25,9	58,6	56,5	-23,1	84,5	37,1	75,6	12,0	12,1	52,8	-18,8	42,5	40,9	-16,7	61,2	26,9	54,8	8,7	8,8	38,3
n° 213	-26,9	64,7	61,6	-22,4	91,6	40,5	78,0	16,4	13,9	33,3	-19,1	45,9	43,7	-15,9	65,0	28,7	55,3	11,6	9,8	23,6
n° 214	-15,6	71,9	79,4	-9,8	87,5	49,0	86,5	17,1	18,8	51,8	-10,8	49,6	54,8	-6,8	60,3	33,8	59,7	11,8	13,0	35,7
n° 215	-27,2	45,3	45,6	-20,7	72,5	42,2	67,4	16,0	22,1	51,5	-20,6	34,3	34,5	-15,7	54,9	32,0	51,1	12,2	16,8	39,0
n° 216	-22,4	60,3	65,7	7,8	82,7	31,0	74,3	15,7	18,0	51,8	-17,2	46,4	50,5	6,0	63,6	23,8	57,2	12,1	13,8	39,8
n° 217	-29,3	52,4	59,3	-18,6	81,7	39,1	70,8	14,3	12,9	36,8	-21,5	38,5	43,6	-13,7	60,1	28,8	52,1	10,5	9,5	27,1
n° 218	-10,9	64,4	71,5	-7,1	75,3	29,6	76,6	6,1	17,8	42,6	-7,9	46,7	51,8	-5,1	54,6	21,4	55,5	4,4	12,9	30,9
n° 219	-27,6	60,3	59,9	-32,3	87,9	40,2	70,2	14,3	7,7	30,0	-20,6	45,0	44,7	-24,1	65,6	30,0	52,4	10,7	5,8	22,4
n° 220	-11,9	72,2	79,4	-21,4	84,1	31,3	87,2	16,8	22,6	39,2	-8,3	50,5	55,5	-15,0	58,8	21,9	61,0	11,8	15,8	27,4
n° 221	-29,9	37,8	69,1	11,9	67,7	33,4	75,6	22,8	21,9	43,7	-22,8	28,9	52,7	9,1	51,7	25,5	57,7	17,4	16,7	33,4
n° 222	-12,3	57,0	62,9	-14,8	69,3	27,7	68,2	11,5	19,6	38,6	-9,0	41,9	46,3	-10,9	51,0	20,4	50,1	8,5	14,4	28,4
n° 223	-27,4	58,0	62,3	-32,7	85,4	36,1	66,3	12,8	11,8	24,0	-19,9	42,0	45,1	-23,7	61,9	26,2	48,0	9,3	8,6	17,4
n° 224	-29,3	61,4	58,3	-31,1	90,7	46,2	76,5	23,1	21,4	45,4	-21,4	44,8	42,6	-22,7	66,2	33,7	55,8	16,9	15,6	33,1
n° 225	-26,5	62,0	62,0	-36,4	88,5	41,3	66,6	14,5	8,7	19,7	-18,0	42,2	42,2	-24,8	60,2	28,1	45,3	9,9	5,9	13,4
n° 226	-33,6	79,9	70,6	-22,5	113,5	39,8	90,1	12,7	9,1	57,4	-24,7	58,8	51,9	-16,5	83,5	29,3	66,3	9,3	6,7	42,2
n° 227	-29,9	54,3	60,4	-18,5	84,2	42,9	72,8	11,1	16,6	50,6	-21,8	39,6	44,1	-13,5	61,5	31,3	53,1	8,1	12,1	36,9
n° 228	-24,0	61,1	66,9	-6,5	85,1	36,4	76,0	17,3	19,4	58,4	-17,4	44,3	48,5	-4,7	61,7	26,4	55,1	12,5	14,1	42,3
n° 229	-28,0	67,9	63,5	-24,3	95,9	33,3	73,4	19,6	19,9	40,1	-20,6	49,9	46,7	-17,9	70,5	24,5	54,0	14,4	14,7	29,5
n° 230	-20,0	72,5	60,4	-25,9	92,5	40,4	78,3	21,6	25,4	42,3	-13,9	50,3	41,9	-18,0	64,2	28,1	54,4	15,0	17,6	29,4

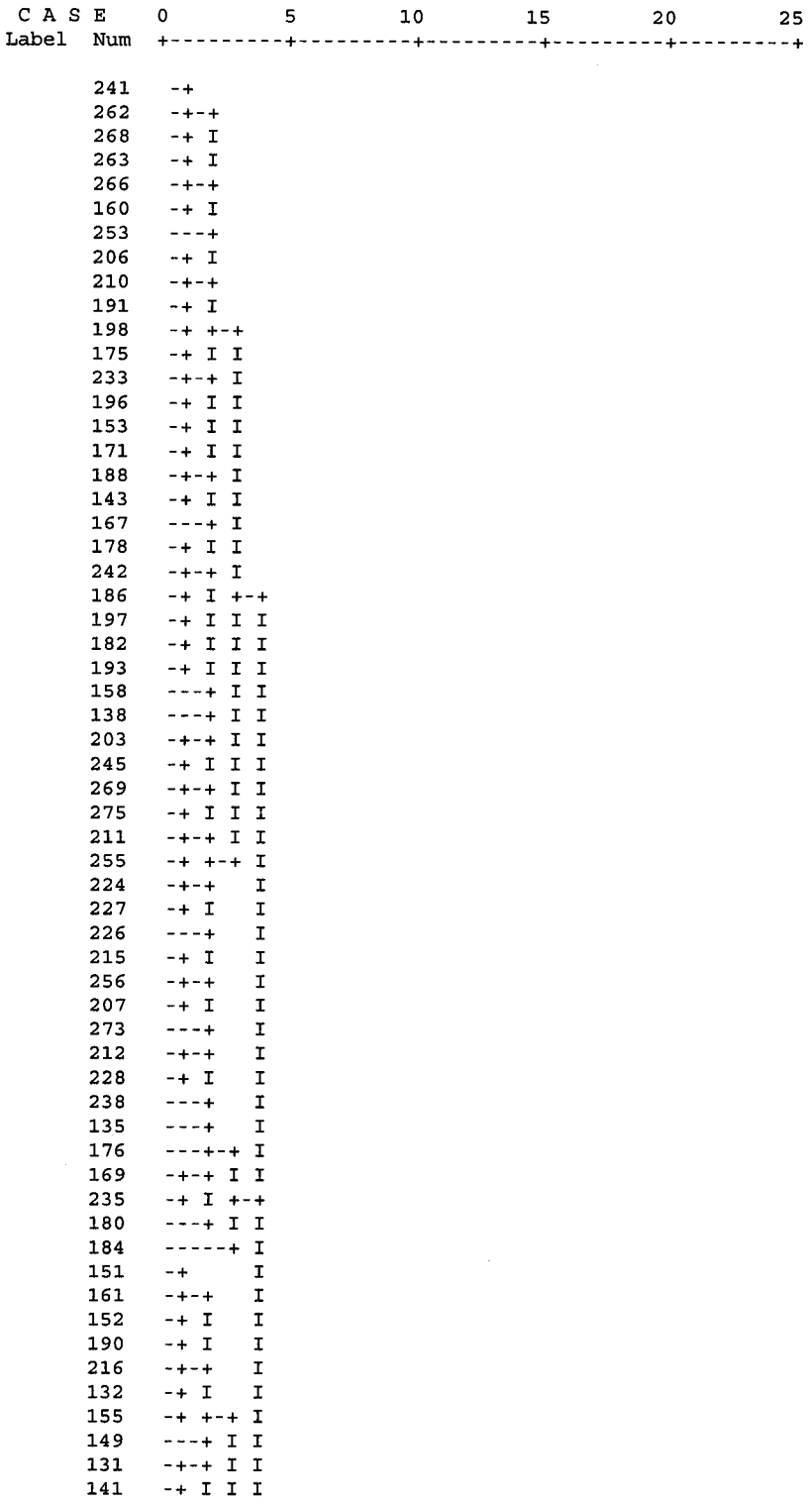
	M 01	M 02	M 03	M 04	M 05	M 06	M 07	M 08	M 09	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20
n° 231	-13,5	65,1	67,9	-11,7	78,6	33,3	76,8	15,9	20,3	40,4	-9,9	47,9	49,9	-8,6	57,8	24,5	56,5	11,7	14,9	29,7
n° 232	-30,8	53,0	58,6	-25,0	83,8	33,6	60,1	11,4	18,7	35,1	-23,3	40,2	44,4	-18,9	63,5	25,5	45,5	8,6	14,2	26,6
n° 233	-20,9	64,5	65,4	-20,9	85,4	30,8	71,9	19,4	25,4	40,7	-15,4	47,4	48,1	-15,4	62,8	22,6	52,9	14,3	18,7	29,9
n° 234	-8,0	60,4	57,7	-20,3	68,4	30,8	66,3	9,7	11,3	30,2	-6,2	46,5	44,4	-15,6	52,6	23,7	51,0	7,4	8,7	23,2
n° 235	-19,0	64,5	62,7	-19,0	83,5	31,5	70,0	12,5	9,3	25,7	-14,4	48,9	47,5	-14,4	63,3	23,9	53,0	9,5	7,0	19,5
n° 236	-15,0	74,0	78,6	-7,3	89,0	28,7	83,2	16,5	16,0	42,5	-11,0	54,4	57,8	-5,4	65,4	21,1	61,2	12,1	11,8	31,3
n° 237	-8,0	74,0	68,5	-7,3	82,0	29,1	85,0	15,9	15,9	38,5	-6,1	56,1	51,9	-5,5	62,1	22,0	64,4	12,0	12,1	29,2
n° 238	-2,8	62,0	72,2	13,5	64,8	21,7	78,0	12,2	23,4	51,1	-2,0	43,4	50,5	9,4	45,3	15,2	54,5	8,5	16,4	35,7
n° 239	-8,9	73,0	74,6	-12,0	81,9	27,2	86,5	15,2	17,1	41,0	-6,1	49,7	50,7	-8,2	55,7	18,5	58,8	10,3	11,6	27,9
n° 240	-46,2	65,5	67,9	-34,3	111,7	54,7	77,1	14,4	7,9	35,7	-31,9	45,2	46,8	-23,7	77,0	37,7	53,2	9,9	5,5	24,6
n° 241	-19,3	62,1	72,8	-22,3	81,4	38,5	74,9	14,4	14,4	38,0	-13,9	44,7	52,4	-16,0	58,6	27,7	53,9	10,4	10,4	27,3
n° 242	-27,2	65,4	81,0	-13,1	92,6	29,7	84,4	12,9	9,1	47,1	-19,9	47,7	59,1	-9,6	67,6	21,7	61,6	9,4	6,6	34,4
n° 243	-17,4	55,4	61,2	-2,1	72,8	31,2	76,8	13,1	16,6	55,9	-13,2	42,0	46,4	-1,6	55,2	23,6	58,2	9,9	12,6	42,3
n° 244	-28,4	57,2	63,3	-23,2	85,6	39,4	73,4	15,6	12,2	44,6	-21,0	42,4	46,9	-17,2	63,4	29,2	54,4	11,6	9,0	33,0
n° 245	-22,9	59,3	78,0	4,6	82,2	30,6	81,3	13,7	10,7	41,9	-16,5	42,7	56,1	3,3	59,1	22,0	58,5	9,9	7,7	30,1
n° 246	-22,3	70,3	64,5	-19,0	92,6	38,8	83,2	16,2	17,0	50,2	-15,1	47,5	43,6	-12,8	62,6	26,2	56,2	10,9	11,5	33,9
n° 247	-17,7	71,3	70,6	-19,0	89,0	36,4	81,7	17,8	20,5	47,4	-13,2	53,2	52,7	-14,2	66,4	27,2	61,0	13,3	15,3	35,4
n° 248	-21,5	72,9	74,3	-22,2	94,4	34,4	78,1	16,4	20,8	38,5	-15,8	53,6	54,6	-16,3	69,4	25,3	57,4	12,1	15,3	28,3
n° 249	-24,5	56,2	50,4	-15,7	80,7	40,6	68,2	20,1	26,2	47,0	-17,5	40,1	36,0	-11,2	57,6	29,0	48,7	14,4	18,7	33,6
n° 250	-20,8	68,8	77,0	-7,8	89,6	35,4	84,9	10,5	20,1	46,3	-16,2	50,2	56,2	-5,7	65,4	25,8	62,0	7,7	14,7	33,8
n° 251	-32,7	63,4	56,6	-35,1	96,1	38,9	72,6	14,6	19,3	37,1	-22,6	43,7	39,0	-24,2	66,3	26,8	50,1	10,1	13,3	25,6
n° 252	-17,0	71,6	76,7	-6,8	88,6	25,2	89,6	12,6	10,7	43,9	-10,4	43,7	46,8	-4,1	54,0	15,4	54,6	7,7	6,5	26,8
n° 253	-35,2	52,8	57,9	-38,5	88,0	52,5	77,4	17,7	27,2	56,6	-24,4	36,7	40,2	-26,7	61,1	36,5	53,8	12,3	18,9	39,3
n° 254	-14,7	66,1	56,2	-5,5	80,8	31,4	82,1	18,4	23,4	49,7	-10,4	46,5	39,6	-3,9	56,9	22,1	57,8	13,0	16,5	35,0
n° 255	-25,9	70,9	67,6	-28,5	96,8	39,5	81,9	16,8	23,5	43,0	-17,7	48,6	46,3	-19,5	66,3	27,1	56,1	11,5	16,1	29,5
n° 256	-22,0	62,5	49,8	-15,5	84,5	37,2	75,4	16,8	24,7	55,0	-16,3	46,3	36,9	-11,5	62,6	27,6	55,9	12,4	18,3	40,7
n° 257	-30,4	67,0	70,6	-28,8	97,4	42,1	76,4	21,0	15,9	43,1	-20,7	45,6	48,0	-19,6	66,3	28,6	52,0	14,3	10,8	29,3
n° 258	-18,4	66,3	76,4	-9,7	84,7	24,3	82,5	21,3	22,2	51,1	-13,6	49,1	56,6	-7,2	62,7	18,0	61,1	15,8	16,5	37,9
n° 259	-29,6	58,9	63,8	-35,0	88,5	41,4	67,3	16,5	17,1	34,0	-21,1	42,1	45,6	-25,0	63,2	29,6	48,1	11,8	12,2	24,3
n° 260	-36,2	62,1	65,0	-40,5	98,3	50,8	78,4	19,4	24,9	46,6	-22,5	38,6	40,4	-25,2	61,1	31,6	48,7	12,0	15,5	28,9
n° 261	-34,3	63,4	65,4	-39,2	97,7	43,7	69,9	23,6	21,2	29,8	-22,9	42,3	43,6	-26,1	65,1	29,1	46,6	15,7	14,1	19,9
n° 262	-24,3	66,3	75,4	-19,4	90,6	38,5	83,2	17,8	16,0	50,1	-17,2	47,0	53,5	-13,8	64,3	27,3	59,0	12,6	11,4	35,5
n° 263	-27,2	50,8	60,8	-34,6	78,0	44,3	67,3	19,1	14,4	36,5	-18,4	34,3	41,1	-23,4	52,7	29,9	45,5	12,9	9,8	24,7
n° 264	-46,3	63,1	64,1	-38,2	109,4	53,4	78,0	18,5	18,9	45,3	-30,1	41,0	41,6	-24,8	71,0	34,7	50,6	12,0	12,2	29,4
n° 265	-21,0	71,2	78,0	-19,7	92,2	35,3	84,8	21,0	16,7	36,9	-13,8	46,8	51,3	-13,0	60,7	23,2	55,8	13,8	11,0	24,3
n° 266	-18,1	62,0	61,5	-35,6	80,1	41,1	71,8	18,4	20,2	34,6	-12,3	42,2	41,8	-24,2	54,5	28,0	48,8	12,5	13,7	23,5
n° 267	-31,4	49,5	51,8	-36,6	80,9	44,0	66,3	12,0	23,9	42,4	-21,2	33,4	35,0	-24,7	54,7	29,7	44,8	8,1	16,2	28,6
n° 268	-26,2	70,2	80,3	-16,8	96,4	41,4	87,7	17,1	14,7	57,3	-16,6	44,4	50,8	-10,6	61,0	26,2	55,5	10,8	9,3	36,3
n° 269	-18,4	84,8	86,1	-34,6	103,2	40,5	91,6	23,0	12,7	40,8	-12,4	57,3	58,2	-23,4	69,7	27,4	61,9	15,5	8,6	27,6
n° 270	-12,6	68,9	68,0	-13,9	81,5	22,7	79,9	19,4	22,3	42,4	-8,7	47,5	46,9	-9,6	56,2	15,7	55,1	13,4	15,4	29,2
n° 271	-19,1	68,9	64,7	-35,6	88,0	47,2	82,8	19,7	22,2	47,3	-12,7	45,9	43,1	-23,7	58,7	31,5	55,2	13,1	14,8	31,5
n° 272	-25,2	70,2	59,5	-25,2	95,4	47,2	82,2	19,2	20,6	58,6	-16,8	46,8	39,7	-16,8	63,6	31,5	54,8	12,8	13,7	39,1
n° 273	-22,3	59,5	53,7	-17,8	81,8	35,3	73,8	18,1	26,6	57,3	-15,7	41,9	37,8	-12,5	57,6	24,9	52,0	12,7	18,7	40,4
n° 274	-21,0	57,6	68,9	-21,0	78,6	32,0	71,2	11,0	10,0	37,2	-16,2	44,3	53,0	-16,2	60,5	24,6	54,8	8,5	7,7	28,6
n° 275	-23,6	69,0	80,6	-17,2	92,6	31,1	86,4	17,8	18,6	51,1	-17,5	51,1	59,7	-12,7	68,6	23,0	64,0	13,2	13,8	37,9
n° 276	-33,0	55,1	53,1	-39,6	88,1	47,9	62,8	17,8	19,7	32,1	-25,7	42,9	41,3	-30,8	68,6	37,3	48,9	13,9	15,3	25,0

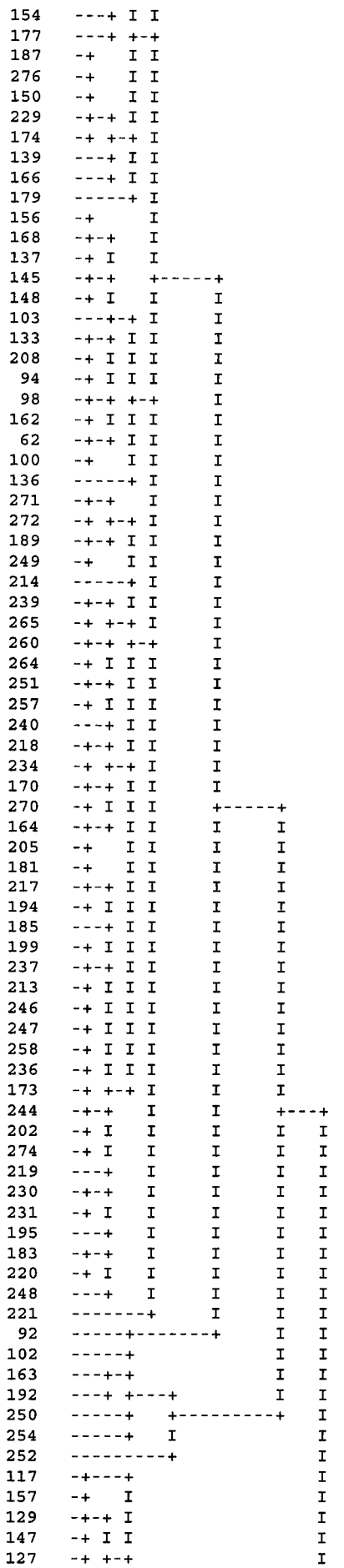
Mesures en cm

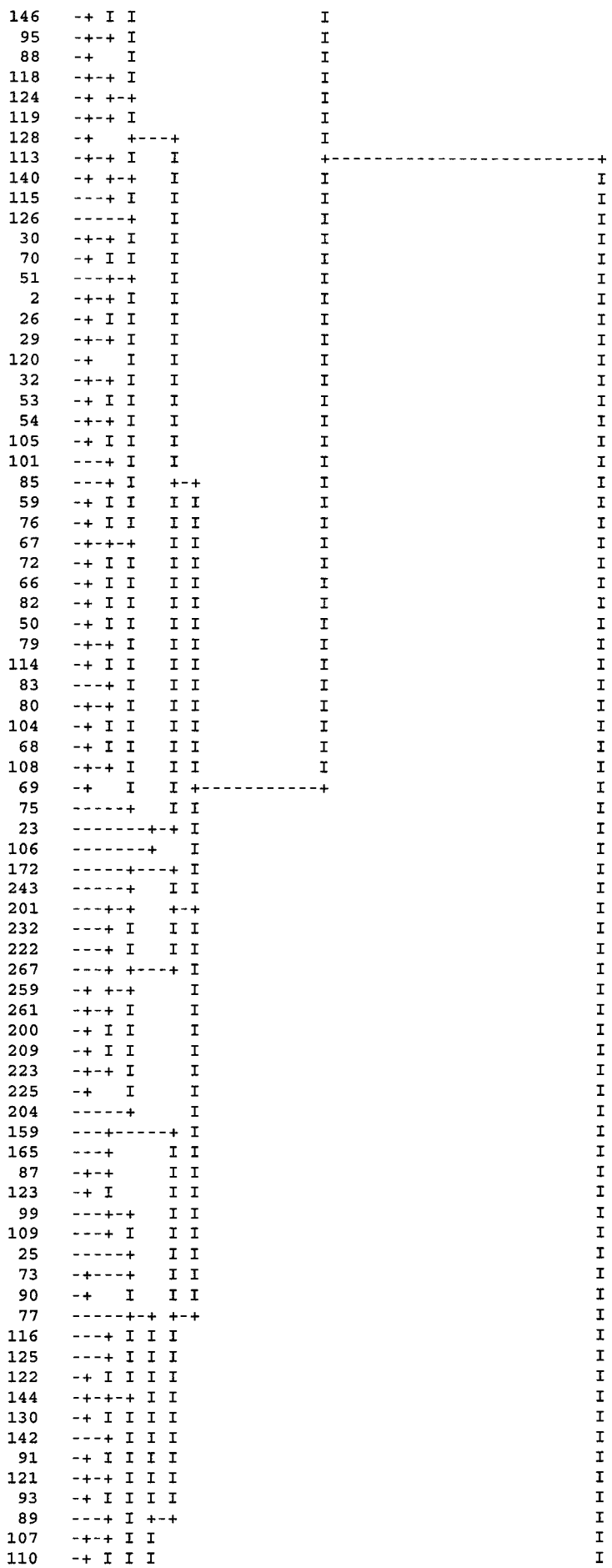
Mesure n° 01	Poulaine lissée abscisse de PG
Mesure n° 02	Poulaine lissée abscisse de QG
Mesure n° 03	Poulaine lissée abscisse de PD
Mesure n° 04	Poulaine lissée abscisse de QD
Mesure n° 05	Poulaine lissée valeur absolue du segment PG/QG
Mesure n° 06	Poulaine lissée longueur avant
Mesure n° 07	Poulaine lissée Longueur arrière
Mesure n° 08	Poulaine lissée hauteur de corne
Mesure n° 09	Poulaine lissée épaisseur de poulaine à la verticale de l'oreille
Mesure n° 10	Poulaine lissée hauteur de bosse
Mesure n° 11	Poulaine pondérée abscisse de PG
Mesure n° 12	Poulaine pondérée abscisse de QG
Mesure n° 13	Poulaine pondérée abscisse de PD
Mesure n° 14	Poulaine pondérée abscisse de QD
Mesure n° 15	Poulaine pondérée valeur absolue du segment PG/QG
Mesure n° 16	Poulaine pondérée longueur avant
Mesure n° 17	Poulaine pondérée Longueur arrière
Mesure n° 18	Poulaine pondérée hauteur de corne
Mesure n° 19	Poulaine pondérée épaisseur de poulaine à la verticale de l'oreille
Mesure n° 20	Poulaine pondérée hauteur de bosse

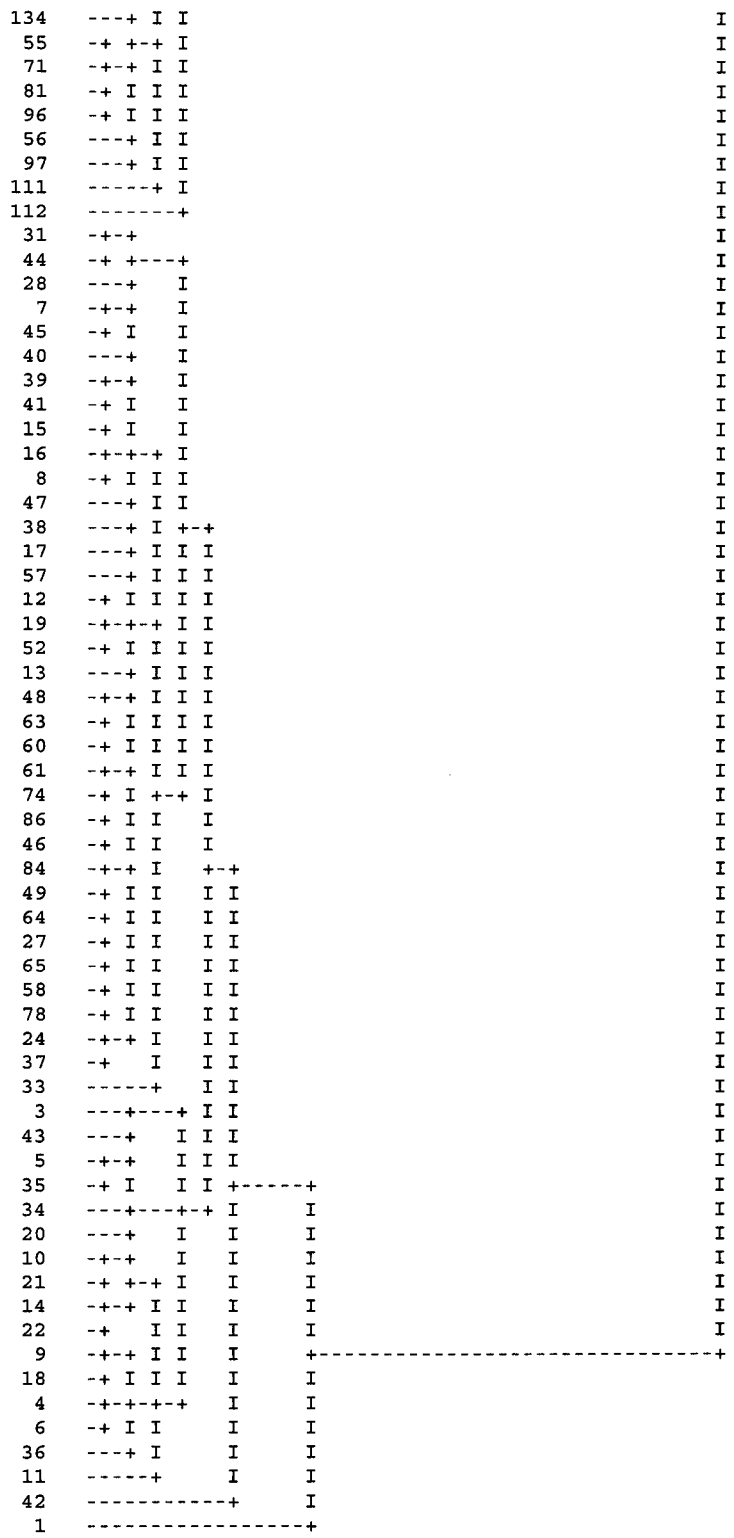
ANNEXE VIII. : VERIFICATION DES INDIVIDUS ATYPIQUES POUR POULAINE DE HANCHE VERSUS POULAINE D'OREILLE

Poulaine de hanche: Classification hiérarchique, méthode distance entre classe, carré de la distance euclidienne, sans standardisation

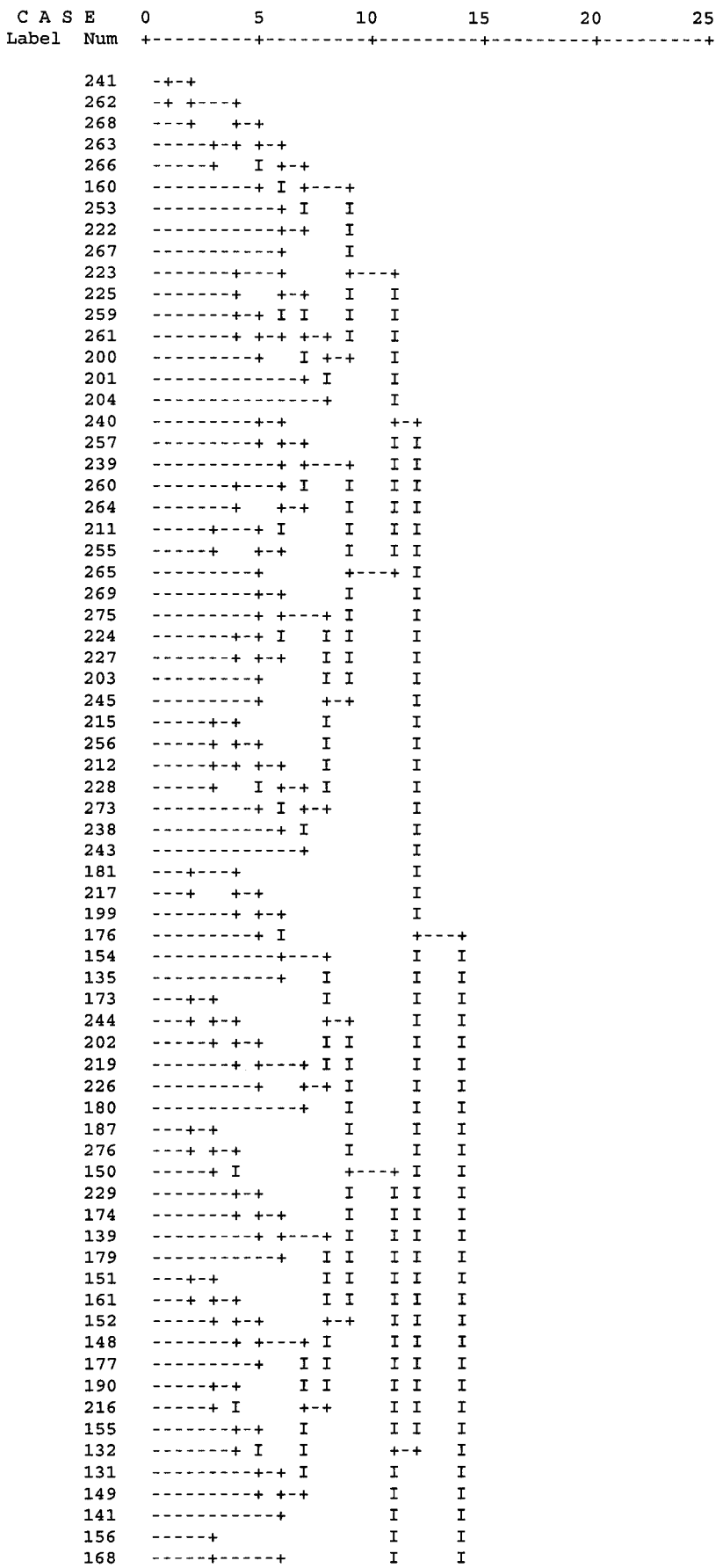


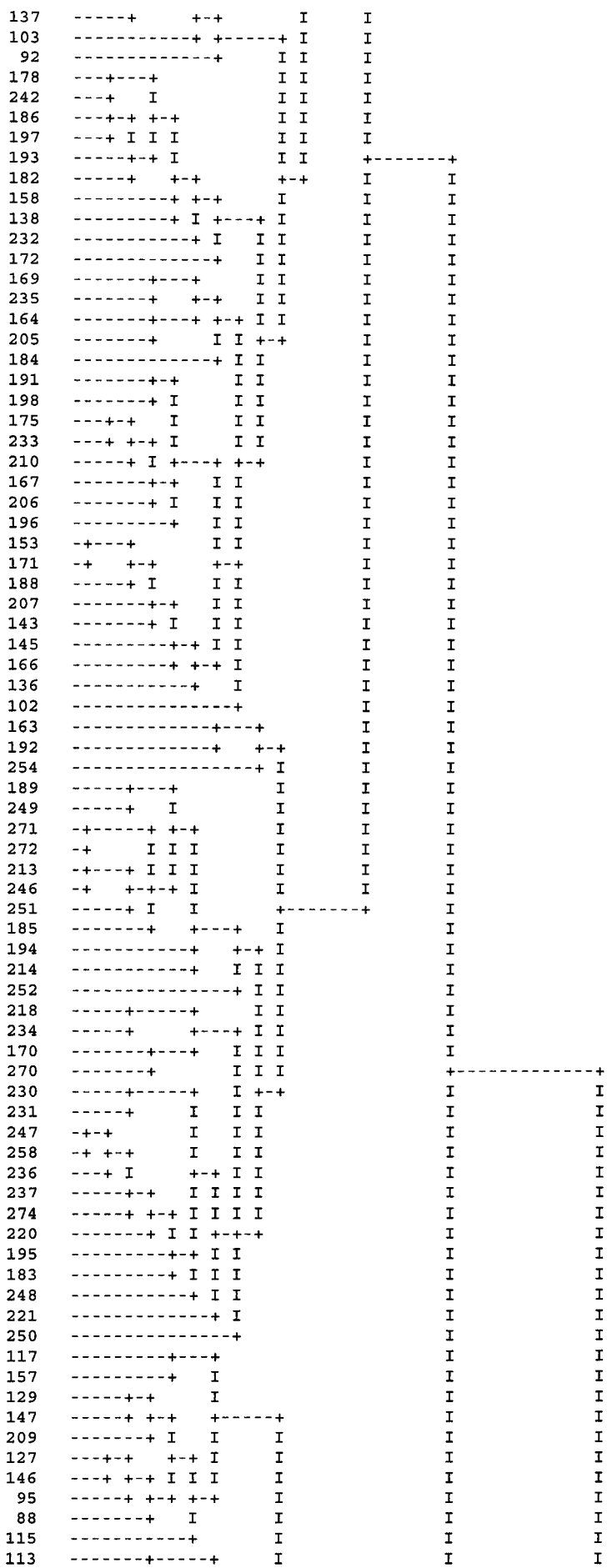

154
177
187
276
150
229
174
139
166
179
156
168
137
145
148
103
133
208
94
98
162
62
100
136
271
272
189
249
214
239
265
260
264
251
257
240
218
234
170
270
164
205
181
217
194
185
199
237
213
246
247
258
236
173
244
202
274
219
230
231
195
183
220
248
221
92
102
163
192
250
254
252
117
157
129
147
127

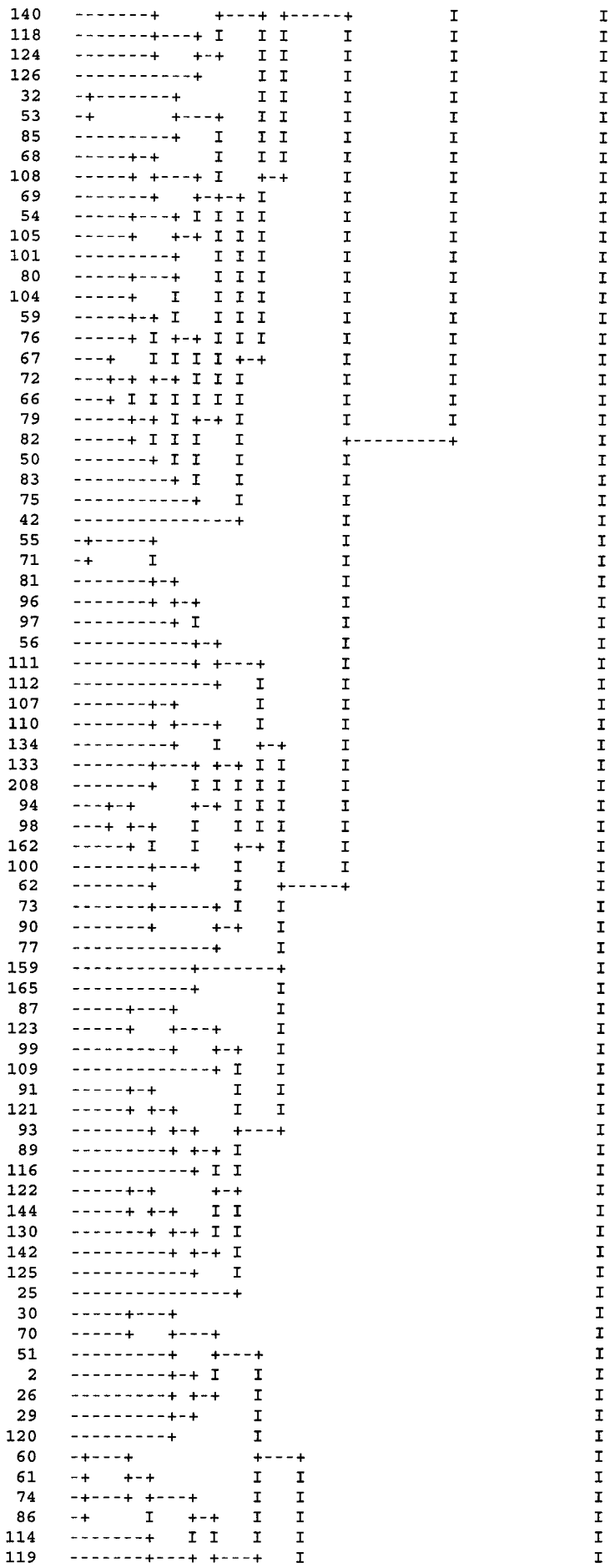


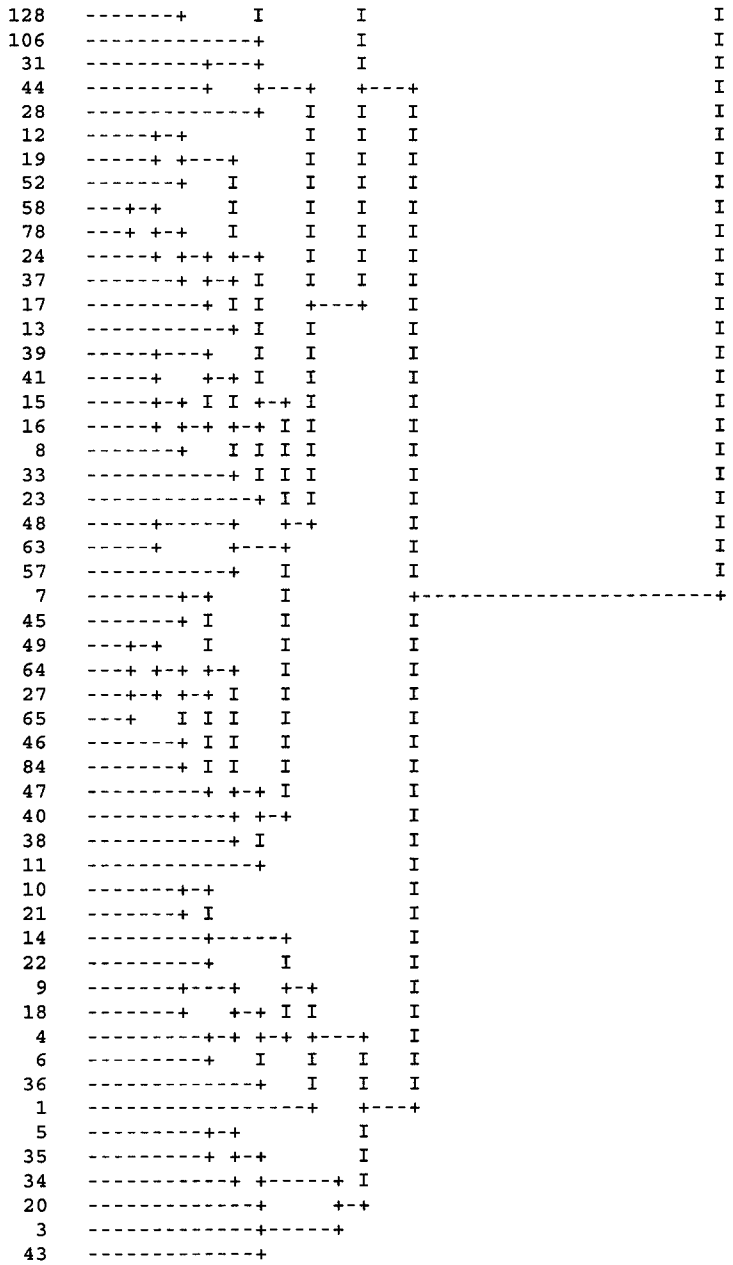


Poulaine de hanche : méthode distance dans la classe, carré de la distance euclidienne, sans standardisation.

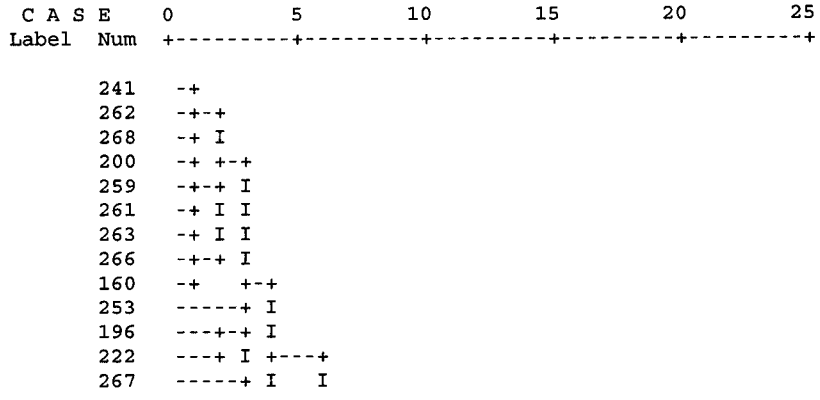


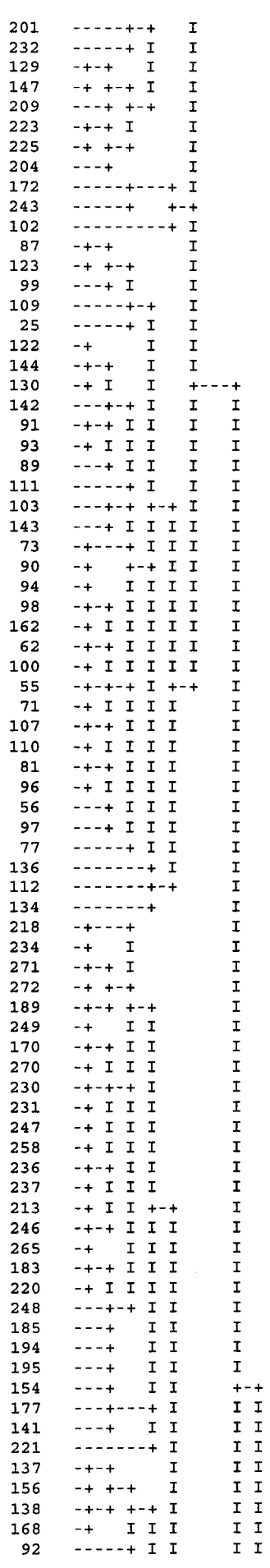


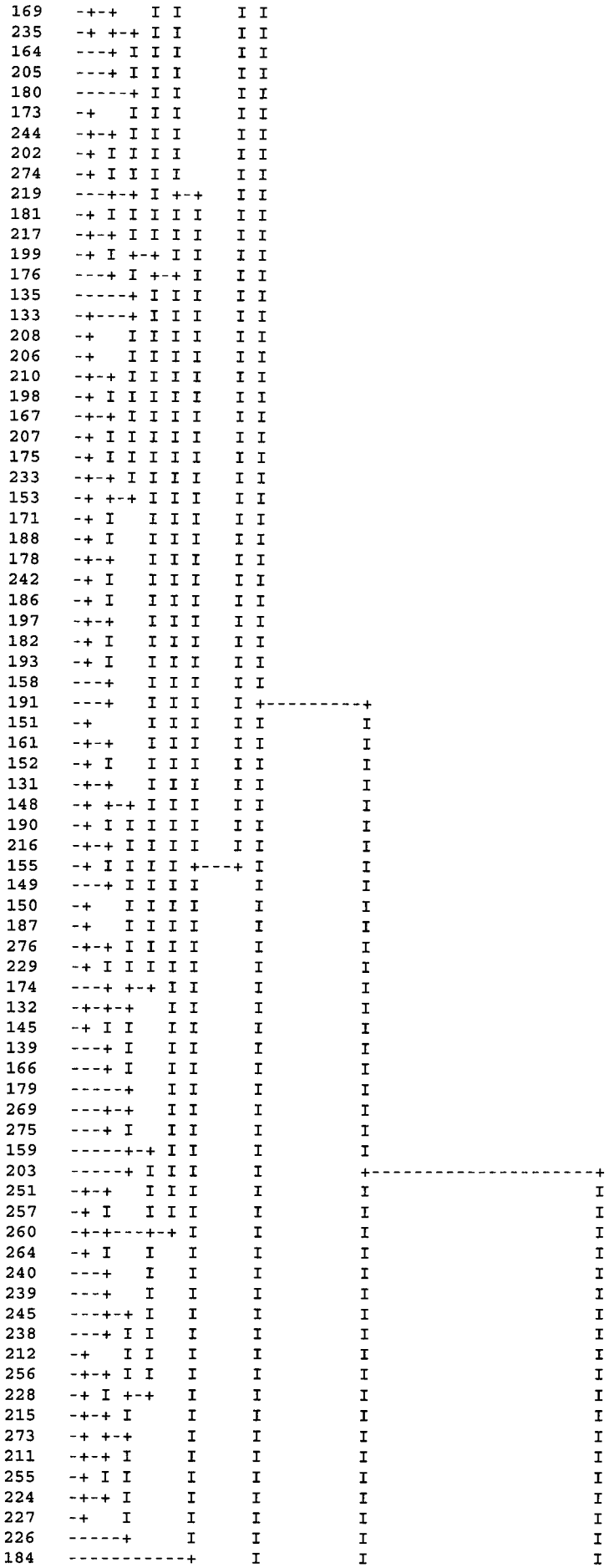


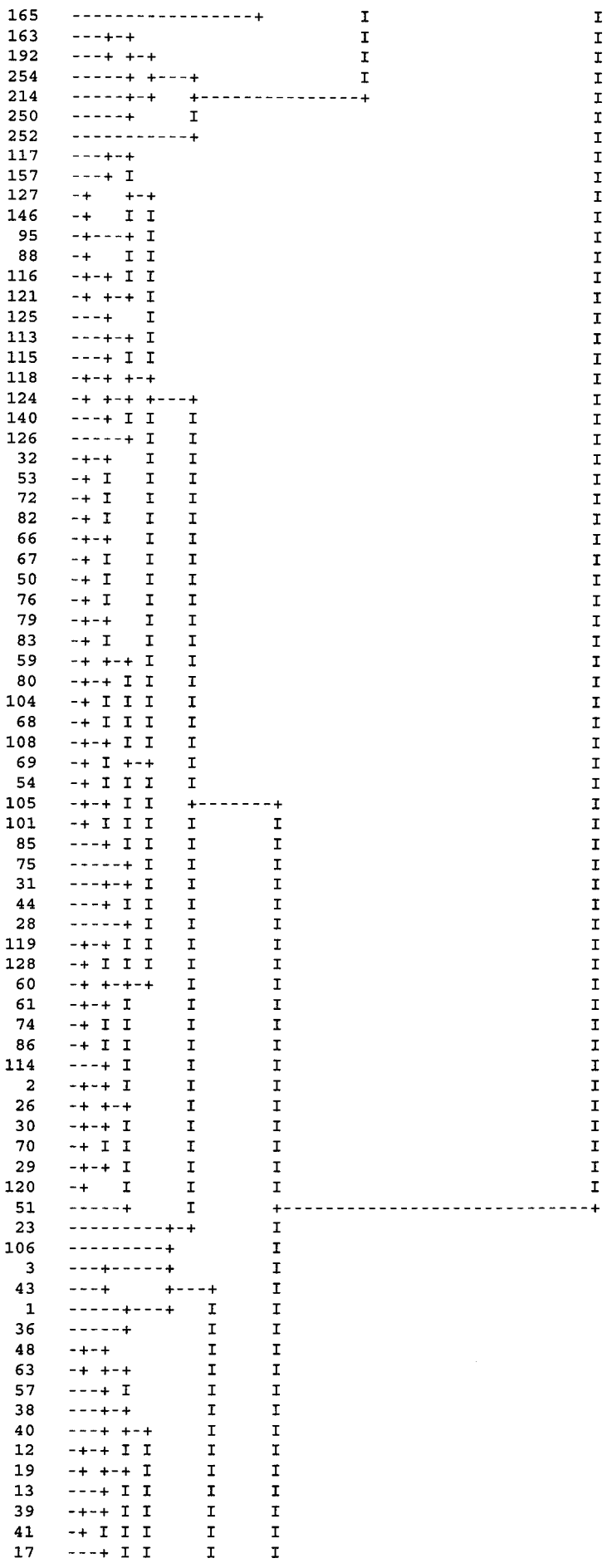


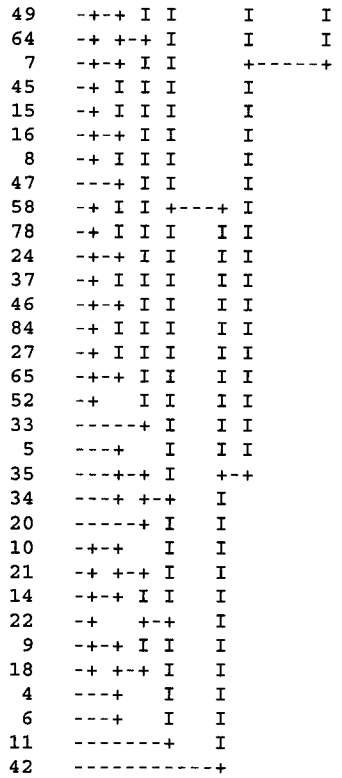
Poulaine d'oreille : Classification hiérarchique, méthode distance entre classe, carré de la distance euclidienne, sans standardisation



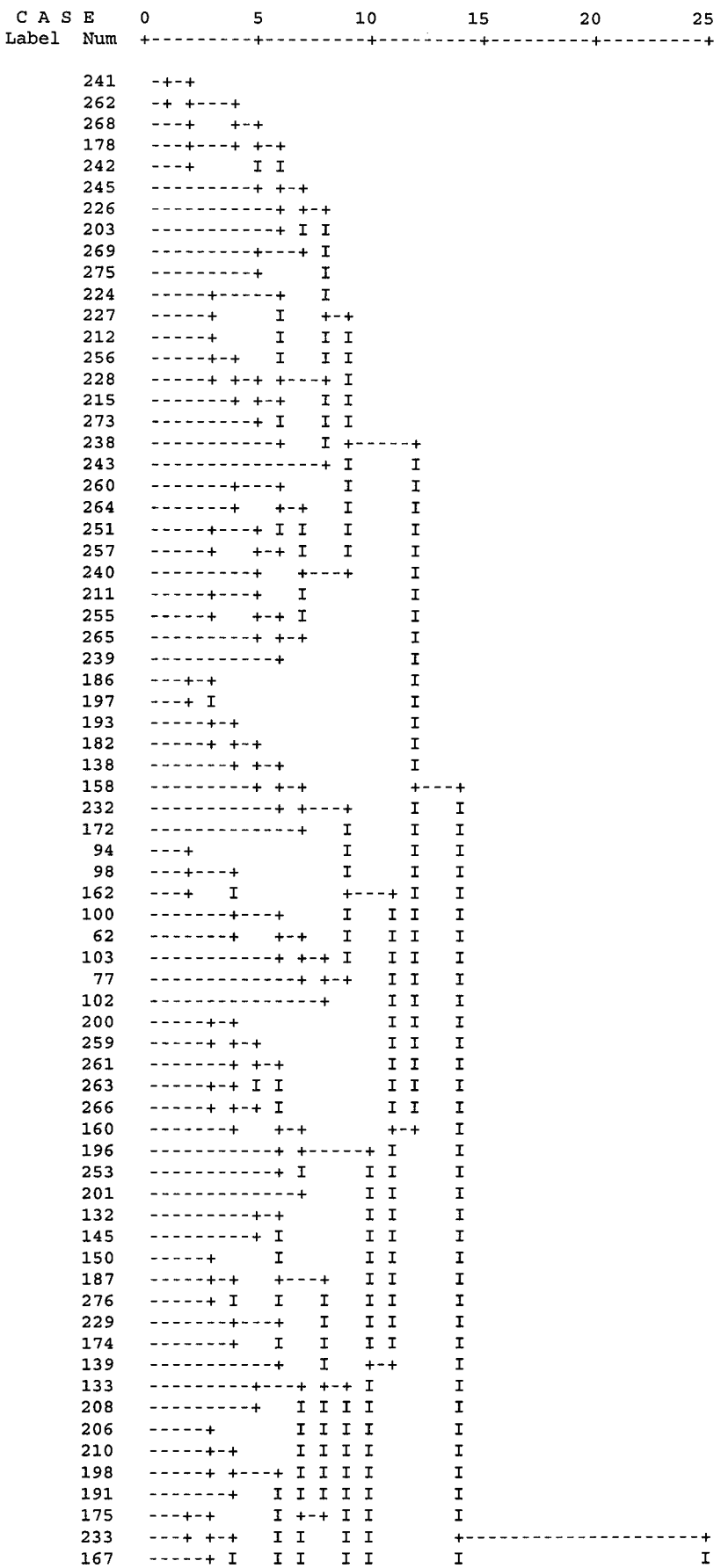

201
232
129
147
209
223
225
204
172
243
102
87
123
99
109
25
122
144
130
142
91
93
89
111
103
143
73
90
94
98
162
62
100
55
71
107
110
81
96
56
97
77
136
112
134
218
234
271
272
189
249
170
270
230
231
247
258
236
237
213
246
265
183
220
248
185
194
195
154
177
141
221
137
156
138
168
92

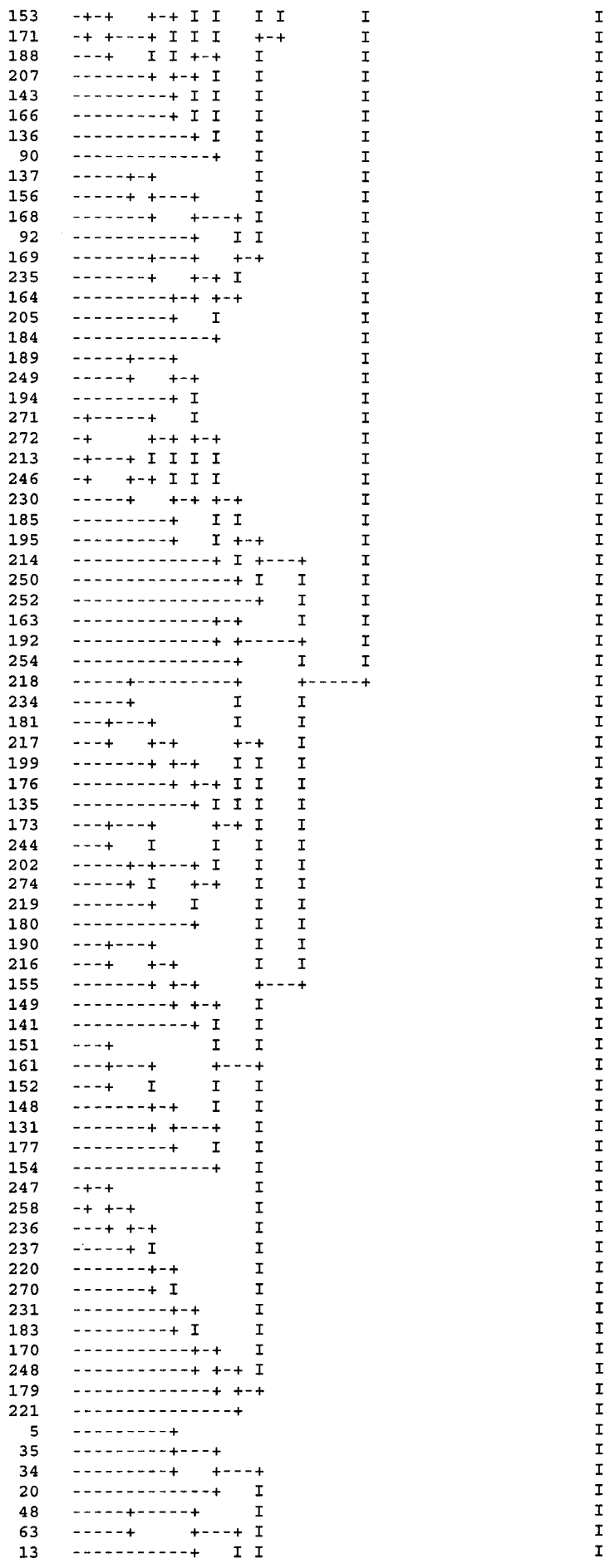


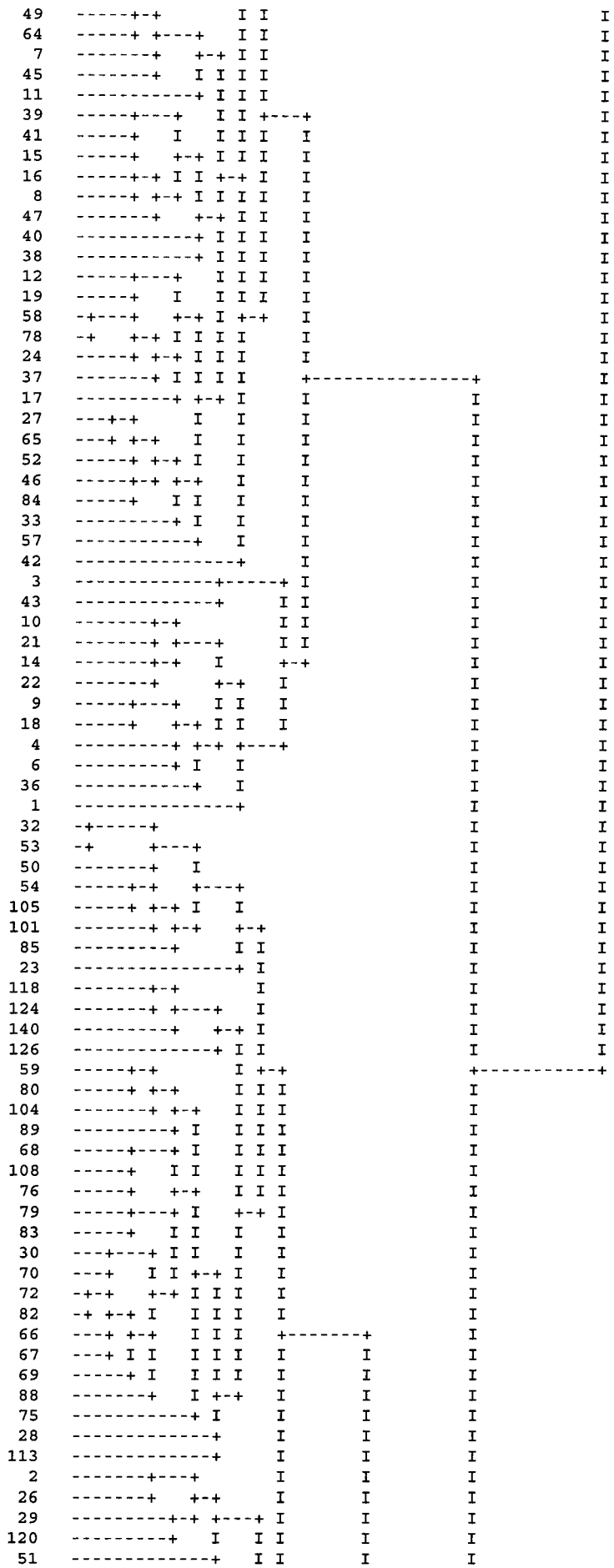


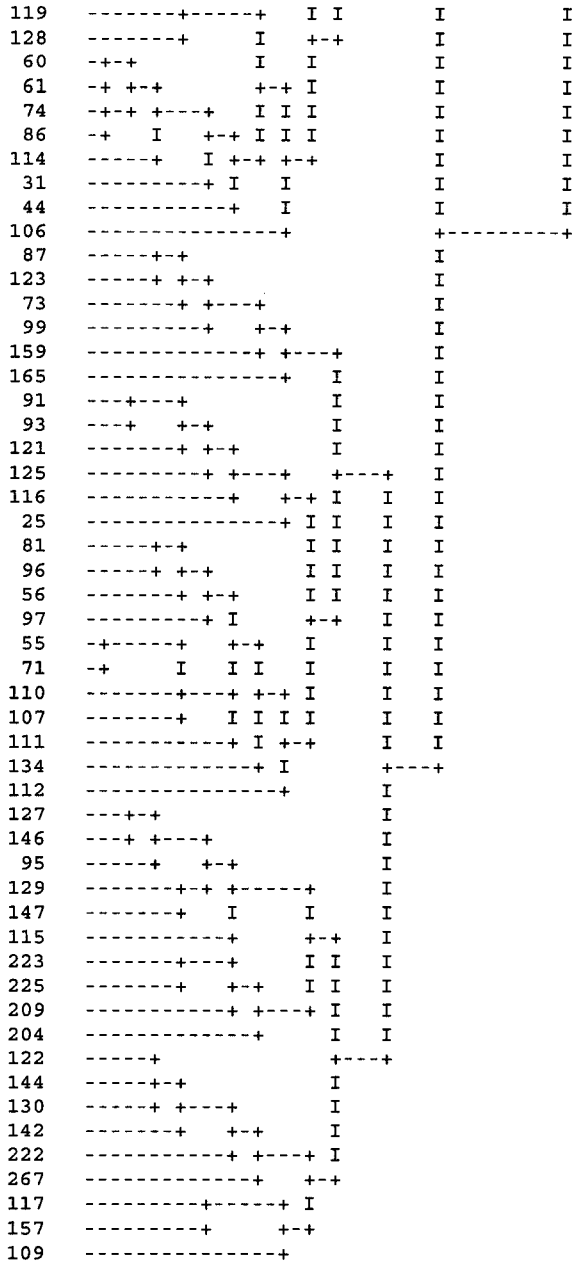

49 64 7 45 15 16 8 47 58 78 24 37 46 84 27 65 52 33 5 35 34 20 10 21 14 22 9 18 4 6 11 42

Poulaine de hanche : méthode distance dans la classe, carré de la distance euclidienne, sans standardisation.









ANNEXE IX. : TABLEAUX DES CORRELATIONS VARIABLES INDICATEURS POULAINE D'OREILLE ET POULAINE DE HANCHE

Les valeurs des variables anthropométriques sont surlignés en rose, celles des variables de performance en vert, celles des variables angulaires en bleu

Poulaine d'oreille

Mesures des poulaines Indicateurs	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20
i01										
i02										
i03										
i04										
i05										
i06										
i07										
i08										
i09										
i10										
i11										
i12										
i13										
i14										
i15										
i16										
i17										
i18										
i19										
i20										
i21										
i22										
i23										
i24										
i25										
i26										
i27										
i28										
i29										
i30										
i31										
i32										
i33										
i34										

Mesures des poulaines Indicateurs	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20
i35										
i36										
i37										
i38										
i39										
i40										
i41	-0,50	-0,04	0,04	-0,13	0,34	0,22	-0,01	0,19	-0,03	-0,01
i42	0,11	0,66	0,44	0,14	0,57	0,06	0,49	0,22	0,21	0,32
i43	-0,24	0,47	0,36	0,02	0,65	0,19	0,36	0,29	0,13	0,24
i44	0,27	0,43	0,34	0,27	0,22	-0,15	0,42	0,35	0,33	0,33
i45	0,07	-0,14	-0,09	-0,05	-0,19	-0,17	-0,19	-0,27	-0,30	-0,21
i46	0,13	0,38	0,29	0,21	0,28	0,02	0,42	0,42	0,43	0,37
i47	0,61	0,50	0,57	0,52	0,04	-0,64	0,52	0,15	0,02	0,27
i48	0,54	0,66	0,71	0,60	0,25	-0,51	0,71	0,24	0,13	0,46
i49	0,60	0,60	0,65	0,59	0,14	-0,60	0,62	0,20	0,10	0,37
i50	-0,05	0,35	0,33	0,21	0,39	0,15	0,42	0,18	0,21	0,37
i51	-0,30	-0,13	-0,03	-0,09	0,10	0,05	-0,14	0,10	-0,10	-0,09
i52	-0,04	-0,37	-0,19	-0,09	-0,33	-0,10	-0,32	-0,04	-0,12	-0,33
i53	0,06	-0,04	-0,15	0,02	-0,08	-0,01	-0,08	0,05	0,04	-0,07
i54	0,00	-0,08	-0,07	-0,20	-0,09	-0,04	-0,13	0,13	-0,06	-0,26
i55	-0,13	0,07	0,10	-0,09	0,16	0,10	0,00	0,03	-0,13	-0,10
i56	0,10	-0,15	-0,14	-0,03	-0,23	-0,19	-0,26	-0,06	-0,13	-0,27
i57	-0,04	0,01	0,03	-0,02	0,04	0,00	-0,01	0,33	0,09	-0,05
i58	-0,15	0,16	0,19	-0,02	0,28	0,20	0,24	0,10	0,05	0,19
i59	0,07	0,15	0,15	0,08	0,10	-0,06	0,12	0,07	0,01	-0,01
i60	-0,10	-0,19	-0,38	-0,39	-0,11	0,04	-0,47	-0,06	-0,24	-0,52
i61	0,13	0,24	0,02	0,20	0,14	0,17	0,39	0,34	0,61	0,59
i62	0,28	0,39	0,43	0,72	0,17	-0,10	0,59	0,28	0,64	0,70
i63	-0,13	0,14	0,17	-0,11	0,24	0,08	0,09	0,08	-0,19	-0,05
i64	-0,07	0,01	-0,04	-0,11	0,06	0,07	-0,06	0,09	0,01	-0,18
i65	0,20	0,43	0,39	0,48	0,28	0,00	0,59	0,35	0,72	0,85
i66	0,21	0,39	0,37	0,48	0,23	-0,03	0,56	0,28	0,65	0,84
i67	0,09	0,42	0,49	0,34	0,35	-0,18	0,44	0,18	0,04	0,25
i68	0,12	-0,08	-0,06	-0,01	-0,17	-0,19	-0,15	0,00	-0,18	-0,20
i69	0,11	-0,02	-0,22	-0,06	-0,11	0,05	-0,01	0,18	0,18	-0,03
i70	0,28	0,48	0,49	0,47	0,27	-0,16	0,58	0,43	0,54	0,54
i71	0,09	0,44	0,47	0,27	0,37	-0,14	0,44	0,19	0,05	0,24
i72	0,16	-0,02	0,02	0,00	-0,14	-0,26	-0,10	-0,05	-0,17	-0,17
i73	0,25	0,43	0,37	0,31	0,24	-0,11	0,47	0,47	0,56	0,47
i74	0,10	0,36	0,29	0,24	0,27	0,07	0,44	0,41	0,55	0,48

Poulaine de hanche

Mesures des poulaines Indicateurs	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20
i01										
i02										
i03										
i04										
i05										
i06										
i07										
i08										
i09										
i10										
i11										
i12										
i13										
i14										
i15										
i16										
i17										
i18										
i19										
i20										
i21										
i22										
i23										
i24										
i25										
i26										
i27										
i28										
i29										
i30										
i31										
i32										
i33										
i34										
i35										
i36										
i37										
i38										
i39										
i40										
i41	-0,70	-0,02	0,04	-0,17	0,36	-0,29	0,00	0,22	0,03	0,01
i42	-0,02	0,78	0,51	0,14	0,62	-0,18	0,53	0,14	0,19	0,33
i43	-0,47	0,57	0,41	-0,01	0,70	-0,33	0,40	0,25	0,16	0,26

Mesures des poulaines Indicateurs	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20
i44	-0,01	0,31	0,20	0,14	0,24	-0,16	0,28	0,39	0,34	0,31
i45	0,08	-0,19	-0,15	-0,08	-0,19	0,12	-0,27	-0,24	-0,27	-0,20
i46	-0,06	0,34	0,24	0,15	0,30	-0,19	0,38	0,43	0,42	0,35
i47	0,07	0,14	0,26	0,18	0,07	0,00	0,20	0,15	0,13	0,26
i48	-0,01	0,28	0,41	0,31	0,23	-0,12	0,40	0,22	0,29	0,45
i49	0,01	0,23	0,34	0,26	0,18	-0,07	0,31	0,20	0,24	0,36
i50	-0,15	0,28	0,31	0,25	0,30	-0,22	0,39	0,15	0,30	0,38
i51	-0,36	-0,13	-0,03	-0,09	0,09	-0,03	-0,14	0,12	-0,03	-0,07
i52	-0,01	-0,46	-0,24	-0,11	-0,35	0,14	-0,39	-0,02	-0,14	-0,33
i53	0,01	-0,11	-0,25	-0,03	-0,10	-0,06	-0,15	0,08	0,07	-0,09
i54	-0,08	-0,14	-0,12	-0,27	-0,07	-0,04	-0,19	0,17	-0,06	-0,24
i55	-0,15	0,07	0,14	-0,13	0,13	-0,13	0,01	0,04	-0,09	-0,07
i56	0,06	-0,25	-0,23	-0,10	-0,23	0,11	-0,37	-0,01	-0,10	-0,28
i57	-0,13	-0,04	-0,01	-0,09	0,04	-0,06	-0,07	0,35	0,08	-0,03
i58	-0,14	0,24	0,28	0,01	0,26	-0,15	0,34	0,05	0,04	0,21
i59	-0,01	0,16	0,15	0,04	0,13	-0,04	0,11	0,05	0,01	0,01
i60	0,04	-0,16	-0,42	-0,36	-0,14	0,11	-0,54	-0,09	-0,32	-0,54
i61	0,07	0,28	-0,02	0,25	0,18	-0,25	0,43	0,30	0,60	0,56
i62	0,09	0,35	0,39	0,74	0,23	-0,12	0,59	0,26	0,70	0,69
i63	-0,23	0,17	0,23	-0,17	0,26	-0,18	0,12	0,05	-0,14	-0,02
i64	-0,09	0,02	-0,05	-0,08	0,07	-0,06	-0,07	0,11	-0,02	-0,17
i65	-0,02	0,36	0,35	0,46	0,29	-0,23	0,58	0,34	0,84	0,84
i66	0,02	0,31	0,34	0,45	0,23	-0,18	0,55	0,26	0,76	0,84
i67	-0,39	0,29	0,40	0,16	0,44	-0,25	0,33	0,19	0,18	0,28
i68	0,07	-0,33	-0,22	-0,12	-0,30	0,04	-0,36	-0,01	-0,12	-0,20
i69	0,09	-0,06	-0,38	-0,10	-0,10	-0,13	-0,07	0,15	0,14	-0,05
i70	-0,09	0,37	0,38	0,27	0,34	-0,28	0,49	0,41	0,61	0,53
i71	-0,38	0,35	0,37	0,09	0,47	-0,25	0,34	0,20	0,17	0,26
i72	0,09	-0,26	-0,13	-0,12	-0,25	0,10	-0,31	-0,01	-0,12	-0,17
i73	-0,12	0,31	0,24	0,09	0,31	-0,31	0,36	0,45	0,63	0,47
i74	-0,15	0,41	0,27	0,14	0,40	-0,31	0,48	0,37	0,58	0,48
Total par mesure										

Différences entre les corrélations

Mesures des poulaines Indicateurs											total	
i01											0,66	
i02											-0,09	
i03											0,20	
i04											0,03	
i05											-0,03	
i06											-0,09	
i07											0,06	
i08											0,09	0,84
i09											-0,04	
i10											-0,17	
i11											0,13	
i12											-0,12	
i13											-0,25	
i14											-0,18	
i15											0,31	
i16											-0,15	
i17											-0,01	
i18											0,11	
i19											0,08	
i20											-0,02	
i21											-0,11	
i22											-0,09	
i23											-0,11	
i24											0,00	
i25											-0,18	
i26											-0,13	
i27											-0,16	
i28											0,26	
i29											-0,62	
i30											-0,29	
i31											0,09	
i32											-0,41	
i33											-0,17	
i34											-0,22	
i35											-0,22	
i36											-0,09	
i37											-0,01	
i38											-0,16	
i39											-0,56	
i40											-0,35	-3,82
i41	-0,20	0,01	0,00	-0,05	-0,02	-0,08	0,01	-0,03	0,01	0,00	-0,34	
i42	0,09	-0,12	-0,07	0,00	-0,05	-0,12	-0,04	0,08	0,01	-0,01	-0,23	
i43	-0,23	-0,10	-0,05	0,01	-0,05	-0,14	-0,04	0,04	-0,03	-0,02	-0,60	
i44	0,26	0,12	0,14	0,13	-0,02	-0,01	0,14	-0,04	-0,01	0,02	0,72	

Mesures des poulaines Indicateurs											total	
i45	-0,01	-0,06	-0,06	-0,03	0,00	0,05	-0,08	0,03	0,03	0,01	-0,12	
i46	0,07	0,03	0,05	0,07	-0,02	-0,17	0,03	-0,01	0,02	0,02	0,09	
i47	0,54	0,36	0,31	0,34	-0,03	0,64	0,31	0,00	-0,11	0,01	2,38	
i48	0,53	0,38	0,29	0,29	0,02	0,39	0,31	0,02	-0,15	0,00	2,08	
i49	0,59	0,37	0,31	0,33	-0,03	0,53	0,31	0,00	-0,14	0,01	2,28	
i50	-0,10	0,07	0,02	-0,05	0,09	-0,07	0,03	0,02	-0,10	-0,01	-0,09	
i51	-0,06	-0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	-0,02	0,07	0,02	0,03	
i52	0,03	-0,09	-0,05	-0,02	-0,02	-0,05	-0,07	0,02	-0,02	0,00	-0,27	
i53	0,04	-0,07	-0,10	-0,02	-0,01	-0,06	-0,07	-0,03	-0,04	-0,02	-0,37	
i54	-0,07	-0,06	-0,05	-0,08	0,02	0,00	-0,06	-0,04	0,00	0,02	-0,32	
i55	-0,02	0,00	-0,05	-0,04	0,03	-0,03	-0,01	0,00	0,04	0,03	-0,06	
i56	0,04	-0,10	-0,09	-0,07	0,00	0,08	-0,11	0,06	0,03	-0,01	-0,18	
i57	-0,09	-0,03	0,02	-0,06	0,00	-0,06	-0,06	-0,02	0,01	0,02	-0,28	
i58	0,01	-0,08	-0,09	0,01	0,01	0,05	-0,10	0,05	0,01	-0,02	-0,15	
i59	0,05	-0,01	0,00	0,04	-0,03	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,09	
i60	0,06	0,03	-0,04	0,03	-0,03	-0,07	-0,07	-0,03	-0,09	-0,02	-0,23	
i61	0,07	-0,04	-0,01	-0,05	-0,04	-0,07	-0,04	0,04	0,01	0,03	-0,10	
i62	0,20	0,04	0,04	-0,02	-0,05	-0,02	0,00	0,02	-0,05	0,01	0,15	
i63	-0,10	-0,03	-0,05	-0,06	-0,02	-0,10	-0,02	0,03	0,05	0,03	-0,27	
i64	-0,02	-0,02	0,00	0,03	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,01	0,01	-0,05	
i65	0,18	0,08	0,04	0,01	0,00	-0,23	0,01	0,01	-0,11	0,00	0,00	
i66	0,18	0,08	0,04	0,03	0,00	-0,15	0,01	0,02	-0,11	0,01	0,09	
i67	-0,30	0,12	0,09	0,19	-0,09	-0,07	0,11	0,00	-0,14	-0,02	-0,12	
i68	0,05	-0,25	-0,16	-0,11	-0,13	0,15	-0,21	-0,01	0,05	-0,01	-0,63	
i69	0,02	-0,04	-0,16	-0,04	0,01	-0,08	-0,06	0,03	0,03	-0,02	-0,32	
i70	0,19	0,11	0,11	0,19	-0,07	-0,12	0,09	0,02	-0,08	0,00	0,45	
i71	-0,29	0,09	0,10	0,18	-0,10	-0,11	0,10	-0,01	-0,12	-0,02	-0,17	
i72	0,06	-0,24	-0,12	-0,11	-0,12	0,17	-0,21	0,03	0,05	0,00	-0,49	
i73	0,13	0,12	0,13	0,22	-0,07	-0,21	0,11	0,02	-0,07	0,00	0,38	
i74	-0,05	-0,05	0,01	0,10	-0,13	-0,24	-0,04	0,04	-0,03	0,00	-0,38	2,99
Total par mesure	2,70	0,76	0,84	0,86	-1,48	-2,78	-0,51	0,62	-1,39	0,42	0,01	

ANNEXE X. : CORRELATION ENTRE LES VARIABLES DE PERFORMANCE ET LES VARIABLES D'ORGANISATION CORPORELLE

	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
M01	1,00																			
M02	0,03	1,00																		
M03	0,03	0,90	1,00																	
M04	0,48	0,22	0,36	1,00																
M05	-0,46	0,87	0,79	-0,04	1,00															
M06	-0,72	0,34	0,27	-0,46	0,65	1,00														
M07	-0,03	0,94	0,94	0,30	0,85	0,40	1,00													
M08	-0,21	0,59	0,52	-0,04	0,63	0,52	0,63	1,00												
M09	-0,12	0,54	0,47	0,13	0,54	0,47	0,62	0,68	1,00											
M10	-0,08	0,74	0,75	0,40	0,70	0,39	0,86	0,55	0,73	1,00										
M11	0,89	0,39	0,37	0,50	-0,09	-0,45	0,35	0,08	0,17	0,24	1,00									
M12	0,20	0,87	0,75	0,28	0,68	0,06	0,73	0,39	0,29	0,57	0,37	1,00								
M13	0,18	0,71	0,86	0,47	0,54	-0,05	0,71	0,27	0,19	0,57	0,34	0,80	1,00							
M14	0,37	0,44	0,57	0,95	0,21	-0,25	0,54	0,15	0,32	0,59	0,53	0,39	0,56	1,00						
M15	-0,48	0,57	0,46	-0,09	0,74	0,40	0,46	0,33	0,17	0,38	-0,38	0,72	0,54	-0,02	1,00					
M16	-0,72	-0,10	-0,18	-0,58	0,26	0,83	-0,07	0,22	0,15	0,01	-0,71	-0,17	-0,28	-0,53	0,36	1,00				
M17	0,11	0,84	0,87	0,43	0,69	0,16	0,89	0,47	0,45	0,79	0,35	0,86	0,88	0,57	0,59	-0,15	1,00			
M18	-0,14	0,36	0,28	-0,06	0,39	0,35	0,37	0,92	0,52	0,35	-0,01	0,31	0,19	0,02	0,32	0,25	0,35	1,00		
M19	-0,08	0,39	0,32	0,15	0,39	0,37	0,47	0,60	0,96	0,64	0,12	0,25	0,14	0,28	0,15	0,16	0,38	0,53	1,00	
M20	-0,01	0,61	0,63	0,47	0,55	0,23	0,73	0,43	0,63	0,95	0,20	0,58	0,60	0,59	0,42	-0,01	0,80	0,32	0,61	1,00
i09	-0,12	-0,25	-0,24	-0,33	-0,16	-0,20	-0,38	-0,31	-0,49	-0,41	-0,29	-0,09	-0,08	-0,41	0,13	-0,02	-0,30	-0,22	-0,47	-0,36
i10	-0,18	0,44	0,42	0,18	0,48	0,43	0,60	0,45	0,55	0,70	0,08	0,24	0,22	0,34	0,18	0,16	0,53	0,31	0,49	0,65
i11	-0,14	-0,27	-0,20	-0,31	-0,17	-0,14	-0,35	-0,26	-0,47	-0,38	-0,29	-0,13	-0,03	-0,39	0,09	0,06	-0,28	-0,17	-0,46	-0,33
i12	-0,08	0,45	0,46	0,31	0,44	0,37	0,61	0,41	0,55	0,72	0,18	0,27	0,28	0,47	0,14	0,08	0,54	0,25	0,48	0,67
i13	-0,29	0,29	0,32	-0,03	0,40	0,32	0,37	0,23	0,19	0,47	-0,14	0,21	0,25	0,09	0,31	0,16	0,35	0,14	0,12	0,46
i14	0,05	-0,45	-0,46	-0,32	-0,42	-0,40	-0,63	-0,47	-0,61	-0,71	-0,21	-0,24	-0,26	-0,48	-0,08	-0,11	-0,55	-0,32	-0,55	-0,66
i15	-0,24	-0,14	-0,26	-0,19	-0,01	0,07	-0,09	-0,01	0,02	-0,05	-0,24	-0,18	-0,35	-0,19	0,00	0,10	-0,13	0,00	0,04	-0,05
i16	-0,01	-0,53	-0,53	-0,42	-0,46	-0,34	-0,64	-0,45	-0,58	-0,71	-0,27	-0,37	-0,37	-0,57	-0,17	-0,06	-0,59	-0,29	-0,52	-0,66
i17	0,01	0,00	-0,08	-0,06	0,00	-0,12	-0,08	-0,11	-0,07	-0,09	-0,02	0,05	-0,07	-0,07	0,07	-0,11	-0,07	-0,11	-0,06	-0,08
i18	-0,31	-0,22	-0,15	-0,08	-0,04	-0,01	-0,20	-0,04	-0,10	-0,16	-0,37	-0,19	-0,10	-0,11	0,09	0,08	-0,18	0,02	-0,08	-0,15
i19	-0,24	-0,33	-0,30	-0,20	-0,18	-0,05	-0,36	-0,19	-0,31	-0,39	-0,38	-0,26	-0,21	-0,27	0,03	0,13	-0,33	-0,10	-0,27	-0,36
i20	-0,06	-0,41	-0,36	-0,24	-0,33	-0,23	-0,45	-0,30	-0,41	-0,51	-0,25	-0,29	-0,22	-0,36	-0,10	-0,01	-0,39	-0,18	-0,36	-0,48
i21	0,04	-0,02	-0,02	0,01	-0,03	-0,09	-0,07	0,02	-0,12	-0,05	-0,02	0,07	0,07	-0,02	0,09	-0,03	0,00	0,08	-0,10	-0,01
i22	-0,16	-0,03	-0,01	-0,06	0,05	0,09	-0,02	0,02	-0,02	-0,11	-0,16	-0,07	-0,03	-0,06	0,05	0,09	-0,05	0,00	-0,03	-0,15
i23	-0,15	-0,20	-0,10	-0,08	-0,10	-0,15	-0,21	-0,19	-0,33	-0,29	-0,26	-0,08	0,05	-0,15	0,12	-0,03	-0,11	-0,12	-0,31	-0,24
i24	-0,08	-0,14	-0,04	0,08	-0,08	-0,15	-0,08	-0,10	-0,06	-0,08	-0,13	-0,13	0,02	0,04	-0,03	-0,12	-0,05	-0,07	-0,04	-0,06
i25	-0,04	-0,30	-0,23	0,01	-0,25	-0,30	-0,32	-0,27	-0,35	-0,33	-0,20	-0,16	-0,05	-0,09	0,00	-0,13	-0,20	-0,16	-0,29	-0,25
i26	0,00	-0,15	-0,08	0,01	-0,14	-0,23	-0,14	-0,14	-0,15	-0,17	-0,10	-0,09	0,02	-0,05	-0,02	-0,16	-0,08	-0,08	-0,12	-0,14
i27	-0,06	-0,24	-0,23	-0,11	-0,18	-0,11	-0,27	-0,16	-0,23	-0,22	-0,18	-0,15	-0,14	-0,17	-0,02	0,03	-0,22	-0,08	-0,19	-0,17
i28	0,11	0,13	0,07	0,03	0,07	-0,04	0,04	-0,01	0,00	0,05	0,13	0,15	0,06	0,05	0,05	-0,07	0,03	-0,04	0,00	0,05
i29	0,17	-0,28	-0,38	-0,25	-0,34	-0,27	-0,45	-0,31	-0,33	-0,47	0,00	-0,17	-0,30	-0,35	-0,17	-0,09	-0,45	-0,22	-0,29	-0,45
i30	0,08	-0,10	-0,18	-0,30	-0,13	-0,06	-0,25	-0,15	-0,20	-0,31	0,01	-0,06	-0,18	-0,34	-0,06	0,03	-0,29	-0,13	-0,20	-0,34
i31	-0,05	-0,38	-0,35	-0,05	-0,31	-0,11	-0,35	-0,20	-0,19	-0,32	-0,20	-0,34	-0,28	-0,15	-0,19	0,07	-0,32	-0,11	-0,15	-0,29
i32	-0,14	0,07	0,12	-0,08	0,13	0,21	0,15	0,09	0,08	0,18	-0,06	-0,02	0,05	-0,01	0,02	0,12	0,10	0,02	0,03	0,17
i33	-0,18	0,26	0,29	-0,07	0,32	0,34	0,34	0,25	0,22	0,40	-0,06	0,20	0,24	0,03	0,24	0,23	0,34	0,17	0,16	0,38
i34	-0,25	0,85	0,80	0,14	0,88	0,64	0,92	0,69	0,70	0,83	0,15	0,57	0,50	0,40	0,45	0,19	0,73	0,42	0,54	0,67
i35	0,26	-0,30	-0,33	0,01	-0,39	-0,31	-0,36	-0,23	-0,15	-0,44	0,12	-0,24	-0,28	-0,10	-0,33	-0,17	-0,36	-0,15	-0,08	-0,43
i36	-0,16	0,82	0,76	0,17	0,80	0,56	0,87	0,65	0,70	0,74	0,22	0,55	0,46	0,41	0,38	0,12	0,68	0,40	0,56	0,57
i37	0,00	-0,34	-0,29	-0,09	-0,31	-0,13	-0,30	-0,24	-0,26	-0,19	-0,15	-0,22	-0,14	-0,18	-0,11	0,06	-0,17	-0,13	-0,20	-0,08
i38	-0,05	-0,18	-0,13	-0,08	-0,14	-0,01	-0,14	-0,12	-0,17	-0,01	-0,19	-0,01	0,06	-0,15	0,13	0,20	0,06	-0,01	-0,11	0,13
i39	-0,22	0,77	0,72	0,21	0,79	0,55	0,83	0,60	0,61	0,80	0,07	0,67	0,58	0,39	0,61	0,26	0,81	0,45	0,53	0,75

	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
i40	-0,08	0,66	0,60	0,23	0,63	0,40	0,69	0,51	0,57	0,61	0,15	0,60	0,49	0,37	0,48	0,17	0,68	0,40	0,52	0,56
i41	-0,45	-0,10	-0,04	-0,10	0,13	0,11	-0,08	0,10	-0,08	-0,06	-0,50	-0,04	0,04	-0,13	0,34	0,22	-0,01	0,19	-0,03	-0,01
i42	-0,01	0,55	0,41	0,05	0,50	0,18	0,41	0,27	0,23	0,32	0,11	0,66	0,44	0,14	0,57	0,06	0,49	0,22	0,21	0,32
i43	-0,30	0,35	0,29	-0,03	0,46	0,21	0,26	0,26	0,12	0,20	-0,24	0,47	0,36	0,02	0,65	0,19	0,36	0,29	0,13	0,24
i44	0,10	0,46	0,41	0,16	0,36	0,07	0,43	0,40	0,35	0,36	0,27	0,43	0,34	0,27	0,22	-0,15	0,42	0,35	0,33	0,33
i45	0,18	-0,21	-0,18	0,03	-0,27	-0,26	-0,24	-0,32	-0,32	-0,25	0,07	-0,14	-0,09	-0,05	-0,19	-0,17	-0,19	-0,27	-0,30	-0,21
i46	-0,06	0,46	0,40	0,08	0,44	0,23	0,46	0,49	0,47	0,41	0,13	0,38	0,29	0,21	0,28	0,02	0,42	0,42	0,43	0,37
i47	0,53	0,42	0,48	0,51	0,12	-0,44	0,40	0,17	0,05	0,26	0,61	0,50	0,57	0,52	0,04	-0,64	0,52	0,15	0,02	0,27
i48	0,38	0,62	0,67	0,53	0,37	-0,24	0,62	0,31	0,19	0,46	0,54	0,66	0,71	0,60	0,25	-0,51	0,71	0,24	0,13	0,46
i49	0,49	0,53	0,58	0,55	0,24	-0,36	0,52	0,25	0,14	0,36	0,60	0,60	0,65	0,59	0,14	-0,60	0,62	0,20	0,10	0,37
i50	-0,21	0,42	0,41	0,09	0,47	0,31	0,44	0,28	0,26	0,40	-0,05	0,35	0,33	0,21	0,39	0,15	0,42	0,18	0,21	0,37
i51	-0,25	-0,15	-0,08	-0,06	-0,02	-0,02	-0,15	0,03	-0,11	-0,11	-0,30	-0,13	-0,03	-0,09	0,10	0,05	-0,14	0,10	-0,10	-0,09
i52	0,01	-0,31	-0,19	-0,05	-0,28	-0,15	-0,26	-0,07	-0,13	-0,30	-0,04	-0,37	-0,19	-0,09	-0,33	-0,10	-0,32	-0,04	-0,12	-0,33
i53	-0,04	0,08	0,00	-0,05	0,09	0,11	0,06	0,12	0,08	0,02	0,06	-0,04	-0,15	0,02	-0,08	-0,01	-0,08	0,05	0,04	-0,07
i54	0,03	-0,09	-0,08	-0,18	-0,09	-0,05	-0,11	0,08	-0,05	-0,22	0,00	-0,08	-0,07	-0,20	-0,09	-0,04	-0,13	0,13	-0,06	-0,26
i55	-0,08	-0,01	0,01	-0,07	0,03	0,02	-0,06	-0,02	-0,15	-0,12	-0,13	0,07	0,10	-0,09	0,16	0,10	0,00	0,03	-0,13	-0,10
i56	0,10	-0,09	-0,08	-0,03	-0,13	-0,15	-0,16	-0,04	-0,11	-0,21	0,10	-0,15	-0,14	-0,03	-0,23	-0,19	-0,26	-0,06	-0,13	-0,27
i57	-0,04	0,01	0,03	-0,03	0,02	0,00	0,00	0,27	0,07	-0,03	-0,04	0,01	0,03	-0,02	0,04	0,00	-0,01	0,33	0,09	-0,05
i58	-0,12	0,07	0,09	-0,01	0,12	0,13	0,11	0,05	0,02	0,13	-0,15	0,16	0,19	-0,02	0,28	0,20	0,24	0,10	0,05	0,19
i59	0,06	0,13	0,12	0,10	0,08	-0,05	0,09	0,06	0,01	0,00	0,07	0,15	0,15	0,08	0,10	-0,06	0,12	0,07	0,01	-0,01
i60	0,05	-0,28	-0,42	-0,29	-0,28	-0,15	-0,44	-0,16	-0,27	-0,51	-0,10	-0,19	-0,38	-0,39	-0,11	0,04	-0,47	-0,06	-0,24	-0,52
i61	-0,08	0,40	0,25	0,06	0,40	0,39	0,49	0,45	0,64	0,63	0,13	0,24	0,02	0,20	0,14	0,17	0,39	0,34	0,61	0,59
i62	0,06	0,51	0,54	0,61	0,42	0,18	0,62	0,41	0,67	0,72	0,28	0,39	0,43	0,72	0,17	-0,10	0,59	0,28	0,64	0,70
i63	-0,06	-0,01	0,02	-0,06	0,02	-0,03	-0,04	-0,02	-0,21	-0,11	-0,13	0,14	0,17	-0,11	0,24	0,08	0,09	0,08	-0,19	-0,05
i64	-0,07	0,02	-0,01	-0,11	0,05	0,06	-0,01	0,09	0,02	-0,13	-0,07	0,01	-0,04	-0,11	0,06	0,07	-0,06	0,09	0,01	-0,18
i65	0,04	0,46	0,43	0,39	0,39	0,18	0,54	0,41	0,69	0,79	0,20	0,43	0,39	0,48	0,28	0,00	0,59	0,35	0,72	0,85
i66	0,06	0,40	0,39	0,40	0,33	0,13	0,49	0,33	0,62	0,77	0,21	0,39	0,37	0,48	0,23	-0,03	0,56	0,28	0,65	0,84
i67	0,07	0,30	0,37	0,35	0,23	-0,14	0,29	0,14	0,02	0,20	0,09	0,42	0,49	0,34	0,35	-0,18	0,44	0,18	0,04	0,25
i68	0,23	-0,17	-0,15	0,09	-0,26	-0,30	-0,21	-0,10	-0,21	-0,23	0,12	-0,08	-0,06	-0,01	-0,17	-0,19	-0,15	0,00	-0,18	-0,20
i69	0,03	0,11	-0,02	-0,11	0,09	0,15	0,12	0,23	0,22	0,06	0,11	-0,02	-0,22	-0,06	-0,11	0,05	-0,01	0,18	0,18	-0,03
i70	0,15	0,46	0,47	0,40	0,34	0,01	0,50	0,45	0,51	0,51	0,28	0,48	0,49	0,47	0,27	-0,16	0,58	0,43	0,54	0,54
i71	0,04	0,33	0,38	0,26	0,28	-0,08	0,32	0,18	0,05	0,21	0,09	0,44	0,47	0,27	0,37	-0,14	0,44	0,19	0,05	0,24
i72	0,21	-0,07	-0,05	0,06	-0,17	-0,29	-0,13	-0,09	-0,18	-0,17	0,16	-0,02	0,02	0,00	-0,14	-0,26	-0,10	-0,05	-0,17	-0,17
i73	0,18	0,37	0,33	0,27	0,24	-0,02	0,37	0,43	0,49	0,41	0,25	0,43	0,37	0,31	0,24	-0,11	0,47	0,47	0,56	0,47
i74	0,01	0,34	0,29	0,18	0,29	0,16	0,37	0,40	0,50	0,44	0,10	0,36	0,29	0,24	0,27	0,07	0,44	0,41	0,55	0,48

	i09	i10	i11	i12	i13	i14	i15	i16	i17	i18	i19	i20	i21	i22	i23	i24	i25	i26	i27	i28
i09	1,00																			
i10	-0,47	1,00																		
i11	0,77	-0,48	1,00																	
i12	-0,49	0,70	-0,49	1,00																
i13	0,33	0,55	0,31	0,54	1,00															
i14	0,81	-0,82	0,59	-0,83	-0,29	1,00														
i15	0,00	0,21	-0,21	-0,08	-0,02	0,01	1,00													
i16	0,64	-0,69	0,63	-0,87	-0,31	0,84	0,28	1,00												
i17	0,42	-0,04	-0,24	-0,04	0,06	0,40	0,29	0,08	1,00											
i18	0,30	-0,24	0,27	-0,20	0,03	0,29	0,13	0,29	0,07	1,00										
i19	0,45	-0,41	0,43	-0,36	-0,02	0,47	0,19	0,47	0,09	0,49	1,00									
i20	0,39	-0,56	0,37	-0,59	-0,31	0,59	0,13	0,61	0,06	0,30	0,45	1,00								
i21	0,12	-0,14	0,15	-0,20	-0,08	0,16	0,11	0,20	-0,02	0,05	0,12	0,15	1,00							
i22	0,02	-0,11	0,03	-0,13	-0,13	0,09	0,10	0,10	-0,02	0,22	0,19	0,19	-0,04	1,00						
i23	0,38	-0,32	0,35	-0,36	-0,05	0,39	0,14	0,38	0,08	0,28	0,39	0,39	0,05	0,33	1,00					
i24	0,09	-0,15	0,03	-0,19	-0,14	0,17	0,19	0,22	0,08	0,19	0,16	0,15	0,10	0,04	0,30	1,00				
i25	0,33	-0,39	0,30	-0,38	-0,14	0,42	0,09	0,42	0,06	0,23	0,39	0,36	0,00	0,12	0,37	0,30	1,00			
i26	0,13	-0,22	0,09	-0,33	-0,23	0,27	0,21	0,36	0,07	0,16	0,17	0,20	0,14	0,11	0,30	0,72	0,29	1,00		
i27	0,35	-0,24	0,31	-0,18	0,09	0,30	0,07	0,29	0,09	0,22	0,64	0,21	0,12	-0,63	0,06	0,10	0,22	0,05	1,00	
i28	0,18	0,02	0,02	0,05	0,15	0,10	-0,16	-0,06	0,25	-0,14	-0,17	-0,75	-0,05	-0,16	-0,16	-0,04	-0,10	-0,03	-0,01	1,00
i29	0,50	-0,54	0,30	-0,53	-0,25	0,67	-0,10	0,53	0,33	0,06	0,15	0,26	0,11	-0,18	-0,42	-0,08	0,12	0,02	0,25	0,22

	i09	i10	i11	i12	i13	i14	i15	i16	i17	i18	i19	i20	i21	i22	i23	i24	i25	i26	i27	i28
i30	0,40	-0,35	0,23	-0,37	-0,11	0,48	-0,08	0,34	0,30	0,03	0,04	0,17	0,14	-0,04	-0,01	-0,14	-0,59	-0,04	0,06	0,18
i31	0,05	-0,31	0,14	-0,32	-0,29	0,24	0,17	0,34	-0,13	0,23	0,30	0,67	0,12	0,12	-0,07	0,06	0,25	0,10	0,15	-0,62
i32	0,09	0,33	0,06	0,26	0,44	-0,18	0,08	-0,16	0,04	-0,06	-0,08	-0,24	-0,02	-0,07	-0,10	0,03	-0,08	-0,09	-0,02	0,14
i33	0,04	0,38	0,04	0,37	0,50	-0,27	0,01	-0,28	0,00	-0,08	-0,06	-0,23	0,04	-0,11	-0,08	-0,11	-0,20	-0,15	0,04	0,06
i34	-0,47	0,68	-0,42	0,67	0,37	-0,72	-0,04	-0,70	-0,13	-0,17	-0,36	-0,52	-0,11	0,00	-0,27	-0,15	-0,39	-0,23	-0,29	0,05
i35	-0,29	-0,52	-0,31	-0,50	-0,93	0,29	0,05	0,29	0,00	-0,01	0,02	0,31	0,02	0,16	0,08	0,15	0,16	0,23	-0,11	-0,15
i36	-0,62	0,54	-0,56	0,54	0,05	-0,67	-0,03	-0,66	-0,14	-0,18	-0,38	-0,43	-0,11	0,06	-0,25	-0,10	-0,36	-0,15	-0,35	-0,02
i37	0,26	0,04	0,21	-0,03	0,25	0,11	0,10	0,13	0,09	0,01	0,06	-0,02	0,02	-0,07	0,04	0,08	0,11	0,02	0,11	0,12
i38	0,25	0,07	0,23	0,06	0,33	0,05	0,02	0,02	0,05	0,00	0,10	0,00	0,09	-0,12	0,07	-0,06	0,01	-0,05	0,18	0,04
i39	-0,48	0,68	-0,41	0,67	0,37	-0,73	-0,06	-0,72	-0,15	-0,15	-0,36	-0,51	-0,06	-0,03	-0,23	-0,17	-0,33	-0,22	-0,26	0,04
i40	-0,68	0,42	-0,60	0,42	-0,14	-0,61	-0,03	-0,60	-0,16	-0,16	-0,37	-0,36	-0,05	0,07	-0,18	-0,08	-0,27	-0,10	-0,34	-0,06
i41	0,21	-0,02	0,22	-0,14	0,12	0,14	0,23	0,19	0,01	0,44	0,30	0,18	0,07	0,24	0,41	0,18	0,32	0,15	0,05	-0,10
i42	-0,13	0,08	-0,11	0,10	-0,01	-0,14	-0,15	-0,26	-0,04	-0,15	-0,18	-0,18	0,14	-0,03	-0,02	-0,07	-0,16	-0,06	-0,12	0,10
i43	0,04	0,05	0,06	-0,01	0,08	-0,02	0,04	-0,07	-0,03	0,17	0,06	-0,02	0,15	0,14	0,25	0,06	0,09	0,06	-0,06	0,01
i44	-0,26	0,23	-0,24	0,30	0,07	-0,32	-0,03	-0,30	-0,06	-0,07	-0,18	-0,25	-0,05	-0,01	-0,05	-0,05	-0,11	-0,07	-0,13	0,05
i45	0,13	-0,21	0,08	-0,18	-0,13	0,21	-0,02	0,18	0,10	0,03	0,03	0,14	0,06	-0,04	0,00	0,06	-0,06	0,05	0,06	0,00
i46	-0,27	0,31	-0,21	0,32	0,14	-0,37	0,00	-0,33	-0,11	-0,07	-0,14	-0,27	-0,08	0,02	-0,03	-0,07	-0,03	-0,08	-0,13	0,03
i47	-0,08	0,10	-0,07	0,14	0,07	-0,13	-0,18	-0,18	-0,02	-0,15	-0,20	-0,18	0,03	-0,04	0,00	0,05	0,04	0,11	-0,13	0,12
i48	-0,13	0,23	-0,14	0,29	0,18	-0,26	-0,18	-0,34	0,00	-0,13	-0,17	-0,21	0,02	0,01	-0,01	0,02	-0,02	0,00	-0,14	0,05
i49	-0,10	0,17	-0,15	0,24	0,13	-0,20	-0,17	-0,29	0,05	-0,12	-0,19	-0,22	0,01	0,02	0,00	0,04	-0,01	0,07	-0,16	0,10
i50	-0,10	0,25	-0,13	0,30	0,22	-0,25	-0,02	-0,32	0,02	0,02	0,03	-0,08	-0,02	0,08	-0,01	-0,06	-0,11	-0,20	-0,04	-0,11
i51	0,32	-0,18	0,33	-0,16	0,12	0,24	0,00	0,21	0,02	0,70	0,37	0,25	0,15	0,11	0,28	0,14	0,19	0,09	0,21	-0,11
i52	0,15	-0,26	0,13	-0,21	-0,14	0,24	0,01	0,26	0,04	0,19	0,30	0,37	-0,02	0,11	0,14	0,09	0,22	0,09	0,15	-0,26
i53	0,07	0,04	0,03	0,12	0,15	-0,01	0,11	-0,01	0,07	-0,01	0,05	-0,24	-0,14	0,01	-0,14	-0,09	-0,07	-0,10	0,03	0,28
i54	0,21	-0,20	0,19	-0,23	-0,06	0,25	0,06	0,30	0,05	0,15	0,19	0,11	-0,03	0,09	0,10	0,07	0,11	0,08	0,08	0,07
i55	0,20	-0,13	0,19	-0,11	0,06	0,16	-0,07	0,11	0,03	0,04	0,36	0,05	0,03	0,08	0,18	0,07	0,13	0,11	0,22	0,06
i56	0,23	-0,26	0,17	-0,17	-0,05	0,28	-0,08	0,21	0,11	0,04	0,16	0,05	0,02	-0,03	-0,02	0,04	0,11	0,02	0,15	0,17
i57	0,09	-0,08	0,13	-0,10	0,00	0,09	-0,01	0,11	-0,04	0,15	0,14	0,06	0,36	0,01	-0,01	0,07	0,04	0,05	0,10	0,00
i58	-0,11	0,17	-0,05	0,09	0,08	-0,17	0,03	-0,13	-0,09	0,02	0,03	0,00	0,04	0,06	0,12	0,04	-0,04	0,06	-0,02	-0,14
i59	-0,02	-0,01	-0,01	-0,07	-0,07	0,02	0,01	0,03	-0,01	-0,08	-0,03	0,03	-0,01	0,12	0,15	0,05	0,04	0,12	-0,12	-0,02
i60	0,28	-0,53	0,18	-0,49	-0,39	0,53	0,07	0,47	0,17	0,09	0,17	0,32	0,16	0,11	0,00	-0,04	0,17	0,06	0,05	0,04
i61	-0,50	0,69	-0,57	0,62	0,25	-0,67	0,36	-0,57	0,04	-0,23	-0,36	-0,44	-0,05	-0,09	-0,38	-0,23	-0,45	-0,28	-0,22	0,00
i62	-0,61	0,49	-0,58	0,61	0,07	-0,66	-0,13	-0,73	-0,11	-0,17	-0,36	-0,41	-0,14	-0,04	-0,23	-0,01	-0,20	-0,14	-0,25	-0,04
i63	0,22	-0,10	0,19	-0,10	0,09	0,15	0,02	0,11	0,07	-0,07	0,03	0,06	0,02	0,05	0,35	0,05	0,19	0,08	-0,02	0,06
i64	-0,13	-0,14	-0,14	-0,08	-0,28	0,04	0,04	0,05	0,00	-0,01	0,00	0,11	0,07	0,21	0,06	0,00	0,18	0,02	-0,17	-0,11
i65	-0,38	0,53	-0,38	0,59	0,30	-0,58	-0,04	-0,60	-0,04	-0,17	-0,32	-0,44	-0,01	-0,12	-0,28	-0,11	-0,21	-0,21	-0,16	0,06
i66	-0,29	0,54	-0,28	0,57	0,39	-0,54	-0,05	-0,57	-0,04	-0,15	-0,29	-0,44	-0,04	-0,20	-0,28	-0,10	-0,27	-0,20	-0,07	0,10
i67	-0,03	0,11	-0,03	0,05	0,07	-0,09	0,04	-0,11	0,01	0,11	0,01	-0,01	0,05	0,17	0,30	0,12	0,10	0,14	-0,12	-0,06
i68	0,22	-0,27	0,11	-0,20	-0,12	0,30	0,01	0,25	0,18	0,05	0,13	0,17	0,13	0,07	-0,04	-0,04	0,12	0,01	0,05	0,04
i69	-0,19	0,21	-0,26	0,17	0,00	-0,20	0,26	-0,15	0,07	-0,09	-0,09	-0,11	0,01	0,03	-0,17	0,00	-0,23	-0,05	-0,09	-0,02
i70	-0,39	0,34	-0,38	0,36	0,04	-0,44	-0,08	-0,48	-0,06	-0,15	-0,23	-0,25	-0,04	0,03	-0,03	0,08	-0,07	0,08	-0,21	-0,05
i71	0,00	0,12	-0,01	0,06	0,10	-0,08	0,02	-0,13	0,02	0,05	-0,02	-0,02	0,10	0,05	0,23	0,11	0,09	0,08	-0,06	-0,04
i72	0,22	-0,25	0,14	-0,17	-0,07	0,27	-0,08	0,19	0,14	0,07	0,09	0,11	0,07	0,03	-0,06	0,00	0,07	0,04	0,05	0,08
i73	-0,25	0,27	-0,25	0,25	0,07	-0,31	-0,06	-0,33	-0,03	-0,12	-0,21	-0,23	-0,01	0,07	-0,05	0,04	-0,07	0,03	-0,22	0,03
i74	-0,34	0,37	-0,28	0,31	0,09	-0,41	0,00	-0,38	-0,11	-0,13	-0,22	-0,25	-0,05	0,04	-0,01	0,03	-0,09	0,00	-0,21	-0,03

	i29	i30	i31	i32	i33	i34	i35	i36	i37	i38	i39	i40	i41	i42	i43	i44	i45	i46	i47	i48	i49	i50	i51	i52
i29	1,00																							
i30	0,48	1,00																						
i31	0,30	-0,03	1,00																					
i32	-0,10	-0,08	-0,19	1,00																				
i33	-0,21	-0,05	-0,10	0,35	1,00																			

	i29	i30	i31	i32	i33	i34	i35	i36	i37	i38	i39	i40	i41	i42	i43	i44	i45	i46	i47	i48	i49	i50	i51	i52
i34	-0,49	-0,26	-0,34	0,18	0,36	1,00																		
i35	0,22	0,10	0,28	-0,44	-0,47	-0,39	1,00																	
i36	-0,46	-0,25	-0,27	0,01	0,21	0,93	-0,05	1,00																
i37	0,08	-0,01	-0,03	0,85	0,19	-0,30	-0,26	-0,42	1,00															
i38	-0,01	0,04	0,07	0,26	0,83	-0,15	-0,31	-0,27	0,41	1,00														
i39	-0,53	-0,32	-0,34	0,15	0,37	0,91	-0,40	0,84	-0,20	0,01	1,00													
i40	-0,46	-0,28	-0,20	-0,10	0,13	0,76	0,14	0,89	-0,37	-0,17	0,84	1,00												
i41	-0,20	-0,19	0,05	0,02	-0,04	-0,03	-0,08	-0,05	0,08	0,02	0,07	0,03	1,00											
i42	-0,13	0,02	-0,21	-0,11	0,13	0,39	-0,04	0,43	-0,25	-0,01	0,49	0,52	0,00	1,00										
i43	-0,22	-0,10	-0,12	-0,07	0,07	0,28	-0,08	0,29	-0,14	0,00	0,42	0,42	0,65	0,76	1,00									
i44	-0,28	-0,18	-0,26	0,03	0,02	0,40	-0,08	0,42	-0,15	-0,18	0,41	0,40	0,05	0,24	0,22	1,00								
i45	0,21	0,24	0,03	0,15	-0,10	-0,30	0,11	-0,28	0,28	0,05	-0,30	-0,26	-0,06	-0,23	-0,22	-0,05	1,00							
i46	-0,33	-0,29	-0,19	-0,09	0,08	0,48	-0,13	0,48	-0,30	-0,16	0,49	0,45	0,08	0,33	0,30	0,69	-0,76	1,00						
i47	-0,13	-0,16	-0,26	-0,02	-0,10	0,17	-0,08	0,16	-0,09	-0,17	0,17	0,14	-0,06	0,08	0,02	0,39	0,05	0,22	1,00					
i48	-0,26	-0,21	-0,26	0,04	0,09	0,38	-0,19	0,36	-0,13	-0,09	0,38	0,31	-0,02	0,19	0,13	0,47	-0,01	0,32	0,84	1,00				
i49	-0,20	-0,17	-0,27	0,02	0,00	0,29	-0,13	0,28	-0,09	-0,12	0,29	0,25	-0,04	0,15	0,09	0,45	0,03	0,28	0,91	0,92	1,00			
i50	-0,24	-0,12	-0,02	0,11	0,33	0,41	-0,22	0,38	-0,08	0,14	0,41	0,32	0,07	0,23	0,21	0,20	-0,12	0,21	-0,16	0,40	0,14	1,00		
i51	0,01	0,03	0,13	0,01	-0,02	-0,13	-0,13	-0,18	0,07	0,05	-0,11	-0,18	0,41	-0,03	0,24	-0,04	0,02	-0,04	-0,08	-0,08	-0,05	0,00	1,00	
i52	0,13	0,01	0,31	-0,05	-0,14	-0,28	0,16	-0,25	0,03	-0,06	-0,36	-0,30	0,07	-0,39	-0,25	-0,05	0,08	-0,09	-0,01	-0,06	-0,03	-0,08	0,20	1,00
i53	0,10	0,06	-0,14	0,15	-0,02	0,13	-0,15	0,06	0,05	-0,14	0,04	-0,07	-0,01	-0,11	-0,09	0,12	-0,03	0,10	0,11	0,09	0,12	-0,02	0,06	0,36
i54	0,17	0,12	0,04	0,04	-0,08	-0,12	0,05	-0,12	0,06	-0,06	-0,17	-0,15	0,07	-0,13	-0,05	0,03	-0,03	0,05	0,08	0,00	0,08	-0,13	0,17	0,32
i55	0,01	0,01	-0,04	-0,03	-0,02	-0,08	-0,11	-0,12	0,03	0,05	-0,04	-0,10	0,03	0,09	0,08	-0,03	-0,08	0,04	0,02	0,02	0,04	0,00	0,14	0,12
i56	0,29	0,14	-0,01	0,01	-0,15	-0,15	0,05	-0,16	0,02	-0,15	-0,26	-0,26	-0,03	-0,19	-0,16	0,06	0,08	-0,02	0,12	0,04	0,11	-0,12	0,14	0,67
i57	0,10	0,04	0,10	0,02	0,04	-0,01	-0,03	-0,02	0,00	0,02	-0,02	-0,04	0,14	0,01	0,10	0,09	-0,03	0,08	0,07	0,05	0,07	-0,02	0,30	0,24
i58	-0,26	-0,11	0,01	-0,02	0,13	0,09	-0,09	0,08	0,00	0,17	0,21	0,18	0,06	0,21	0,20	-0,04	-0,11	0,05	-0,09	-0,01	-0,06	0,13	0,00	-0,54
i59	-0,11	-0,03	-0,05	-0,02	-0,03	0,07	0,03	0,10	-0,02	-0,05	0,10	0,12	0,02	0,18	0,15	-0,01	0,04	-0,03	0,09	0,09	0,11	0,00	0,04	-0,05
i60	0,53	0,31	0,34	-0,19	-0,25	-0,39	0,36	-0,29	-0,03	-0,08	-0,39	-0,22	-0,03	-0,03	-0,04	-0,20	0,13	-0,23	-0,16	-0,27	-0,19	-0,21	0,09	0,31
i61	-0,35	-0,15	-0,20	0,16	0,26	0,59	-0,22	0,55	-0,09	-0,01	0,58	0,49	-0,08	0,17	0,08	0,27	-0,15	0,28	0,01	0,13	0,10	0,23	-0,20	-0,22
i62	-0,47	-0,39	-0,17	0,02	0,12	0,63	-0,07	0,66	-0,22	-0,16	0,64	0,65	-0,08	0,24	0,12	0,28	-0,22	0,34	0,22	0,37	0,32	0,30	-0,13	-0,17
i63	-0,13	-0,06	-0,09	0,00	0,06	-0,09	-0,09	-0,11	0,09	0,17	0,02	-0,02	0,19	0,18	0,25	-0,08	-0,05	-0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,01
i64	-0,01	-0,14	0,06	-0,14	-0,14	0,06	0,25	0,16	-0,16	-0,16	0,07	0,22	0,11	0,06	0,12	-0,04	-0,05	0,01	-0,04	-0,04	-0,03	0,00	-0,01	0,24
i65	-0,35	-0,31	-0,24	0,11	0,27	0,53	-0,29	0,48	-0,06	0,08	0,62	0,50	-0,03	0,27	0,19	0,29	-0,23	0,35	0,19	0,35	0,30	0,31	-0,08	-0,23
i66	-0,31	-0,22	-0,25	0,16	0,30	0,46	-0,36	0,37	0,01	0,14	0,53	0,36	-0,07	0,22	0,12	0,28	-0,18	0,32	0,19	0,33	0,28	0,29	-0,07	-0,31
i67	-0,33	-0,18	-0,14	0,03	0,01	0,19	-0,08	0,21	0,01	0,00	0,30	0,30	0,40	0,21	0,42	0,20	-0,01	0,14	0,38	0,44	0,45	0,15	0,14	-0,10
i68	0,33	0,15	0,26	-0,03	-0,12	-0,30	0,09	-0,30	0,10	0,03	-0,31	-0,28	-0,07	-0,31	-0,28	-0,08	0,17	-0,17	0,19	0,15	0,18	-0,06	0,04	0,27
i69	-0,06	0,05	-0,04	0,07	0,05	0,17	-0,01	0,19	-0,03	-0,08	0,08	0,09	-0,10	-0,14	-0,17	0,09	0,07	0,01	0,06	0,07	0,08	0,01	-0,12	-0,03
i70	-0,40	-0,31	-0,20	0,00	0,07	0,44	-0,05	0,48	-0,13	-0,08	0,53	0,55	0,07	0,32	0,29	0,44	-0,21	0,44	0,43	0,48	0,49	0,16	-0,04	-0,14
i71	-0,27	-0,16	-0,14	0,00	0,04	0,22	-0,10	0,22	-0,04	0,00	0,31	0,29	0,34	0,25	0,41	0,21	-0,03	0,16	0,40	0,44	0,45	0,13	0,08	-0,10
i72	0,31	0,17	0,05	0,02	-0,13	-0,24	0,04	-0,25	0,10	-0,04	-0,28	-0,29	-0,10	-0,22	-0,23	0,00	0,18	-0,13	0,28	0,21	0,24	-0,09	0,07	0,25
i73	-0,26	-0,21	-0,20	-0,03	0,02	0,31	-0,07	0,33	-0,10	-0,05	0,40	0,41	0,12	0,21	0,23	0,36	-0,20	0,38	0,42	0,44	0,47	0,10	-0,03	-0,13
i74	-0,40	-0,27	-0,19	-0,03	0,10	0,39	-0,08	0,42	-0,14	-0,02	0,49	0,50	0,16	0,30	0,33	0,29	-0,27	0,38	0,17	0,23	0,23	0,13	-0,07	-0,26

	i53	i54	i55	i56	i57	i58	i59	i60	i61	i62	i63	i64	i65	i66	i67	i68	i69	i70	i71	i72	i73	i74
i54	0,32	1,00																				
i55	0,05	0,21	1,00																			
i56	0,67	0,35	0,09	1,00																		
i57	0,20	0,53	0,28	0,26	1,00																	
i58	-0,61	-0,19	0,36	-0,87	-0,01	1,00																
i59	0,00	0,07	0,21	-0,09	0,02	0,17	1,00															
i60	0,22	0,20	0,04	0,36	0,13	-0,32	0,04	1,00														
i61	0,20	-0,12	-0,21	-0,12	-0,03	-0,01	-0,05	-0,19	1,00													
i62	0,02	-0,15	-0,08	-0,16	0,00	0,09	0,12	-0,41	0,48	1,00												
i63	-0,03	0,19	0,45	-0,08	0,15	0,27	0,41	0,09	-0,15	-0,05	1,00											
i64	0,13	0,16	0,07	0,18	0,13	-0,15	0,20	0,50	0,05	0,05	0,29	1,00										
i65	0,05	-0,15	-0,05	-0,16	0,01	0,10	0,04	-0,33	0,66	0,73	-0,01	0,00	1,00									
i66	-0,01	-0,20	-0,07	-0,22	-0,04	0,15	-0,05	-0,52	0,58	0,64	-0,14	-0,42	0,91	1,00								
i67	-0,10	-0,03	0,12	-0,15	-0,01	0,19	0,48	-0,17	0,00	0,28	0,31	0,09	0,23	0,17	1,00							
i68	0,14	0,12	0,01	0,23	0,10	-0,19	0,01	0,52	-0,16	-0,18	0,00	0,21	-0,13	-0,21	0,01	1,00						
i69	0,13	-0,03	-0,12	0,03	-0,03	-0,08	-0,03	0,10	0,47	0,05	-0,16	0,11	0,03	-0,02	-0,08	0,17	1,00					
i70	-0,04	-0,09	0,04	-0,15	0,05	0,16	0,22	-0,29	0,35	0,69	0,10	0,09	0,61	0,52	0,49	-0,07	0,10	1,00				
i71	-0,10	0,00	0,15	-0,10	0,06	0,17	0,40	-0,10	0,06	0,23	0,39	0,15	0,20	0,11	0,80	0,02	0,01	0,43	1,00			
i72	0,13	0,11	0,01	0,26	0,07	-0,23	0,00	0,30	-0,17	-0,16	-0,06	0,18	-0,13	-0,20	-0,01	0,67	0,17	-0,07	-0,01	1,00		
i73	-0,03	-0,04	0,00	-0,13	0,08	0,12	0,15	-0,18	0,35	0,51	0,08	0,11	0,61	0,51	0,46	0,04	0,19	0,83	0,42	0,01	1,00	
i74	-0,10	-0,10	0,00	-0,26	0,02	0,23	0,12	-0,33	0,39	0,50	0,10	-0,02	0,57	0,52	0,37	-0,38	0,04	0,71	0,34	-0,60	0,79	1,00

Indices de corrélation pour les variables en course de vitesse

Variables	[redacted]										M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	[redacted]
indice	4,77	9,32	8,64	6,35	8,01	5,36	9,81	7,48	8,27	10,11	6,31	9,42	9,06	7,58	7,63	5,11	10,82	6,80	7,95	10,41	
Variables	i09	i10	i11	i12	i13	i14	i15	i16	i17	i18	i19	i20	i21	i22	i23	i24	i25	i26	i27	i28	
indice	6,90	7,95	6,39	7,88	4,18	8,76	2,67	8,94	1,98	4,39	5,65	6,26	2,39	2,57	4,41	2,29	4,40	2,99	4,06	2,53	
Variables	i29	i30	i31	i32	i33	i34	i35	i36	i37	i38	i39	i40									
indice	7,88	5,33	5,07	2,02	3,52	9,19	4,08	9,23	3,20	2,79	10,27	9,68									
Variables	[redacted]																				
indice	4,57	4,95	3,68	5,65	4,12	6,50	3,68	5,22	4,55	5,13	5,22	5,46	2,89	3,80	2,99	4,02	2,10	2,83	1,72	7,67	
Variables	[redacted]																				
indice	10,67	10,16	2,94	3,45	9,36	8,87	3,51	4,78	3,32	7,04	3,21	4,13	5,26	6,39							

ANNEXE XI. : T DE STUDENT COURSE DE VITESSE

	M06	M08	M09	M10	M11	M14	M15	M17	i11	i13	i15	i16	i17	i18	i19
Moyenne	30,66	12,93	13,09	33,55	-18,40	-16,09	61,44	50,80	0,17	0,53	50,21	82,90	-0,10	2,68	16,10
Ecart type	7,77	4,38	5,95	12,66	5,62	8,54	7,47	8,44	0,02	0,05	2,75	4,95	3,27	2,45	3,96
t de Student	3,95	2,95	2,20	2,65	-3,27	-1,88	8,22	6,02	7,18	10,81	18,27	16,73	-0,03	1,09	4,07

	i20	i21	i22	i23	i24	i25	i26	i27	i28	i29	i30	i31	i33	i37	i40
Moyenne	37,30	87,40	11,50	28,88	65,51	33,17	77,31	4,61	-4,38	4,04	-0,25	13,47	10,02	5,76	370,58
Ecart type	7,36	7,15	3,91	3,99	5,41	5,34	6,56	4,99	5,99	4,95	5,51	8,71	2,44	1,63	58,26
t de Student	5,07	12,22	2,94	7,24	12,10	6,21	11,79	0,92	-0,73	0,82	-0,05	1,55	4,11	3,53	6,36

	i41	i42	i43	i44	i45	i46	i48	i50	i51	i52	i53	i54	i55	i56	i57
Moyenne	13,70	32,96	46,66	71,00	-23,06	94,06	20,29	11,72	102,64	73,72	77,84	107,69	120,65	68,34	115,11
Ecart type	4,93	5,74	7,59	19,75	21,88	30,20	5,87	3,22	9,42	9,31	9,02	6,99	5,06	8,84	6,28
t de Student	2,78	5,74	6,15	3,59	-1,05	3,11	3,46	3,64	10,89	7,92	8,63	15,41	23,86	7,73	18,33

	i59	i60	i61	i62	i63	i64	i65	i67	i68	i69	i70	i72	i74
Moyenne	34,75	29,11	96,00	77,24	50,31	21,32	133,34	46,03	-2,37	11,34	66,78	-4,45	77,48
Ecart type	7,08	10,11	16,62	22,61	7,42	6,58	14,12	9,81	7,24	8,01	11,93	7,33	12,08
t de Student	4,90	2,88	5,78	3,42	6,78	3,24	9,45	4,69	-0,33	1,42	5,60	-0,61	6,41

ANNEXE XII. : ANALYSES EN COMPOSANTE PRINCIPALE EXPLORATOIRES

A.C.P. 1 : course de vitesse matrice des corrélations sur toutes les variables

	I11	I13	I15	I16	I19	I20	I21	I22	I23	I24	I25	I26	I33	I37	I40	I41	I42	I44	I46	I48	I50
I11	0,69	-0,58	0,67	-0,73	-0,17	-0,12	-0,10	-0,07	-0,12	-0,01	-0,08	0,10	-0,03	-0,04	-0,03	0,00	-0,14	0,04	-0,04	0,00	0,04
I13	-0,58	0,49	-0,40	0,61	0,05	0,11	0,09	0,08	0,05	0,04	0,12	-0,01	-0,14	-0,04	0,64	-0,16	0,22	-0,01	-0,12	0,11	0,05
I15	0,67	-0,40	0,25	-0,72	-0,19	-0,07	-0,16	-0,07	-0,10	-0,13	-0,19	0,06	-0,03	-0,11	-0,05	0,01	-0,05	0,04	-0,09	0,07	-0,02
I16	-0,73	0,61	-0,72	0,73	0,10	-0,10	0,01	0,09	0,04	0,06	0,08	-0,18	0,00	0,10	0,22	-0,11	0,22	-0,02	0,01	0,10	-0,03
I19	-0,17	0,05	-0,19	0,10	0,82	-0,08	-0,10	0,00	-0,12	0,03	-0,20	0,03	-0,08	0,12	0,00	-0,04	0,01	0,00	0,10	0,04	-0,17
I20	-0,12	0,11	-0,07	-0,10	-0,08	0,89	0,02	-0,03	-0,08	0,02	-0,05	0,06	0,06	0,08	0,07	0,07	-0,05	0,02	0,05	-0,03	-0,07
I21	-0,10	0,09	-0,16	0,01	-0,10	0,02	0,42	0,03	0,00	0,00	0,17	-0,07	0,01	-0,05	0,05	0,03	-0,10	0,04	-0,04	-0,08	0,07
I22	-0,07	0,08	-0,07	0,09	0,00	-0,03	0,03	0,69	-0,24	0,14	0,02	-0,09	0,07	-0,02	0,01	-0,08	0,01	0,03	0,00	-0,08	-0,06
I23	-0,12	0,05	-0,10	0,04	-0,12	-0,08	0,00	-0,24	0,87	-0,12	0,02	-0,02	-0,07	0,05	-0,01	-0,08	-0,04	-0,05	-0,05	-0,07	0,04
I24	-0,01	0,04	-0,13	0,06	0,03	0,02	0,00	0,14	-0,12	0,64	-0,07	-0,62	0,06	-0,07	0,05	0,02	-0,09	-0,06	0,10	-0,05	-0,09
I25	-0,08	0,12	-0,19	0,08	-0,20	-0,05	0,17	0,02	0,02	-0,07	0,79	-0,03	0,04	-0,10	0,11	-0,18	0,06	0,05	-0,22	-0,09	0,10
I26	0,10	-0,01	0,06	-0,18	0,03	0,06	-0,07	-0,09	-0,02	-0,62	-0,03	0,73	-0,06	0,06	-0,01	0,00	0,00	0,05	-0,01	-0,01	0,14
I33	-0,03	-0,14	-0,03	0,00	-0,08	0,06	0,01	0,07	-0,07	0,06	0,04	-0,06	0,85	-0,17	-0,06	0,10	-0,05	0,07	0,01	0,08	-0,21
I37	-0,04	-0,04	-0,11	0,10	0,12	0,08	-0,05	-0,02	0,05	-0,07	-0,10	0,06	-0,17	0,71	0,05	-0,03	0,06	-0,15	0,26	0,12	-0,08
I40	-0,03	0,64	-0,05	0,22	0,00	0,07	0,05	0,01	-0,01	0,05	0,11	-0,01	-0,06	0,05	0,81	-0,19	0,02	-0,13	-0,13	0,25	0,01
I41	0,00	-0,16	0,01	-0,11	-0,04	0,07	0,03	-0,08	-0,08	0,02	-0,18	0,00	0,10	-0,03	-0,19	0,72	-0,11	-0,06	0,07	-0,11	0,04
I42	-0,14	0,22	-0,05	0,22	0,01	-0,05	-0,10	0,01	-0,04	-0,09	0,06	0,00	-0,05	0,06	0,02	-0,11	0,76	0,08	-0,18	0,26	-0,11
I44	0,04	-0,01	0,04	-0,02	0,00	0,02	0,04	0,03	-0,05	-0,06	0,05	0,05	0,07	-0,15	-0,13	-0,06	0,08	0,81	-0,55	-0,19	0,02
I46	-0,04	-0,12	-0,09	0,01	0,10	0,05	-0,04	0,00	-0,05	0,10	-0,22	-0,01	0,01	0,26	-0,13	0,07	-0,18	-0,55	0,81	0,05	-0,07
I48	0,00	0,11	0,07	0,10	0,04	-0,03	-0,08	-0,08	-0,07	-0,05	-0,09	-0,01	0,08	0,12	0,25	-0,11	0,26	-0,19	0,05	0,75	-0,46
I50	0,04	0,05	-0,02	-0,03	-0,17	-0,07	0,07	-0,06	0,04	-0,09	0,10	0,14	-0,21	-0,08	0,01	0,04	-0,11	0,02	-0,07	-0,46	0,74
I51	-0,01	-0,13	0,05	0,00	-0,10	-0,09	-0,03	0,01	-0,12	-0,05	0,02	0,03	0,03	0,03	-0,07	-0,17	-0,09	-0,02	0,05	0,06	-0,03
I52	0,11	0,05	0,05	0,03	-0,11	-0,40	0,06	-0,01	-0,05	0,10	0,04	-0,03	-0,02	0,00	0,11	-0,06	0,15	-0,05	-0,03	0,10	-0,08
I53	-0,14	-0,03	-0,22	0,04	-0,09	0,25	0,26	-0,06	0,07	0,06	0,11	-0,04	0,08	-0,07	-0,06	0,01	-0,03	0,04	-0,07	-0,24	0,11
I54	0,11	-0,03	0,13	-0,25	-0,13	0,02	0,29	-0,06	-0,02	-0,02	0,06	0,02	0,05	-0,16	0,01	0,05	0,01	0,05	-0,13	-0,05	0,10
I55	0,04	0,04	-0,02	0,04	-0,42	0,08	0,14	-0,07	0,08	0,01	0,12	-0,09	0,10	-0,02	0,06	0,15	0,00	0,05	-0,12	-0,08	0,12
I56	0,04	-0,09	0,17	-0,11	0,08	0,15	-0,15	0,08	-0,03	-0,13	-0,10	0,04	-0,03	0,04	-0,05	0,02	-0,07	-0,04	0,04	-0,02	0,01
I57	-0,05	0,06	0,01	0,06	0,10	-0,03	-0,46	0,00	0,13	-0,03	-0,04	0,04	-0,12	0,05	0,03	-0,10	0,02	-0,10	0,09	0,06	-0,03
I59	0,09	-0,10	0,12	-0,17	0,04	-0,01	0,00	-0,05	0,03	0,05	-0,08	-0,05	0,01	-0,01	-0,05	0,25	-0,17	-0,04	0,12	0,04	-0,03
I60	-0,08	0,06	-0,02	-0,01	0,05	-0,03	-0,06	-0,09	0,16	-0,02	-0,05	-0,01	-0,03	-0,01	-0,11	0,14	-0,05	0,08	0,05	-0,02	0,02
I61	-0,08	0,02	-0,60	0,35	0,08	-0,08	0,04	0,05	0,05	0,15	0,28	-0,03	0,01	0,10	-0,06	-0,07	0,01	-0,08	0,12	-0,02	0,02
I62	-0,12	0,15	-0,21	0,40	0,05	-0,08	0,03	0,05	-0,02	-0,06	-0,04	0,04	0,10	0,16	-0,12	0,00	0,16	0,15	0,05	0,10	-0,15
I63	-0,07	0,00	-0,10	0,07	0,29	0,07	0,04	0,14	-0,28	0,00	-0,05	0,05	-0,05	0,02	0,09	-0,08	-0,08	0,03	0,04	0,11	-0,08
I64	0,14	-0,14	0,14	-0,10	0,01	-0,02	-0,10	-0,12	-0,03	-0,03	-0,21	0,06	0,03	0,07	-0,24	-0,05	0,05	0,09	0,01	-0,05	0,00
I65	0,07	-0,06	0,35	-0,23	0,01	0,08	-0,18	0,05	0,04	0,02	-0,20	0,09	-0,06	-0,14	0,10	0,04	-0,04	0,01	-0,04	0,07	-0,11
I67	-0,11	0,06	-0,20	0,14	-0,03	-0,01	-0,02	-0,03	-0,06	-0,01	0,16	0,02	0,01	-0,04	-0,05	-0,39	0,14	0,02	0,01	-0,12	0,04
I70	0,04	0,07	0,07	-0,02	-0,09	-0,06	0,03	-0,01	0,03	0,02	0,06	-0,15	-0,05	-0,17	0,11	0,05	-0,09	-0,15	-0,09	-0,15	0,22
I74	0,01	-0,13	0,06	-0,07	0,06	0,00	0,02	-0,05	-0,06	-0,06	-0,09	0,05	0,05	0,07	-0,24	-0,03	0,00	0,12	-0,01	0,07	-0,04
M06	0,01	-0,23	0,16	-0,06	0,05	-0,04	-0,14	-0,08	0,01	-0,03	-0,05	0,08	-0,09	0,06	-0,31	0,12	0,00	-0,02	0,09	0,25	-0,25
M08	-0,06	0,10	-0,06	0,11	-0,03	0,02	-0,01	0,09	0,04	0,06	0,07	-0,01	-0,02	0,02	0,06	-0,12	0,07	0,05	-0,16	-0,21	0,08
M09	0,05	-0,12	-0,05	-0,08	-0,04	0,06	0,16	-0,10	0,04	-0,14	0,11	-0,04	0,01	0,09	-0,05	-0,02	-0,03	-0,02	-0,08	0,01	0,04
M11	0,10	-0,02	0,17	-0,18	0,00	-0,01	-0,04	0,06	-0,01	0,16	0,01	0,09	0,04	0,05	0,03	0,25	-0,35	-0,15	0,09	-0,18	0,04
M15	0,09	-0,13	0,11	-0,21	-0,06	-0,08	0,01	0,09	-0,01	0,17	0,00	0,03	0,12	0,03	-0,07	0,04	-0,42	-0,15	0,10	-0,09	-0,07
M17	-0,02	-0,39	-0,07	-0,02	0,08	0,02	-0,03	-0,05	0,05	-0,11	-0,08	-0,08	-0,12	-0,01	-0,57	0,14	-0,01	0,14	0,03	-0,39	0,09

	I51	I52	I53	I54	I55	I56	I57	I59	I60	I61	I62	I63	I64	I65	I67	I70	I74	M06	M08	M09	M11	M15	M17
I11	-0,01	0,11	-0,14	0,11	0,04	0,04	-0,05	0,09	-0,08	-0,08	-0,12	-0,07	0,14	0,07	-0,11	0,04	0,01	0,01	-0,06	0,05	0,10	0,09	-0,02
I13	-0,13	0,05	-0,03	-0,03	0,04	-0,09	0,06	-0,10	0,06	0,02	0,15	0,00	-0,14	-0,06	0,06	0,07	-0,13	-0,23	0,10	-0,12	-0,02	-0,13	-0,39

	I51	I52	I53	I54	I55	I56	I57	I59	I60	I61	I62	I63	I64	I65	I67	I70	I74	M06	M08	M09	M11	M15	M17
I15	0,05	0,05	-0,22	0,13	-0,02	0,17	0,01	0,12	-0,02	-0,60	-0,21	-0,10	0,14	0,35	-0,20	0,07	0,06	0,16	-0,06	-0,05	0,17	0,11	-0,07
I16	0,00	0,03	0,04	-0,25	0,04	-0,11	0,06	-0,17	-0,01	0,35	0,40	0,07	-0,10	-0,23	0,14	-0,02	-0,07	-0,06	0,11	-0,08	-0,18	-0,21	-0,02
I19	-0,10	-0,11	-0,09	-0,13	-0,42	0,08	0,10	0,04	0,05	0,08	0,05	0,29	0,01	0,01	-0,03	-0,09	0,06	0,05	-0,03	-0,04	0,00	-0,06	0,08
I20	-0,09	-0,40	0,25	0,02	0,08	0,15	-0,03	-0,01	-0,03	-0,08	-0,08	0,07	-0,02	0,08	-0,01	-0,06	0,00	-0,04	0,02	0,06	-0,01	-0,08	0,02
I21	-0,03	0,06	0,26	0,29	0,14	-0,15	-0,46	0,00	-0,06	0,04	0,03	0,04	-0,10	-0,18	-0,02	0,03	0,02	-0,14	-0,01	0,16	-0,04	0,01	-0,03
I22	0,01	-0,01	-0,06	-0,06	-0,07	0,08	0,00	-0,05	-0,09	0,05	0,05	0,14	-0,12	0,05	-0,03	-0,01	-0,05	-0,08	0,09	-0,10	0,06	0,09	-0,05
I23	-0,12	-0,05	0,07	-0,02	0,08	-0,03	0,13	0,03	0,16	0,05	-0,02	-0,28	-0,03	0,04	-0,06	0,03	-0,06	0,01	0,04	0,04	-0,01	-0,01	0,05
I24	-0,05	0,10	0,06	-0,02	0,01	-0,13	-0,03	0,05	-0,02	0,15	-0,06	0,00	-0,03	0,02	-0,01	0,02	-0,06	-0,03	0,06	-0,14	0,16	0,17	-0,11
I25	0,02	0,04	0,11	0,06	0,12	-0,10	-0,04	-0,08	-0,05	0,28	-0,04	-0,05	-0,21	-0,20	0,16	0,06	-0,09	-0,05	0,07	0,11	0,01	0,00	-0,08
I26	0,03	-0,03	-0,04	0,02	-0,09	0,04	0,04	-0,05	-0,01	-0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,02	-0,15	0,05	0,08	-0,01	-0,04	0,09	0,03	-0,08
I33	0,03	-0,02	0,08	0,05	0,10	-0,03	-0,12	0,01	-0,03	0,01	0,10	-0,05	0,03	-0,06	0,01	-0,05	0,05	-0,09	-0,02	0,01	0,04	0,12	-0,12
I37	0,03	0,00	-0,07	-0,16	-0,02	0,04	0,05	-0,01	-0,01	0,10	0,16	0,02	0,07	-0,14	-0,04	-0,17	0,07	0,06	0,02	0,09	0,05	0,03	-0,01
I40	-0,07	0,11	-0,06	0,01	0,06	-0,05	0,03	-0,05	-0,11	-0,06	-0,12	0,09	-0,24	0,10	-0,05	0,11	-0,24	-0,31	0,06	-0,05	0,03	-0,07	-0,57
I41	-0,17	-0,06	0,01	0,05	0,15	0,02	-0,10	0,25	0,14	-0,07	0,00	-0,08	-0,05	0,04	-0,39	0,05	-0,03	0,12	-0,12	-0,02	0,25	0,04	0,14
I42	-0,09	0,15	-0,03	0,01	0,00	-0,07	0,02	-0,17	-0,05	0,01	0,16	-0,08	0,05	-0,04	0,14	-0,09	0,00	0,00	0,07	-0,03	-0,35	-0,42	-0,01
I44	-0,02	-0,05	0,04	0,05	0,05	-0,04	-0,10	-0,04	0,08	-0,08	0,15	0,03	0,09	0,01	0,02	-0,15	0,12	-0,02	0,05	-0,02	-0,15	-0,15	0,14
I46	0,05	-0,03	-0,07	-0,13	-0,12	0,04	0,09	0,12	0,05	0,12	0,05	0,04	0,01	-0,04	0,01	-0,09	-0,01	0,09	-0,16	-0,08	0,09	0,10	0,03
I48	0,06	0,10	-0,24	-0,05	-0,08	-0,02	0,06	0,04	-0,02	-0,02	0,10	0,11	-0,05	0,07	-0,12	-0,15	0,07	0,25	-0,21	0,01	-0,18	-0,09	-0,39
I50	-0,03	-0,08	0,11	0,10	0,12	0,01	-0,03	-0,03	0,02	0,02	-0,15	-0,08	0,00	-0,11	0,04	0,22	-0,04	-0,25	0,08	0,04	0,04	-0,07	0,09
I51	0,83	0,00	-0,05	-0,03	-0,03	0,01	-0,16	-0,06	-0,08	0,04	0,01	0,16	0,07	-0,07	-0,05	-0,06	0,10	0,12	-0,10	0,02	0,10	0,08	0,02
I52	0,00	0,69	-0,02	0,00	-0,04	-0,58	-0,04	0,00	-0,14	0,08	0,07	-0,09	-0,06	0,03	0,01	-0,06	0,01	0,03	0,00	-0,13	0,27	0,35	-0,33
I53	-0,05	-0,02	0,59	-0,04	0,11	-0,51	-0,11	-0,12	-0,10	-0,04	-0,11	-0,04	0,03	-0,08	0,09	0,02	0,00	-0,22	0,07	0,16	-0,06	-0,01	0,12
I54	-0,03	0,00	-0,04	0,67	0,06	-0,07	-0,48	0,02	0,01	-0,11	-0,09	-0,16	-0,04	0,07	-0,03	0,09	-0,01	-0,07	0,00	-0,02	-0,01	0,04	-0,06
I55	-0,03	-0,04	0,11	0,06	0,55	-0,07	-0,26	-0,06	0,04	0,10	0,06	-0,39	0,03	-0,17	0,00	-0,01	0,00	-0,21	0,10	0,10	-0,08	-0,10	0,04
I56	0,01	-0,58	-0,51	-0,07	-0,07	0,67	0,03	0,10	0,01	-0,08	-0,07	0,14	-0,02	0,04	-0,06	0,03	0,06	0,07	-0,03	0,02	-0,18	-0,20	0,22
I57	-0,16	-0,04	-0,11	-0,48	-0,26	0,03	0,57	0,02	0,04	0,00	-0,08	-0,03	0,00	0,08	0,09	0,03	-0,06	0,17	-0,23	-0,04	0,05	-0,01	-0,01
I59	-0,06	0,00	-0,12	0,02	-0,06	0,10	0,02	0,55	0,06	-0,07	-0,10	-0,24	-0,05	0,13	-0,49	-0,01	0,09	0,04	-0,06	-0,13	0,04	0,06	0,06
I60	-0,08	-0,14	-0,10	0,01	0,04	0,01	0,04	0,06	0,79	-0,07	0,16	-0,05	-0,40	-0,06	-0,05	-0,03	0,15	0,11	-0,11	-0,03	-0,22	-0,33	0,35
I61	0,04	0,08	-0,04	-0,11	0,10	-0,08	0,00	-0,07	-0,07	0,79	0,28	0,06	-0,10	-0,56	0,18	-0,06	-0,06	-0,16	0,01	0,01	-0,09	0,02	0,04
I62	0,01	0,07	-0,11	-0,09	0,06	-0,07	-0,08	-0,10	0,16	0,28	0,85	0,01	-0,01	-0,39	0,02	-0,37	0,19	0,02	0,13	-0,23	-0,05	0,00	-0,03
I63	0,16	-0,09	-0,04	-0,16	-0,39	0,14	-0,03	-0,24	-0,05	0,06	0,01	0,63	-0,25	-0,06	0,01	-0,05	-0,07	0,03	-0,08	0,18	-0,01	-0,03	-0,05
I64	0,07	-0,06	0,03	-0,04	0,03	-0,02	0,00	-0,05	-0,40	-0,10	-0,01	-0,25	0,64	0,01	0,01	-0,10	0,14	-0,02	0,00	0,02	0,04	0,07	0,05
I65	-0,07	0,03	-0,08	0,07	-0,17	0,04	0,08	0,13	-0,06	-0,56	-0,39	-0,06	0,01	0,80	-0,13	0,00	-0,16	0,29	0,10	-0,38	0,23	0,09	-0,20
I67	-0,05	0,01	0,09	-0,03	0,00	-0,06	0,09	-0,49	-0,05	0,18	0,02	0,01	0,01	-0,13	0,75	-0,15	-0,11	0,00	0,02	0,17	-0,11	-0,08	-0,03
I70	-0,06	-0,06	0,02	0,09	-0,01	0,03	0,03	-0,01	-0,03	-0,06	-0,37	-0,05	-0,10	0,00	-0,15	0,87	-0,50	0,04	-0,13	0,00	0,03	-0,03	-0,03
I74	0,10	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,06	-0,06	0,09	0,15	-0,06	0,19	-0,07	0,14	-0,16	-0,11	-0,50	0,85	0,05	-0,03	-0,07	-0,08	-0,03	0,18
M06	0,12	0,03	-0,22	-0,07	-0,21	0,07	0,17	0,04	0,11	-0,16	0,02	0,03	-0,02	0,29	0,00	0,04	0,05	0,71	-0,35	-0,26	0,31	0,05	0,03
M08	-0,10	0,00	0,07	0,00	0,10	-0,03	-0,23	-0,06	-0,11	0,01	0,13	-0,08	0,00	0,10	0,02	-0,13	-0,03	-0,35	0,87	-0,37	-0,05	-0,01	-0,06
M09	0,02	-0,13	0,16	-0,02	0,10	0,02	-0,04	-0,13	-0,03	0,01	-0,23	0,18	0,02	-0,38	0,17	0,00	-0,07	-0,26	-0,37	0,87	-0,20	-0,05	0,14
M11	0,10	0,27	-0,06	-0,01	-0,08	-0,18	0,05	0,04	-0,22	-0,09	-0,05	-0,01	0,04	0,23	-0,11	0,03	-0,08	0,31	-0,05	-0,20	0,58	0,77	-0,52
M15	0,08	0,35	-0,01	0,04	-0,10	-0,20	-0,01	0,06	-0,33	0,02	0,00	-0,03	0,07	0,09	-0,08	-0,03	-0,03	0,05	-0,01	-0,05	0,77	0,63	-0,56
M17	0,02	-0,33	0,12	-0,06	0,04	0,22	-0,01	0,06	0,35	0,04	-0,03	-0,05	0,05	-0,20	-0,03	-0,03	0,18	0,03	-0,06	0,14	-0,52	-0,56	0,77

ACP 2 course de vitesse matrice des corrélations sur toutes les variables

	I11	I16	I19	I20	I22	I23	I24	I25	I26	I33	I37	I40	I41	I42	I44	I46	I48	I50	I51	I52	I53
I11	0,79	-0,33	-0,08	-0,07	-0,01	-0,07	0,10	0,09	0,09	-0,10	0,01	0,48	-0,09	-0,05	0,02	-0,05	0,00	0,11	-0,12	0,15	-0,07
I16	-0,33	0,88	-0,07	-0,30	0,04	-0,07	-0,05	-0,10	-0,24	0,07	0,08	####	-0,08	0,18	0,02	0,00	0,15	-0,08	0,14	0,07	-0,09
I19	-0,08	-0,07	0,84	-0,09	-0,01	-0,15	0,00	-0,23	0,03	-0,09	0,09	0,02	-0,04	-0,01	0,02	0,07	0,05	-0,17	-0,10	-0,09	-0,12
I20	-0,07	-0,30	-0,09	0,86	-0,04	-0,09	0,01	-0,07	0,06	0,08	0,08	0,01	0,09	-0,07	0,02	0,07	-0,04	-0,08	-0,08	-0,41	0,27
I22	-0,01	0,04	-0,01	-0,04	0,69	-0,25	0,13	0,01	-0,08	0,07	-0,02	-0,05	-0,07	-0,01	0,04	0,00	-0,08	-0,07	0,02	-0,01	-0,07
I23	-0,07	-0,07	-0,15	-0,09	-0,25	0,87	-0,14	0,01	-0,01	-0,07	0,04	-0,03	-0,08	-0,05	-0,05	-0,06	-0,06	0,04	-0,12	-0,04	0,05
I24	0,10	-0,05	0,00	0,01	0,13	-0,14	0,62	-0,09	-0,62	0,06	-0,09	0,07	0,02	-0,10	-0,05	0,09	-0,04	-0,09	-0,04	0,11	0,04
I25	0,09	-0,10	-0,23	-0,07	0,01	0,01	-0,09	0,83	-0,01	0,04	####	0,09	-0,18	0,06	0,06	-0,23	-0,08	0,09	0,04	0,04	0,05
I26	0,09	-0,24	0,03	0,06	-0,08	-0,01	-0,62	-0,01	0,71	-0,05	0,06	-0,02	0,01	0,00	0,05	0,00	-0,02	0,14	0,03	-0,03	-0,01
I33	-0,10	0,07	-0,09	0,08	0,07	-0,07	0,06	0,04	-0,05	0,79	-0,19	0,07	0,07	-0,01	0,07	-0,02	0,11	-0,20	0,01	-0,01	0,06
I37	0,01	0,08	0,09	0,08	-0,02	0,04	-0,09	####	0,06	-0,19	0,71	0,14	-0,04	0,07	-0,15	0,23	0,14	-0,07	0,03	0,02	-0,10
I40	0,48	####	0,02	0,01	-0,05	-0,03	0,07	0,09	-0,02	0,07	0,14	0,86	####	-0,18	-0,17	-0,02	0,21	-0,02	0,01	0,08	0,01
I41	-0,09	-0,08	-0,04	0,09	-0,07	-0,08	0,02	-0,18	0,01	0,07	-0,04	####	0,72	-0,07	-0,06	0,04	-0,09	0,04	-0,20	-0,05	-0,02
I42	-0,05	0,18	-0,01	-0,07	-0,01	-0,05	-0,10	0,06	0,00	-0,01	0,07	-0,18	-0,07	0,77	0,09	-0,16	0,23	####	-0,06	0,15	0,02
I44	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	-0,05	-0,05	0,06	0,05	0,07	-0,15	-0,17	-0,06	0,09	0,80	-0,56	-0,20	0,02	-0,02	-0,05	0,04
I46	-0,05	0,00	0,07	0,07	0,00	-0,06	0,09	-0,23	0,00	-0,02	0,23	-0,02	0,04	-0,16	-0,56	0,82	0,09	-0,07	0,04	-0,01	####
I48	0,00	0,15	0,05	-0,04	-0,08	-0,06	-0,04	-0,08	-0,02	0,11	0,14	0,21	-0,09	0,23	-0,20	0,09	0,75	-0,47	0,08	0,09	-0,20
I50	0,11	-0,08	-0,17	-0,08	-0,07	0,04	-0,09	0,09	0,14	-0,20	-0,07	-0,02	0,04	####	0,02	-0,07	-0,47	0,73	-0,02	-0,08	0,10
I51	-0,12	0,14	-0,10	-0,08	0,02	-0,12	-0,04	0,04	0,03	0,01	0,03	0,01	-0,20	-0,06	-0,02	0,04	0,08	-0,02	0,82	0,00	-0,05
I52	0,15	0,07	-0,09	-0,41	-0,01	-0,04	0,11	0,04	-0,03	-0,01	0,02	0,08	-0,05	0,15	-0,05	-0,01	0,09	-0,08	0,00	0,68	-0,02
I53	-0,07	-0,09	-0,12	0,27	-0,07	0,05	0,04	0,05	-0,01	0,06	-0,10	0,01	-0,02	0,02	0,04	####	-0,20	0,10	-0,05	-0,02	0,62
I54	0,04	-0,23	-0,07	0,03	-0,06	0,00	0,01	0,04	0,04	0,05	-0,13	-0,01	0,05	0,05	0,03	-0,10	-0,05	0,09	-0,03	-0,03	-0,09
I55	0,09	0,05	-0,42	0,08	-0,07	0,08	0,01	0,10	-0,08	0,10	-0,02	0,04	0,16	0,01	0,04	-0,12	-0,08	0,11	-0,03	-0,05	0,08
I56	-0,12	0,01	0,09	0,17	0,10	-0,01	-0,12	-0,05	0,02	-0,03	0,04	-0,02	0,02	-0,07	-0,04	0,05	-0,04	0,02	-0,01	-0,60	-0,49
I57	-0,04	-0,03	0,05	-0,04	0,00	0,14	-0,05	0,03	0,01	-0,12	0,03	-0,01	-0,08	-0,05	-0,09	0,09	0,02	0,00	-0,18	-0,02	0,01
I59	-0,02	####	0,07	0,00	-0,04	0,04	0,06	-0,06	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,24	-0,15	-0,05	0,13	0,04	-0,03	-0,07	0,00	-0,12
I60	-0,07	-0,09	0,04	-0,04	-0,09	0,16	-0,03	-0,05	-0,01	-0,02	-0,01	-0,19	0,15	-0,07	0,08	0,06	-0,03	0,02	-0,07	-0,14	-0,09
I61	0,47	0,00	-0,07	-0,13	0,03	-0,02	0,09	0,25	0,00	-0,06	0,01	0,14	-0,14	0,05	-0,08	0,03	0,08	0,03	0,06	0,17	-0,28
I62	0,07	0,37	0,02	####	0,03	-0,05	-0,08	-0,09	0,05	0,11	0,15	-0,25	0,01	0,15	0,16	0,04	0,11	-0,16	0,03	0,08	-0,16
I63	-0,03	0,02	0,28	0,07	0,13	-0,30	-0,01	-0,08	0,06	-0,06	0,00	0,15	-0,09	-0,08	0,03	0,02	0,13	-0,08	0,16	-0,09	-0,08
I64	0,02	0,04	0,02	0,00	-0,10	-0,02	-0,01	-0,17	0,04	0,02	0,08	-0,23	-0,06	0,07	0,09	0,00	-0,05	0,01	0,05	-0,06	0,07
I65	-0,21	-0,05	0,07	0,10	0,08	0,07	0,07	-0,13	0,07	-0,03	####	0,08	0,07	-0,07	0,01	0,01	0,02	####	-0,08	0,02	0,05
I67	0,03	0,00	-0,08	-0,02	-0,05	-0,08	-0,03	0,14	0,03	0,00	-0,07	-0,06	-0,40	0,14	0,03	-0,02	####	0,04	-0,04	0,03	0,06
I70	0,04	-0,01	-0,07	-0,07	-0,02	0,04	0,03	0,06	-0,16	-0,03	-0,16	0,06	0,07	####	-0,16	-0,07	-0,17	0,21	-0,05	-0,07	0,04
I74	####	0,02	0,08	0,01	-0,04	-0,06	-0,06	-0,09	0,05	0,04	0,07	-0,22	-0,06	0,03	0,12	-0,03	0,09	-0,04	0,08	0,02	-0,01
M06	-0,25	0,19	0,07	-0,01	-0,06	0,03	-0,02	0,01	0,07	-0,13	0,06	-0,24	0,09	0,03	-0,02	0,07	0,28	-0,24	0,09	0,04	-0,21
M08	0,01	0,06	-0,04	0,00	0,08	0,04	0,05	0,06	-0,01	-0,01	0,02	0,01	####	0,05	0,05	-0,15	-0,22	0,08	-0,09	0,00	0,08
M09	0,04	-0,08	-0,03	0,07	-0,10	0,04	-0,15	0,09	-0,03	-0,02	0,09	0,06	-0,05	0,02	-0,03	####	0,05	0,04	0,01	-0,13	0,11
M11	0,01	-0,14	0,04	-0,01	0,08	0,01	0,19	0,05	0,08	0,05	0,07	0,01	0,26	-0,37	-0,15	0,12	-0,21	0,04	0,10	0,27	-0,01
M15	-0,02	-0,16	-0,04	-0,06	0,10	0,00	0,19	0,02	0,02	0,11	0,04	0,00	0,02	-0,41	-0,16	0,10	-0,08	-0,07	0,06	0,36	-0,01
M17	-0,23	0,16	0,06	0,06	-0,03	0,05	-0,14	-0,08	-0,08	-0,23	-0,06	-0,40	0,07	0,10	0,17	-0,06	-0,36	0,12	-0,04	-0,33	0,06

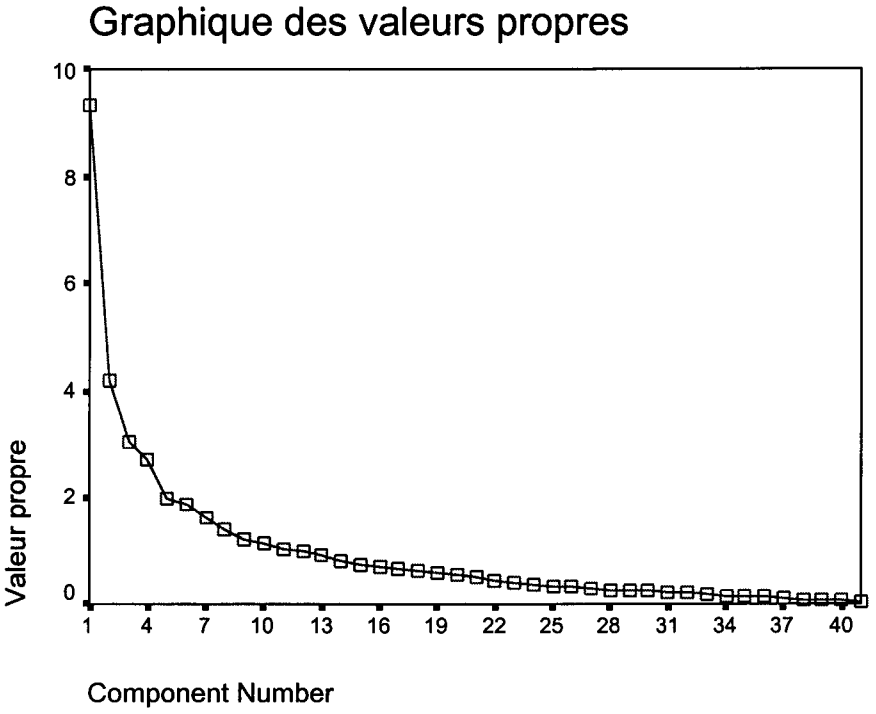
ACP 2 course de vitesse matrice des corrélations sur toutes les variables

	I53	I54	I55	I56	I57	I59	I60	I61	I62	I63	I64	I65	I67	I70	I74	M06	M08	M09	M11	M15	M17
I11	-0,07	0,04	0,09	-0,12	-0,04	-0,02	-0,07	0,47	0,07	-0,03	0,02	-0,21	0,03	0,04	-0,11	-0,25	0,01	0,04	0,01	-0,02	-0,23
I16	-0,09	-0,23	0,05	0,01	-0,03	####	-0,09	0,00	0,37	0,02	0,04	-0,05	0,00	-0,01	0,02	0,19	0,06	-0,08	-0,14	-0,16	0,16
I19	-0,12	-0,07	-0,42	0,09	0,05	0,07	0,04	-0,07	0,02	0,28	0,02	0,07	-0,08	-0,07	0,08	0,07	-0,04	-0,03	0,04	-0,04	0,06
I20	0,27	0,03	0,08	0,17	-0,04	0,00	-0,04	-0,13	####	0,07	0,00	0,10	-0,02	-0,07	0,01	-0,01	0,00	0,07	-0,01	-0,06	0,06
I22	-0,07	-0,06	-0,07	0,10	0,00	-0,04	-0,09	0,03	0,03	0,13	-0,10	0,08	-0,05	-0,02	-0,04	-0,06	0,08	-0,10	0,08	0,10	-0,03
I23	0,05	0,00	0,08	-0,01	0,14	0,04	0,16	-0,02	-0,05	-0,30	-0,02	0,07	-0,08	0,04	-0,06	0,03	0,04	0,04	0,01	0,00	0,05
I24	0,04	0,01	0,01	-0,12	-0,05	0,06	-0,03	0,09	-0,08	-0,01	-0,01	0,07	-0,03	0,03	-0,06	-0,02	0,05	-0,15	0,19	0,19	-0,14
I25	0,05	0,04	0,10	-0,05	0,03	-0,06	-0,05	0,25	-0,09	-0,08	-0,17	-0,13	0,14	0,06	-0,09	0,01	0,06	0,09	0,05	0,02	-0,08
I26	-0,01	0,04	-0,08	0,02	0,01	-0,06	-0,01	0,00	0,05	0,06	0,04	0,07	0,03	-0,16	0,05	0,07	-0,01	-0,03	0,08	0,02	-0,08
I33	0,06	0,05	0,10	-0,03	-0,12	0,00	-0,02	-0,06	0,11	-0,06	0,02	-0,03	0,00	-0,03	0,04	-0,13	-0,01	-0,02	0,05	0,11	-0,23
I37	-0,10	-0,13	-0,02	0,04	0,03	0,00	-0,01	0,01	0,15	0,00	0,08	-0,11	-0,07	-0,16	0,07	0,06	0,02	0,09	0,07	0,04	-0,06
I40	0,01	-0,01	0,04	-0,02	-0,01	0,00	-0,19	0,14	-0,25	0,15	-0,23	0,08	-0,06	0,06	-0,22	-0,24	0,01	0,06	0,01	0,00	-0,40
I41	-0,02	0,05	0,16	0,02	-0,08	0,24	0,15	-0,14	0,01	-0,09	-0,06	0,07	-0,40	0,07	-0,06	0,09	-0,11	-0,05	0,26	0,02	0,07
I42	0,02	0,05	0,01	-0,07	-0,05	-0,15	-0,07	0,05	0,15	-0,08	0,07	-0,07	0,14	-0,11	0,03	0,03	0,05	0,02	-0,37	-0,41	0,10
I44	0,04	0,03	0,04	-0,04	-0,09	-0,05	0,08	-0,08	0,16	0,03	0,09	0,01	0,03	-0,16	0,12	-0,02	0,05	-0,03	-0,15	-0,16	0,17
I46	####	-0,10	-0,12	0,05	0,09	0,13	0,06	0,03	0,04	0,02	0,00	0,01	-0,02	-0,07	-0,03	0,07	-0,15	-0,11	0,12	0,10	-0,06
I48	-0,20	-0,05	-0,08	-0,04	0,02	0,04	-0,03	0,08	0,11	0,13	-0,05	0,02	-0,11	-0,17	0,09	0,28	-0,22	0,05	-0,21	-0,08	-0,36
I50	0,10	0,09	0,11	0,02	0,00	-0,03	0,02	0,03	-0,16	-0,08	0,01	-0,11	0,04	0,21	-0,04	-0,24	0,08	0,04	0,04	-0,07	0,12
I51	-0,05	-0,03	-0,03	-0,01	-0,18	-0,07	-0,07	0,06	0,03	0,16	0,05	-0,08	-0,04	-0,05	0,08	0,09	-0,09	0,01	0,10	0,06	-0,04
I52	-0,02	-0,03	-0,05	-0,60	-0,02	0,00	-0,14	0,17	0,08	-0,09	-0,06	0,02	0,03	-0,07	0,02	0,04	0,00	-0,13	0,27	0,36	-0,33
I53	0,62	-0,09	0,08	-0,49	0,01	-0,12	-0,09	-0,28	-0,16	-0,08	0,07	0,05	0,06	0,04	-0,01	-0,21	0,08	0,11	-0,01	-0,01	0,06
I54	-0,09	0,77	0,03	-0,05	-0,41	0,00	0,03	0,00	-0,06	-0,16	-0,03	0,07	0,01	0,07	-0,03	-0,06	0,02	-0,06	-0,03	0,02	-0,04
I55	0,08	0,03	0,56	-0,05	-0,22	-0,06	0,05	0,14	0,05	-0,40	0,05	-0,16	0,01	-0,01	0,00	-0,19	0,10	0,08	-0,07	-0,10	0,07
I56	-0,49	-0,05	-0,05	0,68	-0,03	0,09	0,01	0,01	-0,03	0,16	-0,06	-0,04	-0,04	0,03	0,05	0,03	-0,02	0,05	-0,21	-0,23	0,25
I57	0,01	-0,41	-0,22	-0,03	0,66	0,04	0,00	-0,01	-0,10	-0,01	-0,04	0,02	0,09	0,05	-0,05	0,16	-0,28	0,05	0,04	0,02	0,01
I59	-0,12	0,00	-0,06	0,09	0,04	0,59	0,07	-0,02	-0,07	-0,24	-0,07	0,10	-0,48	-0,01	0,08	0,01	-0,05	-0,14	0,02	0,04	0,05
I60	-0,09	0,03	0,05	0,01	0,00	0,07	0,75	-0,09	0,16	-0,05	-0,40	-0,07	-0,05	-0,03	0,16	0,12	-0,12	-0,01	-0,22	-0,32	0,42
I61	-0,28	0,00	0,14	0,01	-0,01	-0,02	-0,09	0,83	0,23	-0,01	-0,05	-0,47	0,06	0,02	-0,07	-0,16	-0,01	-0,06	0,03	0,09	-0,17
I62	-0,16	-0,06	0,05	-0,03	-0,10	-0,07	0,16	0,23	0,85	-0,01	0,03	-0,36	-0,03	-0,38	0,22	0,08	0,12	-0,24	-0,01	0,03	-0,01
I63	-0,08	-0,16	-0,40	0,16	-0,01	-0,24	-0,05	-0,01	-0,01	0,62	-0,24	-0,02	-0,02	-0,04	-0,07	0,04	-0,09	0,17	0,01	-0,03	-0,08
I64	0,07	-0,03	0,05	-0,06	-0,04	-0,07	-0,40	-0,05	0,03	-0,24	0,66	-0,05	0,03	-0,10	0,12	-0,07	0,02	0,03	0,02	0,05	0,02
I65	0,05	0,07	-0,16	-0,04	0,02	0,10	-0,07	-0,47	-0,36	-0,02	-0,05	0,85	-0,07	-0,03	-0,18	0,27	0,13	-0,37	0,18	0,07	-0,17
I67	0,06	0,01	0,01	-0,04	0,09	-0,48	-0,05	0,06	-0,03	-0,02	0,03	-0,07	0,78	-0,14	-0,10	0,02	0,01	0,17	-0,08	-0,06	-0,07
I70	0,04	0,07	-0,01	0,03	0,05	-0,01	-0,03	0,02	-0,38	-0,04	-0,10	-0,03	-0,14	0,87	-0,50	0,06	-0,14	0,01	0,01	-0,03	0,03
I74	-0,01	-0,03	0,00	0,05	-0,05	0,08	0,16	-0,07	0,22	-0,07	0,12	-0,18	-0,10	-0,50	0,86	0,02	-0,02	-0,10	-0,08	-0,05	0,15
M06	-0,21	-0,06	-0,19	0,03	0,16	0,01	0,12	-0,16	0,08	0,04	-0,07	0,27	0,02	0,06	0,02	0,71	-0,34	-0,29	0,31	0,02	-0,06
M08	0,08	0,02	0,10	-0,02	-0,28	-0,05	-0,12	-0,01	0,12	-0,09	0,02	0,13	0,01	-0,14	-0,02	-0,34	0,87	-0,37	-0,04	0,01	-0,03
M09	0,11	-0,06	0,08	0,05	0,05	-0,14	-0,01	-0,06	-0,24	0,17	0,03	-0,37	0,17	0,01	-0,10	-0,29	-0,37	0,88	-0,18	-0,07	0,09
M11	-0,01	-0,03	-0,07	-0,21	0,04	0,02	-0,22	0,03	-0,01	0,01	0,02	0,18	-0,08	0,01	-0,08	0,31	-0,04	-0,18	0,56	0,77	-0,55
M15	-0,01	0,02	-0,10	-0,23	0,02	0,04	-0,32	0,09	0,03	-0,03	0,05	0,07	-0,06	-0,03	-0,05	0,02	0,01	-0,07	0,77	0,61	-0,67
M17	0,06	-0,04	0,07	0,25	0,01	0,05	0,42	-0,17	-0,01	-0,08	0,02	-0,17	-0,07	0,03	0,15	-0,06	-0,03	0,09	-0,55	-0,67	0,76

course de vitesse Test de Kaiser et test des 75%

Variance expliquée totale			
	Valeurs propres initiales		
Composante	Total	% de la variance ==	% cumulés
1,00	9,33	22,75	22,75
2,00	4,18	10,20	32,95
3,00	3,06	7,46	40,41
4,00	2,71	6,60	47,01
5,00	1,98	4,82	51,83
6,00	1,89	4,60	56,43
7,00	1,63	3,97	60,40
8,00	1,40	3,42	63,82
9,00	1,20	2,93	66,75
10,00	1,15	2,79	69,55
11,00	1,04	2,54	72,08
12,00	0,99	2,41	74,49
13,00	0,91	2,23	76,72
14,00	0,81	1,97	78,69
15,00	0,75	1,82	80,51
16,00	0,68	1,67	82,18
17,00	0,64	1,57	83,75
18,00	0,62	1,51	85,26
19,00	0,58	1,42	86,68
20,00	0,54	1,33	88,00
21,00	0,51	1,25	89,25
22,00	0,44	1,07	90,32
23,00	0,42	1,03	91,35
24,00	0,38	0,93	92,28
25,00	0,34	0,83	93,11
26,00	0,33	0,82	93,93
27,00	0,28	0,68	94,61
28,00	0,27	0,67	95,28
29,00	0,25	0,62	95,90
30,00	0,24	0,59	96,49
31,00	0,22	0,55	97,04
32,00	0,21	0,51	97,54
33,00	0,18	0,45	97,99
34,00	0,16	0,39	98,38
35,00	0,14	0,34	98,72
36,00	0,14	0,33	99,05
37,00	0,12	0,30	99,34
38,00	0,09	0,22	99,56
39,00	0,08	0,19	99,75
40,00	0,07	0,17	99,92
41,00	0,03	0,08	100,00

Course de vitesse A.C.P. exploratoire Test de Cattell sur toutes les variables



Course de vitesse ACP exploratoire sur les variables de performance

Matrice des corrélations

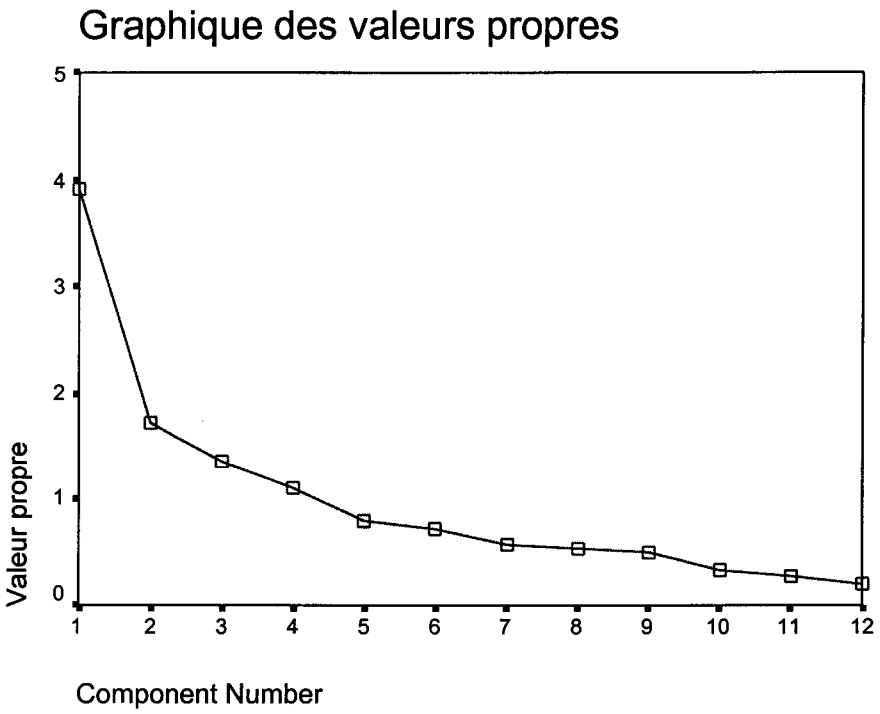
	I11	I16	I19	I20	I22	I23	I24	I25	I26	I33	I37	I40
I11	0,77	-0,39	-0,10	0,06	0,03	-0,20	0,07	-0,06	0,09	-0,27	0,02	0,33
I16	-0,39	0,79	-0,08	-0,37	0,01	-0,01	0,09	-0,07	-0,30	0,24	0,00	0,27
I19	-0,10	-0,08	0,89	-0,17	-0,12	-0,12	-0,04	-0,18	0,04	-0,10	0,06	0,11
I20	0,06	-0,37	-0,17	0,85	-0,07	-0,15	0,00	-0,08	0,06	0,05	0,11	0,05
I22	0,03	0,01	-0,12	-0,07	0,65	-0,27	0,11	0,01	-0,07	0,09	-0,02	-0,13
I23	-0,20	-0,01	-0,12	-0,15	-0,27	0,84	-0,15	-0,13	-0,04	-0,03	0,00	-0,09
I24	0,07	0,09	-0,04	0,00	0,11	-0,15	0,61	-0,12	-0,67	0,02	-0,08	0,03
I25	-0,06	-0,07	-0,18	-0,08	0,01	-0,13	-0,12	0,90	-0,02	0,14	-0,10	-0,03
I26	0,09	-0,30	0,04	0,06	-0,07	-0,04	-0,67	-0,02	0,63	-0,02	0,04	-0,07
I33	-0,27	0,24	-0,10	0,05	0,09	-0,03	0,02	0,14	-0,02	0,53	-0,23	-0,15
I37	0,02	0,00	0,06	0,11	-0,02	0,00	-0,08	-0,10	0,04	-0,23	0,55	0,35
I40	0,33	0,27	0,11	0,05	-0,13	-0,09	0,03	-0,03	-0,07	-0,15	0,35	0,77

Test de Kaiser et test des 75%

Variance expliquée totale			
	Valeurs propres initiales		
Composante	Total	% de la variance =	% cumulés
1,00	3,92	32,65	32,65
2,00	1,73	14,41	47,07

3,00	1,35	11,26	58,33
4,00	1,10	9,18	67,51
5,00	0,80	6,65	74,15
6,00	0,71	5,90	80,05
7,00	0,56	4,70	84,75
8,00	0,53	4,40	89,15
9,00	0,49	4,11	93,27
10,00	0,32	2,68	95,95
11,00	0,28	2,32	98,27
12,00	0,21	1,73	100,00

Test de Cattell



Course de vitesse ACP sur variables angulaires

ACP 1 Matrice des corrélations

	I41	I42	I44	I46	I48	I50	I51	I52	I53	I54	I55	I56	I57	I59	I60	I61	I62	I63	I64	I65	I67	I70	I74
I41		0,03	-0,04	-0,06	0,22	-0,11	-0,33	-0,05	-0,09	0,03	0,13	0,06	-0,09	0,27	0,13	0,02	0,14	-0,12	-0,16	0,02	-0,45	0,04	-0,11
I42	0,03	0,74	-0,01	-0,20	0,01	-0,17	-0,05	0,39	0,11	0,09	-0,04	-0,15	-0,05	-0,10	-0,18	0,00	-0,02	-0,13	0,02	-0,01	0,02	-0,08	-0,04
I44	-0,04	-0,01	0,73	-0,59	-0,26	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,05	-0,09	-0,06	-0,03	0,02	-0,15	0,10	0,07	0,06	0,08	0,00	-0,16	0,08
I46	-0,06	-0,20	-0,59	0,76	0,07	-0,05	0,02	-0,05	-0,09	-0,10	-0,09	0,07	0,05	0,08	0,09	0,05	-0,04	0,03	-0,08	-0,04	0,08	-0,04	-0,11
I48	0,22	0,01	-0,26	0,07	0,68	-0,37	0,11	0,08	-0,10	-0,05	0,06	-0,09	-0,07	0,16	0,14	0,16	0,09	0,01	-0,02	-0,12	-0,38	-0,27	0,20

I50	-0,11	-0,17	0,02	-0,05	-0,37	0,67	-0,06	-0,15	0,01	0,08	-0,04	0,12	0,02	0,00	0,03	-0,09	-0,15	-0,02	-0,03	-0,06	0,05	0,25	-0,02
I51	-0,33	-0,05	0,02	0,02	0,11	-0,06	0,62	-0,08	-0,04	-0,01	-0,06	0,02	-0,22	-0,06	-0,04	0,16	0,08	0,15	0,10	-0,13	-0,05	-0,07	0,11
I52	-0,05	0,39	0,03	-0,05	0,08	-0,15	-0,08	0,71	0,15	-0,05	-0,04	-0,55	-0,03	-0,02	-0,03	0,04	-0,02	-0,04	-0,11	0,06	0,04	-0,13	0,06
I53	-0,09	0,11	0,04	-0,09	-0,10	0,01	-0,04	0,15	0,59	-0,13	-0,04	-0,61	0,05	-0,12	-0,08	-0,35	-0,09	-0,07	0,08	0,08	0,08	0,06	0,01
I54	0,03	0,09	0,02	-0,10	-0,05	0,08	-0,01	-0,05	-0,13	0,77	0,01	-0,03	-0,45	-0,04	-0,01	0,01	0,03	-0,13	-0,03	0,05	0,00	0,06	-0,04
I55	0,13	-0,04	0,05	-0,09	0,06	-0,04	-0,06	-0,04	-0,04	0,01	0,66	-0,02	-0,19	-0,03	0,07	0,15	0,09	-0,36	0,04	-0,08	-0,03	-0,05	0,04
I56	0,06	-0,15	-0,09	0,07	-0,09	0,12	0,02	-0,55	-0,61	-0,03	-0,02	0,65	-0,05	0,09	-0,11	0,19	0,02	0,13	-0,02	-0,09	-0,02	0,05	0,02
I57	-0,09	-0,05	-0,06	0,05	-0,07	0,02	-0,22	-0,03	0,05	-0,45	-0,19	-0,05	0,68	0,01	-0,05	-0,04	-0,08	-0,02	0,00	-0,01	0,13	0,00	-0,05
I59	0,27	-0,10	-0,03	0,08	0,16	0,00	-0,06	-0,02	-0,12	-0,04	-0,03	0,09	0,01	0,60	0,00	0,00	-0,07	-0,22	-0,08	0,08	-0,45	-0,04	0,04
I60	0,13	-0,18	0,02	0,09	0,14	0,03	-0,04	-0,03	-0,08	-0,01	0,07	-0,11	-0,05	0,00	0,72	0,03	0,34	0,07	-0,53	-0,05	-0,02	-0,08	0,10
I61	0,02	0,00	-0,15	0,05	0,16	-0,09	0,16	0,04	-0,35	0,01	0,15	0,19	-0,04	0,00	0,03	0,72	0,05	0,11	-0,14	-0,51	0,06	0,02	-0,06
I62	0,14	-0,02	0,10	-0,04	0,09	-0,15	0,08	-0,02	-0,09	0,03	0,09	0,02	-0,08	-0,07	0,34	0,05	0,78	0,15	-0,22	-0,43	-0,03	-0,42	0,14
I63	-0,12	-0,13	0,07	0,03	0,01	-0,02	0,15	-0,04	-0,07	-0,13	-0,36	0,13	-0,02	-0,22	0,07	0,11	0,15	0,66	-0,24	-0,10	-0,07	-0,02	-0,02
I64	-0,16	0,02	0,06	-0,08	-0,02	-0,03	0,10	-0,11	0,08	-0,03	0,04	-0,02	0,00	-0,08	-0,53	-0,14	-0,22	-0,24	0,53	0,09	0,03	-0,05	0,05
I65	0,02	-0,01	0,08	-0,04	-0,12	-0,06	-0,13	0,06	0,08	0,05	-0,08	-0,09	-0,01	0,08	-0,05	-0,51	-0,43	-0,10	0,09	0,81	0,00	-0,05	-0,18
I67	-0,45	0,02	0,00	0,08	-0,38	0,05	-0,05	0,04	0,08	0,00	-0,03	-0,02	0,13	-0,45	-0,02	0,06	-0,03	-0,07	0,03	0,00	0,69	-0,15	-0,09
I70	0,04	-0,08	-0,16	-0,04	-0,27	0,25	-0,07	-0,13	0,06	0,06	-0,05	0,05	0,00	-0,04	-0,08	0,02	-0,42	-0,02	-0,05	-0,05	-0,15	0,80	-0,51
I74	-0,11	-0,04	0,08	-0,11	0,20	-0,02	0,11	0,06	0,01	-0,04	0,04	0,02	-0,05	0,04	0,10	-0,06	0,14	-0,02	0,05	-0,18	-0,09	-0,51	0,83

ACP 2 sur variables angulaires

Matrice des corrélations

	I42	I44	I46	I48	I50	I51	I52	I53	I54	I55	I56	I57	I59	I60	I61	I62	I63	I64	I65	I67	I70	I74
I42	0,74	-0,01	-0,20	0,00	-0,17	-0,04	0,39	0,11	0,09	-0,04	-0,16	-0,04	-0,11	-0,19	0,00	-0,02	-0,12	0,02	-0,01	0,03	-0,08	-0,04
I44	-0,01	0,73	-0,59	-0,26	0,01	0,01	0,03	0,04	0,02	0,05	-0,09	-0,07	-0,03	0,02	-0,15	0,11	0,07	0,06	0,08	-0,02	-0,16	0,07
I46	-0,20	-0,59	0,75	0,09	-0,06	0,00	-0,05	-0,10	-0,10	-0,08	0,08	0,05	0,10	0,10	0,05	-0,03	0,02	-0,09	-0,04	0,06	-0,04	-0,11
I48	0,00	-0,26	0,09	0,70	-0,36	0,20	0,09	-0,08	-0,06	0,03	-0,10	-0,05	0,11	0,12	0,16	0,07	0,04	0,02	-0,13	-0,32	-0,29	0,23
I50	-0,17	0,01	-0,06	-0,36	0,68	-0,10	-0,15	0,00	0,09	-0,03	0,12	0,01	0,03	0,04	-0,09	-0,14	-0,03	-0,04	-0,06	0,01	0,26	-0,04
I51	-0,04	0,01	0,00	0,20	-0,10	0,52	-0,10	-0,07	0,00	-0,02	0,04	-0,26	0,03	0,01	0,17	0,14	0,12	0,05	-0,13	-0,24	-0,06	0,08
I52	0,39	0,03	-0,05	0,09	-0,15	-0,10	0,71	0,14	-0,05	-0,03	-0,55	-0,03	-0,01	-0,02	0,04	-0,01	-0,04	-0,12	0,06	0,02	-0,13	0,06
I53	0,11	0,04	-0,10	-0,08	0,00	-0,07	0,14	0,60	-0,13	-0,03	-0,60	0,05	-0,10	-0,07	-0,35	-0,08	-0,08	0,07	0,08	0,04	0,06	0,00
I54	0,09	0,02	-0,10	-0,06	0,09	0,00	-0,05	-0,13	0,77	0,00	-0,04	-0,45	-0,05	-0,01	0,01	0,02	-0,12	-0,02	0,05	0,02	0,06	-0,04
I55	-0,04	0,05	-0,08	0,03	-0,03	-0,02	-0,03	-0,03	0,00	0,69	-0,03	-0,18	-0,07	0,05	0,15	0,08	-0,35	0,06	-0,08	0,04	-0,06	0,05
I56	-0,16	-0,09	0,08	-0,10	0,12	0,04	-0,55	-0,60	-0,04	-0,03	0,65	-0,05	0,08	-0,12	0,19	0,01	0,14	-0,01	-0,09	0,01	0,05	0,03
I57	-0,04	-0,07	0,05	-0,05	0,01	-0,26	-0,03	0,05	-0,45	-0,18	-0,05	0,67	0,04	-0,04	-0,04	-0,07	-0,03	-0,01	0,00	0,10	0,00	-0,06
I59	-0,11	-0,03	0,10	0,11	0,03	0,03	-0,01	-0,10	-0,05	-0,07	0,08	0,04	0,69	-0,04	0,00	-0,11	-0,20	-0,04	0,08	-0,38	-0,05	0,07
I60	-0,19	0,02	0,10	0,12	0,04	0,01	-0,02	-0,07	-0,01	0,05	-0,12	-0,04	-0,04	0,73	0,03	0,33	0,09	-0,52	-0,05	0,05	-0,09	0,12
I61	0,00	-0,15	0,05	0,16	-0,09	0,17	0,04	-0,35	0,01	0,15	0,19	-0,04	0,00	0,03	0,72	0,05	0,12	-0,14	-0,51	0,08	0,02	-0,06
I62	-0,02	0,11	-0,03	0,07	-0,14	0,14	-0,01	-0,08	0,02	0,08	0,01	-0,07	-0,11	0,33	0,05	0,78	0,17	-0,20	-0,44	0,03	-0,43	0,16
I63	-0,12	0,07	0,02	0,04	-0,03	0,12	-0,04	-0,08	-0,12	-0,35	0,14	-0,03	-0,20	0,09	0,12	0,17	0,65	-0,26	-0,10	-0,14	-0,02	-0,03
I64	0,02	0,06	-0,09	0,02	-0,04	0,05	-0,12	0,07	-0,02	0,06	-0,01	-0,01	-0,04	-0,52	-0,14	-0,20	-0,26	0,55	0,09	-0,05	-0,04	0,03
I65	-0,01	0,08	-0,04	-0,13	-0,06	-0,13	0,06	0,08	0,05	-0,08	-0,09	0,00	0,08	-0,05	-0,51	-0,44	-0,10	0,09	0,81	0,01	-0,05	-0,18
I67	0,03	-0,02	0,06	-0,32	0,01	-0,24	0,02	0,04	0,02	0,04	0,01	0,10	-0,38	0,05	0,08	0,03	-0,14	-0,05	0,01	0,76	-0,14	-0,15
I70	-0,08	-0,16	-0,04	-0,29	0,26	-0,06	-0,13	0,06	0,06	-0,06	0,05	0,00	-0,05	-0,09	0,02	-0,43	-0,02	-0,04	-0,05	-0,14	0,79	-0,51
I74	-0,04	0,07	-0,11	0,23	-0,04	0,08	0,06	0,00	-0,04	0,05	0,03	-0,06	0,07	0,12	-0,06	0,16	-0,03	0,03	-0,18	-0,15	-0,51	0,82

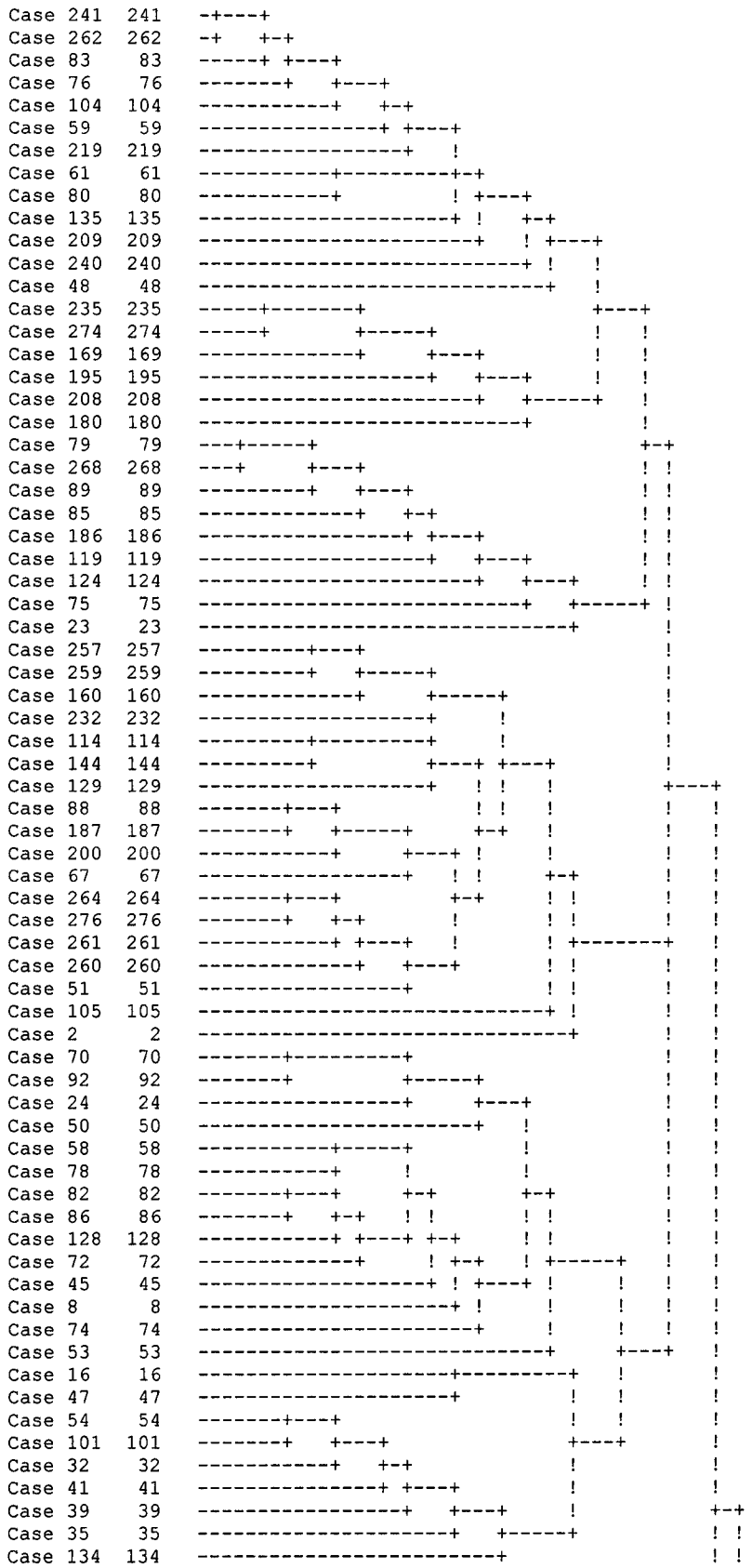
Test de Kaiser et test des 75 %

Variance expliquée totale			
	Valeurs propres initiales		
Composante	Total	% de la variance	% cumulés
1,00	5,05	22,96	22,96
2,00	2,98	13,53	36,49
3,00	2,27	10,30	46,79
4,00	1,48	6,74	53,54
5,00	1,23	5,58	59,12
6,00	1,21	5,49	64,61
7,00	1,02	4,64	69,24
8,00	0,98	4,44	73,68
9,00	0,81	3,70	77,38
10,00	0,77	3,51	80,89
11,00	0,64	2,90	83,79
12,00	0,53	2,43	86,22
13,00	0,51	2,31	88,54
14,00	0,44	1,98	90,52
15,00	0,40	1,80	92,32
16,00	0,35	1,60	93,91
17,00	0,31	1,43	95,34
18,00	0,28	1,27	96,62

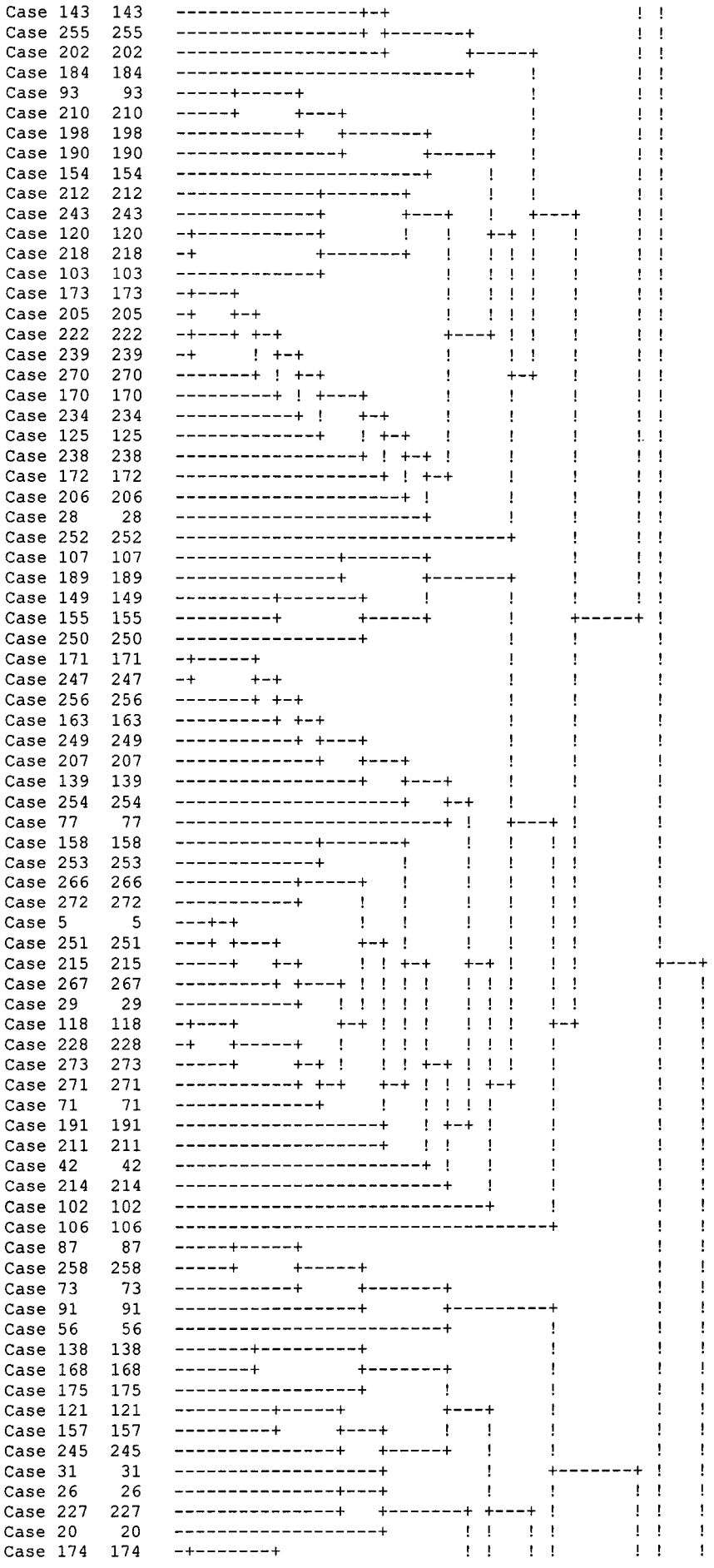
Variance expliquée totale			
	Valeurs propres initiales		
19,00	0,24	1,10	97,71
20,00	0,21	0,98	98,69
21,00	0,15	0,69	99,38
22,00	0,14	0,62	100,00

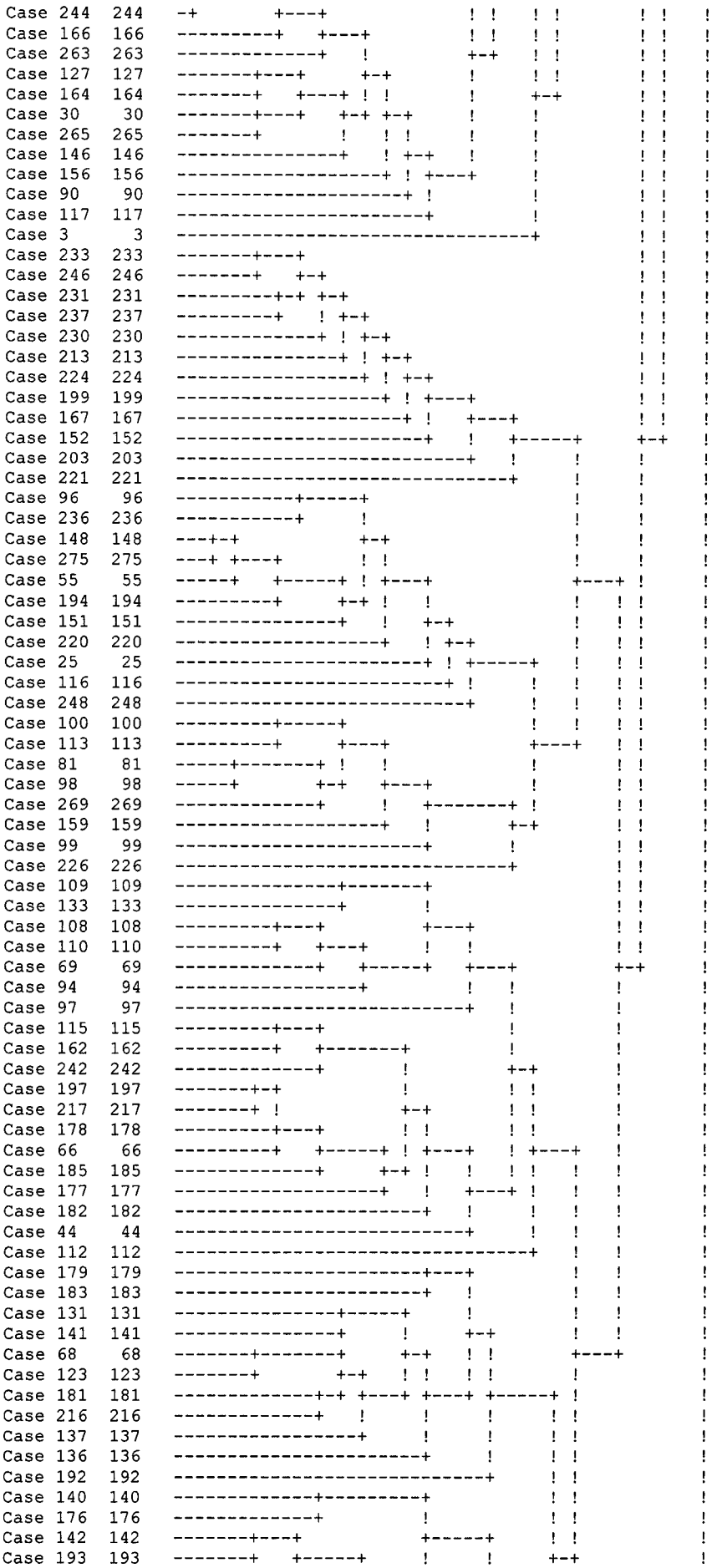
ANNEXE XIII. : TRI HIERARCHIQUE COURSE DE VITESSE

course de vitesse en 6 classes



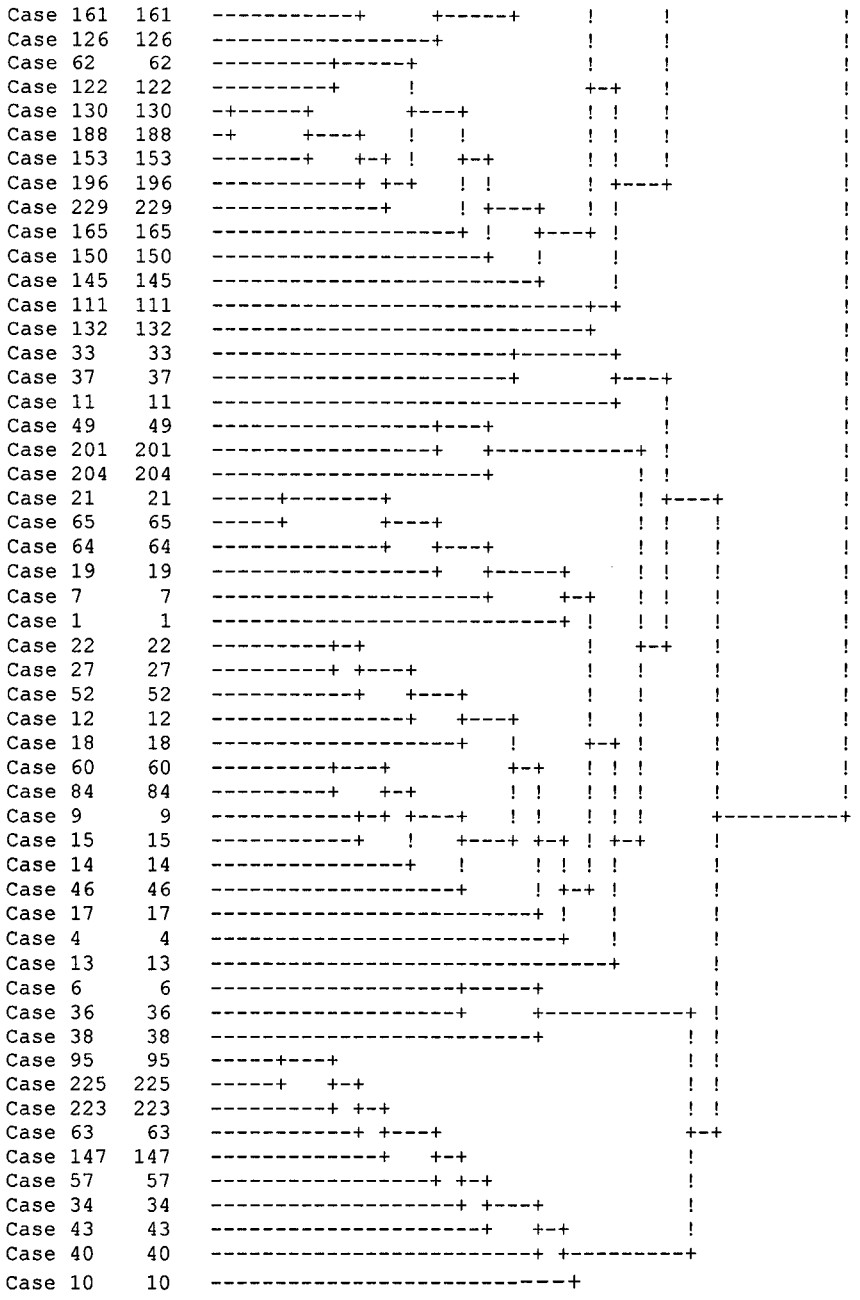
Classe 2


Case 143 143
Case 255 255
Case 202 202
Case 184 184
Case 93 93
Case 210 210
Case 198 198
Case 190 190
Case 154 154
Case 212 212
Case 243 243
Case 120 120
Case 218 218
Case 103 103
Case 173 173
Case 205 205
Case 222 222
Case 239 239
Case 270 270
Case 170 170
Case 234 234
Case 125 125
Case 238 238
Case 172 172
Case 206 206
Case 28 28
Case 252 252
Case 107 107
Case 189 189
Case 149 149
Case 155 155
Case 250 250
Case 171 171
Case 247 247
Case 256 256
Case 163 163
Case 249 249
Case 207 207
Case 139 139
Case 254 254
Case 77 77
Case 158 158
Case 253 253
Case 266 266
Case 272 272
Case 5 5
Case 251 251
Case 215 215
Case 267 267
Case 29 29
Case 118 118
Case 228 228
Case 273 273
Case 271 271
Case 71 71
Case 191 191
Case 211 211
Case 42 42
Case 214 214
Case 102 102
Case 106 106
Case 87 87
Case 258 258
Case 73 73
Case 91 91
Case 56 56
Case 138 138
Case 168 168
Case 175 175
Case 121 121
Case 157 157
Case 245 245
Case 31 31
Case 26 26
Case 227 227
Case 20 20
Case 174 174
Classe 4
Classe 3



Classe5

Classe 6



Arbre hiérarchique des individus en course de vitesse en 6 classes

ANNEXE XIV. : FICHE DE RENSEIGNEMENTS INDIVIDUELS

Identité

Nom : ..... Prénom : .....date de naissance : .....

Diplômes scolaires ou universitaires obtenus : .....

Diplômes sportifs : .....

.....

.....

Vécu en athlétisme :

Pratique de club : Pratique en UNSS :

Expérience dans l'enseignement de la course :

En Cycle 1 :

Aucune une leçon Une Unité d'apprentissage Plusieurs Unité d'apprentissage

En Cycle 2 :

Aucune une leçon Une Unité d'apprentissage Plusieurs Unité d'apprentissage

En Cycle3 :

Aucune une leçon Une Unité d'apprentissage Plusieurs Unité d'apprentissage

Questionnaire

1- Pour vous en 5 mots, la course de vitesse c'est :

2- Définissez la course de vitesse :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3- En 5 mots maximum, quand un élève est en pleine vitesse, que regardez-vous ?

4- Classez par ordre d'importance de 1 à 4 (1le plus important à 4 le moins important) la partie de la course que vous travailleriez avec vos élèves :

Le départ (réaction au signal) ☐

La mise en action ☐

La phase de vitesse stabilisée ☐

Le final ☐

5- Quels sont les critères de réalisation que vous proposeriez pour la phase de vitesse stabilisée

.....

.....

.....

.....

6- Si vous entraînez vos élèves à la course où vous placez-vous pour les observer : (entourez la ou les bonnes réponses)

Au départ Au milieu sur le côté : A la fin :

Ailleurs (précisez) :

7- Dans la phase de vitesse stabilisée, quels sont les conseils que vous donneriez à vos élèves ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8- En sprint, quelles différences faites vous entre un coureur bon coureur et un coureur de niveau faible au niveau des mouvements

* des bras

* du tronc

* de la cuisse

*de la jambe

* du pied

ANNEXE XV. : CRITERES D'OBSERVATION DE LA COURSE DE VITESSE EXPRIMES PAR LES STAGIAIRES PE.

	Critères de réalisation	Nb de réponses en %
généraux	âge	2
	respiration	13
	capacité à fournir un effort court	4
	motivation	6
	tenue	2
	allure générale	25
	course rectiligne	10
	régularité de la course, gestion	17
	comparaisons entre les enfants	4
	accélération	6
	façon de courir	2
	position du corps	13
	trajectoire du centre de gravité	2
	esthétique	8
	aisance	6
	coordination	2
	foulée	19
	position du départ	44
	réaction au départ	27
	arrivée	29
[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]

ANNEXE XVI. : CD ROM N° 1

ANNEXE XVII. : LE NIVEAU 4 D'HABILETE.

Le niveau 4 présente alors les caractéristiques suivantes :

XVII.1. Les performances

Le tableau ci-dessous indique les performances moyennes et pondérées des individus de niveau 4.

Tableau 14 : Performances moyennes et pondérées des enfants de niveau 4

Indicateurs de performance	Valeurs
Vitesse moyenne	507 cm.s-1 ± 86
Vitesse pondérée	397 cm.s-1 ± 46
Amplitude moyenne	270 cm ± 45
Amplitude pondérée	211 cm ± 23
Indice oreille	6 cm ± 2
Indice pondéré	8 cm ± 2
Fréquence	3.8 Hz ± 0. 3
Rapport suspension/appui	0.65 ± 0.13

Par rapport au niveau 3, la vitesse et l'amplitude augmentent sensiblement, la fréquence reste la même, mais nous avons encore des écarts-types importants.

La performance de ce groupe est comparable à celles des enfants de 9 ans selon Balsevich (1987) ou de 7 à 8 ans selon Marino & McDonald (1987).

Le rapport temps de suspension/temps d'appui augmente légèrement par rapport à celui du niveau 3. Il situe les enfants dans la tranche d'âge des 6-7 ans selon Miyamaru & al 1987, mais dans la tranche des 9-10 ans selon Balsevich (1987). Dans le détail, le timing des événements caractéristiques pour ce niveau est le suivant :

Tableau 15 :Timing des événements caractéristiques en pourcentage de la durée du cycle de l'habileté de niveau 1.

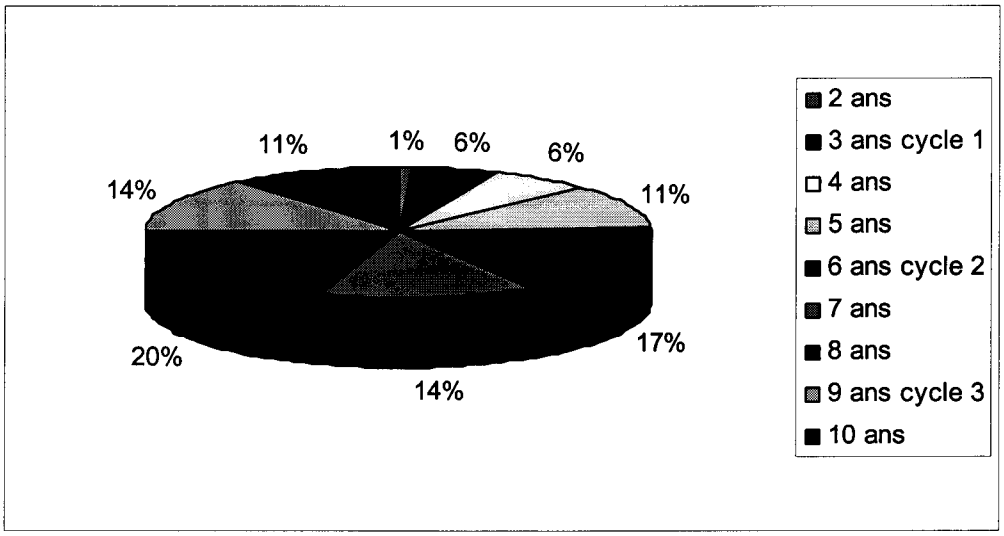
Appui		Retour jambe libre		
PG	QG	PD	QD	PG
0%	30% ±4	51% ±3	80% ±4	100%

La durée de l'appui diminue, l'appui est beaucoup plus bref qu'au niveau 3. Un appui ne représente plus que 30% (±4) de la durée du cycle. Il existe toujours des foulées asymétriques sans que l'on puisse dire s'il existe une évolution.

XVII.2. La population

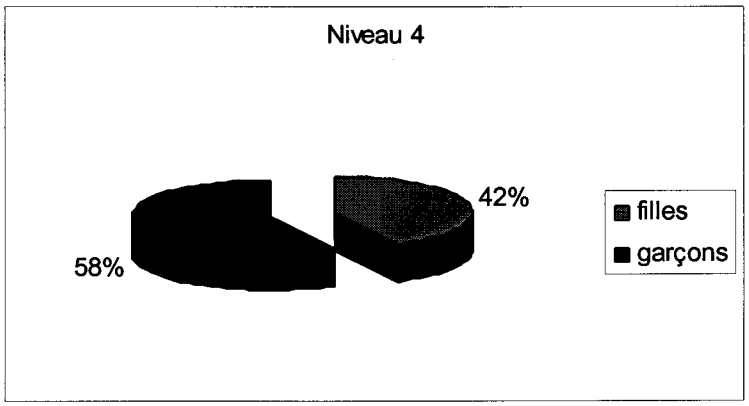
La composition de la population de l'habileté de niveau 4 s'établit ainsi :

Figure 5 : Répartition par âge de la population pour l'habileté de niveau 4 en pourcentage.



Le niveau 4, tout comme le niveau 3, regroupe des individus de toutes les classes d'âge. Nous pouvons noter qu'un enfant de 2 ans manifeste déjà ce niveau d'habileté très élaboré et qu'ils sont 6 en petite section à montrer ce même niveau. Les élèves de cycle 2 sont majoritairement représentés dans ce niveau d'habileté. Comme pour les niveaux précédents, nous allons examiner la composition de la population au regard du sexe. Le graphique ci-dessous nous montre la répartition en pourcentage des garçons et des filles.

Figure 6 : Répartition par sexe de la population pour l'habileté de niveau 4 en pourcentage.



Ce niveau 4 qui est plus élaboré, est composé majoritairement par des garçons. C'est la première fois que les garçons deviennent majoritaires dans un niveau d'habileté donné.

La répartition de la population en fonction de l'âge dans le tableau ci-dessous nous permet de mieux comprendre comment la population se répartit en fonction de l'âge dans ce niveau d'habileté.

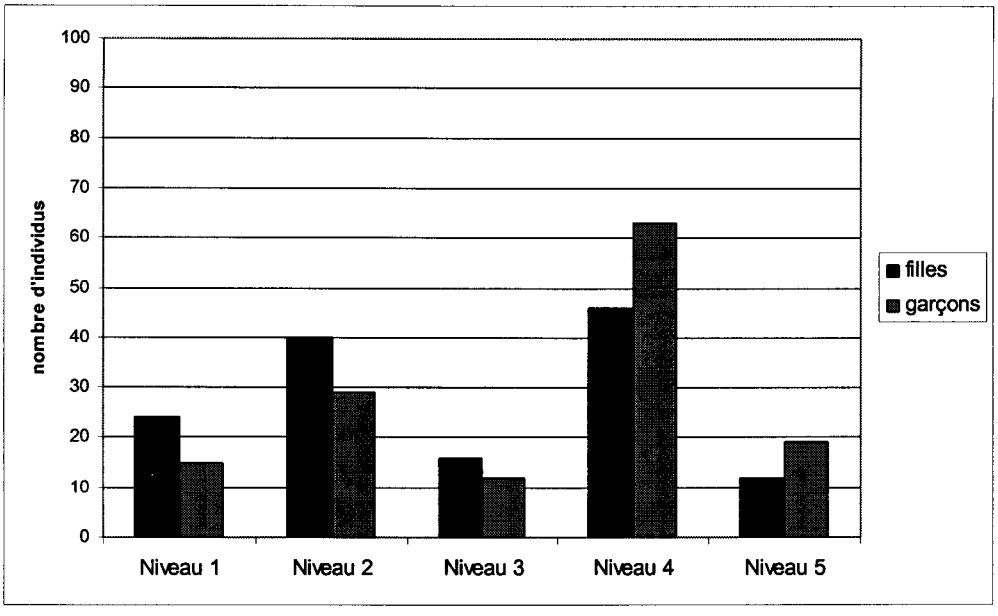
Tableau 16 : Répartition filles/garçons pour le niveau 4 d'habileté en course de vitesse.

Cycle	Classe	Sexe Age	Nb de Filles	Nb de Garçons
Cycle 1	Toute petite section	2 - 3 ans	0	1
	Petite section	3 - 4 ans	4	2
	moyenne section	4 -5 ans	1	6
Cycle 2	Grande section	5 -6ans	7	5
	Cours préparatoire	6 - 7 ans	7	12
	Cours élémentaire 1	7 - 8 ans	7	8
Cycle 3	cours élémentaire 2	8 - 9 ans	10	12
	Cours moyen 1	9 - 10 ans	7	8
	Cours moyen 2	10 - 11 ans	3	9

Sauf dans deux niveaux d'âge, les 3-4 ans et les 5-6 ans où les filles sont majoritaires, à tous les autres âges le nombre de garçons est supérieur au nombre de filles. Les différences sont faibles pour certains âges, alors que pour d'autres les différences sont beaucoup plus nettes.

Le graphique ci-dessous reprend le nombre de garçons et de filles par rapport au niveau d'habileté.

Figure 7 : Variations du nombre de garçons et de filles en fonction du niveau d'habileté.



Si nous examinons l'évolution de la composition de la population par niveau d'habileté, nous constatons que dans les niveaux inférieurs, ce sont les filles qui sont majoritaires alors que dans les niveaux supérieurs, ce sont les garçons.

Les différences existent entre garçons et filles d'une manière globale et statistique. Mais nous retrouvons des individus des deux sexes à tous les niveaux. Nous ne pouvons donc pas imputer au seul sexe les différences entre les garçons et les filles et, comme l'a souligné Atwater (1990), une grande partie des différences est culturelle et relève des sollicitations différentes du milieu envers les garçons et les filles.

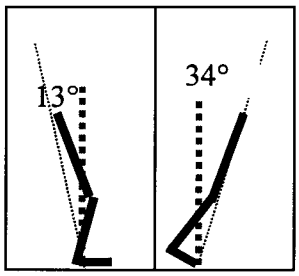
XVII.3. L'organisation motrice

Le niveau 4 de l'habileté motrice en course de vitesse chez les enfants se caractérise par les mesures angulaires suivantes

XVII.3.1. Le secteur angulaire balayé par la hanche

Les illustrations ci-dessous représentent le secteur angulaire balayé par la chaîne motrice autour du pied pendant l'appui.

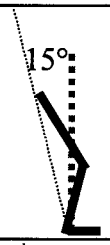
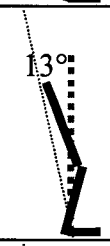
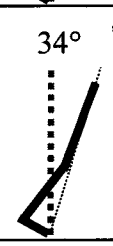
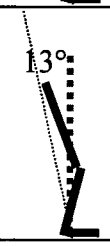
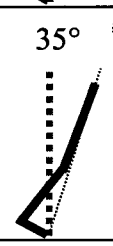
Figure 8 : Angle hanche/talon/verticale au posé et angle hanche/pointe/verticale au quitté pour l'habileté de niveau 4.



Au moment du posé l'angle hanche/talon/verticale est de 13° ± 6, au moment du quitté l'angle hanche/pointe/verticale est de 34° ± 5. A ce niveau d'habileté, nous constatons que, au moment du posé, le pied se pose plus à la verticale du tronc.

Le tableau ci-dessous met en perspective les niveaux 3, 4 et 5.

Figure 9 : Variations hanche-talon/verticale et de l'angle hanche/pointe/verticale en fonction des niveaux 3, 4 et 5 d'habileté en course de vitesse.

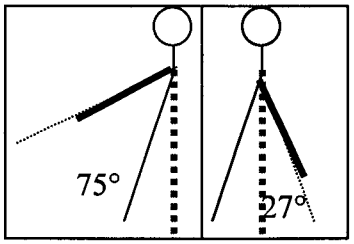
Niveau	Angle hanche /talon/verticale au posé en degré.	Angle hanche/pointe/verticale au quitté en degré
Niveau 3		
Niveau 4		
Niveau 5		

Si nous mettons en perspective les valeurs des angles pour les niveaux 3, 4 et 5 nous constatons pour le posé une évolution dans le sens d'une diminution de l'angle et pour le quitté une variation dans le sens d'une augmentation de l'angle. Ces transformations vont dans le sens d'une plus grande efficacité (Piron 1987, Piasenta 1988, Piasenta 1994, Pradet & Hubiche 1994). Au posé, le pied se place davantage sous la verticale du centre de gravité, au quitté l'impulsion est plus orientée vers l'avant, ce qui marque un progrès dans l'efficacité de la phase d'appui en course.

XVII.3.2. L'oscillation des bras

L'illustration ci-dessous permet de visualiser le secteur angulaire décrit par le bras en course de vitesse pour les élèves de niveau 4.

Figure 10 : Extension maximale et flexion maximale du bras pour l'habileté de niveau 4.



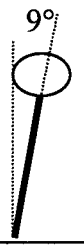
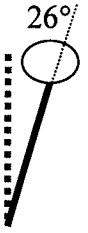
Le mouvement en flexion est de 27° ± 23, le mouvement en extension est de 75° ± 15. Comme pour les autres niveaux, il existe de grandes différences de comportements entre les enfants de niveaux 4 en particulier pour les mouvements de flexion. Globalement la flexion devient plus importante et se rapproche des données de l'adulte signalées par Hinrichs (1985).

En extension, le mouvement moyen se réduit considérablement par rapport à ceux du niveau 3 ou du niveau 5 (85° pour les deux niveaux). Tout se passe comme si les mouvements des bras oscillaient autour des valeurs des adultes aux alentours de 80°, tantôt plus (85°) pour les niveaux 3 et 5, et tantôt moins pour le niveau 4 (75°), comme si les enfants procédaient par tâtonnement pour trouver le comportement le plus adapté. Mais les écarts types importants rendent peu significatifs ces différences entre les niveaux pour les mouvements des bras.

XVII.3.3. Les mouvements au niveau du tronc

Les mouvements du tronc en course au niveau 4 d'habileté sont illustrés dans la figure ci-dessous par les valeurs des inclinaisons maximales et minimales. Pour comprendre l'évolution nous présenterons, en parallèle, les valeurs de tous les niveaux.

Figure 11 : Inclinaison maximale et minimale du tronc en course de vitesse pour les tous les niveaux.

Niveau	Inclinaison maximale en degré	Inclinaison minimale en degré
Niveau 1		
Niveau 2		
Niveau 3		
Niveau 4		
Niveau 5		

Pour l'habileté de niveau 4, l'inclinaison maximale est de 21° ± 5, l'inclinaison minimale est de 9° ± 5. Il apparaît quand nous examinons l'évolution de l'inclinaison du tronc en fonction du niveau d'habileté que, en même temps que les performances s'améliorent, les enfants courent de plus en plus inclinés jusqu'au niveau 3. Au niveau 4, une rupture survient. Le niveau 4 est supérieur au niveau 3 de par la performance, mais ce progrès se fait avec un tronc qui se redresse. Puis de nouveau au niveau 5, les progrès en performance s'accompagnent d'une inclinaison plus importante du tronc en course.

Nous savons que chez l'adulte en sprint le tronc est moins incliné que chez les enfants. Les travaux de Keller (1992) Wickstrom (1975, 1977, 1983) indiquaient cette forte inclinaison du tronc en course, comme le stade final de la course chez l'enfant. Le sens des variations étant d'un tronc redressé au stade initial à un tronc incliné au stade final. Si le

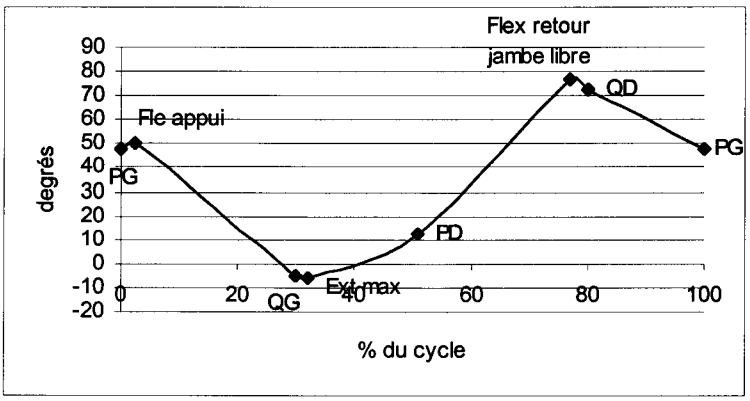
niveau 5 correspond à une course inclinée, il existe un niveau intermédiaire où, tout en en améliorant leur performance, les enfants courent dans une position moins inclinée. Nous montrons que le cheminement n'est pas linéaire, d'une course tronc redressé au niveau 1 à une course tronc très incliné au niveau 5. Nous trouvons au niveau 4 des enfants qui courent plus efficacement mais avec un tronc plus redressé.

Tout se passe comme si pour accélérer les enfants avaient besoin d'une plus grande inclinaison en course dans un premier temps, puis au niveau 4, ils trouvent d'autres moyens en redressant le tronc. L'étape suivante est alors une nouvelle inclinaison pour améliorer les performances, l'étape ultime chez l'adulte étant une position qui s'oriente vers celle trouvée au niveau 4.

XVII.3.4. Les mouvements au niveau de la hanche

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la hanche au cours du cycle en course à vitesse maximale pour les coureurs de niveau 4.

Figure 12 : Variation de l'angle de la hanche en degrés, à différents moments du cycle en pourcentage pour l'habileté de niveau 4.



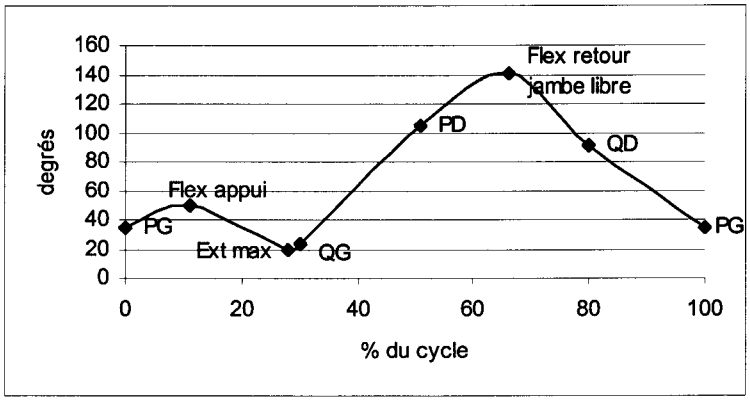
A ce niveau , au moment du posé l'angle est de 48° ± 8. Une flexion de faible ampleur se produit juste après le contact, à 2.5% du cycle. Elle est de 50° ± 9. Puis une extension commence qui se termine juste après le quitté à 32% du cycle alors que le quitté se produit à 30% du cycle. Cette extension atteint –6° ± 8. Puis une flexion se produit dans la première partie de la phase de retour de la jambe libre, la flexion se termine à 77% du cycle, soit juste avant le quitté controlatéral. Cette flexion amène la hanche à un angle de 77° ± 8. Une extension se produit alors, préparatoire au posé. Cette extension se termine au moment du posé.

La hanche est plus fléchie au niveau 4 qu'au niveau 3 au moment du posé, la flexion qui suit le posé se produit sensiblement au même moment mais elle est relativement moins importante ce qui traduit un plus grand contrôle de cette articulation au moment de l'impact de la pose de l'appui. Au moment du quitté, l'extension est plus importante qu'au niveau inférieur. Cette extension manifeste une plus grande poussée qui explique l'angle hanche–pointe/verticale plus important à ce niveau. Par contre sa valeur négative indique un manque de contrôle au niveau de l'articulation de la hanche à ce moment du cycle de course.

XVII.3.5. Les mouvements au niveau du genou

La courbe ci-dessous représente les variations de l'angle du genou au cours du cycle en course à vitesse maximale pour le niveau 4.

Figure 13 : Angle du genou en degré, à différents moments du cycle en pourcentage pour l'habileté de niveau 4.



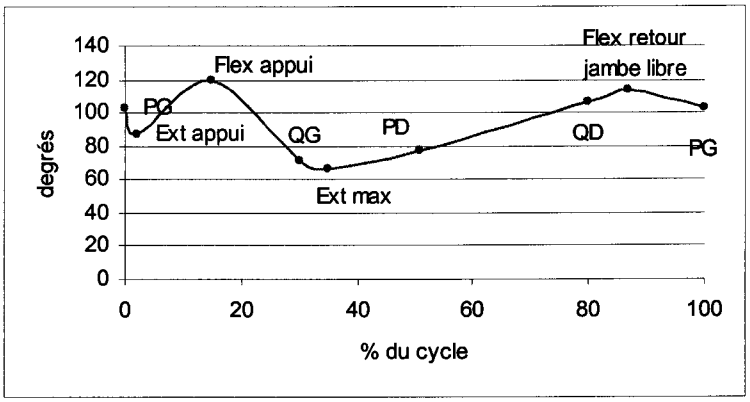
Pour les élèves de niveau d'habileté 4, au moment du posé, l'angle du genou est 35° ± 7. Une flexion de 14° ± 4 se produit alors. Elle se termine à 11% du cycle. Une extension commence, elle se termine à 28% du cycle juste avant le quitté qui, lui, a lieu à 30% du cycle. L'extension maximale est de 20° ± 6. La flexion commence alors et se termine à 66% du cycle, l'extension préparatoire à la pose du pied débute à ce moment, elle s'arrête au moment du posé.

L'extension au moment du quitté est plus importante qu'aux niveaux inférieurs, ce qui permet de penser que la poussée est de meilleure qualité. La flexion dans le retour de la jambe libre augmente ce qui traduit un retour plus haut de la cheville sous l'appui, donc une foulée meilleure.

XVII.3.6. Les mouvements au niveau de la cheville

Le graphique ci-dessous représente les variations de l'angle de la cheville en course à vitesse maximale pour des élèves de niveau 4.

Figure 14 : Angle de la cheville en degrés, aux différents moments du cycle, en pourcentage pour l'habileté de niveau 4.



Au moment du posé, la cheville se présente avec un angle de 102 ° ± 10. Une extension se produit juste après le posé, après 2% du cycle et l'amplitude du mouvement est de 15°. Ensuite la cheville fléchit, la flexion se termine à 15% de la durée du cycle et amène la cheville à un angle de 120° ± 5. L'extension suivante se termine après le quitté, à 35 % du cycle, le quitté lui se produit à 30% du cycle. L'extension maximale, dans la phase de retour de la jambe libre est de 66° ± 8. Pendant la phase de retour de la jambe libre, la cheville fléchit pour atteindre 114° ± 6, à 87 % de la durée du cycle. Une extension préparatoire à la pose d'appui se produit alors.

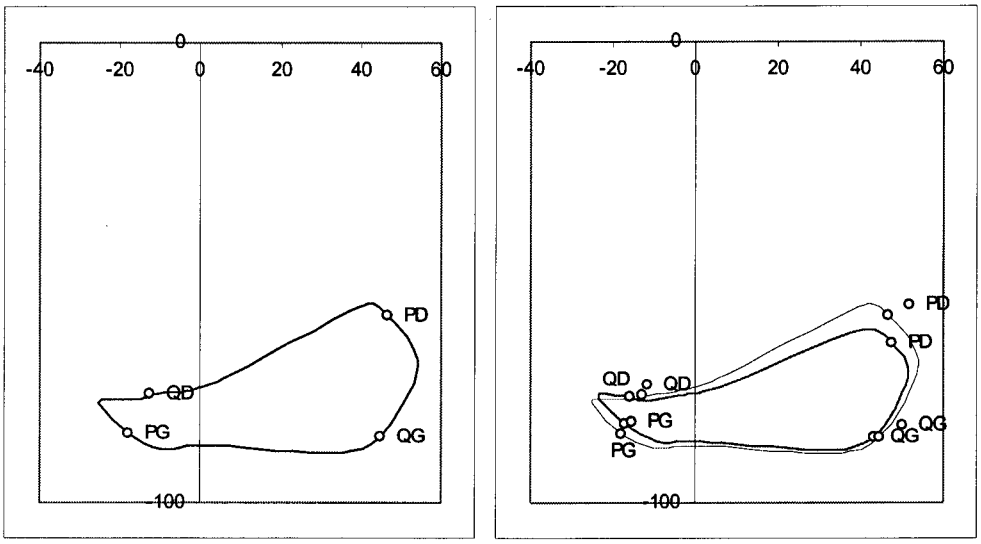
A ce niveau, les enfants posent davantage le pied à plat, ils ne sont plus que 27% à attaquer le sol par le talon. Ce pourcentage correspond au pourcentage trouvé par Payne (1983) pour des coureurs adultes.

L'extension en début d'appui dont nous avons discuté au chapitre 2, existe toujours. L'amplitude des mouvements de la cheville chez les enfants de niveau 4 reste importante comparée à celle des adultes en sprint, ce qui montre qu'il reste des progrès à réaliser dans le contrôle de cette articulation.

XVII.4. Modélisation du niveau 4 : la poulaine

L'habileté de niveau 4 peut être modélisée par la poulaine moyenne de la classe 4. Pour situer ce niveau d'habileté, nous avons superposé les courbes des poulaines de niveau 3 (en rouge) et de niveau 4 (en bleu).

Figure 15 : Poulaine de l'habileté de niveau 4 et du niveau 3.



Les transformations de la poulaine se font dans le sens d'une augmentation de l'épaisseur de la poulaine, une augmentation de sa corne avant et une augmentation de la bosse arrière.

En pourcentage, la longueur de la corne avant représente 32% de la longueur totale ce qui montre une légère augmentation par rapport au niveau d'habileté 3. Cette augmentation traduit un redressement du tronc, une montée plus importante de la cuisse dans la deuxième partie du retour de la jambe libre (26° pour 31° au niveau 3).

La bosse arrière très marquée indique un retour du talon plus haut dans la première partie de la phase de retour de la jambe libre.

Les posés et quittés s'écartent, ce qui montre une augmentation de la durée de la phase de suspension, donc un appui plus efficace.

XVII.5. Conclusion

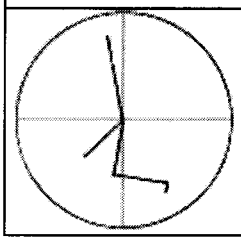
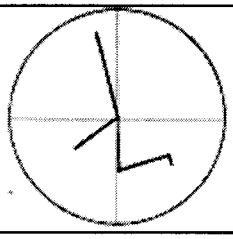
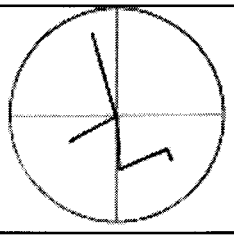
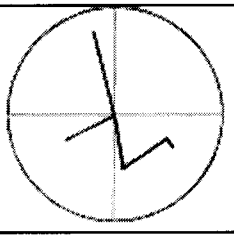
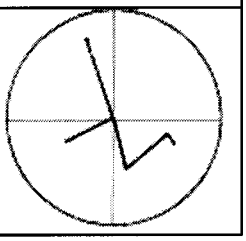
Le coureur de niveau 4 se caractérise par une course avec un tronc relativement redressé. L'amplitude de la foulée augmente grâce à un appui plus efficace, une amplitude au niveau des mouvements des bras plus contrôlée. Le retour arrière au niveau du talon se fait plus haut, en cycle arrière, mais l'augmentation du rapport corne avant/bosse arrière indique que les enfants à ce niveau cherchent à rééquilibrer leur course et à passer en cycle avant.

Ce sont majoritairement des garçons qui montrent ce niveau d'habileté et la pose du pied au moment de l'appui se fait par la plante de pied pour plus des ¾ des individus qui montrent ce niveau d'habileté.

ANNEXE XVIII. : CD ROM N° 2

ANNEXE XIX. : FICHE D'OBSERVATION D'UNE CLASSE

Vous devez classer à nouveau les élèves de la classe. Vous pouvez utiliser comme repères les 5 niveaux d'habileté

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5
				

coureur	Niveau estimé
Coureur 1	
Coureur 2	
Coureur 3	
Coureur 4	
Coureur 5	
Coureur 6	
Coureur 7	
Coureur 8	
Coureur 9	
Coureur 10	
Coureur 11	
Coureur 12	
Coureur 13	
Coureur 14	
Coureur 15	
Coureur 16	
Coureur 17	
Coureur 18	
Coureur 19	
Coureur 20	
Coureur 21	

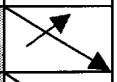
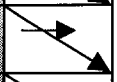
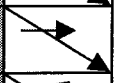
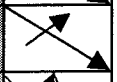
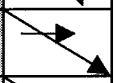
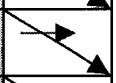
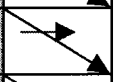
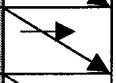
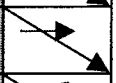
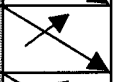
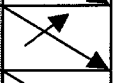
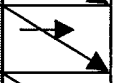
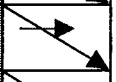
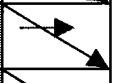
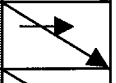
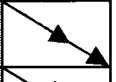
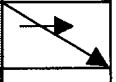
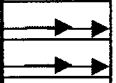
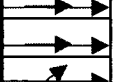
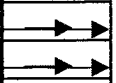
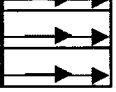
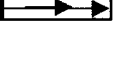
ANNEXE XX. : DIFFERENTIEL ENTRE LE PRE TEST ET LE POST TEST EN FONCTION DU NIVEAU D'EVALUATION AU PRE TEST

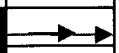
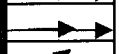
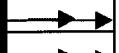
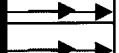
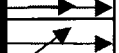
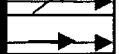
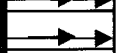
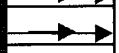
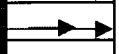
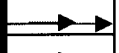
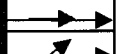
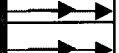
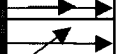
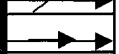
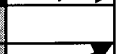
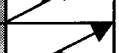
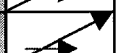
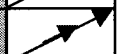
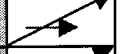
	pré test	post test	différentiel
n114	10	3	-7
n106	11	5	-6
n115	8	2	-6
n107	10	5	-5
n99	10	6	-4
n108	9	5	-4
n86	10	7	-3
n100	9	6	-3
n111	7	4	-3
n76	10	8	-2
n77	10	8	-2
n87	9	7	-2
n88	9	7	-2
n89	9	7	-2
n90	9	7	-2
n101	8	6	-2
n109	7	5	-2
n112	6	4	-2
n10	14	13	-1
n40	11	10	-1
n41	11	10	-1
n62	10	9	-1
n63	10	9	-1
n102	7	6	-1
n42	10	10	0
n43	10	10	0
n64	9	9	0
n65	9	9	0
n66	9	9	0
n67	9	9	0
n78	8	8	0
n79	8	8	0
n80	8	8	0
n91	7	7	0
n103	6	6	0
n104	6	6	0
n110	5	5	0
n113	4	4	0
n18	11	12	1
n68	8	9	1
n69	8	9	1
n70	8	9	1

	pré test	post test	différentiel
n71	8	9	
n72	8	9	
n81	7	8	
n92	6	7	
n93	6	7	
n94	6	7	
n105	5	6	
n19	10	12	
n28	9	11	
n29	9	11	
n30	9	11	
n31	9	11	
n44	8	10	
n45	8	10	
n46	8	10	
n47	8	10	
n48	8	10	
n73	7	9	
n82	6	8	
n83	6	8	
n32	8	11	
n49	7	10	
n50	7	10	
n51	7	10	
n84	5	8	
n95	4	7	
n96	4	7	
n97	4	7	
n20	8	12	
n21	8	12	
n22	8	12	
n33	7	11	
n34	7	11	
n52	6	10	
n53	6	10	
n54	6	10	
n74	5	9	
n85	4	8	
n98	3	7	
n3	11	16	
n11	8	13	
n12	8	13	
n23	7	12	
n24	7	12	
n25	7	12	
n35	6	11	
n36	6	11	

	pré test	post test	différentiel
n75	4	9	[illegible]
n5	8	14	[illegible]
n6	8	14	[illegible]
n13	7	13	[illegible]
n14	7	13	[illegible]
n15	7	13	[illegible]
n16	7	13	[illegible]
n26	6	12	[illegible]
n27	6	12	[illegible]
n37	5	11	[illegible]
n38	5	11	[illegible]
n55	4	10	[illegible]
n56	4	10	[illegible]
n57	4	10	[illegible]
n1	11	18	[illegible]
n2	11	18	[illegible]
n4	9	16	[illegible]
n7	7	14	[illegible]
n17	6	13	[illegible]
n39	4	11	[illegible]
n58	3	10	[illegible]
n59	3	10	[illegible]
n60	3	10	[illegible]
n61	3	10	[illegible]
n8	5	14	[illegible]
n9	4	14	[illegible]

ANNEXE XXI. : PROFILS DES RESULTATS DE LA FORMATION

		classe	cd rom	cd rom	classe	
Individu	différentiel	pré test	test initial	test final	post test	
n° 2	-7	10	1	5	3	
n° 7	-6	8	1	0	2	
n° 85	-6	11	2	1	5	
n° 30	-5	10	2	5	5	
n° 70	-4	9	0	2	5	
n° 112	-4	10	0	1	6	
n° 23	-3	7	0	1	4	
n° 34	-3	9	1	1	6	
n° 93	-3	10	0	1	7	
n° 12	-2	10	0	0	8	
n° 13	-2	9	1	5	7	
n° 16	-2	7	0	2	5	
n° 25	-2	6	1	1	4	
n° 54	-2	10	0	0	8	
n° 86	-2	9	1	1	7	
n° 101	-2	9	2	3	7	
n° 107	-2	8	2	0	6	
n° 113	-2	9	1	1	7	
n° 29						
n° 51						
n° 57						
n° 59						
n° 102						
n° 115						
n° 3						
n° 5						
n° 6						
n° 44						
n° 48						

Individu	différentiel	classe pré test	cd rom test initial	cd rom test final	classe post test	
n° 50						
n° 63						
n° 68						
n° 73						
n° 77						
n° 90						
n° 95						
n° 108						
n° 114						
n° 8						
n° 10						
n° 35						
n43						
n° 47						
n° 60						
n° 69						
n° 84						
n° 87						
n° 91						
n° 94						
n° 27	2	7	1	1	9	
n° 32	2	6	0	1	8	
n° 38	2	8	0	3	10	
n° 61	2	8	1	1	10	
n° 64	2	8	0	2	10	
n° 72	2	10	1	5	12	
n° 74	2	9	0	3	11	
n° 78	2	9	1	5	11	
n° 81	2	6	1	1	8	
n° 89	2	9	2	2	11	
n° 98	2	9	1	0	11	
n° 105	2	8	1	1	10	
n° 106	2	8	0	2	10	
n° 14	3	5	0	2	8	
n° 20	3	4	0	0	7	
n° 21	3	4	0	3	7	
n° 22	3	7	1	5	10	
n° 41	3	7	1	3	10	

		classe	cd rom	cd rom	classe	
Individu	différentiel	pré test	test initial	test final	post test	
n° 53	3	4	2	2	7	
n° 80	3	8	1	5	11	
n° 82	3	7	1	0	10	
n° 15	4	4	1	0	8	
n° 18	4	8	0	3	12	
n° 19	4	6	0	1	10	
n° 26	4	8	0	1	12	
n° 28	4	6	0	1	10	
n° 36	4	8	1	1	12	
n° 52	4	7	1	1	11	
n° 56	4	5	1	2	9	
n° 58	4	6	2	1	10	
n° 109	4	7	0	1	11	
n° 110	4	3	1	1	7	
n° 17	5	6	1	1	11	
n° 24	5	8	1	1	13	
n° 31	5	7	2	2	12	
n° 40	5	7	0	0	12	
n° 45	5	11	0	1	16	
n° 65	5	8	2	3	13	
n° 75	5	4	0	2	9	
n° 76	5	6	0	2	11	
n° 83	5	7	1	0	12	
n° 1	6	8	2	1	14	
n° 4	6	6	1	1	12	
n° 11	6	6	3	0	12	
n° 33	6	7	0	5	13	
n° 42	6	7	0	5	13	
n° 55	6	7	1	0	13	
n° 66	6	5	0	2	11	
n° 71	6	7	0	2	13	
n° 79	6	4	1	1	10	

		classe	cd rom	cd rom	classe	
Individu	différentiel	pré test	test initial	test final	post test	
n° 88	6	4	1	2	10	
n° 92	6	8	0	2	14	
n° 97	6	4	0	1	10	
n° 104	6	5	1	3	11	
n° 9	7	11	0	1	18	
n° 37	7	4	0	3	11	
n° 39	7	3	2	1	10	
n° 46	7	6	1	2	13	
n° 49	7	3	1	5	10	
n° 62	7	3	0	2	10	
n° 67	7	3	1	1	10	
n° 99	7	7	0	2	14	
n° 100	7	11	0	5	18	
n° 111	7	9	0	3	16	
n° 96	9	5	1	1	14	
n° 103	10	4	0	2	14	

ANNEXE XXII. BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

1. AE, M., SUZUKI, M., ITO, A., MATSUO, A. & KOBAYASHI, K. (1991). Analysis of the race of men's 100 m sprint in the III world championships in Athletics, Tokyo, 1991. *Journal of Biomechanics,* 27, 6, 653.

2. ATWATER, A.E., MORRIS, A.E., WILLIAMS, J.M., WILMORE, J.H. (1981). Kinematic aspects of running in 3 to 6-year-old boys and girls. *International Journal of Sports Medecine*, 2, 282-283.

3. BALSEVICH, V. (1979). Le problème de la sélection des futurs sprinters. *Revue de l'A.E.F.A*, 64, 2, 41-44

4. BALSEVICH, V.K. (1985). Analysis of correlation structures in biomechanics of speed running and physical fitness in human ontogenesis. In D.A. Winter, R.W. Norman, R.P. Wells, K.C. Hayes et A.E. Patla (Eds) . *Biomechanics volume 9 b,* (pp361,363).Champaign : Human Kinetics Publishers

5. BALSEVICH, V.K. (1987). The age biomechanic standards of human locomotion. In Landry, Orban *International Series on Biomechanics* volume 10 (pp253,255), Champaign : Human Kinetics Publishers

6. BEHNCKE, H. (1994). Small effects in running. *Journal of applied biomechanics*, 10, 270-290.

7. CHAPMAN, A.E., CALDWELL, G.E., HERRING, R.M., LONERGAN, R.M., SELBIE, S.W. (1987). Mechanical energy and preferred style of running. In Bengh Jonsson (Ed) *Biomechanics,* volume 10b (pp 875-879), Champaign : Human Kinetics Publishers.

8. CHENGZHI, L, ZONGCHENG, H. (1987). Temporal and kinetic analysis of swing leg for elite sprinters. In B. Jonsson (Ed), *Biomechanics X-b* (pp 825-829). Champaign : Human Kinetics Publishers

9. CHEVRIER, J. FORTIN, G., LEBLANC, R. & THEBERGE, M. (2000). Problématique de la nature du style d'apprentissage. *Education et francophonie,* XXVIII, 1. (revue scientifique virtuelle chapitre 2).

10. CHOW, J.W. (1987). Maximum speed of female high school runners. *International journal of Sport Biomechanics*, 3, 110-127.

11. COSTILL, DL., FINK, WJ. & POLOCK, M. (1976). Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. *Medicine and science in sports,* 8, 2 96-100.

12. DAPENA, J. & FELTNER, ME. (1987). Effects of wind and altitude on the times of 100 meter sprint race. *International Journal of sport biomecanics,* 13, 1, 6-39.

13. DELECLUSE, C.H., VAN COPPENOLLE, H., WILLEMS, E., DIELS, R., GORIS, M., VAN LEEMPUTTE, M., VUYLSTEKE, M. (1995). Analysis of 100 meter sprint performance as multi-dimensional skill. *Journal of Human Movement studies*, 28, 87-101

14. DILLMANN, C.J. (1975). Kinematics analyses of running. *Exercice of Sports Sciences Review*, 3, 193-218.

15. DUREY, A. (1988). L'analyse cinématique des gestes complexes de sportifs, une technique indispensable pour leur modélisation. In *Actes du symposium sport et technologies nouvelles 2829/01/1988.* Paris :Secrétariat d'état auprès du premier ministre chargé d la Jeunesse et des sports.

16. DUREY, A. (1997). *Physique pour les sciences du sport.* Paris : Masson

17. DUREY, A. (2000). *Cadre descriptif des recherches technologiques en APS.* Texte non publié

18. DUVERNEY-GUICHARD, E. (1992) Le rôle de l'étirement détente dans l'économie de la course à pied, Diplôme de l'Insep non publié, Paris : Insep

19. DUVERNEY-GUICHARD, E., VAN HOECKE, J. (1993). The effect of stride frequency variation on oxygen uptake and muscular activity in running. *Journal of biomechanics*, 27, 6, 653.

20. DYSON, H.G. (1971). *Principes de mécanique en athlétisme.* Paris : Vigot.

21. DYSON, H.G. (1971). *Principes de mécanique en athlétisme.* Paris : Vigot.

22. FORTNEY, V. (1963). *The swinging limb in running boys age seven to eleven.* Thèse non publiée citée par Marino et MacDonald.

23. FORTNEY, V. (1983). The Kinematics and kinetics of the running pattern of two, four, and six year-old children. *Research Quarterly for exercise and sport*, 54, 2, (pp126-135)

24. FRISHBERG, B.A. (1981). An analysis of sprinting technique related to different running velocities during a 100-yard dash. *International journal of sports medecine*, 2, 282.

25. GAZEAU, F. (1997). L'amplitude des foulées est discriminante de la performance. *Revue de l'A.E.F.A.*148, 22-23

26. GLIZE, D. & LAURENT, M. (1990). Etude comparée du sprint et de la course d'élan en saut en longueur : effet du niveau d'habileté. In V. Nougier & J.P. Blanchi (Eds), Pratiques sportives et modélisation du geste, 179-194

27. GLIZE, D. & Laurent, M., (1997), Controlling locomotion during the acceleration phase in sprinting and long jumping, *Journal of sports sciences,*15, 181-189

28. GLIZE, D. (1994). Effet de l'habileté sur le contrôle de la locomotion à hautes contraintes spatio-temporelles : le cas du saut en longueur Faculté d'Aix-Marseille : Thèse non publiée

29. GORIOT, G. (1980). *La pédagogie du débutant en athlétisme.* Paris : Vigot.

30. GORIOT, G. (1980). *Les fondamentaux de l'athlétisme.* Paris : Vigot.

31. GRILLNER, S., HALMBERTSMA, J., NILSSON, J. & THORSTENSSON, A. (1979). The adaptation to speed in human locomotion. *Brain research*, 165, 177-182.

32. HAMILL, J., FREEDSON, P.S., CLARKSON, P.M., BRAUN, B. (1991). Muscle soreness during running : Biomechanical and physiological considerations. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7, 125-137.

33. HAMILL, J., MURPHY, M., SUSSMANN, D. (1987). The effects of track turns on lower extremity function. *International Journal of Sport Biomechanics*, 3, 276-286.

34. HAMILLI, J., DERRICK, T.R., HOL, K.G. (1995). *Shock attenuation and stride frequency during running.* Human Movement Science, 14, 45-60.

35. HAMILTON, N. (1993). Changes in sprint stride kinematics with ages in master's athletes. *Journal of applied biomechanics*, 9, 15-26

36. HINRICHS, R.N. (1985). A three-dimensional analysis of the net moments at the shoulder and elbow joints in running and their relationship to upper-extremity EMG activity. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b*, (pp: 337-342). Champaign : Human Kinetics Publishers.

37. HINRICHS, R.N. (1987). Upper extremity function in running I : angular momentum considerations. *International Journal of Sports Biomechanics,* 3, 222-241.

38. HINRICHS, R.N. (1992). *Case studies of asymmetrical arm action in running.* International Journal of Sport Biomechanics, 8, 111-128.

39. HINRICHS, R.N., CAVANAGH, P.R. & WILLIAMS, K.R. (1987). Upper extremity function in running. I: center of mass and propulsion considerations. International Journal of Sport Biomechanics, 3, 222-241

40. HOFFMANN, K. (1971). Stature, leg length, and stride frequency. Track technique, 46, 1463-1469

41. HUBICHE, J.L. & PRADET, M. (1993). *Comprendre l'athlétisme : sa pratique son entraînement.* Paris : Institut National du sport et de l'Education Physique.

42. IKAI, M. (1968). Biomechanics of sprint running with respect to the speed curve. In *biomechanics 1, First International Seminar Zurich 1967*, (pp181-290). Karger : Basel IKUTA, K., KURIHARA, T., NAKADOMO, F., HARIMOTO, S. (1984). Effects of sprint training on sprint ability and on agility, strength, and power. *Japanese Journal of Physical Education.*29, 3, 227-231.

43. ITO, A., FUCHIMOTO, T., KANEKO, M. (1985). Quantitative analysis of EMG during various speeds of running. In D.A. Winter, R.W. Norman, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics 9 b.* Champaign : Human Kinetics Publishers

44. ITO, A., FUCHIMOTO, T., KANEKO, M. (1987). Electromechanical efficiency in sprint running. In B. Jonsson (Ed), *Biomechanics X-b* (pp 863-867). Champaign : Human Kinetics Publishers

45. ITO, A., SAITO, K., SAGAWA, K., KATO, K., AE, M., KOBAYASHI, K.(1993). Leg movement analysis of gold and silver medallists in men's 100m at the III world championships in athletics.. Société Internationale de Biomécanique, *Actes du 14è congrès* (pp624-625). Paris : ISB.

46. KATOH, K., MIYAMARU, M. & AE, M. (1994). Development of running performance and maximal anaerobic power in high school girls. *Japanese Journal of Physical Education, 39*, 1,13-27.

47. KELLER J. (1995). Orientation méthodologique pour l'étude et le développement des habiletés motrices de l'enfant. In J. Bertsch et C. Le Scanff (Eds), *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage*, (pp 261-285). Paris : PUF.

48. KELLER, J. & FLEURANCE, PH. (1987). Adaptation fonctionnelle à l'espace déterminé par les trajectoires de balle chez l'enfant de 3 à 9 ans In M. Laurent, et P. Terme (Eds) *Recherche en APS* 2, pp 111-122.

49. KELLER, J. (1992). *Activité Physique et Sportive et Motricité de l'enfant.* Paris : Vigot.

50. KELLER, J. (1999). Aspect structurel et fonctionnel du développement psychomoteur de l'enfant. In I. OLIVIER & H. RIPOLL (Eds.), Développement psychomoteur de l'enfant et pratiques physiques et sportives, (pp41-57). Paris : Editions « Revue EP.S

51. Keller, J., (1995). Orientation méthodologique pour l'étude et le développement des habiletés motrices de l'enfant, In J. Bertsch, C. Le Scanff (Eds), *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissage.* Paris : PUF

52. KLIMMER, H. (1979). A comparison of male and female performances. M.A.O., 17, 45, 35-37

53. KUNZ, H. & KAUFMANN, D.A. (1981). Biomechanical analysis of sprinting : decathletes versus champions. *British Journal of Sports Medecine, 15, 3, 177-181.*

54. KURIHARA, T., IKUTA, K., NAKADOMO, F., HARIMOTO, S. (1985). Effects of sprint training on the form in sprint running. *Japanese Journal of Physical Education,* 29, 4, 285-291.

55. LUTHANEN, P., KOMI, P.V. (1978). Mechanical energy stades during running. *European Journal Of Applied Physiology,* 38, 41-48.

56. MANN, R. & SPRAGUE, P. (1980). A kinetic analysis of the ground leg during sprint running. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 2, 334-348.

57. MANN, R. (1985). Biomechanical analysis of the elite sprinter and hurdler. In N.K. Butts and B. Zarins (Eds), *The elite athlete*, (pp43-80). Champaign : Spectrum Publications.

58. MANN, R.A. & HAGY, J.H. (1980). Biomechanics of walking, running, and sprinting. *The American Journal of Sports Medecine*, 8, 5, 345-350

59. MANN, R.A., MORAN, G. & DOUGHERTY, S. (1986). Comparative electromyography of the lower extremity in jogging, running, sprinting. *The American Journal of Sports Medecine*, 14, 6, 501-510.

60. MARINO, G.W., & McDONALD, M. (1986). A biomechanichal analysis of children's running pattern. In Sports science. J. Watkins, T. Reilly and L. Burwitz (Eds) *Proceedings of the VIII Commonwealth and international conference on Sport, Physical Education, Dance, Recreation and health, Glasgow* 18.23 July 1986, (pp123-129).).

61. MATSUO, A. & FUKUNAGA, T., (1983). The effect of age and sex on external mechanical energy in running. In H. Matsui and K Kobayashi (Eds), *Biomechanics 8 B* (pp 676-680) . Champaign : Human Kinetics Publishers

62. MATSUO, A., FUKUNAGA, T. & ASAMI, T. (1985). Relation between external work and running performance in athletes. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b*, (pp: 319-324). Champaign : Human Kinetics Publishers

63. MERO, A., JAAKOLA, L. & KOMI, P.V. (1991). Relationships between muscle fire characteristics and physical performance capacity in trained athletic boys. Journal of Sports Sciences, 9, 161-171.

64. MERO, A., KOMI, P. (1986) Force, E-M-G-, and elasticity-velocity relationship at submaximal, maximal and supramaximal running speeds in sprinters. European Journal of applied Physiology. 55, 553-561.

65. MERO, A., LUTHANEN, P. & KOMI P (1986). Segmental contribution to velocity center of gravity during contact at different speeds in male and female sprinters. *Journal of Human Movement studies, 12, 5, 215-235*

66. MERO, A., LUTHANEN, P., VIITASALO, J.T. & KOMI, P. (1981). Relationships between the maximal running velocity, muscle fibber characteristics, force production, and force relaxation of sprinters. *Scandinavian Journal Of Sports Science,* 3, 1, 16-22

67. MIYAMARU, M. YOKOI, T. AE, M. & al. (1987). Path of whole body center of gravity for young children in running. Bengt Jonsson. *International Series on Biomechanics* volume 10 (pp887,893), Champaign : Illinois

68. NEWSHOLME E.., LEECH T. & DUESTER. G. (1998) . La course à pied. Paris : De Boeck University

69. NIGG, B. & BAHLSEN, A. (1988). Influence of heel flare and midsole construction on pronation, supination, and impact forces for heel-toe running. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, 205-219.

70. NIGG, B.M., COLE, G.K. & BRUGGEMANN, G.P. (1995). *Impact forces during Heel-toe running.* Journal of Applied Biomechanics, 11, 407-432.

71. NILSSON, J., THORSTENSSON, A. (1987). Adaptability in frequency and amplitude of leg movements during human locomotion at different speeds. *Acta Physiologica Scandinavia*, 129, 107-114.

72. NILSSON, J., THORSTENSSON, A.,& HALBERTSMA, J. (1985) Changes in legs movements a nd m uscles activity with speed of locomotion and mode of progression in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 123, (4), 457-475.

73. Novacheck, T.F., (1998). The biomechanics of running. *Gait and posture*, 7, 77-95

74. NUMMELA, A., STRAY-GUNDERSON J. & RUSKO, K. (1996). Effects of fatigue on stride characteristics during a short-term maximal run. *Journal of applied Biomechanics,* 12, 151-160

75. O'CONNOR, F., (1999). An analysis on the sprinting stride. *Modern Athlet and Coach,* 37, 2, 38-41.

76. OHLMANN, TH. (1990).Les systèmes perceptifs spatiaux vicariants. In M. Reuchlin, J. Lautrey, C. Marendaz et T. Ohlmann (Eds). *Cognition : l'individuel et l'universel*, 21-49. Paris : PUF.

77. PAULY, O. (1991). *Etude comparative de la foulée du sprinter et du hurdler dans l'intervalle interobstacles. Conséquences pour le décathlonien.* Paris : Mémoire INSEP non publié

78. PAYNE, A.H. (1983). Foot to ground contact forces of elite runners. In H. Matsui & K. Kobayashi (Eds), *Biomechanics 8 B*, (pp746-753). Champaign: Human kinetics Publishers.

79. PIASENTA, J. (1988). *L'éducation athlétique.* Paris : INSEP.

80. PIASENTA, J. (1994). *Apprendre à observer.* Paris : INSEP.

81. PIRON, A. (1973, 1974, 1975). *Cours non publiés sur l'athlétisme.* Dijon : UERS EPS

82. PIRON, A. (1987). Analyse fonctionnelle du mouvement. *Revue EPS*, 204, 36-37.

83. SAITO, M. & ITO, A.(1995). Development of running ability in 2 years-old children to world top sprinters. Japan journal of physical education, 40, 104-111.

84. SAITO, M., OHKUWA, T., IKEGAMI, Y., & MIYAMURA, M. (1983). Comparison of sprint running in the trained and untrained runners with respect to chemical and mechanical energy. In H. Matsui and K. Kobayashi, Biomechanics 8-b, (pp963-968). Champaign : Human Kinetics Publishers.

85. SCHACHE, A.G., BENNEL, K.L., BLANCH, P.D. & WRIGLEY, T.V. (1999). *The coordinated movement of the lumbo-pelvic-hip complex during running : a literature review*. Gait and Posture, 10, 30-47

86. SCHEPENS, B., WILLEMS P.A. & CAVAGNA, G.A.(1998). The mechanics of running in children. *Journal of Physiology,* 509,3, 927-940.

87. SNELL, J.G., DELLEMAN, N.J., HEERKENS, Y.F., Van INGEN SCHENAU, G.J.(1983). Shock-absorbing characteristics of running shoes during actual running. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b*, (pp: 133-137). Champaign : Human Kinetics Publishers.

88. Sprague & Mann

89. SPRUMONT & THIEBAULD (1997)

90. STEFAYSHYN, D.J. & NIGG, B.M.(.(1998). Dynamic angular stiffness of the ankle joint during running and sprinting. *Journal of applied biomechanics*, 14, 292-299.

91. VARDAXIS, V & HOSSHIZAKI, B.(1989). Power patterns of the leg during the recovery phase of the sprinting stride for advanced and intermediate sprinters. *International journal of sport biomechanics*, 5, 332-349

92. WICKSTROM, R.L. (1975). Developmental kinesiology : maturation of basic motor patterns. In J.H. Wilmore and KEOGH, J.F. *Exercise and Sport Sciences Reviews* (pp163-189). New York : Academic Press.

93. WICKSTROM, R.L. (1977). *Fundamental motor pattern,* Philadelphia : *Lea and Febiger*

94. WICKSTROM, R.L. (1983). *Fundamental motor patterns*. (3 edition) Philadelphia : Lea & Febiger

95. WILLIAMS, K.R. & ZIFF, J.L. (1991). Changes in distance running mechanics due to systematic variations in running style. *International Journal Of sport Biomechanics*, 7, 76-90.

96. WILLIAMS, K.R. (1985a). Biomechanics of running. *Exercise and sports sciences Review*, 13, 389-441.

97. WILLIAMS, K.R. (1985b). A comparison of 2-D versus 3-D analyses of distance running kinematics. In D.A. Winter, R.W. Normann, R.P. Wells, K.C. Hayes, A.E. Patla (Eds), *Biomechanics, volume 9b*, (pp: 331-336). Champaign : Human Kinetics Publishers

98. WILLIAMS, K.R. (1990). Relationships between distance running biomechanics and running economy. In P.R. Cavanagh (Ed), *Biomechanics of distance running*, (pp 271-305). Champaign : Human Kinetics Publishers.

99. WILLIAMS, K.R. (1992) Biomechanics of distance running. In M.D . Grabiner (Ed), *Current Issues in biomechanics*, (pp3-31). Champaign : Human Kinetics Publishers.

100. WILLIAMS, K.R., SNOW, R. & AGRUSS, C. (1991). Changes in distances running kinematics with fatigue. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7, 138-162.

101. WINTER, D.A. (1983). Moments of force and mechanical power in jogging. *Journal of Biomechanics,* 16, 1, 91-97.

102. YOKOI, T., SHIBUKAWA, K., AE, M. &HASHIHARA, Y. (1987). Effects of stature difference on sprint running motion. In Bengt Jonsson (ed) *International Series on Biomechanics,* volume 10b, Champaign : Human Kinetics Publishers.

ANNEXE XXIII. TABLEAUX DES FIGURES

FIGURE 1 : TRAJECTOIRES DE LA POINTE DU PIED PAR RAPPORT A LA HANCHE EN COURSE LONGUE ET EN SPRINT SELON DUREY 1997 8
FIGURE 2 : VARIATIONS DE L'ANGLE DE LA CHEVILLE AU COURS DU CYCLE EN MARCHE COURSE ET SPRINT D'APRES MANN & HAGY 1980.. 15
FIGURE 3 : MOUVEMENT DU GENOU DANS LE PLAN SAGITTAL EN MARCHE, COURSE ET SPRINT D'APRES MANN & AL (1986). 16
FIGURE 4 : VARIATIONS DE L'ANGLE DE LA HANCHE EN FONCTION DE LA VITESSE DE DEPLACEMENT SELON MANN ET HAGY 1980 (EN MARCHE, COURSE ET SPRINT) 19
FIGURE 5 : REPARTITION PAR AGE DE LA POPULATION POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4 EN POURCENTAGE. 104
FIGURE 6 : REPARTITION PAR SEXE DE LA POPULATION POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4 EN POURCENTAGE. 104
FIGURE 7 : VARIATIONS DU NOMBRE DE GARÇONS ET DE FILLES EN FONCTION DU NIVEAU D'HABILETE. 105
FIGURE 8 : ANGLE HANCHE/TALON/VERTICALE AU POSE ET ANGLE HANCHE/POINTE/VERTICALE AU QUITTE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4. 106
FIGURE 9 : VARIATIONS HANCHE-TALON/VERTICALE ET DE L'ANGLE HANCHE/POINTE/VERTICALE EN FONCTION DES NIVEAUX 3, 4 ET 5 D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE. 106
FIGURE 10 : EXTENSION MAXIMALE ET FLEXION MAXIMALE DU BRAS POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4. 107
FIGURE 11 : INCLINAISON MAXIMALE ET MINIMALE DU TRONC EN COURSE DE VITESSE POUR LES TOUS LES NIVEAUX. 108
FIGURE 12 : VARIATION DE L'ANGLE DE LA HANCHE EN DEGRES, A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4. 110
FIGURE 13 : ANGLE DU GENOU EN DEGRE, A DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE EN POURCENTAGE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4. 111
FIGURE 14 : ANGLE DE LA CHEVILLE EN DEGRES, AUX DIFFERENTS MOMENTS DU CYCLE, EN POURCENTAGE POUR L'HABILETE DE NIVEAU 4. 111
FIGURE 15 : POULAINE DE L'HABILETE DE NIVEAU 4 ET DU NIVEAU 3. 112

ANNEXE XXIV. TABLE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : DIFFERENCES DE TEMPS EN SECONDE ET DE VITESSE MOYENNE EN $M.S^{-1}$ DE CARL LEWIS SELON NEWSHOLME, LEECH & DUESTER (1998) 1
TABLEAU 2 : VARIATIONS DE LA PERFORMANCE EN SECONDES ET DE LA VITESSE MAXIMALE EN $M.S^{-1}$ SELON MERO & KOMI (1986), MERO & AL (1986), ET VARDAXIS & HOSHIZAKI (1989). 2
TABLEAU 3 : RESULTATS EN SECONDE DES FINALES HOMMES ET DAMES A SIDNEY. 4
TABLEAU 4 : VARIATION DE LA VITESSE MOYENNE EN COURSE EN FONCTION DE L'AGE SELON HAMILTON (1993) 5
TABLEAU 5 : POURCENTAGE DES FIBRES DU TRICEPS SURAL CHEZ DES ATHLETES D'ELITE EN VALEUR MOYENNE D'APRES COSTILL ET AL 1976 7
TABLEAU 6 : AMPLITUDE ET FREQUENCE A VITESSE MAXIMALE SELON MERO & AL (1981), MERO, LUTHANEN & KOMI (1986), YOKOI & AL (1987), VARDAXIS & HOSHIZAKI (1989), NUMMELA & AL (1996). 8
TABLEAU 7 : VITESSE MAXIMALE, AMPLITUDE ET FREQUENCE SELON CHOW 1987, VARDAXIS & HOSHIZAKI (1989), NUMMELA & AL (1996), MERO, LUTHANEN & KOMI (1986), MERO & AL (1981) 10
TABLEAU 8 : AMPLITUDE A VITESSE MAXIMALE EN POURCENTAGE DE LA TAILLE D'APRES LES ETUDES DE BALSEVICH 1987 ET MIYAMARU & AL 1987. 10
TABLEAU 9 : EN COURSE A VITESSE MAXIMALE EN $M.S^{-1}$, TEMPS D'APPUI ET TEMPS DE SUSPENSION EN MS EN FONCTION DE L'AGE SELON BALSEVICH(1987), CHOW (1987), MERO & AL (1986) ET HAMILTON (1993). 12
TABLEAU 10 : VARIATION DES DEPLACEMENTS DU CENTRE DE GRAVITE EN FONCTION DE L'AGE SELON MIYAMARU ET AL 1987. 13
TABLEAU 11 : VARIATIONS, EN DEGRE, DE L'AMPLITUDE DU MOUVEMENT ET DE L'ANGLE DE LA CHEVILLE AU COURS D'UNE FOULEE EN FONCTION DE L'AGE EN ANNEE ET DE LA VITESSE EN $M.S^{-1}$, SELON STEFANYSHYN & NIGG (1998), MANN & HAGY (1980), MANN &AL (1986), NILSSON & AL (1985) ET FORTNEY (1983). 15
TABLEAU 12 : AMPLITUDE DU MOUVEMENT, FLEXION MAXIMALE ET EXTENSION MAXIMALE DE L'ANGLE DU GENOU (DEGRE), EN COURSE EN FONCTION DE LA VITESSE DE COURSE ($M.S^{-1}$) ET DE L'AGE (AN), SELON HAMILTON(1993), GRILLNER & AL (1979), KURIHARA (1985), MILLIRON & CAVANAGH (1990) 17
TABLEAU 13 : VARIATION DU MOMENT DE DEBUT DE FLEXION DE LA HANCHE EN FONCTION DE LA VITESSE EN $M.S^{-1}$ 19
TABLEAU 14 : PERFORMANCES MOYENNES ET PONDEREES DES ENFANTS DE NIVEAU 4 103
TABLEAU 15 :TIMING DES EVENEMENTS CARACTERISTIQUES EN POURCENTAGE DE LA DUREE DU CYCLE DE L'HABILETE DE NIVEAU 1. 103
TABLEAU 16 : REPARTITION FILLES/GARÇONS POUR LE NIVEAU 4 D'HABILETE EN COURSE DE VITESSE. 105