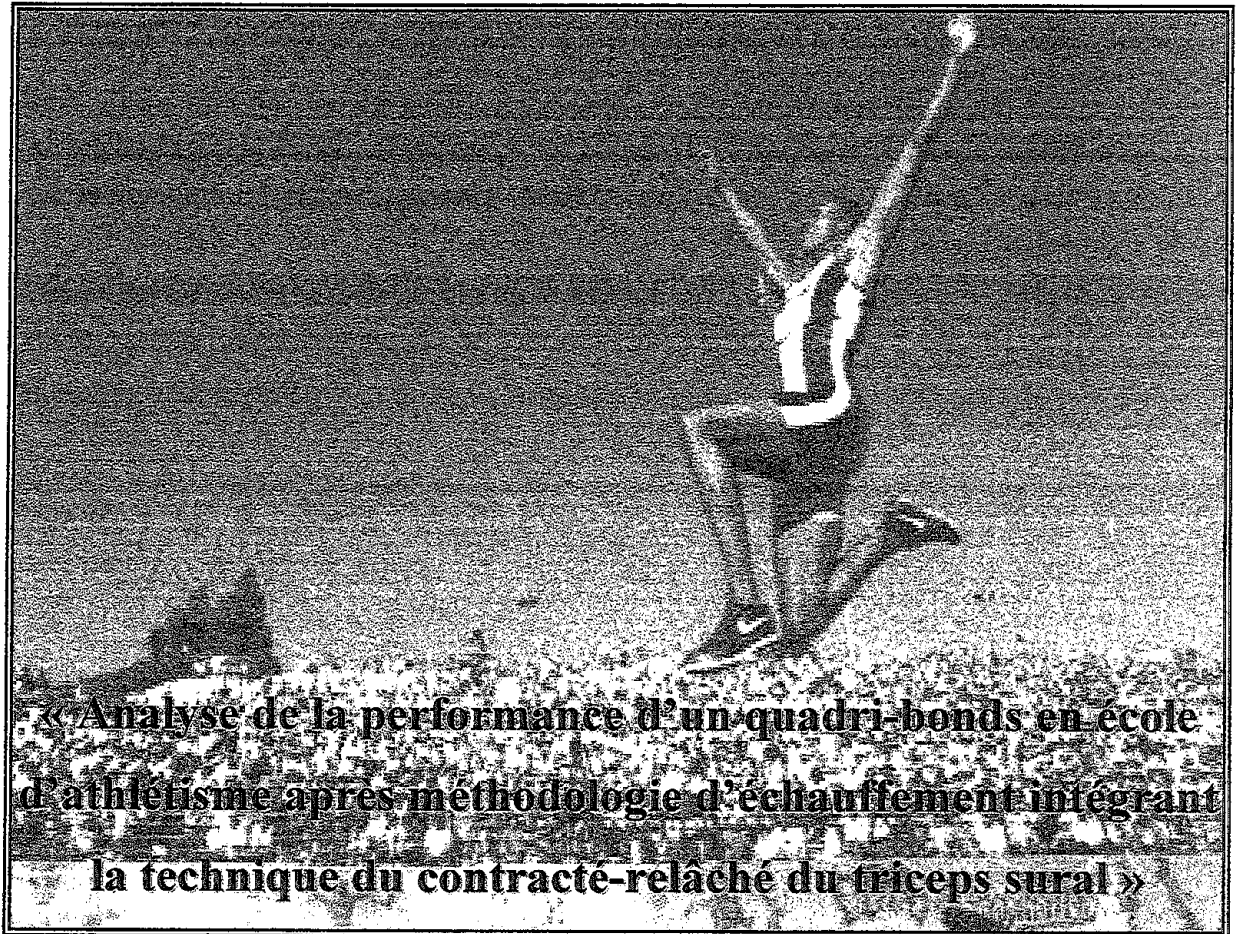


MINISTERE DE LA SANTE
REGION LORRAINE
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE DE NANCY



Rapport de travail écrit personnel
présenté par **Didier COLNOT**
étudiant en 3^{ème} année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masseur-Kinésithérapeute

SOMMAIRE

Page

RESUME

1. INTRODUCTION.....	1
1. 1. Effets de l'étirement sur la température intra-musculaire.....	2
1. 2. Etirement pré-performance lors d'activité alliant vitesse, force et détente....	2
1. 3. Etirement et raideur musculaire.....	3
1. 4. Questionnement et problématique.....	3
<hr/>	
2. CHAMP THEORIQUE.....	5
2. 1. Quadri-bonds et triceps sural de l'enfant.....	5
2. 1. 1. Proposition d'une définition du quadri-bonds.....	5
2. 1. 2. Activité du triceps sural lors de l'alternance impulsion-réception..	5
2. 1. 3. Anatomie descriptive du triceps sural.....	6
2. 1. 4. Ce que l'on doit prendre en compte chez l'enfant.....	7
2. 2. Considérations de physiologie musculaire chez l'enfant.....	7
2. 2. 1. Capacité d'étirement du muscle triceps sural.....	7
2. 2. 2. Evolution de la souplesse durant la croissance.....	8
2. 2. 3. L'entraînement de la souplesse.....	8
2. 2. 4. Amélioration de l'élasticité musculaire.....	9
2. 2. 5. Influences de l'âge et du sexe.....	9
2. 3. Technique du contracté-relâché (CR) du triceps sural.....	10

2. 3. 1. Le choix du CR déterminé par les objectifs recherchés.....	10
2. 3. 2. Principes du contracté relâché.....	11
2. 3. 3. En résumé.....	12

3. MATERIEL, POPULATION ET METHODOLOGIE..... 13

3. 1. Matériel requis pour notre expérimentation.....	13
3. 2. Population d'étude.....	13
3. 3. Paramètres influençant le choix de notre population.....	14
3. 3. 1. Critères d'inclusion.....	14
3. 3. 2. Critères de non inclusion.....	14
3. 3. 3. Critères d'exclusion.....	14
3. 4. Description du protocole.....	14
3. 5. Paramètres observés.....	15
3. 6. Le choix du « CR » se rapporte aux phases du quadri-bonds.....	16
3. 7. Description et application du « CR » chez nos athlètes.....	16
3. 7. 1. Installation.....	16
3. 7. 2. Les quatre temps selon VIEL.	17

4. RESULTATS ET DISCUSSION..... 19

4. 1. Démarche statistique pour analyser le quadri-bonds.....	19
4. 2. Les conclusions de notre protocole expérimental.....	19
4. 3. Gain lors de B1 : aspect sensitivomoteur du « CR » sur la performance.....	20
4. 4. B2 et B4 : les athlètes confrontés à une nouvelle « gestuelle technique ».....	21
4. 5. B2 : ses influences paradoxales révélées par les statistiques....	22

4. 6. Efficacité de l'impulsion lors de B3.....	22
4. 7. Distance totale (DT).....	23
4. 8. Critiques méthodologiques.....	23

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	25
---	-----------

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

Après avoir établi des correspondances entre les quatre phases constitutives du contracté-relâché «CR» du triceps sural et le cycle étirement contraction du quadri-bonds, nous décidons d'intégrer cette technique lors d'un échauffement sportif spécifique.

Le cadre expérimental est l'école d'athlétisme que nous entraînon une fois par semaine (60 athlètes : catégories poussins et benjamins).

Nous élaborons deux protocoles d'échauffement (avec et sans «CR») puis nous analysons une performance immédiate : un quadri-bonds, pour étudier l'impact du «CR».

Après décomposition de la distance totale (DT) en 4 bonds intermédiaires, on constate que **notre méthodologie améliorerait, en moyenne, la performance globale** des athlètes.

Nos échauffements influencent de façon particulière les bonds intermédiaires. Cependant, **filles et garçons se révèlent être immédiatement plus «disponibles» lors de l'impulsion initiale (B1).**

Parallèlement à l'analyse statistique, nous interprétons le déroulement du quadri-bonds en vue d'apporter de nouvelles orientations de travail. Nous nous adressons autant aux masseurs-kinésithérapeutes, qui encadrent des sportifs pré-pubères, qu'aux entraîneurs intervenant en école d'athlétisme.

Mots clés : contracté- relâché ; triceps sural ; quadri-bonds.

INTRODUCTION

« Récupérez et prenez le temps de vous étirer ! »...

Quel entraîneur d'athlétisme n'a jamais prononcé cette consigne au cours ou en fin de séance ? En effet, les étirements appartiennent à la routine post-compétition (ou post-entraînement). Pourtant leur bénéfice est souvent remis en question dans la littérature.

Deux conceptions peuvent résumer la controverse. Pour **COMETTI** : *« les effets du stretching peuvent être envisagés à trois niveaux : avant la performance pour une meilleure préparation ; après la performance pour une meilleure récupération et en tant que technique pour améliorer l'amplitude articulaire »* (2). Quant à **GEOFFROY**, il dresse ce constat : *« une technique mal utilisée, mal placée dans une séance d'entraînement, avant une compétition, peut être source de blessures ou de contre-performance »* (7).

Face à ces divergences, il nous semble intéressant de mettre en œuvre, dans le cadre de notre mémoire d'étudiant en masso-kinésithérapie, un protocole expérimental afin d'évaluer l'impact d'étirements spécifiques du triceps sural concluant un échauffement pré-performance, chez une population de jeunes athlètes non spécialistes.

Une question émerge de notre revue de littérature. En tant qu'entraîneur et futur masseur-kinésithérapeute, ne va-t-on pas à l'encontre de la performance en intégrant des étirements lors d'un échauffement ? De nombreux auteurs soulignent leur effet néfaste.

1. 1. Effets de l'étirement sur la température intra-musculaire :

ALTER parle d'une interruption de l'irrigation sanguine engendrée par les tensions isométriques des étirements statiques. Ceci va à l'encontre de l'effet vascularisateur recherché, source d'une élévation de la température interne (2).

Pour MASTEROVOÏ, le meilleur protocole visant à augmenter la température musculaire est de procéder à des contractions concentriques contre une résistance moyenne. Ainsi, le contracté-relâché (CR) ne s'avère pas être la meilleure méthodologie pour simuler une pompe (2).

Enfin, selon WIEMANN et KLEE, les étirements vont tout simplement à l'encontre d'un échauffement musculaire (2). Ils seraient à proscrire de l'échauffement sportif.

1. 2. Etirement pré-performance lors d'activité alliant vitesse, force et détente :

Une mise en tension passive (pré-effort) influencerait négativement une succession d'actions ultérieures sollicitant la « force rapide » ou « force explosive ». Pour WIEMANN et KLEE, cela se traduit par une diminution de vitesse lors du geste technique (2). HENNING et PODZIELNY soulignent que lorsque les étirements intègrent l'échauffement, une performance en détente diminue de 4 % chez une population adulte (16). Pour KNUDSON et CHURCH (16), si on lui applique un contracté-relâché du triceps sural (dans toute sa course musculaire), un groupe (adultes) observe une altération de performance lors d'un saut vertical sans élan initial.

1. 3. Étirement et raideur musculaire :

Pour WILSON et coll., une raideur plus importante du système musculo-tendineux permet d'augmenter la vitesse de transmission des forces musculaires aux pièces osseuses. De ce fait, la vitesse de mobilisation des segments corporels durant le mouvement se voit accélérée (13).

ICHINOSE et coll. précisent que plus le muscle est volumineux, plus il contient du tissu conjonctif susceptible d'augmenter sa raideur passive (13). NEWTON rajoute qu'un étirement peut modifier la raideur du système musculo-tendineux et améliorer la performance (13). Toutes modifications de raideur du système musculo-squelettique auraient alors des répercussions sur une pratique nécessitant force, vitesse et puissance musculaire, telle que le quadri-bonds.

1. 4. Questionnement et problématique :

La majorité des conclusions s'orientent dans le sens d'un effet néfaste des étirements passifs sur une performance immédiate. Pourtant cette routine d'entraînement est omniprésente sur les terrains, quelque soit le niveau de pratique en athlétisme.

Néanmoins, nous ne devons pas déduire de conclusions hâtives. La physiologie de l'enfant est singulière. L'essentiel de la littérature est axé sur des populations d'athlètes adultes. Or notre méthodologie s'adresse à des jeunes sauteurs non spécialistes. La mise en tension des récepteurs sensoriels entraînerait de nouvelles afférences qui pourraient construire progressivement leur gestuelle technique et la perception du « placement articulaire » dans l'espace.

La distance totale d'un quadri-bonds peut-elle être alors améliorée par une rétro-information articulaire induite par notre méthodologie d'échauffement basée sur la technique du contracté-relâché ? Voit-on des retentissements différents sur les bonds intermédiaires ?

Bien que la réalisation manuelle de notre technique (à vitesse déterminée) se déroule en décubitus dorsal (sujets en décharge), il existe des similitudes entre les différentes phases du contracté-relâché et l'alternance réception impulsion d'un quadri-bonds.

De la sorte, nous pensons que cette technique masso-kinésithérapique peut faire partie intégrante d'un échauffement spécifique en vue d'une optimisation de la performance en école d'athlétisme.

SECONDE PARTIE : CHAMP THEORIQUE

2. 1. Quadri-bonds et triceps sural de l'enfant :

2. 1. 1. Proposition d'une définition du quadri-bonds : (fig. 4).

La performance globale d'un quadri-bonds représente la somme de quatre distances consécutives entrecoupées de trois réceptions unipodales alternatives et d'un saut pieds joints.

2. 1. 2. Activité du triceps sural lors de l'alternance impulsion-réception :

On se réfère à la position de départ (fig. 6). La translation antérieure du centre de gravité (élan initial) va engendrer une flexion dorsale de l'articulation talo-crurale : le soléaire est mis en tension. A la fin de l'impulsion initiale, on observe une extension quasi complète des articulations de la cheville, du genou et de la hanche de la jambe propulsive (10). Le tronc est dirigé vers l'avant. Cela reflète une poussée puissante, de la jambe d'impulsion, vers le bas et l'arrière, contre le sol. Dans le même temps, le genou et la hanche controlatéraux sont fléchis vers l'avant. Les membres supérieurs ont une action alternative pour équilibrer l'athlète.

Pour effectuer la première réception, la jambe avant se trouve en flexion de hanche, extension quasi complète de genou et flexion plantaire. La phase d'amortissement au sol se caractérise par l'activité excentrique du triceps sural.

L'athlète a besoin d'un « pied réactif », de sorte que son talon passe le moins de temps possible au contact du sol. On voit bien toute l'importance de l'activité contractile du triceps sural. Elle permet un travail excentrique lors de l'amortissement, une capacité à emmagasiner l'énergie élastique puis une contraction concentrique lors de la poussée suivante. La coordination intramusculaire entre ces phases se révèle être prépondérante.

2. 1. 3. Anatomie descriptive du triceps sural :

Le triceps sural est un muscle penné : il présente des fibres implantées obliquement sur deux lames tendineuses. Il est organisé pour travailler préférentiellement en freinage et ne se laisse pas facilement étirer (fibreuse). Par contre, il est extrêmement endurant à l'inverse de son antagoniste : le muscle tibial antérieur.

Le modèle de HILL (fig.1) nous montre que lorsque le tissu contractile est inactif, l'extensibilité est limitée par la résistance des éléments élastiques parallèles (4 à 9 % d'allongement) (4). Pour atteindre son allongement maximal, le muscle doit être inactif.

HILL distingue trois composantes essentielles :

- Composante Élastique Parallèle (CEP) : aponévroses, gaines des faisceaux musculaires et sarcolème.

- Composante Élastique Série (CES) : tendons.

- Composante Contractile (CC) : complexe actine myosine.

Figure 1 : modélisation selon HILL

2. 1. 4. Ce que l'on doit prendre en compte chez l'enfant :

Entre 10 et 12 ans, nous sommes dans une importante phase de croissance. A la fin de la sixième année, la différenciation des fibres musculaires est terminée et la distribution I, IIA et IIB est pratiquement identique à celle rencontrée chez l'adulte (1). La molécule d'ATP a la même influence dans la détente musculaire. Entre 8 et 13 ans il n'existe pas de différence entre l'enfant et l'adulte en ce qui concerne les concentrations d'ATP et de PCr (1).

2. 2. Considérations de physiologie musculaire chez l'enfant :

On évoque la souplesse spécifique de l'articulation talo-crurale, dans sa composante statique : amplitude pouvant être atteinte lors d'un mouvement lent, passif et maintenu en position de flexion dorsale maximale, genou tendu. Nous nous focalisons sur le versant musculaire, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de rétraction capsulo-ligamentaire (bilan goniométrique : genou tendu et genou fléchi).

2. 2. 1. Capacité d'étirement du muscle triceps sural :

Elle dépend de la résistance structurelle à l'étirement et de la faculté de relâchement musculaire. L'augmentation du tonus (ou une diminution de la capacité de relâchement musculaire) augmente la résistance intrinsèque aux étirements (5). Cela affecte la souplesse dans l'exécution du quadri-bonds. L'efficacité de l'activité concentrique du triceps sural est proportionnelle à sa mise en tension préalable lors de la phase de réception.

2. 2. 2. Evolution de la souplesse durant la croissance :

Les variabilités inter-individuelles et intra-individuelles de croissance segmentaire font qu'il n'existerait pas de norme concernant les amplitudes articulaires chez les enfants. Néanmoins, avec l'âge, les tendons, les aponévroses, les ligaments et les gaines musculaires perdent progressivement leur extensibilité en raison de l'altération des propriétés élastiques des fibres de collagène (17).

On entend également souvent dire que les filles ont une souplesse accrue par rapport aux garçons. Cette différence peut s'expliquer par le fait qu'elles possèdent une masse musculaire moins importante à âge identique, offrant donc une moindre résistance à l'étirement. L'hypothèse hormonale est également fréquemment avancée (17).

2. 2. 3. L'entraînement de la souplesse :

Un excès de souplesse musculaire peut altérer la performance d'un quadri-bonds. Par contre, un déficit limite la dorsiflexion et entraînerait une moindre accumulation d'énergie élastique dans le triceps sural lors de la phase d'amortissement au sol.

Pour **GUISSARD** et coll., les gains les plus importants sont obtenus dès les premières séances d'étirements (8). Par des techniques bien conduites, on contribue à une meilleure organisation du collagène au sein du tissu musculaire. On cherche aussi à réduire l'excitabilité en vue d'un meilleur relâchement favorisant l'étirement. D'où l'importance de la concentration lors du déroulement de notre technique (cf. protocole).

THIEBAULD et SPRUMONT précisent qu'à 11 ans (âge concernant notre population d'étude) nous entrons dans une phase déterminante pour le développement de la souplesse (17).

2. 2. 4. Amélioration de l'élasticité musculaire :

Elle peut l'être à plus ou moins long terme. En ce qui concerne notre travail, nous recherchons un effet immédiat : « une performance post-étirement spécifique ».

Pour WEINECK, un entraînement mené avec une gestuelle technique parallèle à celle requise pour l'activité élève la température interne ; d'où une amélioration de la capacité d'étirement des structures élastiques (19). Par contre, la viscosité (qui offre 1/10^e de la résistance totale du muscle à l'étirement) est abaissée en raison de la fluidité du sarcoplasme.

Les autres systèmes (tendineux et capsulo-ligamentaire) ne peuvent pas améliorer en conséquence leur capacité élastique en raison de leur composition structurale (peu élastique) et de leur fonction première de stabilisation de l'articulation talo-crurale.

2. 2. 5. Influences de l'âge et du sexe :

La propriété de souplesse est la seule forme de sollicitation motrice qui atteint déjà son maximum lors de la transition entre l'enfance et l'adolescence. Elle se détériore par la suite. Certains phénomènes hormonaux font qu'il n'existe pas de différence entre les deux sexes avant l'adolescence (17).

2.3. Technique du contracté-relâché (CR) du triceps sural :

Nous décidons d'étirer le triceps sural car c'est un muscle fondamental de la chaîne musculaire postérieure du membre inférieur pour l'exécution du quadri-bonds. La flexion plantaire appartient au mécanisme de triple extension du membre inférieur dont l'efficacité détermine la performance globale du saut.

2. 3. 1. Le choix du contracté-relâché est déterminé par les objectifs recherchés :

Grâce à cette méthodologie nous voulons agir sur :

- un échauffement interne grâce aux glissements des plans musculo-aponévrotiques, à la mise en tension musculaire élective et à la traction sur le squelette fibreux (6).

- un entretien (voire une amélioration) de l'extensibilité musculaire et de la mobilité articulaire par des effets sur les plans de glissement. De la superficie vers la profondeur : fascia superficialis, aponévroses d'enveloppes, cloisons intermusculaires et bandes fibreuses intermusculaires.

- un éveil des structures participant au contrôle du geste technique. Les aponévroses permettent le contrôle proprioceptif du muscle tout comme les récepteurs sensoriels (intramusculaires, tendineux, aponévrotiques, sous cutanés et intra-capsulaires). Nos prises et contre prises sur le pied et le segment jambier stimulent les récepteurs sensitifs impliqués dans le contrôle de la gestuelle technique.

Lors de la mise en tension, notre prise calcanéenne simule le déroulement du pas. On agit d'abord sur l'arrière pied en tractant le calcanéum dans l'axe du segment. Cette main caudale prend ensuite appui sur l'ensemble du médio pied. La manœuvre se termine par une pression du tiers supérieur de notre avant bras sur les métatarsiens et les phalanges (fig. 5).

2. 3. 2. Principes du contracté-relâché :

Les gastrocnémiens sont des muscles bi-articulaires. Les tissus sollicités sont étirés dans cet ordre : muscles et tendons puis, après tension maximale des structures contractiles, on tracte sur les enveloppes fibreuses et les cloisons intermusculaires. En dorsiflexion infra-maximale, on met le système capsulo-ligamentaire en tension.

Le contracté-relâché concerne davantage la composante contractile musculaire que les éléments fibreux élastiques. Nous agissons plus sur l'intrication actine-myosine que sur la composante conjonctive du tissu musculaire. Dans notre protocole nous distinguerons quatre temps (cf. protocole).

Selon **GUISSARD** et coll., il n'existe pas de relation entre la réduction de l'excitabilité des motoneurones du muscle étiré et l'amplitude de la mobilisation articulaire (9). Son étude montre également que cette diminution n'a pas de relation avec le temps de contraction statique.

2. 3. 3. En résumé :

Le contracté-relâché **préparerait physiologiquement le triceps sural** à différentes formes de sollicitations par augmentation de la température interne, accélération de la circulation sanguine, stimulation de la jonction myotendineuse, stimulation neuromusculaire et facilitation de la mobilisation des plans de glissement. Dans le même temps, il diminuerait la viscoélasticité pour rendre la contraction musculaire plus rapide.

Il **préparerait fonctionnellement le muscle à l'effort** par son effet sensitivomoteur : éveil du sens kinesthésique, mobilisation de l'attention du sujet, perception des groupes musculaires actifs, préparation de la synergie agoniste-antagoniste, préparation à l'appui unipodal et à la stabilité articulaire. Il mettrait en jeu l'ensemble des circuits effecteurs régulateurs du mouvement, préparant ainsi le terrain à une coordination optimale. En outre, il enrichirait le répertoire gestuel (3).

Il **participerait également au contrôle de l'équilibre** en stimulant les récepteurs kinesthésiques. Enfin **il renseignerait sur la position respective des articulations** et des segments de membre, sur la position du corps et ses déplacements (15).

Il servirait également de **préparation psychologique** en demandant de l'attention et en favorisant la perception et la représentation de son propre corps.

Autant de particularités qui nous incitent à utiliser cette technique d'étirement pour une activité sportive qui requiert force, explosivité, vitesse et coordination.

Néanmoins la majorité des études qui argumentent notre revue de littérature se sont construites avec des groupes expérimentaux d'athlètes adultes. Les conclusions seraient-elles les mêmes avec des « sauteurs en herbe » ?

TROISIEME PARTIE : MATERIEL, POPULATION ET METHODOLOGIE

3. 1. Matériel requis pour notre expérimentation :

Nous travaillons dans un gymnase couvert, non chauffé, assez vaste pour que nos deux groupes d'athlètes représentent deux entités de travail autonomes.

Nous matérialisons le couloir du quadri-bonds, avec deux morceaux parallèles de ruban blanc au sol. Le départ s'effectue derrière un morceau de contention adhésive souple (fig. 2).

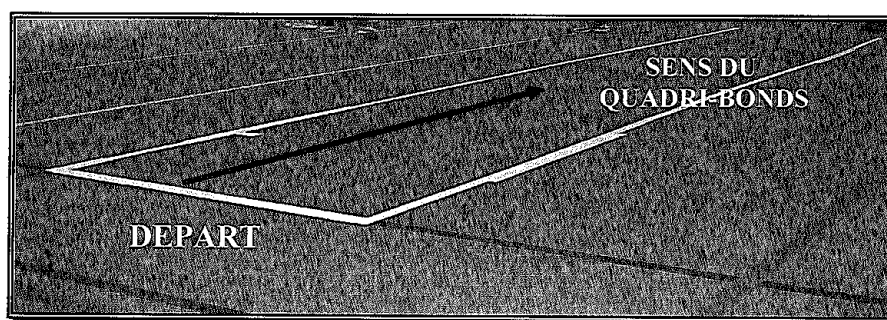


Figure 2 : matérialisation du couloir

L'étude nécessite également un appareil photo numérique, un décamètre gradué chaque cinq centimètres, un mètre ruban et un goniomètre.

3. 2. Population d'étude :

Nous réalisons notre étude avec une population de 60 jeunes athlètes composée de 33 filles et 27 garçons. Nous rassemblons les catégories poussins et benjamins (8 à 11 ans).

3. 3. Paramètres influençant le choix de notre population :

3. 3. 1. Critères d'inclusion : être licencié à l'école d'athlétisme de l'ASPTT Nancy avec entraînement commun le samedi à 14h00 ; avoir un nombre de séances antérieures identiques le jour de notre première observation. Population saine et motivée le jour du recrutement.

3. 3. 2. Critères de non inclusion : pathologie ou douleur au niveau d'un membre inférieur (2 athlètes) ; dorsiflexion active et / ou passive inférieure à 20° (4 athlètes).

3. 3. 3. Critères d'exclusion : non respect des consignes (6 athlètes) ; blessure au cours du protocole ou absence (2 athlètes).

3. 4. Description du protocole : (fig. 3)

Les athlètes s'échauffent toujours avec les jambes couvertes (survêtement ou collant).

Nous élaborons 2 méthodologies d'échauffement distinctes en intégrant ou non la manoeuvre du contracté-relâché du triceps sural.

P1 (protocole 1) : Echauffement traditionnel (20 minutes) - 5mn de pause – Performance 1 (premier essai du quadri - bonds) – 3mn de récupération – Performance 2 – 3mn de récupération – Performance 3.

P2 : Echauffement traditionnel – contracté relâché – P1 – 3mn – P2 – 3mn – P3.

Figure 3 : schématisation de notre protocole expérimental

Chaque groupe effectue une unique méthodologie par semaine. Nous procédons à trois essais par protocole (le meilleur, en terme de distance totale, est enregistré). Nos mesures s'effectuent sur deux semaines consécutives (4/12/04 et 11/12/04). Les entraînements du mois de novembre, servent à présenter notre projet, corriger la technique du quadri-bonds et faire percevoir et comprendre l'étirement spécifique du triceps sural.

3. 5. Paramètres observés : (fig. 4)

Nous mesurons la distance totale (DT : en cm) de la performance ainsi que les distances intermédiaires réalisées à chaque foulée (B1, B2, B3, B4). Pour chaque saut, les points de repères sont : la face postérieure du calcaneum du pied de réception et l'adhésif matérialisant le départ.

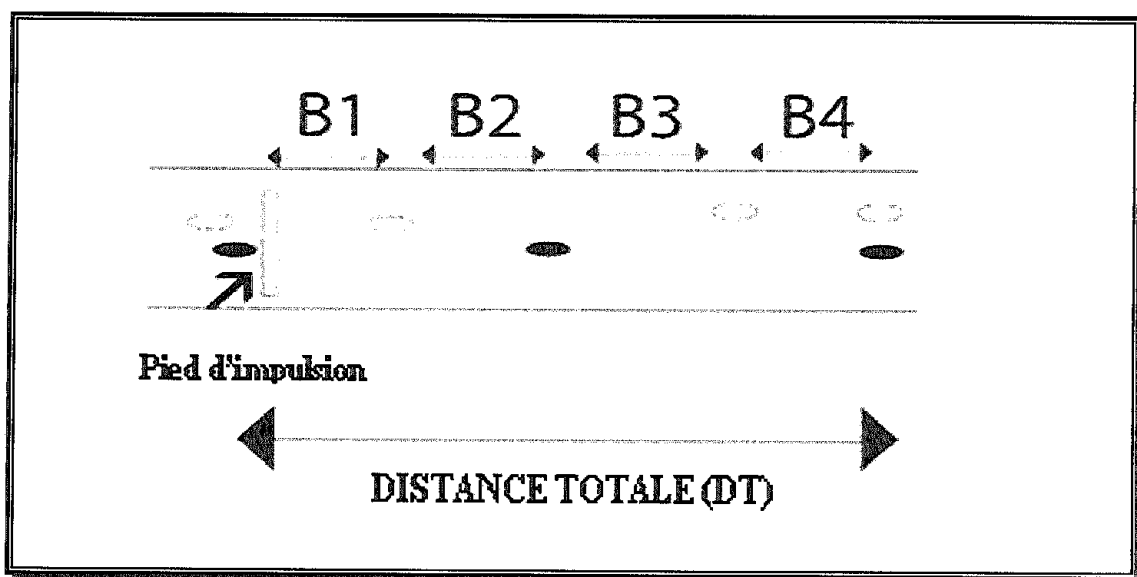


Figure 4 : schématisation des bonds intermédiaires

3. 6. Le choix du « CR » se rapporte aux phases du quadri-bonds :

Le quadri-bonds se caractérise par une succession rapide de mise en tension du triceps sural (phase d'amortissement) suivie d'une contraction (phase d'impulsion) agoniste. Cette même alternance se retrouve dans la méthodologie du contracté-relâché.

Afin de poursuivre cette similitude, nous ne demandons pas de participation antagoniste lors du temps 4 décrit par VIEL (18) (voir le paragraphe suivant). L'impulsion est réalisée par une contraction du triceps sural et non par une activité contractile du muscle tibial antérieur.

3. 7. Description et application du « CR » chez nos athlètes :

3. 7. 1. Installation : confortable, en décubitus dorsal, hanches et genoux tendus, les segments fémoraux en abduction indifférente, rotation neutre (patella au zénith). Le masseur-kinésithérapeute se situe homolatéralement en regard du genou. La main caudale empaume le calcaneus. La main craniale exerce une contre prise au niveau du tiers supérieur (face antérieure) du segment jambier. Pour la détente de l'athlète, un coussin est placé sous sa tête. Un environnement calme doit être respecté durant la réalisation de notre technique (en vue d'une meilleure concentration, pour mieux « ressentir l'activité musculaire »).

Comme le fait VIEL (18), nous décomposons la technique d'étirement en quatre temps. Nous proposons d'alterner à deux reprises ces 4 phases pour chaque triceps sural.

3. 7. 2. Les quatre temps selon VIEL :

Temps 1 : « *Laisse-moi étirer, sans que cela soit douloureux...* » (fig. 5)

Nous amenons passivement en flexion dorsale submaximale l'articulation talo-crurale, genou en extension. Nous procédons le plus lentement possible, de manière continue, pour ne pas stimuler les récepteurs des fuseaux neuromusculaires (contraction réflexe). Nous stoppons la mise en tension dès la première perception douloureuse signalée. Nous maintenons quelques secondes l'articulation dans cette angulation obtenue.

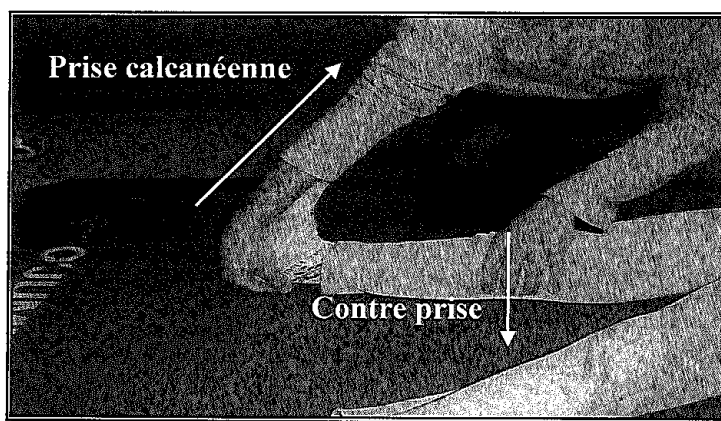


Figure 5 : mise en tension initiale

Temps 2 : « *Pousse contre ma main sans vaincre ma résistance !* ».

L'enfant effectue une contraction isométrique maximale dans le sens de la flexion plantaire. Nous résistons au mouvement durant 4 secondes. Le bassin n'effectue pas de latéroflexion de compensation. Par cette contraction, les corps charnus des gastrocnémiens et du soléaire se raccourcissent un peu tandis que dans le même temps les fibres de collagène des tendons s'étirent. Comme la longueur globale reste identique (contraction statique), ce sont les éléments contractiles la jonction myotendineuse qui sont sollicités (11).

Temps 3 : « Relâche-toi complètement ! »

Après ces 4 secondes, le muscle doit arriver à un état de détente. Durant cette période réfractaire, l'articulation talo-crurale ne doit pas varier d'angulation articulaire. Dans l'hypothèse où une mise en tension passive intervient durant cette phase de relâchement l'effet inhibiteur n'a pas le temps de s'installer et la réactivation de la boucle du réflexe myotatique met le triceps sural en tension ; d'où une perte du bénéfice de la manœuvre précédente.

Temps 4 : « Nous allons reprendre l'étirement... »

Mise en tension passive submaximale jusqu'au nouveau seuil infra-douloureux. Il faudra être extrêmement vigilant car une technique trop intensive (chez une population d'enfants) peut à plus ou moins long terme engendrer une instabilité articulaire.

A la suite de ces quatre temps, l'enfant se place immédiatement dans le couloir et se prépare pour son essai. (fig.6)

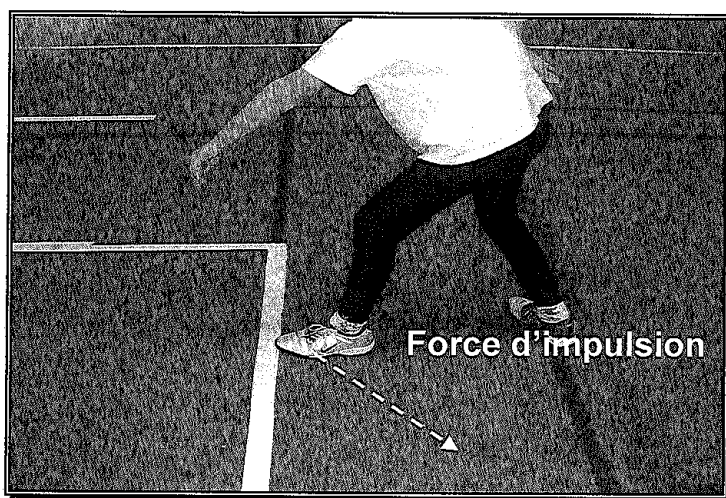


Figure 6 : Position de départ « libre ».

QUATRIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

Notre objectif est d'analyser l'influence d'une technique masso-kinésithérapique : le contracté relâché « CR » dans le cadre d'un échauffement pré-performance en milieu sportif.

4. 1. Démarche statistique pour analyser le quadri-bonds :

Pour l'étude de « DT », nous nous référons à un test de comparaison des bonds en intégrant ou non le « CR » (avec risque de 5 %). La différence moyenne des distances totales est notée : $m = 13,48$ avec un écart type : $S = 28,39$. Nous définissons un intervalle $[- 8,553 ; 8,553]$ qui ne contient pas « m ». Donc nous concluons d'un effet positif de notre méthodologie sur la distance globale du quadri-bonds. Pour tous les bonds intermédiaires, nous utilisons cette même démarche de calcul.

4. 2. Les conclusions de notre protocole expérimental :

Dans le cadre de notre école d'athlétisme, « CR » devrait occuper une place prépondérante dans l'échauffement en vue d'optimiser une performance immédiate.

Avec la réalisation de « CR », nos athlètes (46 enfants, après 14 exclusions) obtiendraient, en moyenne, un gain de distance globale « DT ». Les distances « B1 » et « B3 » seraient améliorées. Par contre notre méthodologie diminuerait « B2 » et « B4 ».

4. 3. Gain lors de B1 : aspect sensitivo moteur du « CR » sur la performance :

Selon GOURIET, « *Le stretching constitue avant tout une véritable éducation sensitivo-motrice, un enrichissement sensitivo-moteur extrême* » (11).

L'exécution du « CR » est un véritable « *bombardement d'informations* » (11). Notre prise calcanéenne stimule simultanément les récepteurs cutanés plantaires et les récepteurs sensibles à la pression. Ces derniers, selon RABISCHONG, « *participent ainsi au codage du mouvement* » (11). Les récepteurs annulo-spiralés des fuseaux neuro-musculaires et les récepteurs tendineux de Golgi seront sollicités lors de la mise en tension passive (phases 1 et 4) ainsi que par la contraction isométrique du temps 2.

En école d'athlétisme, l'amélioration de « B1 » semblerait autant reposer sur l'aspect biomécanique et organique du « CR » que sur un enrichissement perceptif de l'activité du triceps sural. Une action pré-programmée permettrait une mise en activité musculaire anticipée. On optimiserait ainsi le recrutement des unités motrices.

Nous observons une réponse motrice efficiente dès l'impulsion initiale (B1). Ceci se vérifie autant chez les filles que chez les garçons, quelle que soit la catégorie étudiée (annexe II, tab. I et II). Nous optimiserions une performance immédiate basée sur la force explosive.

Nous serions donc en contradiction avec certaines conclusions issues de recherches longitudinales sur le comportement neuromusculaire du triceps sural chez des adultes sportifs effectuant un saut vertical (3).

4. 4. B2 et B4 : les athlètes confrontés à une nouvelle « gestuelle technique » :

Les enfants n'arrivent pas, en moyenne, à transférer le gain énergétique initial pour la réalisation de « B2 ». Avec l'amélioration de « B1 » se créeraient de nouveaux repères proprioceptifs et de nouvelles contraintes de coordination inter-segmentaire. Les enfants pourraient se trouver perturbés par ce nouveau placement de leur centre de gravité.

Un manque global de force excentrique du membre inférieur entraînerait une majoration des flexions de hanche et de genou: l'athlète « s'écroule » à la reprise de l'appui. Nous avançons les mêmes hypothèses pour expliquer la performance négative de « B4 », faisant suite à un gain de distance lors de « B3 ».

Une amélioration de la distance « B4 » entraînerait une meilleure performance en terme de distance globale « DT » (annexe III, tab. V).

Nous pourrions associer, dans une prochaine étude, un travail de coordination technique réalisé à la suite d'une majoration du facteur vitesse initiale pour leur créer un nouveau référentiel gestuel. Les enfants ne seraient plus surpris par cette nouvelle « disponibilité » (ex : rebond sur trampoline vers l'avant et placement segmentaire corrigé immédiat, à la reprise de l'appui au sol).

Selon WEINECK, la période pré-pubère s'avère idéale pour le travail de la coordination (composante de la performance) (19). Nos athlètes pourraient profiter du « gain d'impulsivité » obtenu lors de « B1 ».

4. 5. B2 : ses influences paradoxales révélées par les statistiques...

Une baisse de « B2 » engendrerait une augmentation de « B3 » (annexe III, tab. V). Or, nous avons évoqué une corrélation positive entre « B3 » et « DT ». Ainsi, la diminution observée en « B2 » ne nuirait pas à la performance globale. Et même si certains de nos athlètes augmentent « B2 », « DT » serait également améliorée (annexe III, tab V).

Pour tous les athlètes dont «DT » augmente, une diminution de « B2 » est simultanément liée à l'augmentation de « B1 » et de « B4 » (annexe III, tab VI).

« B2 » n'est pas un indicateur sensible pour analyser notre méthodologie.

4. 6. Efficacité de l'impulsion lors de B3 : (annexe II, tab. III et IV).

Malgré des positions articulaires modifiant la phase propulsive (suite à « B2 »), la poussée du pied « privilégié » redevient efficace. Comme MC HUGH (in Prévost, « pour en savoir plus »), on pense qu'un travail passif en flexion dorsale viserait à améliorer l'efficacité du cycle étirement-détente du triceps sural (meilleur stockage d'énergie élastique). Or une contraction excentrique (réception de la foulée) plus puissante augmente le potentiel énergétique de la contraction concentrique ultérieure (impulsion).

« B3 » serait donc un indicateur significatif de notre expérimentation puisque son amélioration influencerait l'optimisation de « DT » (annexe III, tab. V).

Néanmoins, chez les athlètes dont «DT» est améliorée par notre technique d'étirement, une « contre performance » réalisée lors de « B3 » n'est pas préjudiciable à « DT » puisque cela entraînerait une augmentation immédiate de « B4 » (annexe III, tab.VI).

4. 7. Distance totale (DT) :

« CR » nuirait à la performance globale des filles, sauf pour « B1 ». Par contre, on note une amélioration significative chez les garçons (« DT » : augmentation inférieure à 5% chez les benjamins et supérieure à 5% chez les poussins) (annexe II, fig. 7).

Pour expliquer la contre performance des filles, on peut se reposer sur des études de **THIEBAULD** et **SPRUMONT** (17). Les filles auraient, en moyenne, une masse musculaire moins importante que les garçons du même âge. Elles offrent une moindre résistance à l'étirement ; d'où des mises en tension passive musculaire différentes. Il pourrait ainsi exister une perception de l'information nociceptive retardée en terme de flexion dorsale de l'articulation talo-crurale. Un « CR » réalisé en flexion dorsale trop importante pourrait expliquer une diminution de la performance globale.

4. 8. Critiques méthodologiques :

En fixant des critères d'exclusion, nous créons des différences entre le nombre de filles et de garçons ainsi que d'athlètes par catégorie. Malgré la répartition des groupes, l'échauffement s'avère bruyant et à intensité non contrôlable. En attendant leurs essais, les

enfants effectuent d'autres sauts, accélérations et impulsions. Ils ont ainsi déjà procédé indirectement à d'autres mises en tension musculaire avant le début de notre protocole.

La concentration demandée sur le segment jambier est parfois perturbée par des bruits voisins. Selon **GUISSARD** (9), il existe une relation entre le relâchement musculaire et la détente psychique du sujet. De plus, la qualité isométrique de la contraction musculaire du « CR » s'avère délicate à respecter (relation duelle avec la force du praticien).

Pour les prises de mesures, nous avons sollicité l'aide d'un second praticien. Les vitesses de réalisation sont telles que nous décidons d'utiliser une échelle graduée tout les cinq centimètres, ce qui facilite l'étude des distances intermédiaires du quadri-bonds. Mais nous perdons de la précision centimétrique puis statistique.

La critique majeure de notre méthodologie reste le fait que notre gymnase n'est pas chauffé (samedi 1 : 8°, samedi 2 : 6°). Cette condition environnementale, associée à une attente pré-étirement, peut altérer l'efficacité musculaire à l'effort. Or, la performance est intimement liée à la température musculaire (14).

Il est difficile de gérer le laps de temps entre la fin d'échauffement et le protocole individuel. Il faudrait un MK par groupe qui procède simultanément à la technique et qui assure la continuité de l'échauffement pour les athlètes qui patientent. Cependant, les effets d'un échauffement commencent à décroître à partir de la vingtième minute selon **EINSINBACH** (14).

CINQUIEME PARTIE : CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ainsi, il semblerait judicieux d'intégrer cette technique masso-kinésithérapique dans un échauffement pré-performance en école d'athlétisme. Mais notre volonté d'élargir cette conclusion nous invite à envisager de nouvelles perspectives de travail.

Nous solliciterons une catégorie d'âge supérieure pour pouvoir utiliser une autre technique de « PNF » avec participation active antagoniste (fléchisseurs dorsaux) lors de la phase 4, comme le préconise **OSTERNIG** (12). Pendant la contraction des muscles fléchisseurs dorsaux, la décharge des fibres Ia du muscle tibial antérieur inhibe, par l'intermédiaire d'interneurones inhibiteurs, le pool des motoneurones du soléaire (9). L'intensité de l'inhibition réciproque est liée à l'intensité de la contraction du muscle tibial antérieur. (9).

Nous procéderons à une étude longitudinale. Par exemple, 14 séances à base de « CR » entraîneraient en moyenne un gain de flexion dorsale de 8 degrés (17). Gain expliqué par une réorganisation du collagène au sein du tissu ou par diminution de l'excitabilité des motoneurones favorisant un plus grand relâchement (9).

Enfin, il serait intéressant d'appliquer la même méthodologie chez une population de sauteur en longueur. Le « CR » a-t-il un impact positif sur une impulsion (force maximale) après une course d'élan ? S'il n'y avait pas d'amélioration significative de la distance totale, on pourrait conclure à un effet transitoire, immédiat, chez des athlètes pré-pubères.

Avec une amélioration de 5 % de sa meilleure performance, Yago LAMELA (champion d'Europe) serait recordman du Monde du saut en longueur....

BIBLIOGRAPHIE

1. **CERRETELLI, P.** – Traité de physiologie de l'exercice et du sport. – Paris : Masson, 2002. – 481 p.
2. **COMETTI, G.** – Les limites du stretching. Intérêt des étirements avant et après la performance – Revue EPS, 2003, 304, p. 29-34.
3. **CORNWELL, A., NELSON, A., SIDAWAY, B.** – Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex – Eur. J. Appl. Physiol, 2002, 86, p. 428-434.
4. **ESNAULT, M.** – Stretching et préparation musculaire à l'effort – Annales de kinésithérapie, 1998, 15, 1-2, p.49-62.
5. **ESNAULT, M., VIEL, E.** – Stretching. Auto entretien musculaire et articulaire – Paris : Masson, 1998. – 130 p.
6. **ESNAULT, M., VIEL, E., HARICHAUX, P.** – La pratique du « stretching » ou étirements raisonnés myotendineux et aponévrotiques, neuro-physiologie, anatomie et méthodologie – Annales de kinésithérapie, 1988, 15, 1-2, p. 3-11.
7. **GEOFFROY, C.** – Guide des étirements du sportif. – 4^e éditions - Paris : Editions L'Equipe, 2000. – 293 p.

8. **GUISSARD, N., DUCHATEAU, J., HAINAUT, K.** – Muscle stretching and motoneuron excitability – Eur. J. Appl. Physiol., 1988, 58, p. 47-52.

9. **GUISSARD, N., DUCHATEAU, J., HAINAUT, K.** – Le stretching musculaire : aspects neurophysiologiques et biomécaniques – Annales de kinésithérapie, 1988, 15, 10, p. 469-474.

10. **HAY, J. G.** – Biomécanique des techniques sportives – Editions Vigot, 1980. – 451 p.

11. **MAISONNEUVE, C.** – Le stretching – Kiné Actualité, 1992, 418, p. 10-11.

12. **OSTERNIG, L., ROBERTSON, R., TROXEL, R., HANSEN, P.** – Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation stretch techniques – Medicine and Science in Sports and Exercise, 1990, 22, 1, p. 106-111.

13. **PREVOST, P.** – Etirements et performance sportive : mise à jour – Kinésithérapie Scientifique, 2004, 446, p. 5-13.

14. **REY, S., VAILLANT, J., HUGONNARD, A.** – Echauffement musculaire : comparaison des effets sur la force musculaire des étirements passifs et des étirements actifs raisonnés myotendineux (2 parties) - Kinésithérapie Scientifique, 2002, 425 et 426, p. 41-51 et 43-48.

15. ROCHE, Y., PREL, G., HUGONNARD, A. – Comparaison des effets de deux types d'échauffement sur les performances d'équilibre statique bipodal dans le plan sagittal : échauffement cardio-pulmonaire avec étirements actifs et exercices intégrés – *Kinésithérapie Scientifique*, 2003, 430, p. 5-14.

16. SHRIER, I., GOSSAL, K. – Myths and truths of stretching : individualized recommendations for healthy muscles – *The physician and sportsmedicine*, 2000, 28, 8, p. 128-136.

17. THIEBAULD, C. H., SPRUMONT, P. – L'enfant et le sport : Introduction à un traité de médecine du sport chez l'enfant. – Paris : De Boeck Université, 1998. – 462 p.

18. VIEL, E. – Réalisation et utilisation de la manœuvre du contracté-relâché – *Annales de Kinésithérapie*, 1985, 12, 1-2, p. 59-61.

19. WEINEK, J. - Biologie du sport – Paris : Editions Vigot, 1996. – 788 p.

Pour en savoir plus :

« STRETCHING ». Formation ALISTER du 24 mai 2004 par Mr **MULLER J. F.** (CSMK)
2^{ème} congrès de physiologie de l'exercice chez l'enfant. 28 – 30 novembre 2002 à Orléans.

Cours : « la souplesse », **Pascal PREVOST**, UFR STAPS Paris XII Val de Marne, 2001.

Cours : « les limites du stretching pour la performance sportive », **Gilles COMETTI**, UFR
STAPS Dijon, 2002.

ANNEXES

ANNEXE I : TEST DE COMPARAISON DES QUADRI-BONDS

	Saut 1 sans étirement	Saut 1 avec étirement	Différence en cm
Sophie	140	150	-10
Katia	155	130	25
Amelia	140	145	-5
Laury	125	140	-15
Charline	130	130	0
Emilie	160	175	-15
Alisson	125	145	-20
Quentin	115	130	-15
Régis	130	125	5
Pierre	135	145	-10
Fabian	140	145	-5
David	130	145	-15
Alexandre	150	150	0
Julien	150	150	0
Maxime	140	155	-15
Robin	100	125	-25
Justine	120	115	5
Laure	95	115	-20
Marie Claire	125	120	5
Sarah	100	105	-5
Marine	120	125	-5
Coralie	120	115	5
Pauline	135	150	-15
Amélie	115	115	0
Oriane	120	125	-5
Manon	130	155	-25
Victoria	100	95	5
Anita	95	90	5
Mathilde	105	120	-15
Nassima	110	125	-15
Simon	110	115	-5
Adrien	95	105	-10
Thomas	150	150	0
Guillaume	95	105	-10
Jules	120	115	5
Yannick	130	140	-10
Yann	105	95	10
Romain	105	95	10
Romain	125	135	-10
Dimitri	180	200	-20
Pierre	110	125	-15
Simon	110	110	0
Mathieu	115	110	5
Nicolas	90	100	-10
Thomas	120	110	10
Gaetan	100	120	-20
Moyenne	122,065	127,934	-5,866

ANNEXE II : ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES MULTIPLES

Soit la quantité « q » = Bond 1 avec étirement / Bond 1 sans étirement.

Si « q » est **inférieure à 1**, cela veut dire qu'il n'y a « **pas d'amélioration** » de la performance. Si « q » est **inférieure à 1,05** (allongement de 5%), il y a eu une « **petite amélioration** », et si elle est **supérieure à 1,05** on considère qu'il y a eu une « **grande amélioration** ».

On fait une « AFCM » avec les 3 variables : sexe, catégorie et saut total comme variables explicatives ; les autres variables sont considérées comme illustratives :

Numéro	Valeur propre	Pourcentage	Pourcentage cumulé
1	0,4488	33,66	33,66
2	0,3877	29,08	62,74
3	0,2867	21,50	84,24

Analyse de la figure :

Globalement chez les filles, nous n'avons pas obtenu d'amélioration, tandis que chez les garçons on peut dire qu'il y a une grande amélioration.

Nous pouvons également faire le même raisonnement pour les benjamins (petite amélioration) et les poussins (plutôt grande amélioration).

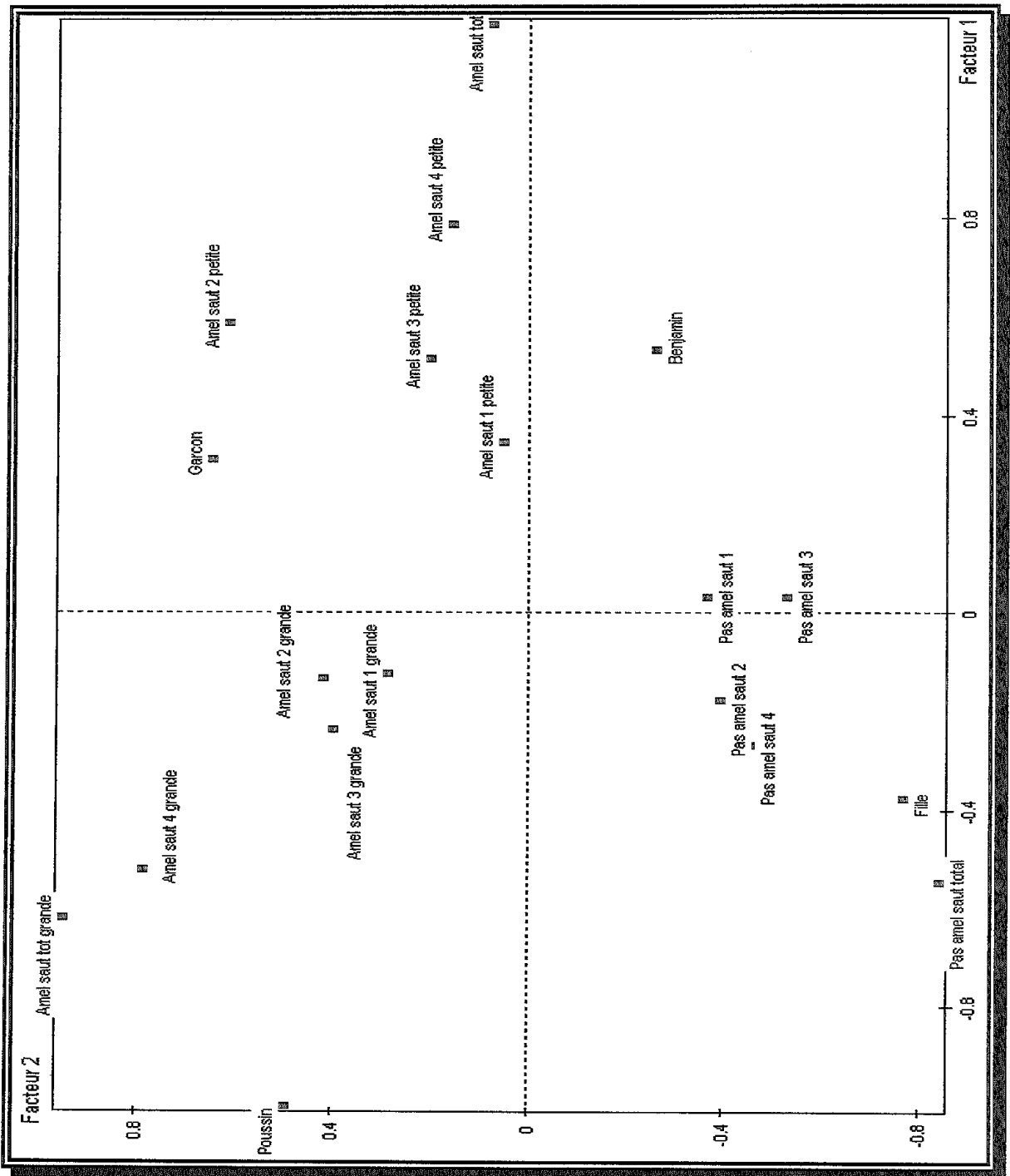


Figure 7 : Répartition des performances selon deux axes :

« potentiel physique » par opposition filles / garçons ; poussins / benjamins.

« performance » par opposition : pas d'amélioration de « DT » / amélioration de « DT ».

Tableau I : Influence du « CR » sur les bonds intermédiaires des filles

	B 1	B 2	B 3	B 4	DT
Moyenne	-5,714	1,667	-3,571	-0,238	-7,857
Ecart Type	11,576	11,478	13,640	14,919	29,055
S/Racine(20)	2,589	2,567	3,050	3,336	6,497
Stat	5,231	5,133	6,100	6,672	12,994
Verdict	on rejette	on accepte	on accepte	on accepte	on accepte

Tableau II : Influence du « CR » sur les bonds intermédiaires des garçons

	B 1	B 2	B 3	B 4	DT
Moyenne	-6,000	-0,200	-9,000	-3,000	-5,000
Ecart Type	9,899	11,873	16,248	15,100	28,590
S/Racine(20)	2,021	2,423	3,317	3,082	5,836
Stat	4,084	4,847	6,703	6,164	11,794
Verdict	on rejette	on accepte	on rejette	on accepte	on rejette

Tableau III : catégorie poussins garçons

	B 1	B 2	B 3	B 4	DT
Moyenne	-5,000	1,333	-4,167	-2,667	-10,500
Ecart Type	10,099	11,916	11,426	11,902	26,823
S/Racine(20)	1,785	2,107	2,020	2,104	4,742
Stat	3,608	4,213	4,082	4,208	9,583
Verdict	on rejette	on accepte	on rejette	on accepte	on rejette

Tableau IV : catégorie benjamins garçons

	B 1	B 2	B 3	B 4	DT
Moyenne	-7,500	-0,625	-10,938	0,000	-19,063
Ecart Type	10,099	11,302	20,095	19,605	30,425
S/Racine(20)	2,607	2,918	5,189	5,062	7,856
Stat	5,270	5,836	10,486	10,124	15,876
Verdict	on rejette	on accepte	on rejette	on accepte	on rejette

ANNEXE III : ETUDE DES CORRELATIONS

Tableau V : matrice des corrélations pour les sauts où il existe une amélioration

	B1	B2	B3	B4	DT
B1	1.00				
B2	-0.16	1.00			
B3	0.19	-0.41	1.00		
B4	-0.30	0.25	0.05	1.00	
DT	0.43	0.20	0.61	0.52	1.00
	B1	B2	B3	B4	DT

Tableau VI : matrice des corrélations pour les sauts où la performance est moindre

	B1	B2	B3	B4	DT
B1	1.00				
B2	-0.42	1.00			
B3	-0.48	0.30	1.00		
B4	0.02	-0.44	-0.62	1.00	
DT	-0.27	0.52	0.61	-0.13	1.00
	B1	B2	B3	B4	DT