

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



**-RECHERCHE EPIDEMIOLOGIQUE-
INTERET DES ETIREMENTS AVANT UNE
PERFORMANCE
SPORTIVE CHEZ LE SPRIINTER**

Rapport de travail écrit personnel
présenté par **Claire THIERY**
étudiante en 3^{ème} année de kinésithérapie
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat
de Masso-Kinésithérapeute
2005-2006

SOMMAIRE

RESUME

INTRODUCTION	1
<u>1. ATHLETISME</u>	2
1.1. Généralités	2
1.2. Une spécificité : le sprint	2
1.3. L'échauffement traditionnel avant une performance	3
<u>1.3.1. Travail cardio-respiratoire</u>	3
<u>1.3.2. Etirements</u>	3
<u>1.3.3. Exercices spécifiques</u>	3
<u>2. RAPPELS BIOMECHANIQUES ET PHYSIOLOGIQUES</u>	4
2.1. L'unité myo-tendineuse	4
2.2. Les étirements	5
<u>2.2.1. Passifs</u>	5
<u>2.2.2. Actifs ou stretching</u>	6
<u>2.2.3. Leurs effets multiples</u>	7
2.2.3.1. Augmentation de la température interne du muscle	7
2.2.3.2. Diminution de la visco-élasticité	7
2.2.3.3. Relâchement musculaire.....	8
2.2.3.4. Eveil du sens kinesthésique, conséquences psychologiques	8
2.2.3.5. Effets intéressant la compétition.....	9
2.3. La technique du sprint	10
<u>2.3.1. La biomécanique de la vitesse</u>	10
<u>2.3.2. Le départ</u>	10
<u>2.3.3. La mise en action</u>	14
<u>2.3.4. La conservation de la vitesse</u>	14

<u>3. PROTOCOLE DE LA RECHERCHE EPIDEMIOLOGIQUE</u>	14
3.1. Population	14
<u>3.1.1. Description</u>	14
<u>3.1.2. Source de recrutement</u>	14
<u>3.1.3. Critères d'inclusion</u>	14
<u>3.1.4. Critères d'exclusion</u>	15
3.2. Méthode d'investigation	15
<u>3.2.1. Principe de l'étude</u>	15
<u>3.2.2. Exercice choisi</u>	15
<u>3.2.3. Protocole de réalisation</u>	16
<u>3.2.4. Matériel nécessaire</u>	17
<u>3.2.5. Etirements utilisés après le premier protocole</u>	17
3.2.5.1. Généralités	17
3.2.5.2. Etirement du grand fessier.....	18
3.2.5.2.1. Anatomie	18
3.2.5.2.2. Protocole d'étirement	18
3.2.5.3. Etirement du quadriceps	18
3.2.5.3.1. Anatomie	18
3.2.5.3.2. Protocole d'étirement	19
3.2.5.4. Etirement des ischiojambiers.....	19
3.2.5.4.1. Anatomie	19
3.2.5.4.2. Protocole d'étirement	20
3.2.5.5. Etirement du triceps sural	21
3.2.5.5.1. Anatomie	21
3.2.5.5.2. Protocole d'étirement	21
3.3. Analyse statistique	22
<u>4. RESULTATS</u>	22
<u>5. DISCUSSION</u>	23
<u>6. CONCLUSION</u>	24

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION :

Dans toute pratique sportive, un échauffement est préconisé. Il associe alors deux composantes : l'une à visée cardio-respiratoire ; et l'autre d'orientation purement musculaire réunissant des exercices spécifiques au sport et un travail obligatoire d'étirements.

L'athlétisme, et plus spécifiquement le sprint court alliant puissance, force, et vitesse, sont des sports qui ne dérogent pas à cette règle. Une préparation bien particulière est donc nécessaire, en fonction des spécificités de l'exercice sportif, pour réaliser une performance ; la phase d'étirements est alors aussi importante que le travail spécifique [18]. Pendant longtemps la littérature appuyait l'utilité de cette dernière étape dans l'amélioration des capacités contractiles du muscle et dans sa préparation à l'effort avec contractions soudaines, notamment grâce aux écrits de Michèle ESNAULT, ce qui justifiait alors complètement son application avant une compétition dans un sport tel que l'athlétisme. Mais depuis quelques années, ce fait est largement remis en question ; de récentes études, menées par exemple par Gilles COMETTI, s'appuyant sur des faits démontrés sont en totale contradiction avec ces faits théoriques.

Les étirements sont-ils réellement bénéfiques avant une performance de sprint ?

Ce travail comprend, après des généralités sur ce sport et les étirements, une étude épidémiologique concrète qui apportera certains éléments de réponse à cette problématique en comparant la performance réalisée par des sprinters sur un exercice se rapportant à la première phase de la course avec et sans étirement.

Cette étude cherche à conseiller ou à oublier l'utilisation des étirements précompétitifs mais ne remet à aucun moment en cause le bien-fondé de leur utilisation à long terme dans la pratique d'une activité sportive.

1. L'ATHLETISME :

1.1. Généralités :

L'athlétisme est l'un des sports les plus anciens puisqu'il fut le premier représenté aux jeux olympiques. Il rassemble de nombreuses disciplines bien différentes les unes des autres :

- les courses : comprenant des épreuves de sprint plat, sprint avec passage de haies et course de plus longue distance,

- les sauts : en hauteur, à la perche, en longueur,

- les lancers : poids, javelot, disque, marteau.

Nous nous intéresserons plus particulièrement aux épreuves de vitesse courte : 60m, 100m constituent cette catégorie.

1.2. Une spécificité : le sprint :

Toutes ces courses sont construites autour du même schéma avec, suivant la distance parcourue, des particularités. Le départ est donné en starting blocs.

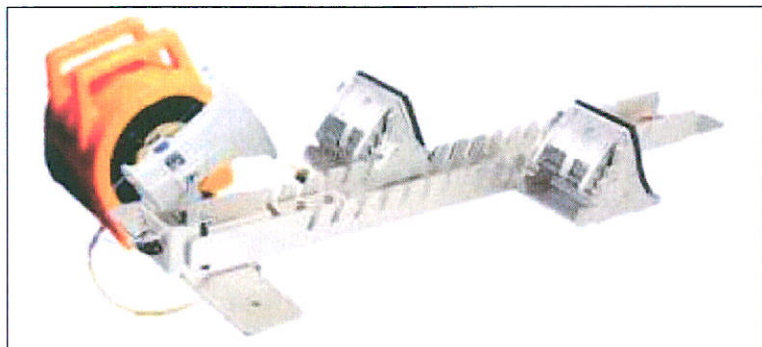


Figure 1 : un starting bloc. [20]

La première phase de la course consiste en une poussée nécessaire à l'obtention d'une vitesse maximale, lui succède une étape de conservation de la vitesse nécessitant un placement correct du corps dans les foulées restantes.

1.3. L'échauffement traditionnel avant une performance ou un entraînement :

1.3.1. Travail cardio-respiratoire :

Cette première étape consiste en un footing d'environ 15 minutes à faible allure permettant une augmentation des fréquences respiratoires et cardiaques ainsi qu'une augmentation de la chaleur corporelle.

1.3.2. Etirements :

Il suit alors une étape d'étirements durant une quinzaine de minutes ciblés essentiellement sur les muscles des membres inférieurs en ce qui concerne les disciplines de sprint : intéressant donc principalement les adducteurs, les ischiojambiers, le quadriceps, le triceps sural et le grand fessier. Leur réalisation se fait de manière auto-passive ou active suivant les individus et selon leurs apprentissages.

1.3.3. Exercices spécifiques :

Ils consistent en une phase dynamique comprenant différents exercices réalisés sur une longueur d'environ 30 mètres. L'intérêt de cette étape est de préparer les muscles par des mouvements reproduisant certaines phases de la course. Les gammes sont différentes d'un entraîneur à l'autre mais regroupent de façon générale des mouvements « talons fesses », « montée de genoux », « déroulé de cheville », « pas chassés », ou encore « jambes tendues griffées ». Plusieurs accélérations progressives terminent cette phase de l'échauffement.

2. RAPPELS BIOMECANIQUES ET PHYSIOLOGIQUES :

2.1. L'unité myo-tendineuse : (ANNEXE I)

Le muscle est constitué de l'assemblage de nombreuses fibres musculaires, elle-même constituée de myofibrilles juxtaposées. Chaque fibre musculaire est entourée d'enveloppes conjonctives appelées composant parallèle du muscle. Ces myofibrilles sont constituées par une succession de sarcomères, unité contractile de base du muscle, disposés en série et formés par un « peigne » de filaments d'actine et de myosine. Pendant la contraction ces filaments glissent et s'encastrent les uns aux autres, alors que lors de l'étirement ils tendent à s'éloigner.

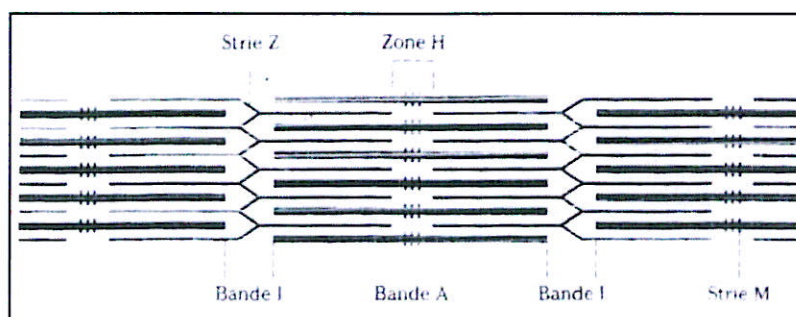


Figure 2 : disposition en série des sarcomères. [14]

D'après la modélisation de Hill, on peut différencier une composante contractile (CC : actine et myosine), une composante élastique parallèle (CEP enveloppes conjonctives) et une composante élastique en série (CES tendons et stries Z). [14]

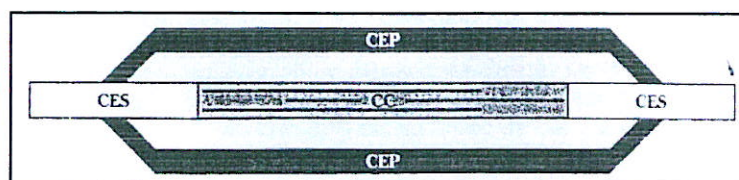


Figure 3 : schéma de Hill : les différentes composantes de l'unité myo-tendineuse. [14]

D'une façon globale, il existe plusieurs types de fibres musculaires : des fibres lentes (type I) et rapides (II). Ces différentes fibres constituent de façon inégale le muscle, on distingue alors des muscles dits toniques (majorité de fibres II) ou phasique (fibres I prédominantes). La proportion de ces fibres dépend du type d'entraînement réalisé. [14]

2.2. Les étirements :

2.2.1. Passifs :

Il s'agit d'une manœuvre manuelle passive ou auto-passive plaçant la structure musculo-tendineuse progressivement dans sa course externe maximale : réalisant une mise en tension des structures contractiles et non contractiles. [7-8] .Les ponts d'actine myosine assument dans un premier temps l'allongement musculaire, les éléments élastiques du sarcomère intervenant secondairement et finalement le tissu conjonctif : tendon et jonction myo-tendineuse.

On peut schématiquement considéré 4 phases :

- mise en tension lente allant jusqu'à la course extrême du sujet,
- maintien de l'étirement,
- relâchement,
- période de repos équivalente en temps à la durée de l'étirement.

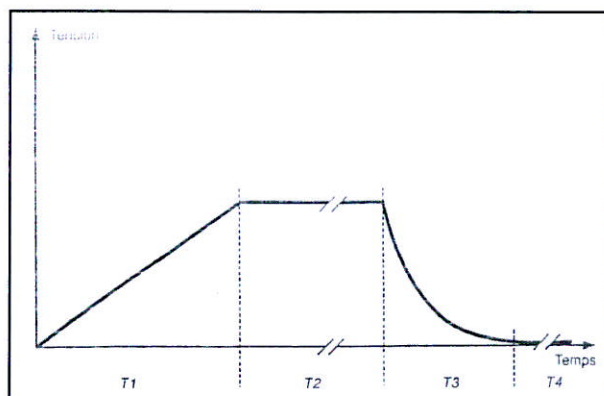


Figure 4 : les différents temps de l'étirement. [14]

Principes :

- sur un muscle poly-articulaire, il est nécessaire de placer toutes les articulations sauf une dans le mouvement inverse du muscle dans un premier temps ; le placement de cette dernière articulation dans le schéma inverse du muscle réalise la mise en tension finale [8],
- respect des amplitudes articulaires physiologiques, le but de l'exercice n'est pas de mettre en tension les structures capsulo-ligamentaires [8],
- le seuil douloureux ne doit pas être franchi,
- l'étirement se réalise sur un temps expiratoire pour une détente complète du muscle

2.2.2. Actifs ou stretching :

Selon la théorie de Neiger, l'unité myo-tendineuse est préalablement placée en pré-étirement, c'est à dire dans une course externe sous maximale permettant encore une contraction isométrique du muscle en position d'étirement. Cette contraction est maintenue 6 secondes environ. Les structures tendineuses et jonction myo-tendineuse sont alors principalement les cibles de l'étirement.

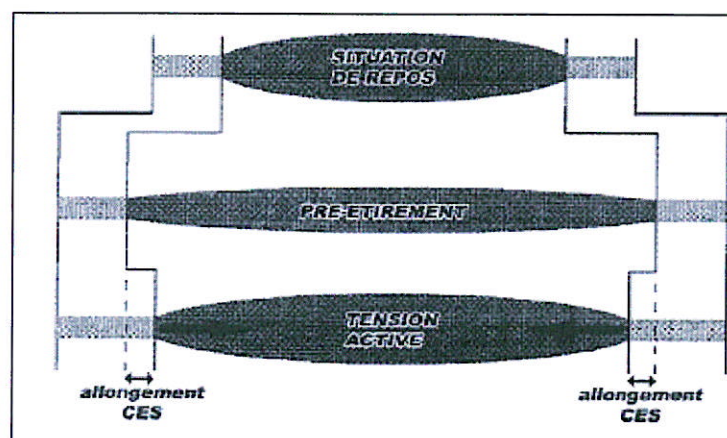


Figure 5 : étirement actif [13].

2.2.3. Les effets des étirements actifs et passifs : (ANNEXE II)

Les actions développées se rapportent à un éventuel bénéfice de l'étirement avant la réalisation d'une performance, nous ne développerons pas leurs effets de gain d'amplitude articulaire ou leurs effets à long terme sur la pratique sportive.

2.2.3.1. Augmentation de la température interne du muscle :

L'élévation de la température du muscle dépend de sa vascularisation. D'une façon générale, tout type d'étirement permet un glissement des plans profonds et superficiels entre eux, phénomène favorisant l'élévation de la température à moindre mesure. [2-4-6]

Etirements passifs: prolongés dans le temps à type de posture, induisent des tensions qui interrompent la circulation sanguine au sein des fibres musculaires [16] Dans le cadre d'un échauffement, le temps de maintien, variant entre 6 à 10 secondes, n'entraîne pas ce phénomène de rupture, mais l'élévation est moindre : certaines études évaluent cette augmentation à 0,4°.

Etirements actifs : l'alternance contraction et relâchement musculaire durant ce type de pratique permet le passage du sang par cette succession d'effet pompe et résorption [3]. Pour autant, les études ne montrent qu'une élévation de 0,7° sur les groupes musculaires

En définitive, l'alternance de contractions concentriques contre résistance moyenne semble le meilleur moyen de créer une hyperhémie au sein du muscle, contrairement aux contractions isométriques, comme l'a démontré Mastérovoy [1-2-3].

2.2.3.2. Diminution de la visco-élasticité :

Principes : - la visco-élasticité correspond à la capacité d'un muscle à se laisser étirer,

- une raideur musculo-tendineuse élevée permet une transmission rapide des forces musculaires aux pièces osseuses. [1-2-13]

Les étirements, tant passifs qu'actifs, entraînent une diminution de la raideur musculo-tendineuse donc une augmentation de la visco-élasticité. L'étude réalisée par Magnusson (1998) a mis en évidence cette propriété : d'une part les ischiojambiers étirés pendant 90 secondes voient leur visco-élasticité diminuée, d'autre part cette modification disparaît une heure après la séance [10-11]. Pour un étirement d'une durée plus courte, on note que le muscle retrouve ces propriétés initiales plus rapidement [1-2-13]. La durée d'un étirement est donc un paramètre important, 6 à 10 secondes de mise en tension semblent le plus approprié pendant l'échauffement.

2.2.3.3. Relâchement musculaire :

Il est présent à 2 niveaux :

- niveau musculaire : pendant la mise en tension, il se produit un écartement des fibres d'actine myosine,

- niveau neuro-musculaire : effet sur l'activation des motoneurones : des études montrent clairement que les étirements qu'ils soient actifs ou passifs entraînent une diminution de l'activation des motoneurones et donc de l'activation du muscle. Il faut noter que cette diminution est plus importante avec des étirements réalisés en type de contracté-relâché ou de contraction des antagonistes par rapport aux étirements passifs d'après les études de Guissard et coll. Il est maximal durant les 5 à 10 premières secondes de l'étirement « mais dès la fin de l'étirement, l'excitabilité des motoneurones retrouve son niveau de départ

donc le muscle retrouve son efficacité » [1-2]. Ce relâchement neuro-musculaire n'est donc qu'un état transitoire même s'il est sujet à controverse [13].

2.2.3.4. Eveil du sens kinesthésique. conséquences psychologiques:

L'étirement par la mise en tension musculaire permet une stimulation des récepteurs présents aux niveaux de la fibre musculaire en elle-même, la jonction myo-tendineuse, les aponévroses ou enveloppes conjonctives. Leurs sollicitations envoient un maximum d'informations au cerveau, renseignant donc le sujet de façon inconsciente sur la position des articulations, la tension musculaire, les déplacements des segments de membre. Ces nouvelles afférences permettent d'améliorer la proprioception, l'équilibration et la coordination du sujet [2-3-5]. IL s'agit là d'un moment de calme pour l'athlète dans une position fixe lui permettant de se concentrer sur son geste sportif, ces appuis ou encore le placement du membre [5].

2.2.3.5. Effets intéressant la compétition :

D'une façon globale, les étirements tant actifs que passifs engendrent des modifications musculaires qui ne favorisent pas la performance notamment pour les efforts de force [9], et de vitesse [15-17-19] : diminution transitoire de l'excitabilité des motoneurones et de la visco-élasticité. D'autre part ces techniques ne semblent pas les plus appropriées pour l'élévation de température interne au muscle. Enfin leurs effets psychologiques et kinesthésiques mettent en condition le corps d'une façon générale en vue de la compétition.

Tableau 1 : récapitulatif des effets bénéfiques et néfastes des étirements

	Lieu d'action de l'étirement.	Effets bénéfiques pour une performance.	Effets néfastes pour une performance.
Etirements passifs	structures contractiles et non contractiles	- augmentation des glissements des plans profonds et superficiels + - augmentation de la température interne du muscle - éveil du sens kinesthésique + - amélioration concentration +	- diminution de la visco-élasticité +/- - relâchement musculaire +/- - diminution de l'excitabilité des motoneurones +/-
Etirements actifs	jonction myo-tendineuse	- augmentation des glissements des plans profonds et superficiels ++ - augmentation de la température interne du muscle + - éveil du sens kinesthésique ++ - amélioration concentration +	- diminution de la visco-élasticité +/- - relâchement musculaire +/- - diminution de l'excitabilité des motoneurones --

2.3. La technique du sprint :

2.3.1. La biomécanique de la vitesse :

- 1^{ère} loi de Newton : loi d'équilibre :

« Tout corps reste en état de repos ou en état de mouvement uniforme dans une ligne droite à moins qu'une force externe n'agisse sur lui. » (De façon concrète cela signifie que l'équilibre est maintenu aussi longtemps que le centre de gravité est projeté dans le polygone de sustentation). Dans le cadre du sprint, cela signifie qu'un sprinter en contact avec les blocs ne pourra s'élancer que lorsqu'il exercera une force sur eux.

- 2^{ème} loi de Newton : Force et accélération :

« L'accélération d'un corps est proportionnelle à la force qui la produit et suit la même direction que cette force ». Ici, plus la force exercée dans les starting-blocks est forte, plus l'accélération mesurée en sortie est grande.

2.3.2. Le départ :

Il doit être explosif dans les courses de 60 et 100 mètres et plus économique pour les 200 et 400 mètres au point de vue du coût énergétique. Ce départ est déterminant quant à l'issue de la performance dans des épreuves de sprint court. Il doit donc associer un temps de réaction au signal sonore le plus court possible dépendant de la concentration de l'athlète, ainsi qu'une poussée et une mise en action efficace afin d'obtenir une vitesse maximale le plus rapidement possible. La position des blocs au sol, et la mise en tension musculaire pendant les différentes positions du départ règlent la poussée, ces paramètres expliquent la position de départ du test. D'une façon générale, l'écartement des blocs avant et arrière est compris entre 30 à 40 cm, et la distance entre la ligne de départ et le bloc avant varie entre 40 à 70 cm selon la morphologie. Le bloc arrière et avant sont inclinés respectivement à 60° et 45°, permettant l'orientation vers l'avant de la poussée.

• Sous l'ordre « à vos marques » :



Figure 6 : position sous l'ordre à vos marques [20].

Il place son genou avant à l'aplomb de la ligne de départ pointé vers le bas visant l'avancée de la ligne des épaules. Le genou arrière cherche à se placer le plus près de son bloc de façon

à fermer l'angle de la cheville : on obtient une flexion dorsale neutre (position 0) et à garder ouvert l'angle du genou : flexion supérieure à 90° . Le bassin doit être placé en rétroversion et ce durant toutes les étapes du départ.

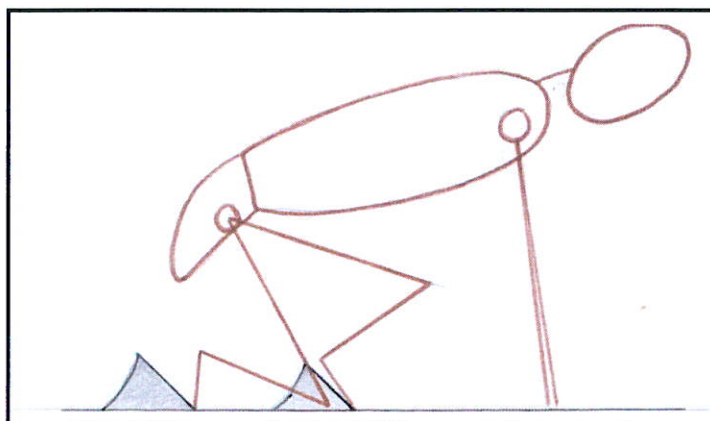


Figure 7 : schéma représentant la position « à vos marques »

• Sous l'ordre « prêts » :



Figure 8 : position « prêts » [20].

Les talons s'appuient complètement sur le bloc de façon à compléter la tension passive du triceps sural déjà créée dans la première position. La flexion des genoux devient égale à 90° environ selon la position de confort de l'athlète. Cette position met en tension les muscles

propulseurs : les triceps suraux, les quadriceps, les ischiojambiers ainsi que le grand fessier de façon à améliorer leurs contractions et donc favoriser la mise en action de cette phase. **L'athlète cherche à exercer un maximum de pression sur les blocs de façon à obtenir une réaction du sol maximale (paramètres intégrés dans le test).** [20]

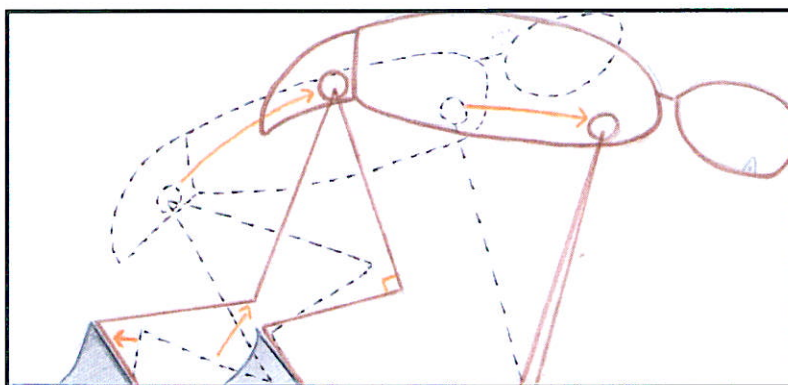


Figure 9 : passage à la position « prêt ».

L'essentiel de la poussée est réalisé par l'extension complète du membre inférieur avant, pré requis très important dans l'élaboration du test ; tandis que le membre inférieur arrière engage le genou vers l'avant (le psoas, le droit fémoral et les releveurs de cheville). Nous notons une action des bras qui prolongent la poussée : dissociation des ceintures [20].



Figure 10 : la phase de poussée [20].

2.3.3. La mise en action :

La pose des premiers appuis se fait à la verticale du centre de gravité avec l'intention de pousser vers l'avant : le corps étant orienté vers l'avant. Ces premiers appuis sont véloce et dynamiques. Dans cette phase, l'amplitude et la fréquence des foulées augmentent progressivement, le corps devient aussi de plus en vertical. [20].

2.3.4. La conservation de la vitesse :

La vitesse maximale est obtenue au bout de 30 à 50 mètres (sur une course de 100 mètres). Celle-ci est entretenue en optimisant le produit : fréquence de la foulée par l'amplitude. [20]

3. PROTOCOLE DE LA RECHERCHE EPIDEMIOLOGIQUE :

3.1. Population :

3.1.1. Description :

Les sujets intéressants la recherche pratiquent tous le sprint de façon régulière et non récente dans un club agréé par la fédération nationale d'athlétisme. Elle rassemble hommes et femmes sans critère de discrimination et ces individus ont entre 16 et 30 ans. Le protocole a regroupé 33 athlètes répondant aux critères suivants.

3.1.2. Source de recrutement :

Les athlètes sont licenciés au sein du club de Thionville, Nancy, ou encore Vittel. Cette étude est réalisée pendant les mois d'octobre et novembre donc en début de préparation de la saison hivernale afin de ne pas modifier celle-ci.

3.1.3. Critères d'inclusion :

Ces sportifs doivent pratiquer une discipline du sprint : 60m, 100m.

Leurs performances athlétiques ne sont pas un critère de sélection pour cette étude et varient donc du niveau régional à national. D'autre part ils sont préalablement informés du cadre et du but de la recherche ainsi que de la méthode d'investigation ; les participants sont donc volontaires et disponibles lors des séances de tests. Ils consentent en ces termes à participer à l'étude.

3.1.4. Critères d'exclusion :

Tout athlète ayant présenté une pathologie des membres inférieurs ou du tronc dans les 6 mois précédant ces tests ou déclarant une douleur suite à l'exercice est retiré de l'étude.

3.2. Méthode d'investigation :

3.2.1. Principe de l'étude :

Il s'agit de comparer les résultats d'un test, préalablement choisi en fonction des spécificités du sprint, réalisé avec et sans étirement.

3.2.2. Exercice choisi :

L'exercice est mis au point avec la collaboration d'entraîneurs convaincus par son bien-fondé. Il a pour but d'optimiser la phase de poussée dans les starting blocs. Nous prenons en compte que le maximum de la poussée est réalisé par le membre inférieur avant (celui qui réalise le mouvement de triple extension).

- Position initiale (similaire à celle dans les starts): sujet en position assise, les genoux fléchis à 90°, la position des chevilles est standardisée pour chaque sujet et fixée de façon à obtenir

une flexion dorsale importante qui reproduit la mise en tension du triceps sural. Ces critères permettent également une reproductibilité et une universalité du test malgré des caractéristiques morphologiques différentes. **Le sujet doit réaliser une poussée maximale dans le sol avant son élanement (mise en tension comparable à celle vue dans les starts).**

- Mouvement demandé : à partir de cette triple flexion, réalisation d'une triple extension maximale. **Ce mouvement est réalisé sans signe de départ, c'est le sujet qui décide du moment de son exécution.**



Figure 11 : protocole : position de départ et saut à réaliser (*ANNEXES III*).

3.2.3. Protocole de réalisation : (*ANNEXE III*)

Afin de pouvoir conclure des effets des étirements avant une performance, il a fallu respecter certains principes de façon à obtenir une conclusion la plus objective possible :

- utilisation d'un protocole monocentrique : les résultats aux différents tests d'un même sportif seront comparés entre eux, il ne s'agira donc pas d'une comparaison de test

inter-sportifs. Ceci nous permet d'éliminer les caractéristiques morphologiques, ou encore de niveau des sportifs de l'étude.

- réalisation des épreuves en début d'entraînement sans aucun échauffement préalable afin de ne pas faire intervenir les effets par exemple d'un footing, réalisé plus ou moins vite selon les conditions climatiques ou le jour, ou d'exercices de travail de pied dans le test.

- le protocole d'étirement est fixé et sera le même pour tous les participants à l'étude. D'autre part, afin de ne pas provoquer de microlésion musculaire par la réalisation d'étirements sans échauffement préalable, nous demandons aux sujets de réaliser les étirements avec des mises en tension progressives et à minima dans un premier temps lors des 3 premières répétitions, ensuite l'exercice peut s'intensifier et la mise en tension devenir maximale.

- les deux étapes du protocole sont réalisées à quelques jours d'intervalle. En effet calquant les tests sur les jours d'entraînement, la première étape s'est déroulée le mardi et la seconde le jeudi de la même semaine.

- moyens techniques : utilisation de deux repères en vue de la réalisation des mesures: l'un sur le sujet et l'autre au sol. Leurs emplacements doivent être facilement repérables, reproductibles et ne doivent pas prendre en compte les mouvements compensatoires du saut. La première marque est placée au niveau du tragus de l'oreille : projection sur le visage de l'axe frontal des mouvements de flexion et extension cervicale. Le second repère correspond au point d'intersection de la verticale passant par le tragus et le sol. La position du caméscope est fixe pour tous les sauts, il est également nécessaire de le placer dans un profil strict par rapport au saut de façon à éliminer des effets de perspective perturbant les valeurs des mesures.

3.2.3. Matériel nécessaire aux mesures :

Le matériel est composé d'une toise ici d'une hauteur de 2 mètres, d'un siège à hauteur variable, d'un goniomètre à longues branches, d'un mètre ruban, d'une gommette blanche, d'une bande d'adhésif, d'un chronomètre, d'un caméscope numérique et son pied de fixation, et d'un ordinateur disposant des logiciels: lecteur Windows media, virtual dub fr, paint shop pro 7, imageJ, Microsoft excel (*ANNEXE IV*).

3.2.4. Etirements utilisés après le premier protocole:

3.2.4.1. Généralités :

Il s'agit donc d'étirer le grand fessier, le quadriceps, les ischiojambiers et le triceps sural. Nous choisissons donc d'établir un protocole d'étirements incluant uniquement des gestes auto-passif. Le temps de mise en tension et de repos est de 6 secondes, l'étirement est répété 10 fois pour chaque muscle.

3.2.4.2. Etirement du grand fessier :

3.2.4.2.1. Anatomie :

Il constitue le plan musculaire superficiel de la région glutéale. Son action essentielle est l'extension de la hanche et l'érection du tronc (actions accessoires : abduction et rotation latérale de hanche). Ses insertions proximales situées globalement sur le sacrum, le coccyx et la crête iliaque se terminent au niveau de l'extrémité proximale du fémur (*ANNEXE*).

3.2.4.2.2. Protocole de l'étirement :

Le sujet est en décubitus, et amène son genou en direction de son épaule controlatérale entraînant donc un mouvement de flexion, adduction et rotation interne de hanche.



Figure 12 : étirement du grand fessier.

3.2.4.3. Etirement du quadriceps :

3.2.4.3.1. Anatomie :

Il s'agit d'un muscle de la loge antérieure de la cuisse, constitué de 4 éléments : le droit fémoral, le vaste médial, latéral et intermédiaire. Sa contraction musculaire engendre une extension du genou grâce à ces 4 chefs et une flexion de hanche par le droit fémoral. Ce dernier prend son origine sur l'os coxal au niveau de l'EIAI de façon globale ; tandis que les 3 vastes ont leur insertion proximale schématiquement sur le fémur. Leur terminaison commune par le tendon patellaire se fixe sur la tubérosité tibiale antérieure. Donc seul le droit fémoral est un muscle bi-articulaire (*ANNEXE I*).

3.2.4.3.2. Protocole d'étirement :

Nous vérifions préalablement que les athlètes réalisent correctement une rétroversion de bassin nécessaire durant la totalité de l'étirement. Le sujet est debout en rétroversion de bassin, dans un premier temps il amène le genou à la fesse : ceci épuisant la mobilité en flexion du genou et plaçant le muscle en course externe pour cette articulation. Puis la mise en tension est obtenue par un mouvement progressif d'extension de hanche.



Figure 13 : étirement auto-passif du droit fémoral.

3.2.4.4. Étirement des ischiojambiers :

3.2.4.4.1. Anatomie :

Ils constituent la totalité de la loge musculaire postérieure de la cuisse. Le biceps fémoral, le semi-tendineux et semi-membraneux constituent cette loge et ont la particularité d'être principalement fibreux. De façon simplifiée ils s'insèrent tous sur la tubérosité ischiatique et se terminent sur le squelette jambier. Ils sont tous bi-articulaire et leurs actions sont l'extension de la hanche et la flexion de genou (*ANNEXE I*).

3.2.4.4.2. Protocole de l'étirement :

Afin de ne pas solliciter de façon néfaste le rachis, l'apprentissage d'une certaine ergonomie est nécessaire à la bonne réalisation de cet étirement : le sujet doit savoir « tourner autour de ces hanches » lors du mouvement de flexion. De façon pratique nous demandons au sujet de garder le rachis dans sa position physiologique durant la totalité de l'étirement : « le dos droit ». En position debout, le sujet place le MI à étirer en avant (écartement des pieds d'environ un pied) en gardant le genou antérieur tendu. Le sujet amène ensuite la dernière

articulation : la hanche en flexion en suivant le principe cité ultérieurement. Nous demandons une flexion dorsale active de la cheville afin de réaliser une mise en tension maximale. (Il s'agit d'un étirement global, sans distinction les chefs interne et externe.)



Figure 14 : étirement auto-passif des ischiojambiers.

3.2.4.5. Etirement du triceps sural :

3.2.4.5.1. Anatomie :

Incluant le chef médial et latéral du gastrocnémien : bi-articulaire, ainsi que le muscle soléaire : mono-articulaire, il constitue le volume musculaire du mollet. Les 2 chefs des gastrocnémiens prennent leur insertion sur l'extrémité inférieure du fémur tandis que le soléaire s'insère sur le squelette jambier. Leur terminaison est commune par le tendon d'Achille se fixant sur le calcaneum (*ANNEXE I*).

3.2.4.5.2. Protocole d'étirement :

Le sujet se place en fente avant (les pieds parallèles et assez écartés pour un étirement maximal) les mains appuyées sur un mur, le triceps à étirer se trouve en arrière. Dans cette

position le genou est tendu, la mise en tension se fera donc par le mouvement de flexion dorsale de cheville. Le talon arrière reste coller au sol.



Figure 15 : étirement auto-passif du triceps sural.

3. 3. Analyse statistique :

L'analyse statistique a consisté à comparer la hauteur du saut réalisé sans étirement et avec étirement. Les variables qualitatives ont été exprimées par leur effectif et leur pourcentage, les variables quantitatives ont été exprimées par leur effectif, leur moyenne, leur écart-type, leur étendue [min - max]. Les comparaisons ont été effectuées par un test t de comparaison de moyennes pour séries appariées ($N2 \text{ TEST} - N1 \text{ TEST}$) avec $N1$: moyenne des hauteurs des sauts sans étirement et $N2$: moyenne des hauteurs des sauts avec étirements. Les valeurs de « p » inférieures ou égales à 0,5 ont été considérées comme statistiquement significatives.

L'analyse statistique des données a été réalisée avec le soutien du Service d'Epidémiologie et d'Evaluation Cliniques Centre d'Epidémiologie Clinique, INSERM / CHU de Nancy – Hôpital Marin de Nancy.

4. RESULTATS :

L'effectif de 33 athlètes a été suffisant afin d'établir une corrélation entre performance et étirement. La moyenne de la différence (hauteur du saut avec étirement- hauteur du saut sans étirement) vaut 0,9397 avec un intervalle de confiance à 95% de [0,3058-1,5736] avec un écart type de 1,7876. Cette moyenne diffère significativement de 0 au risque $\alpha=5\%$ ($p=0,0049$), c'est-à-dire qu'il existe une différence significative de hauteur de saut avec et sans étirement. Concrètement les performances de saut réalisées après une séance d'étirements sont augmentées en moyenne d'environ 9,4 millimètres sur une hauteur d'en moyenne 249,60 avec étirements. Nous notons que 60% des athlètes voient leur performance augmenter avec étirement, contre 40% dont la performance diminue avec étirement.

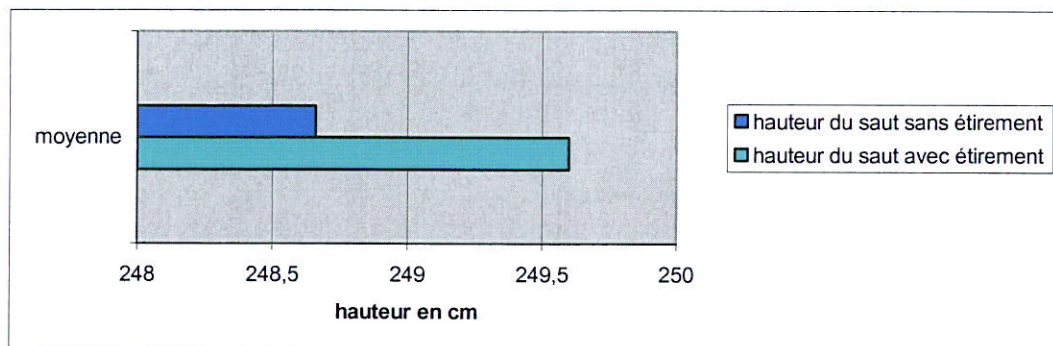


Figure 16 : comparatif des moyennes des sauts avec et sans étirement.

Certaines valeurs sortant du profil des résultats sont présentes : nous relevons 7 différentiels positifs en faveur des sauts réalisés avec étirement supérieurs à 3 cm. Après étude de ces cas, nous remarquons que 5 de ces 7 cas sont des hommes âgés de plus de 25 ans et dont l'IMC est supérieur à 23,32 (ANNEXE V).

5. DISCUSSION :

L'exercice choisi cible correctement l'explosivité nécessaire à un sprinter durant la phase de départ. Nous ne nous sommes pas intéressés au reste de la course et au paramètre de vitesse ceci ayant déjà été réalisé par certaines études. Nous ne pouvions réaliser un mouvement complètement identique à celui réalisé dans les starts, il existe en effet deux principales différences. Premièrement, les deux membres inférieurs sont sollicités ici de façon identique ; mais n'oublions pas que même si le MI arrière a une action plus négligeable que l'autre il intervient tout de même dans cette phase de la course. Deuxièmement, l'exercice est réalisé uniquement dans le sens vertical alors que durant un départ réel, la phase de poussée est orientée vers l'avant. Mais en réalité cette orientation est donnée par l'inclinaison des blocs : les appuis se font à la verticale du centre de gravité.

Le protocole choisi s'est avéré fiable et facilement reproductible ; les principes de réalisation et notamment le temps d'étirement inférieur à 10 secondes ont été choisis d'après les critiques de la littérature vis-à-vis des effets néfastes des étirements passifs présents sur une durée plus longue pour la performance. Les étirements réalisés intéressent les principaux muscles intervenant dans ce geste sportif. Ils n'ont pas été réalisés en groupe de façon à ne pas inclure un temps d'attente entre le dernier mouvement de stretching et le saut, ce qui a empêché une correction de ces positions d'étirements ou une surveillance de leur réalisation.

Aucun athlète n'a exprimé par ailleurs des douleurs après le saut (qu'il soit précédé ou non des étirements) ou après les étirements. La consigne d'étirement à minima dans les premiers mouvements peut avoir influencé l'intensité des étirements pour le reste de la série.

Par manque d'effectif, des étirements actifs n'ont pu être intégrés dans le protocole comme il était prévu en première intention. D'après les constatations des statistiques et la présence de 7 résultats éloignés de la moyenne, nous pouvons émettre la critique d'un intervalle d'âge trop important, sachant l'existence de variation des propriétés musculaires à l'étirement avec l'âge.

6. CONCLUSION :

Paradoxalement à la littérature, les résultats obtenus nous indiquent que les étirements passifs ne sont pas délétères pour l'exercice choisi, ils améliorent ici significativement la performance, même si nous notons que cette augmentation est très minime. Ce fait peut-être partiellement expliqué par l'importance des effets psychologiques des étirements : l'augmentation de la concentration et de l'attention est indispensable à la réalisation d'un bon départ. D'autre part il est à noter que nous nous sommes intéressés aux effets des étirements passifs sur la seule phase de départ en starting blocs, nous ne pouvons donc en aucun cas généraliser les résultats obtenus à l'ensemble de la course. D'autant plus que des études montrent une diminution significative de quatre centièmes de seconde sur une course de 20 mètres après réalisation d'étirement [12]. A l'issue de ce travail, nous notons également que le stretching actifs n'est pas enseigné par les entraîneurs et donc inconnu et inutilisé par les athlètes, la méthode passive étant ancrée dans leur préparation.

Peut-être alors, la solution pour un échauffement améliorant réellement la performance ne réside pas dans les étirements qu'ils soient passifs ou actifs, mais comme le préconisait Mastérovoi un protocole d'exercices actifs sur des modes de contraction différents contre résistance et sur des amplitudes particulières au sport réalisé ?

BIBLIOGRAPHIE

1. **COMETTI G.** – Les limites du stretching pour la performance sportive. 1^{ère} partie : Les effets physiologiques des étirements. 2^{ème} partie : Intérêt des étirements avant et après la performance – EPS, 2003, 304.
2. **ESNAULT M.** – Effets recherchés du stretching (étirements musculaires actifs) en thérapie et en milieu sportif. – Annales de Kinésithérapie, 1988, t.15, n°1-2, p.63-66.
3. **ESNAULT M.** – Etirements analytiques en kinésithérapie active – Paris : Edition Masson, 1992, 68 p.
4. **ESNAULT M., VIEL E., HARICHAUX P.** – La pratique du « Stretching », ou étirements raisonnés myo-tendineux et aponévrotiques, neuro-physiologie, anatomie et méthodologie. – Annales de Kinésithérapie, Paris : Masson, 1988, t.15, n°1-2, p. 3-11.
5. **ESNAULT M.** – Place de l'entraînement à base d'étirements actifs myo-tendineux et aponévrotiques « stretching » Rééducation des sportifs – Annales de Kinésithérapie, 1988, t.15, n°1-2, p.17-39.
6. **ESNAULT M.** – Que peut-on attendre du stretching en milieu sportif (kinésithérapie du sport). – Annales de Kinésithérapie, 1988, t.15, n°1-2, p.67-68.
7. **ESNAULT M., VIELE.** – Stretching et auto-entretien musculaire et articulaire – Paris : Masson, Traumatologie du sport – 130 p. – abrégés.
8. **GENOT C., NEIGER H., LEROY A., PIERRON G., DUFOUR M. et coll.** – Principes, bilan, technique passive et active de l'appareil locomoteur – Kinésithérapie Tome 1. Paris, Flammarion, 1983 – p. 87-92.

- 9. KOKKONEN J., NELSON A., CORNWELL A.** – Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. – Res. Q. Exerc. Sport, 1998, n°69, p.411-416.
- 10. MAGNUSSON S.** – Passive properties of human skeletal muscle during stretch manoeuvres – Med. Sci. Sports. Exerc., 1998, n°8, p.65-77.
- 11. MAGNUSSON S., SIMONSEN E., AAGAARD P. et coll.** – Mechanical and physical responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. – Arch Phys Med Rehabil, 1996, n°77, 373-8.
- 12. NELSON AG., DRISCOLL N., LANDIN D. et coll.** – Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. – J Sports Sci, 2005, n°23 (5), p. 449-54.
- 13. NEIGER H.** – Etirements myo-tendineux / stretching. Une clarification nécessaire. – Cinésiologie, 1997, N°173, p.111-112
- 14. NEIGER H., GOSSELIN P.** – Les étirements musculaires analytiques manuels, techniques passives – Maloine, 1998 – p.1-63.
- 15. PORNRATSHANEE WEERAPONG, PATRIA A., KOLT G.** – Stretching: mechanisms and benefits for sport performance and injury prevention – Physical Therapy Reviews, 2004, 9, p.189-206.
- 16. PORTERO P.** – Le stretching : des connaissances actuelles à son bon usage – Sport, santé et préparation physique, 06/2002, n° 3, p.8-9.
- 17. PREVOST P.** – Etirements et performance sportive : une mise à jour – Kinésithérapie Scientifique, 2004, n° 446, p 5-13.
- 18. REY S., VAILLANT J., HUGONNARD A.** – Echauffement musculaire : comparaison des effets sur la force musculaire des étirements passifs et des étirements actifs raisonnés myotendineux – Kinésithérapie Scientifique, 2002, n° 425-426, p 41-51 et 43-48.

19. ZILTENER J-L., ALLET L., MONNIN D. – Le stretching, un mythe... et des constats – Journal de Traumatologie du sport, 2005, n°22, p.112-115.

Pour en savoir plus :

20. Site officiel de la fédération nationale d'athlétisme : www.athlé.com

21. www.univ-paris12.fr

22. www.u-bourgogne.fr

23. <http://prevost.pascal.free.fr>

24. www.letempledelalaforme.com

ANNEXES

ANNEXES I :

Rappels anatomiques et physiologiques

* Structure du muscle et la fibre musculaire :

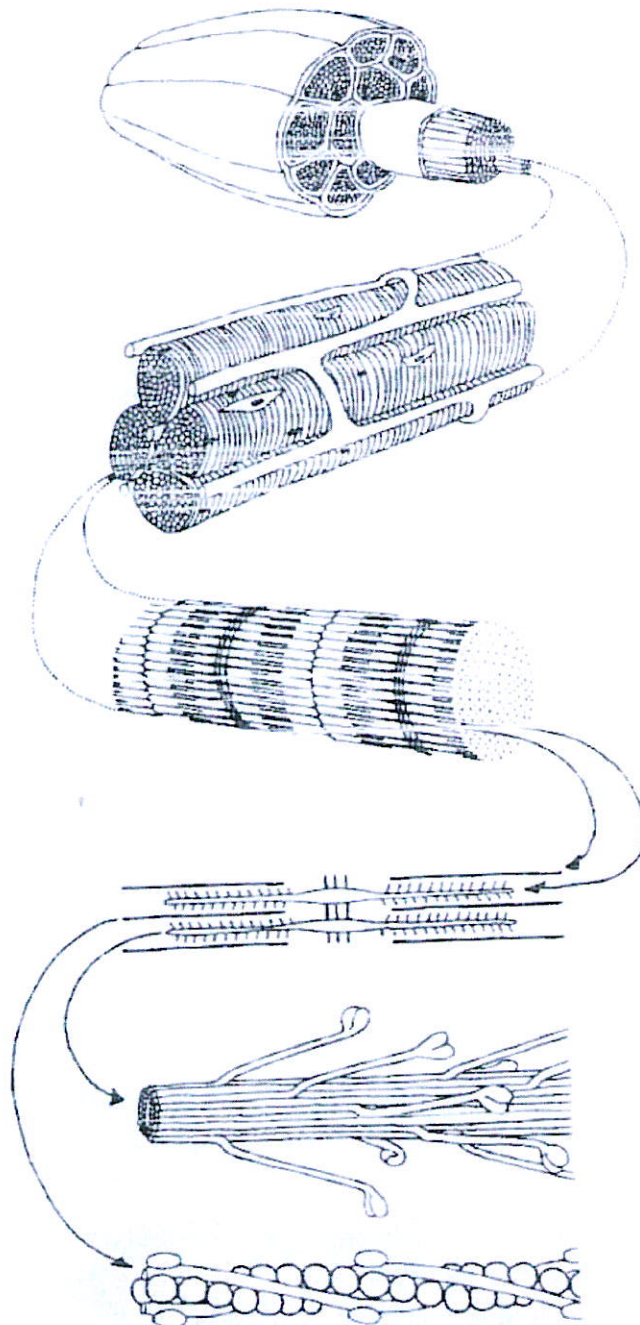


Figure 1 : structure emboîtée de l'unité myo-tendineuse [13].

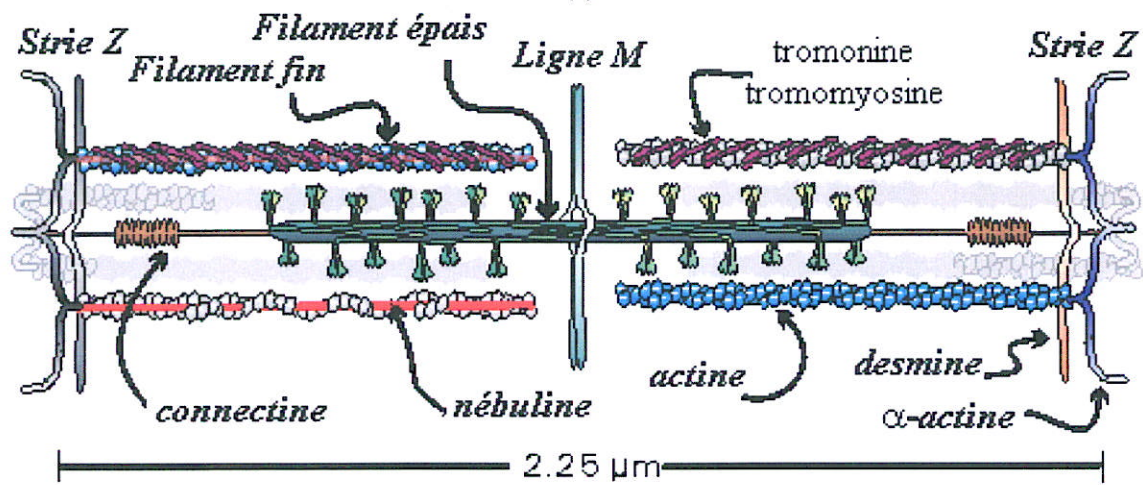


Figure 2 : structure du sarcomère. [22]

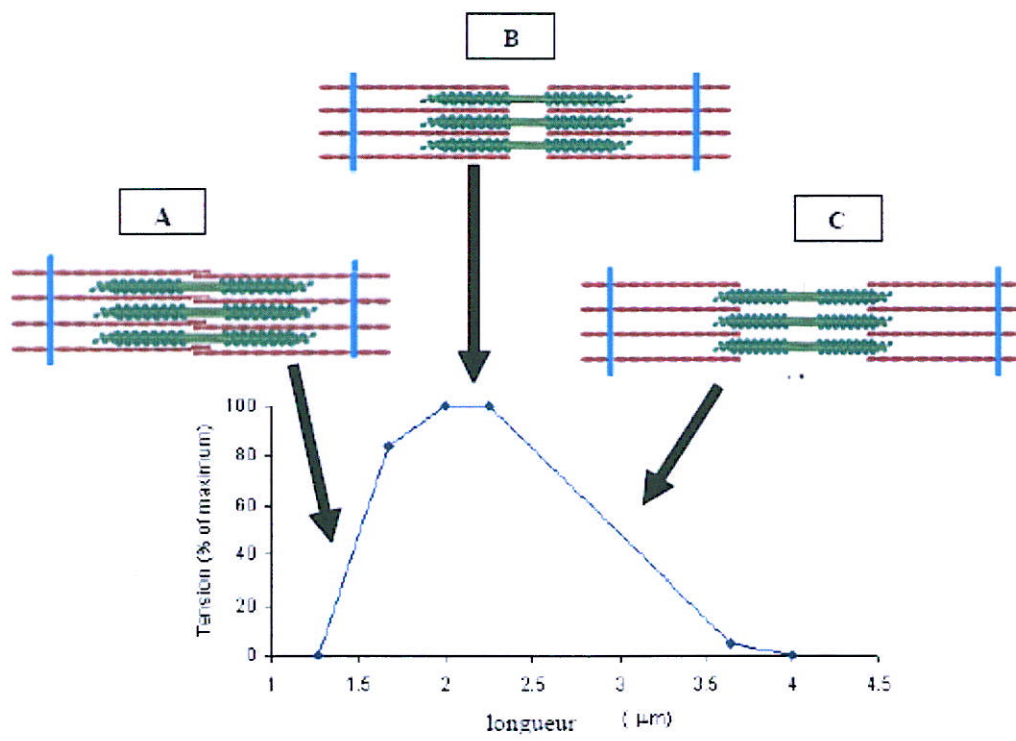


Figure 3 : courbe tension longueur du sarcomère. [1]

* Anatomie des muscles utilisés dans la deuxième partie du protocole :

- **grand fessier :**

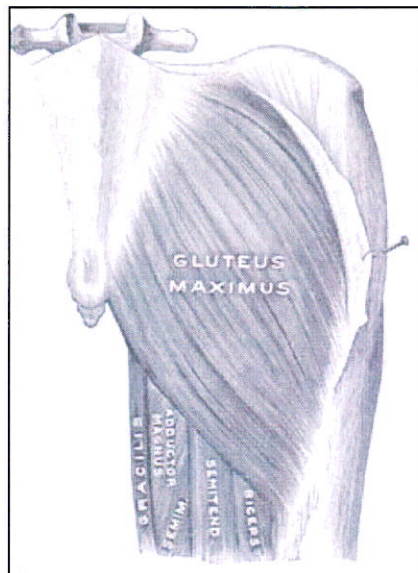


Figure 4 : visualisation du muscle grand fessier. [23]

- **ischio-jambiers :**

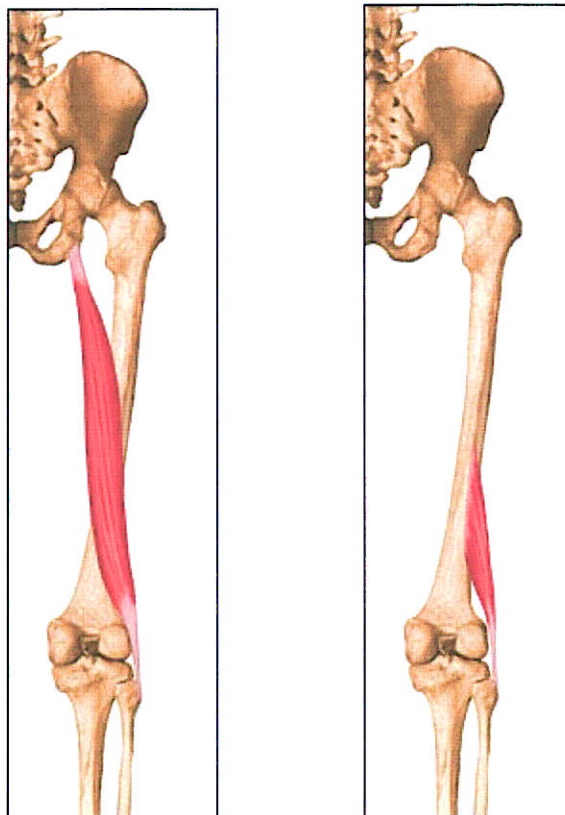


Figure 5 : chef long et court du biceps fémoral. [23]

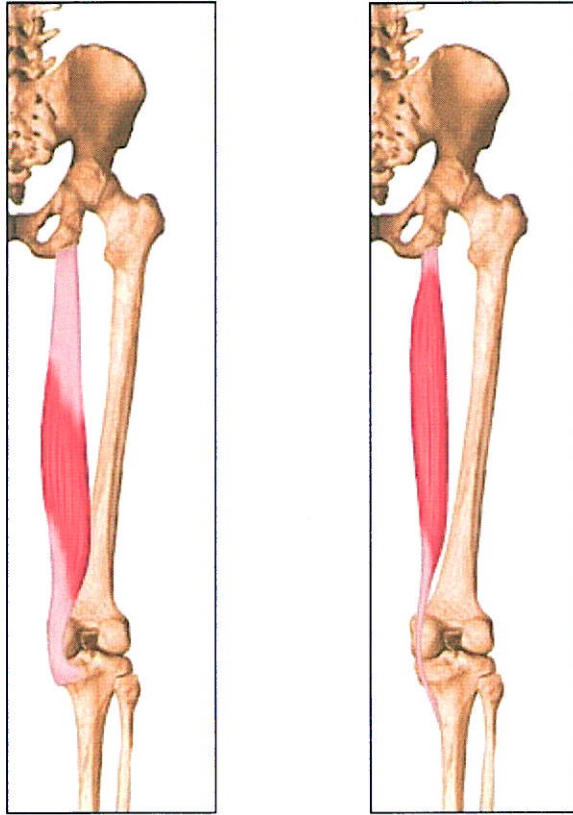


Figure 6 : semi-membraneux et semi-tendineux. [23]

- soléaire :



Figure 7 : muscle soléaire. [23]

- quadriceps :

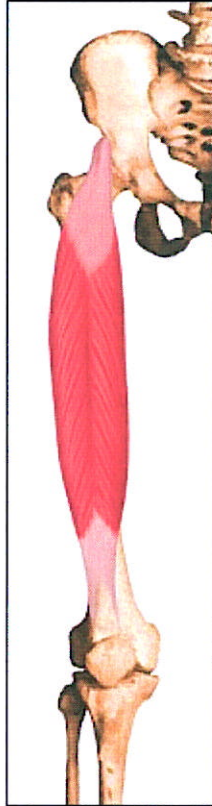


Figure 8 : chef bi-articulaire du quadriceps : droit fémoral. [23]

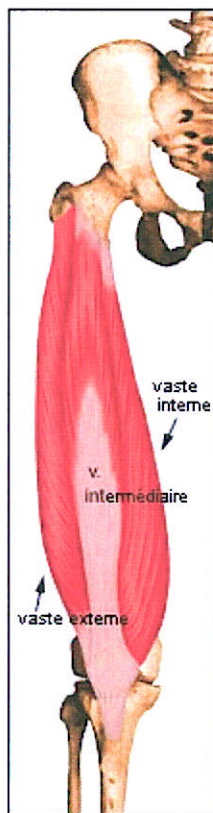


Figure 9 : chefs mono-articulaire : vaste médial, latéral et intermédiaire. [23]

ANNEXE II :

Effets physiologiques des étirements

* Eveil du sens kinesthésique :

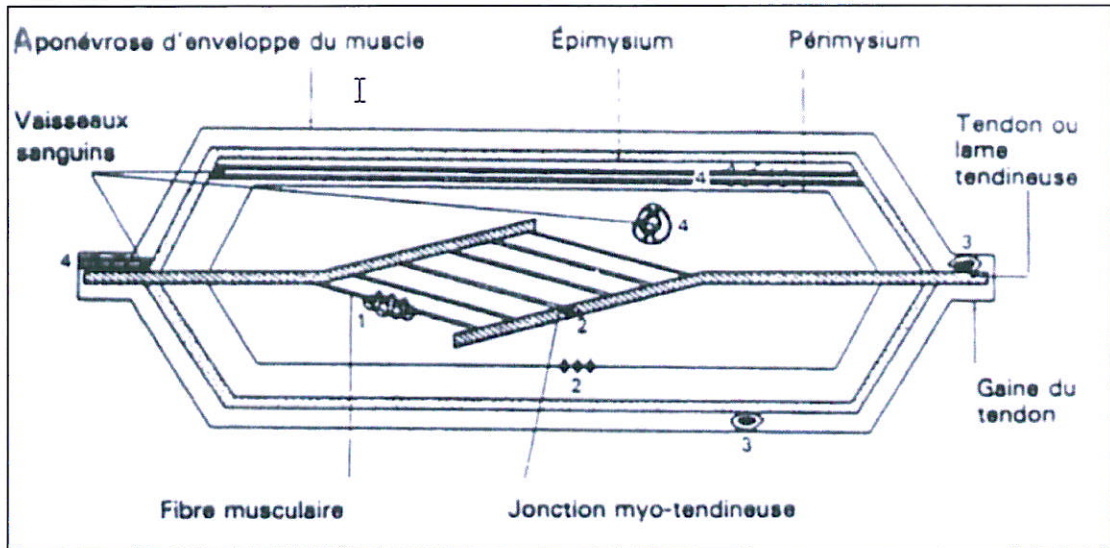


Figure 1 : localisation des récepteurs musculaires. [2]

Tableau 1 : récepteurs musculaires du sens kinesthésique. [2]

<i>Nature</i>	<i>Localisation</i>	<i>Sensibles à</i>	<i>Responsables de</i>
1. F.N.M.	fibre musculaire	étirement	ajustement de tension à la longueur
2. organes de GOLGI	jonction myo-tendineuse	allongement étirement passif	facilitation de la contraction inhibition de la contraction ???
3. corpuscules de PACINI	périmysium	tension de la contraction	action remise en question chez l'homme depuis 1984
4. terminaisons libres	aponévrose d'enveloppe et gaine du tendon vaisseaux des tendons, muscles, aponévroses.	pression profonde tension (récepteurs de la douleur)	sens de position du segment sens kinesthésique

* Diminution de la visco-élasticité musculaire :

Protocole de MAGNUSSON (1998) : [1]

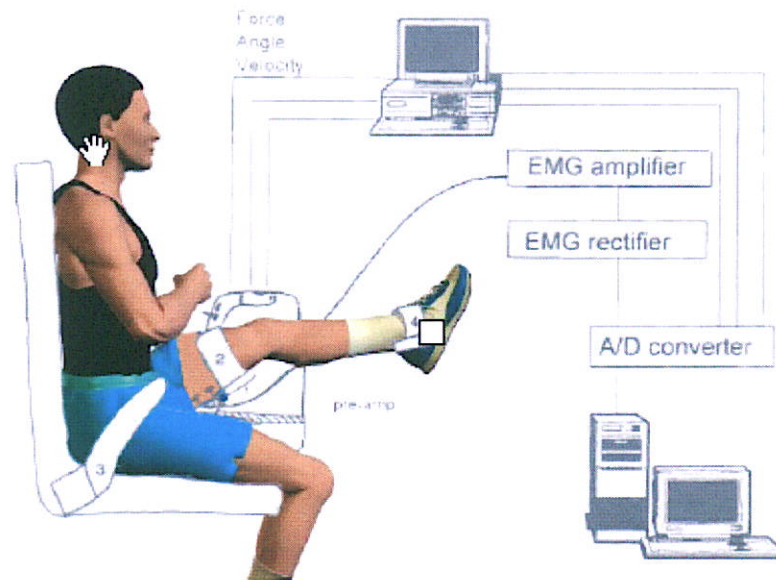


Figure 2 : protocole expérimental de Magnusson : ergomètre impose un extension au genou donc un étirement des ischio-jambiers jusqu'à la position limite de la douleur, position maintenue pendant 90 secondes, l'ergomètre enregistre la tension des ischio-jambiers tout au long de l'exercice. [1]

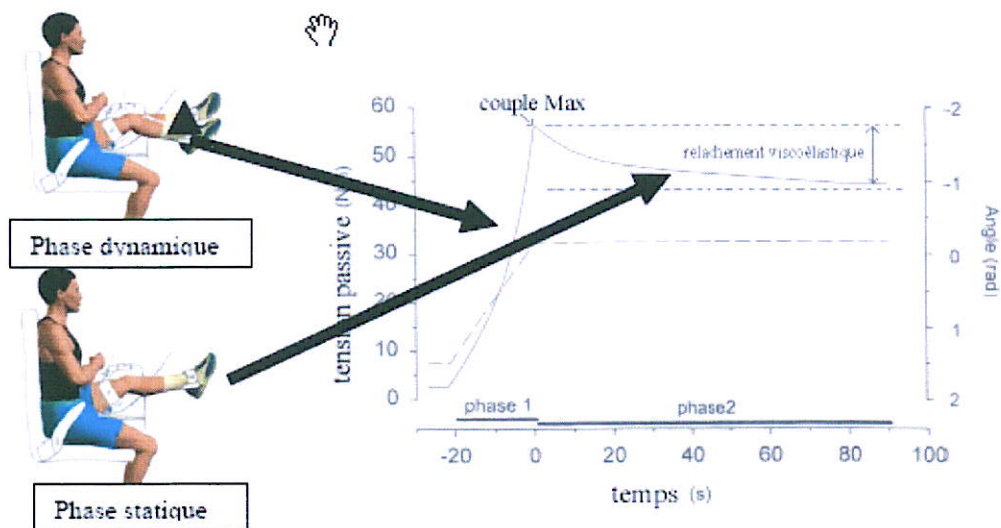


Figure 3 : la courbe enregistrée montre une augmentation de la tension pendant l'étirement puis une diminution lors de son maintien. [1]

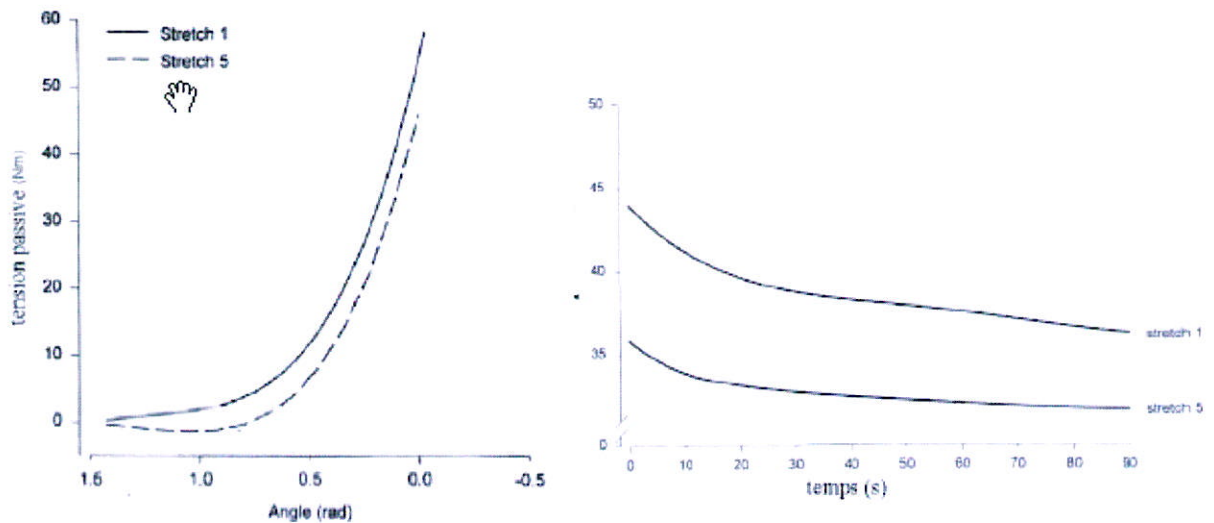


Figure 4 : évolution de la raideur (gauche) et de la visco-élasticité (droite) obtenue par analyse des résultats de l'ergomètre entre le 1^{er} et le 5^{ème} étirement. [1]

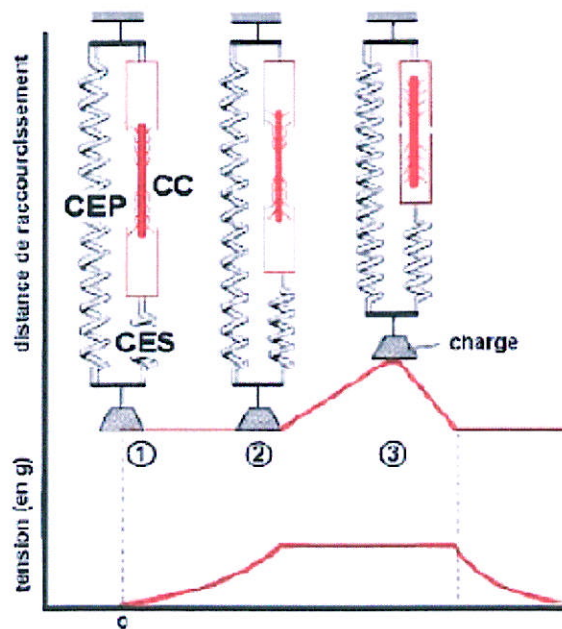


Figure 5 : « Application d'une force à l'aide du système musculo-tendineux
1 : système au repos

De 1 à 2 : système progressivement mis en tension par la composante contractile CC entraînant l'allongement de la partie élastique située en série CES

Une fois atteint son seuil 'allongement maximal 2, la CC qui continue à agir sur la CES, peut alors soulever la charge 3 pendant son propre raccourcissement. » [16]

* Relâchement musculaire :

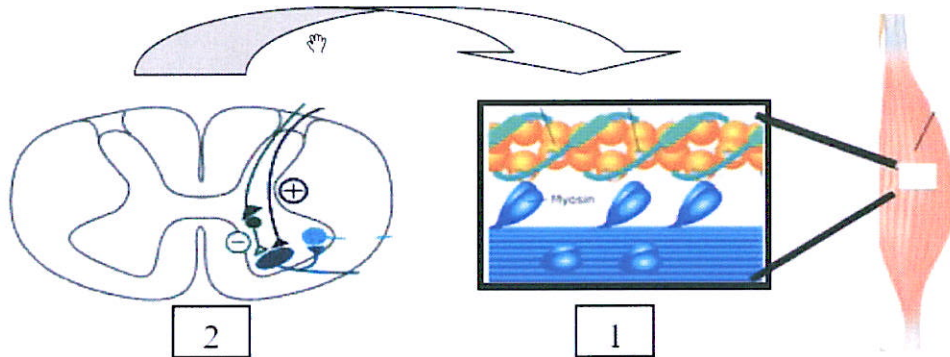


Figure 6 : les deux niveaux de relâchement, 1 : au niveau des ponts, et 2 : au niveau neuro-musculaire. [1]

* Diminution de l'excitabilité des motoneurones :

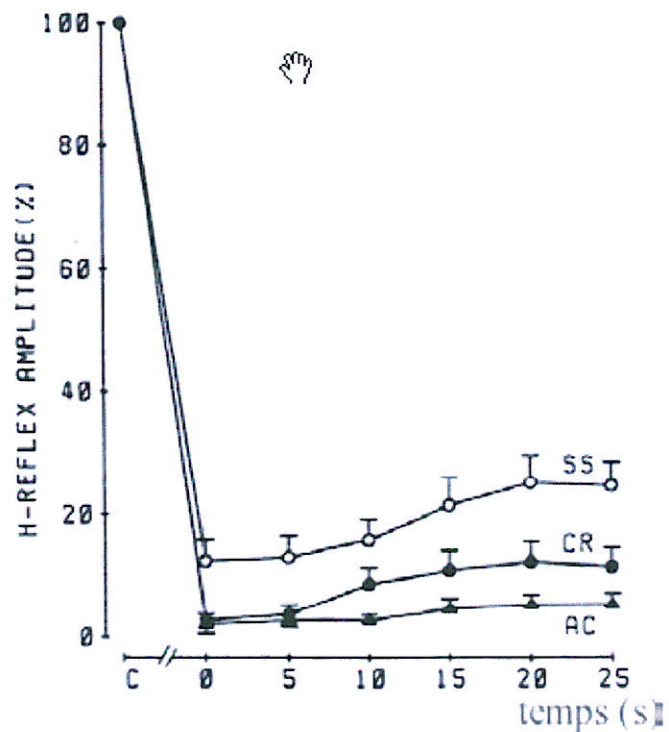


Figure 7 : évolution de l'excitabilité des motoneurones selon Guissard et Coll. [1]

Annexe III : Protocole de mesure :

1^{ère} ETAPE : installation du matériel :

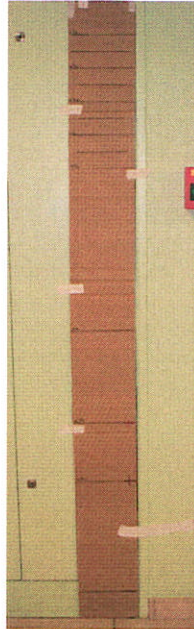


Figure 1 : Fixation de la toise au mur.



Figure 2 : mesure du sujet en auto-grandissement sur une toise traditionnelle.



Figure 3 : positionnement du siège et de la bande de strapp (position des pieds).

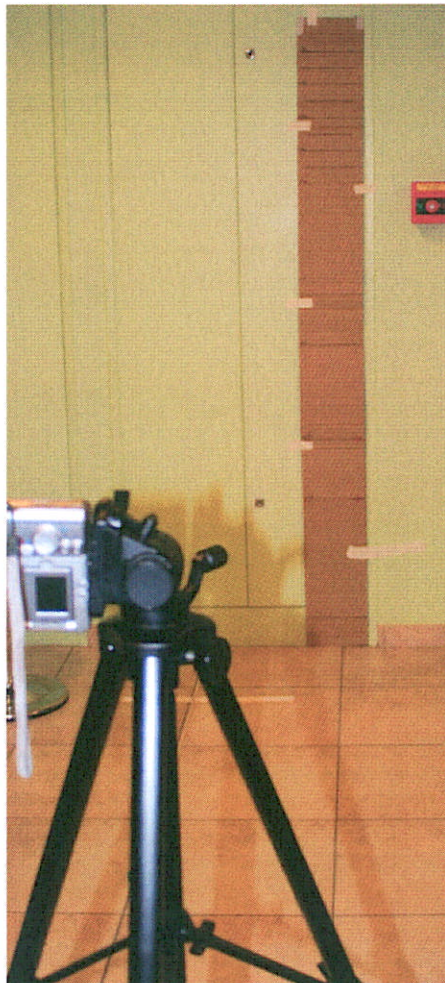


Figure 4 : positionnement du caméscope numérique dans un profil strict à 3 mètres du mur.

2^{ème} ETAPE : positionnement du sujet :



Figure 5 : fixation hauteur du siège pour obtenir 90° de flexion de genou.



Figure 6 : fixation de la gomme au niveau du tragus de l'oreille.

3^{ème} ETAPE : réalisation du saut :

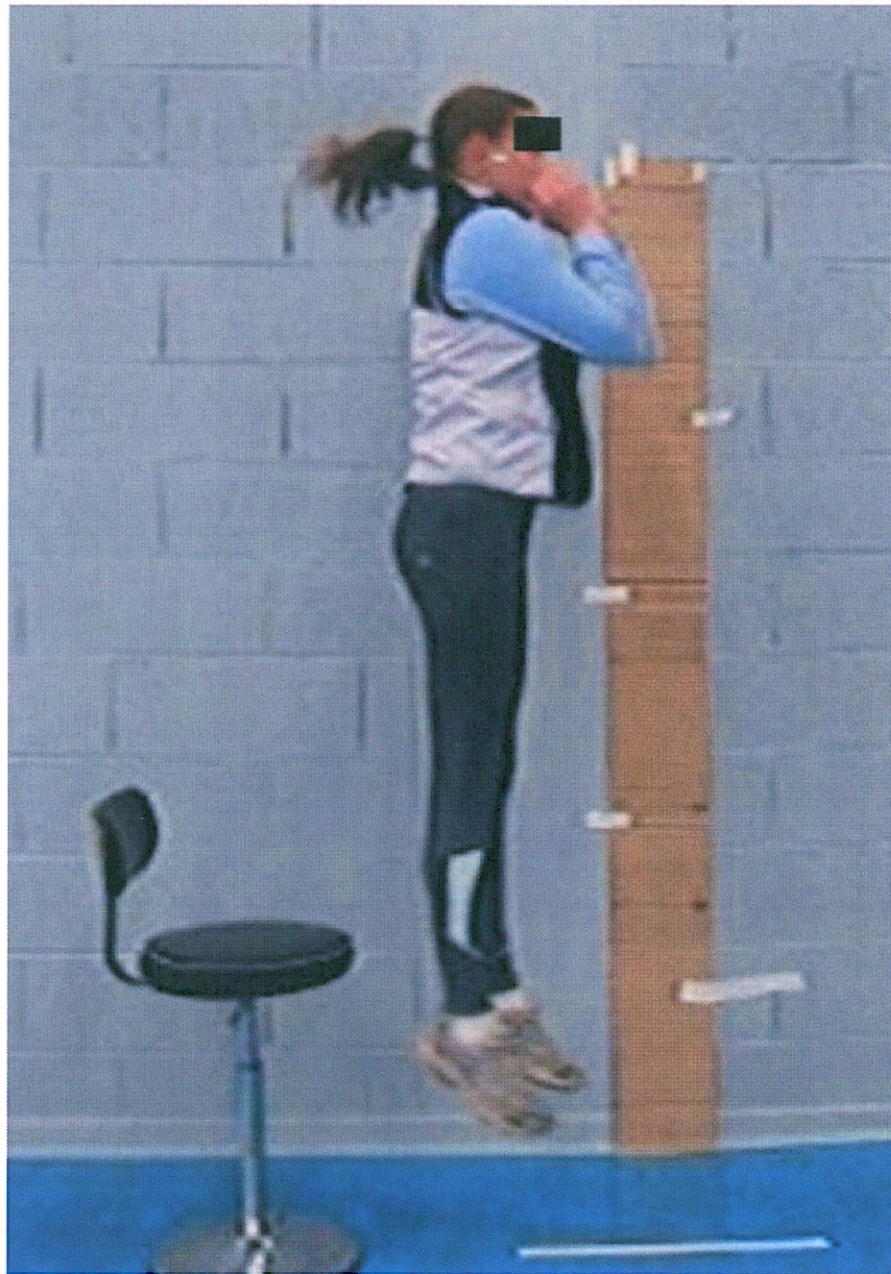


Figure 7 : réalisation du saut : le plus vertical possible, l'abduction des membres supérieurs ne doit pas être supérieure à 90° .

Annexe IV :

Exploitation informatique des résultats :

1^{ère} ETAPE : transmission des images du caméscope à l'ordinateur par Windows Media.

2^{ème} ETAPE : séquençage du film en image par Virtual Dub.

3^{ème} ETAPE : exploitation et mesure par Image J :

- Fixation de l'échelle pixel/centimètres grâce à la toise fixée au mur.

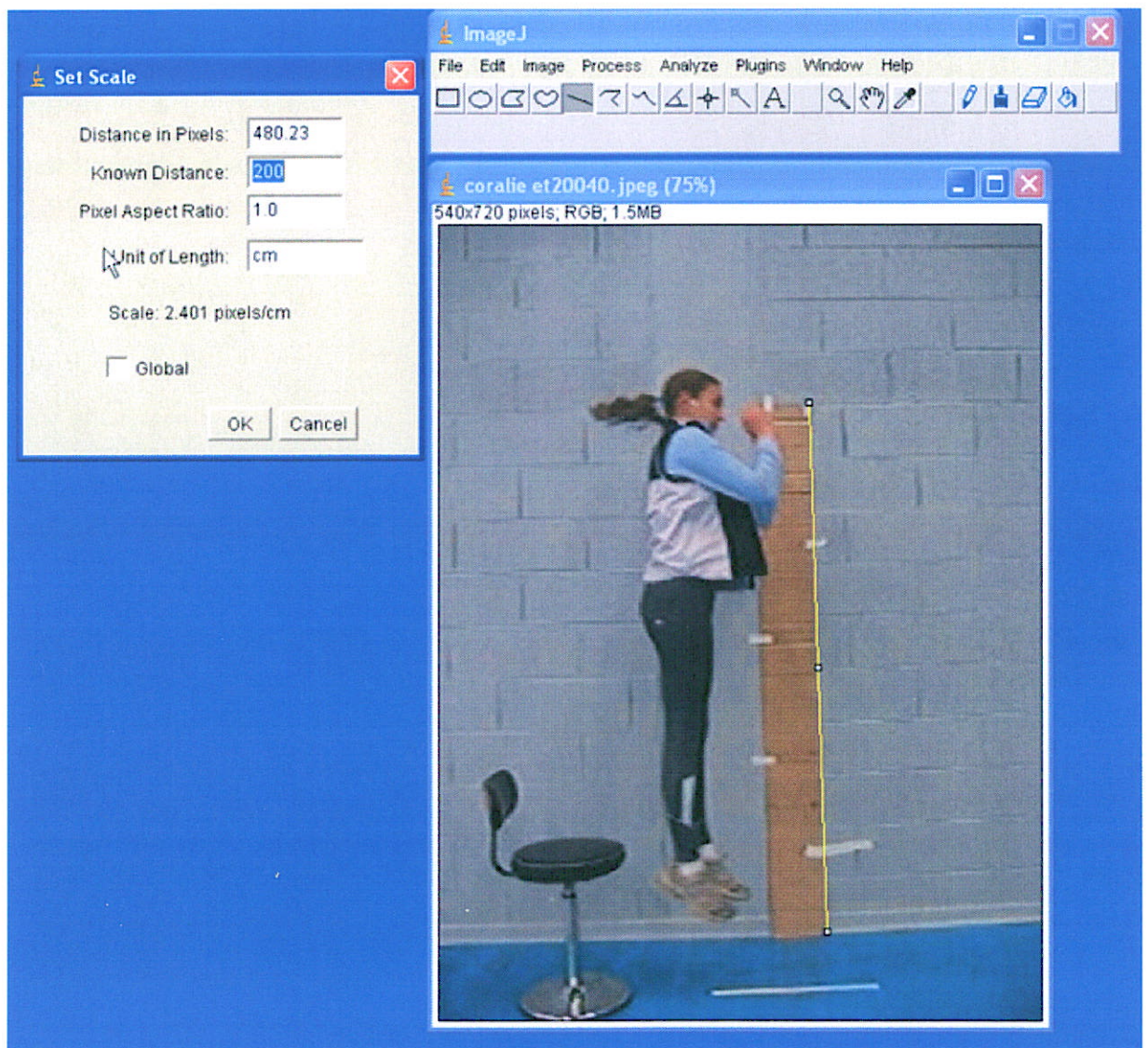


Figure 1 : fixation de l'échelle dans le logiciel Image J.

- Sélectionner : « straight line », tracer une ligne entre l'extrémité supérieur et inférieure sur le bord de la toise.
 - Sous l'onglet « analyse », choisir « set scale » afin de fixer notre échelle, faire correspondre l'équivalent pixels avec l'équivalent centimètre.
- Calcul de la hauteur du saut de l'athlète :
- tracer un trait entre les 2 repères fixés auparavant.
 - sous l'onglet « analyse », choisir « mesure » ; le logiciel nous donne directement la hauteur du saut de l'athlète.

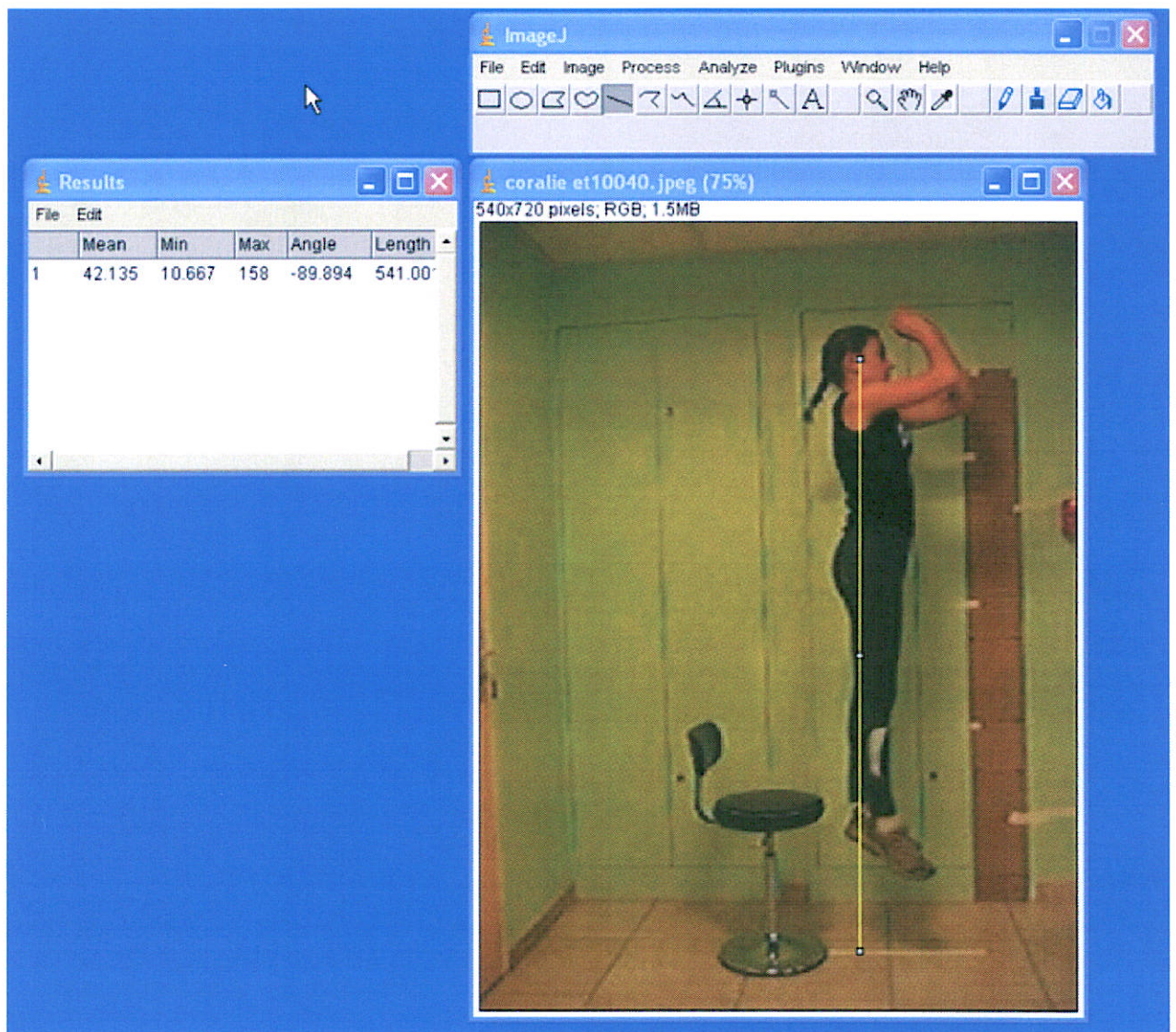


Figure 2 : mesure du saut réalisé.

Annexe V :

Résultats de l'étude, statistiques et représentation graphique :

Tableau 1 : récapitulatif des caractéristiques des athlètes de l'étude :

N° anonymat	Sexe	Taille en autograndissement en cm	Age	Poids en kg	Indice de masse corporelle
1	F	168	23	58	20,54
2	M	185	24	68	19,86
3	F	175	15	57	18,61
4	M	173	28	70	23,39
5	M	183	25	79	23,58
6	F	165	18	57	20,93
7	M	184	26	68	20,08
8	M	182	21	66	19,92
9	F	176	21	62	20,01
10	M	183	30	83	24,78
11	M	177	26	70	22,34
12	F	167	22	57	20,43
13	M	184	23	67	19,79
14	F	174	14	56	18,5
15	M	172	27	69	23,32
16	M	182	24	78	23,54
17	F	164	17	56	20,82
18	M	183	25	67	20,01
19	M	181	20	65	19,84
20	F	175	20	61	19,91
21	M	182	29	82	24,75
22	M	176	25	69	22,27
23	F	169	24	59	20,65
24	M	186	25	69	19,94
25	F	176	16	58	18,72
26	M	174	29	71	23,45
27	M	184	26	80	23,62
28	F	166	19	58	21,04
29	M	185	27	69	20,16
30	M	183	22	67	20,01
31	F	177	22	63	20,11
32	M	184	30	84	24,9
33	M	178	27	71	22,41

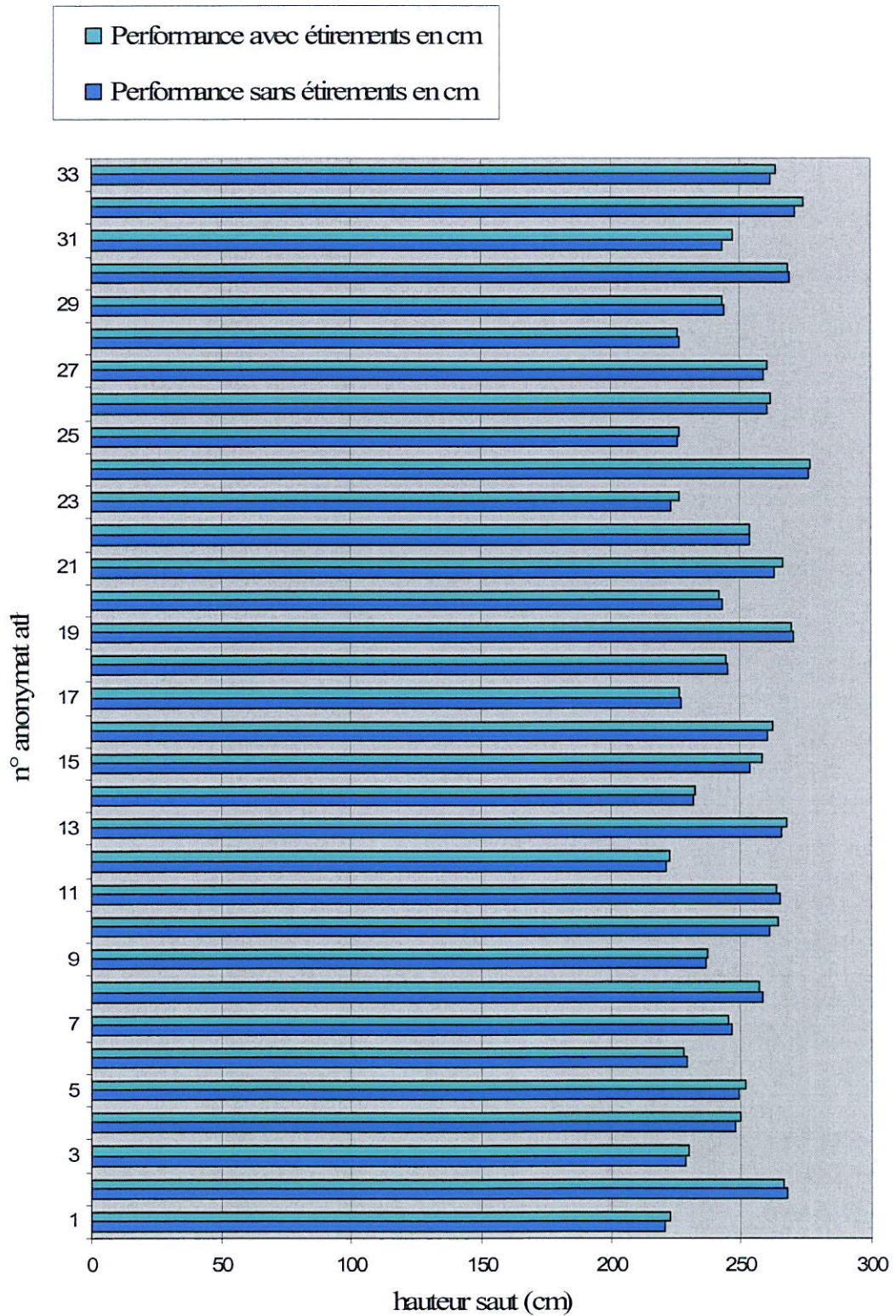
Tableau 2 : tableau représentant les moyennes, écart-type, étendue des caractéristiques des athlètes.

Variable	Nombre	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Age du sujet	33	23,39	4,27	14	30
Poids du sujet	33	67,03	8,45	56	84
Indice de Masse Corporelle	33	21,28	1,93	18,50	24,90
Taille avec autograndissement	33	177,55	6,39	165	186

Tableau 3 : résultats détaillés des différentes prises de mesures

N° anonymat	Taille en autograndissement en cm	Performance sans étirements en cm	Performance avec étirements en cm	Différentiel
1	168	220,667	222,554	1,887
2	185	267,781	266,252	-1,529
3	175	228,73	230,02	1,29
4	173	247,773	249,542	1,769
5	183	248,981	251,942	2,961
6	165	229,028	227,844	-1,184
7	184	246,509	245,455	-1,054
8	182	258,465	257,002	-1,463
9	176	236,634	237,44	0,806
10	183	260,707	264,084	3,377
11	177	264,897	263,425	-1,472
12	167	221,456	222,83	1,374
13	184	265,749	267,852	2,103
14	174	231,771	232,831	1,06
15	172	253,873	258,624	4,751
16	182	260,457	262,631	2,174
17	164	227,122	226,912	-0,21
18	183	245,004	244,645	-0,359
19	181	270,09	269,78	-0,31
20	175	242,912	242,012	-0,9
21	182	263,3	266,587	3,287
22	176	254,074	253,837	-0,237
23	169	223,234	226,331	3,097
24	186	276,516	277,068	0,552
25	176	225,724	226,554	0,83
26	174	260,05	261,479	1,429
27	184	258,762	260,136	1,374
28	166	226,554	225,674	-0,88
29	185	243,715	243,01	-0,705
30	183	269,1	268,025	-1,075
31	177	243,408	247,201	3,793
32	184	271,077	274,274	3,197
33	178	261,748	263,837	2,089

Graphe 1: histogramme représentant en parallèle les performances avec et sans étirements



Graphe 2:
histogramme tronqué

RQ: Echelle tronquée permettant de mettre en évidence les différentiels les plus importants, indiqués en rouge sur le graphe.

