



**HAL**  
open science

# Évaluation à court terme des effets des étirements activo-dynamiques, réalisés lors de l'échauffement, sur la performance musculaire du footballeur

Raphaël Corfa

► **To cite this version:**

Raphaël Corfa. Évaluation à court terme des effets des étirements activo-dynamiques, réalisés lors de l'échauffement, sur la performance musculaire du footballeur. Sciences du Vivant [q-bio]. 2016. dumas-01438844

**HAL Id: dumas-01438844**

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01438844>

Submitted on 18 Jan 2017

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



**INSTITUT DE FORMATION EN MASSO KINÉSITHÉRAPIE**

22 avenue Camille Desmoulins

29238 BREST CEDEX 3

**EVALUATION DES EFFETS A COURT  
TERME DES ETIREMENTS ACTIVO-  
DYNAMIQUES, REALISES A  
L'ECHAUFFEMENT, SUR LA  
PERFORMANCE MUSCULAIRE DU  
FOOTBALLEUR**

Corfa Raphaël

En vue de l'obtention du diplôme d'état de masseur-kinésithérapeute

Année 2013-2016

## REMERCIEMENTS

Ronan Lestideau, mon directeur de mémoire, pour ses nombreux conseils

Laurence Alexandre, Marc Leroy, Mathilde Macé, Vincent Créach formateurs à l'IFMK de Brest, pour l'accompagnement lors de mon cursus

Gilles Baudouin, pour son accueil durant mon stage au Stade Brestois 29, et le partage de ses connaissances

Alexandre Lavanant pour sa relecture

Dr Christophe Guégan, pour ses conseils et son expertise

Pr Rémy-Néris, pour son aide et son accompagnement tout au long de l'année

Ma mère, mon père, mon frère, pour leur soutien au cours de ces 3 ans

Audrey, pour sa présence durant l'année

Lorianne, pour sa relecture et son aide en anglais

Et enfin, à Fred, parti en ce début d'année, pour sa gentillesse, sa joie de vivre et son accompagnement durant mon cursus.

## Table des matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>I PARTIE 1 : CONTEXTE DE L'ETUDE</b> .....	<b>3</b>
I.1 L'ECHAUFFEMENT ET L'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE: .....	3
I.1.1 <i>Définition</i> :.....	3
I.1.2 <i>Effets physiologiques et métaboliques d'un échauffement actif</i> :.....	3
I.2 LES ETIREMENTS : .....	5
I.2.1 <i>Définition</i> :.....	5
I.2.2 <i>Classification des étirements</i> : .....	5
I.2.3 <i>Les structures anatomo-physiologiques impliquées lors d'un étirement</i> :.....	7
I.3 REVUE DE LITTERATURE : .....	8
I.3.1 <i>Etirements passifs, statiques</i> :.....	8
I.3.2 <i>Etirements PNF, activo-passifs</i> : .....	11
I.3.3 <i>Etirements activo-dynamiques</i> :.....	13
I.4 OBJECTIFS ET HYPOTHESES .....	14
<b>II PARTIE 2 : METHODE ET PROTOCOLE</b> .....	<b>15</b>
II.1 METHODOLOGIE DU PROTOCOLE .....	15
II.1.1 <i>Population</i> :.....	15
II.1.2 <i>Matériels</i> :.....	16
II.2 DEROULEMENT DU PROTOCOLE.....	17
II.2.1 <i>Première session de mesures</i> :.....	17
II.2.2 <i>Deuxième session de mesures</i> : .....	19
II.3 VALEURS MESUREES : .....	22
<b>III DISCUSSION</b> :.....	<b>24</b>
III.1 ETAPES DU PROTOCOLE :.....	24
III.1.1 <i>Echauffement et étapes</i> :.....	24
III.1.2 <i>Exercices sélectionnés</i> :.....	24
III.1.3 <i>Durée de l'échauffement</i> :.....	24
III.1.4 <i>Temps de repos</i> :.....	24
III.1.5 <i>Choix de l'enchaînement des mesures</i> : .....	25
III.1.6 <i>Durée entre les sessions de test</i> : .....	25
III.2 CHOIX DU MATERIEL : .....	25
III.3 CHOIX DES VARIABLES MESUREES : .....	26
III.3.1 <i>Variables mesurées sur Myotest</i> :.....	26
III.3.2 <i>Variables mesurées sur isocinétisme</i> : .....	26
III.4 BIAIS POSSIBLES :.....	28
III.5 OUVERTURE :.....	28
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>30</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>31</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>37</b>

## INTRODUCTION

Dans le monde sportif, la performance et la quête de résultats sont les objectifs principaux de tout athlète. On parle de performance sportive, quel que soit le niveau de réalisation, dès l'instant où l'action optimise le rapport entre les capacités physiques d'une personne et une tâche sportive à accomplir (1). Les capacités physiques du sportif s'appuient sur les qualités biologiques, énergétiques et neuromusculaires de celui-ci. Ces capacités seront recrutées, dans ce travail, dans le but d'explorer la performance musculaire du sportif (2).

Pour la préparation à une compétition, de nombreux aspects et étapes sont indispensables à un sportif. Une partie bien précise de cette préparation à la performance a attiré mon attention. Durant mon stage au Stade Brestois 29, club de football professionnel, je me suis intéressé à l'échauffement des joueurs.

L'échauffement est un élément incontournable dans la préparation à la performance chez le sportif. De plus, l'échauffement est un temps de préparation pour le footballeur tant sur le plan physique, technique que psychologique et mental. Il s'agit pour l'athlète de préparer au mieux sa compétition. L'échauffement est souvent considéré comme une routine permettant une mise en route efficace et axée sur le sportif et son activité (3).

Dans un échauffement conventionnel, on retrouve souvent : des exercices sous maximaux, une période d'étirement (4) et des mouvements dynamiques d'intensité plus élevée, spécifiques à l'activité pratiquée (5,6). Les buts de l'échauffement sont d'augmenter la température corporelle et musculaire, d'accroître l'irrigation des tissus (7), d'augmenter la compliance musculaire (8) et de faciliter la conduction nerveuse ainsi que les cycles enzymatiques (8).

L'échauffement réalisé en préparation aux matchs du Stade Brestois 29 comporte lui aussi un temps d'étirement. Je me suis questionné sur l'utilité, les buts et les spécificités de cette pratique.

La place des étirements, les modalités d'applications, et les effets immédiats font encore débat aujourd'hui (9). Dans la préparation à l'effort, les objectifs de ceux-ci sont les suivants : l'augmentation de l'amplitude articulaire, autrement nommée Range of motion (10), l'augmentation de la performance (6) et enfin, la diminution du risque de blessure (11).

De nombreux effets suivant les types d'étirement réalisés ont été recensés (12). Les étirements réalisés lors de mon stage étaient de type activo-dynamique. J'ai souhaité alors connaître les effets de ces étirements sur l'objectif suivant, cité plus haut : l'augmentation de la performance.

Concernant le lien entre les étirements et la performance, on retrouve dans la littérature différents types d'étirements, différents protocoles et différents effets sur cette dernière. De nombreux écrits ont traité des étirements statiques et activo-passifs sur la performance musculaire (12). Cependant, peu d'écrits sont retrouvés traitant du lien entre la pratique des étirements activo-dynamiques et la performance musculaire, favorisant alors mes interrogations.

Dans ce travail, on entend par performance musculaire, l'ensemble des résultats, chiffrés, réalisés grâce à une contraction musculaire telle quelle soit.

Par conséquent, l'objectif de mon travail est l'élaboration d'un protocole permettant d'identifier le lien entre étirements activo-dynamiques et performance musculaire.

Dans un premier temps, les notions fondamentales et préalables au travail seront présentées : l'échauffement, les étirements, ainsi qu'une synthèse de la littérature traitant du lien entre les étirements et la performance.

Dans un second temps, j'exposerai l'objet de mon travail qui est la construction d'un protocole d'étude, ainsi que sa méthodologie, permettant de répondre à ma problématique.

La problématique de ce travail est la suivante :

Quels sont les effets à court terme des étirements activo-dynamiques, réalisés durant un échauffement, sur la performance musculaire chez le footballeur ?

# **I PARTIE 1 : CONTEXTE DE L'ETUDE**

## **I.1 L'échauffement et l'amélioration de la performance:**

### **I.1.1 Définition :**

L'échauffement constitue pour le sportif une préparation physique et mentale importante pour la compétition (13).

Pour Cometti (13), l'échauffement a quatre grands rôles :

- Psychologique
- Technique
- Préventif du risque de blessures
- Préparatif à la performance

Le dernier rôle décrit par Cometti sera le sujet de mon travail.

D'un point de vue physiologique, le but principal de l'échauffement est l'augmentation de la température centrale, corporelle, mais aussi l'augmentation de la température musculaire (13,14).

Il existe deux types d'échauffements d'après Bishop (14):

- L'échauffement passif: Il consiste en l'augmentation de la température centrale et musculaire par des éléments extérieurs tels que le sauna ou la douche chaude par exemple.
- L'échauffement actif: Il consiste en l'augmentation de la température centrale et musculaire par la réalisation d'exercices actifs par le sportif.

Dans le cas de mon travail, le deuxième type d'échauffement, l'échauffement actif, prendra part à mon protocole.

### **I.1.2 Effets physiologiques et métaboliques d'un échauffement actif :**

Différents effets physiologiques et métaboliques ont été explorés et analysés dans la littérature. La majorité des effets physiologiques de l'échauffement sont dus à l'élévation de la température musculaire et centrale (13). Cependant Bishop (8) attribue des mécanismes physiologiques liés à la température et d'autres indépendants de cette notion.

#### **I.1.2.1 Effets physiologiques liés à l'augmentation de la température corporelle et musculaire, associée à l'échauffement actif :**

Ces augmentations de température sont les conséquences directes de l'échauffement. L'échauffement actif, par la réalisation d'exercices par le sportif, permet l'augmentation de ces deux températures, l'une musculaire et l'autre centrale. Le meilleur moyen d'augmenter la température musculaire est d'augmenter la vascularisation et la circulation musculaire (15). Pour Masterovoi, le moyen le plus efficace et approprié pour augmenter cette température est la

réalisation de contraction concentrique avec une résistance moyenne d'environ 50% de la force maximale volontaire (15). Pour ce même auteur, cette contraction permet de réaliser « l'effet pompe » indispensable au muscle pour la préparation à l'effort (13,15).

Bishop (14) nous présente sous forme d'une courbe l'augmentation des températures au fil de l'échauffement actif (Annexe 1). L'exercice physique augmente considérablement la température musculaire. En effet, Bishop (14) nous montre que pour une intensité modérée à élevée, 80 à 100% du seuil lactique, la température musculaire passe de 35°C à 39°C en peu de temps. L'augmentation de la température anale, considérée comme température centrale, augmente une fois que la température musculaire dépasse cette dernière, avant de trouver un équilibre (14). Ces augmentations de température sont les conditions sine qua non aux déclenchements des effets physiologiques liés à ces dernières.

En effet, l'augmentation de la température musculaire et centrale affecte la performance du fait de la diminution de la raideur musculaire et articulaire (14). Cependant, d'après ce même auteur, d'autres recherches doivent être effectuées pour quantifier précisément les effets de la température sur les changements de viscosité, et la performance (14).

Le second effet physiologique de ces augmentations de température est l'augmentation de l'apport d'oxygène aux muscles. En effet, d'après Barcroft et King (16), l'oxygène se dissocie deux fois plus vite de l'hémoglobine à une température musculaire de 41°C en comparaison à une température de 36°C. De plus, l'élévation de température permet une stimulation de la vasodilatation des vaisseaux sanguins, une augmentation du débit sanguin (17). Ces éléments permettent l'apport nécessaire en O<sub>2</sub>, indispensable au fonctionnement musculaire.

Le troisième effet physiologique lié à ces augmentations de température est l'augmentation de la conduction nerveuse. Karvonen a démontré que la stimulation du système nerveux central et l'augmentation de la transmission de l'influx nerveux sont liés à l'augmentation de la température musculaire et centrale retrouvée lors de l'échauffement actif (18).

D'autres effets physiologiques ont encore été décrits comme l'augmentation du métabolisme anaérobie, des dégradations des substrats énergétiques, et l'augmentation du recrutement du système de thermorégulation (8).

#### **I.1.2.2 Effets physiologiques liés à l'échauffement actif, indépendants de l'augmentation de la température centrale et musculaire :**

L'échauffement actif, en préparation à un effort ou une compétition, va permettre d'élever la VO<sub>2</sub> de son niveau de repos (8). De plus, la pratique d'exercices actifs et dynamiques lors de l'échauffement permet une augmentation transitoire de la performance contractile musculaire (19). En effet, celle-ci s'explique par l'activation des mécanismes d'augmentation de la sensibilité des myofilaments au calcium (20). La conséquence directe sera une amplification de l'activité des ponts actine-myosine pour une concentration sarcoplasmique calcique plus faible (20). Il semble que ce mécanisme a le potentiel d'augmenter les performances de vitesse et de force (14).

L'échauffement est donc un élément indispensable, de part les effets prouvés, pour la préparation du sportif à la compétition. Cependant, les étirements font très souvent partie prenante de cet échauffement. C'est pourquoi il semble indispensable que les étirements réalisés n'altèrent pas les effets positifs de l'échauffement effectué, et apportent des notions et effets bénéfiques supplémentaires à cet échauffement sportif.



## **I.2 Les Étirements :**

### **I.2.1 Définition :**

Un étirement, dit « stretching », est la mise d'un complexe myo-tendineux en position d'allongement. En d'autres termes, ses insertions proximales et distales s'éloignent pour positionner le muscle ou groupe musculaire en course externe.

### **I.2.2 Classification des étirements :**

Dans le terme étirement, on peut concentrer beaucoup de techniques, modalités et finalités diverses. Différentes classifications ont vu le jour durant ces dernières décennies pour clarifier ces méthodes (3).

Certains étirements s'effectuent avec mouvements, sans mouvements, ou encore avec ou sans contractions musculaires. Chaque technique ou méthode a son objectif thérapeutique bien précis et doit être utilisée en fonction du résultat escompté.

On distingue 3 grandes catégories d'étirements (3).

#### **I.2.2.1 Les techniques passives :**

Ces techniques ont surtout pour objectifs l'entretien de la souplesse, le gain d'amplitude, la détente, et la mobilité.

- Les étirements passifs et postures :

Ils consistent à maintenir un groupe musculaire étiré pendant un temps relativement long par la mise en tension passive d'une ou plusieurs articulations. Ces étirements sont surtout réalisés en fin de séance, durant le retour au calme, ou durant des temps uniquement dédiés à la souplesse ou au gain d'amplitude (3). Ils sont souvent organisés sous forme de routine dans le monde sportif.

Le procédé de la posture, aussi appelée « posture passive », ainsi que son principe sont les mêmes que ceux des étirements passifs. Certaines particularités diffèrent : le temps de posture est plus long, de 1 à 5 minutes, dans une position confortable et dans une grande amplitude (3).

#### **I.2.2.2 Les techniques activo-passives :**

Ces techniques activo-passives sont aussi appelées, Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF).

Les buts principaux de ces techniques sont les suivants : la levée de tension musculaire, le gain et la récupération d'amplitude articulaire, la diminution des tensions, la détente et le guidage de cicatrisation (3).

- Le contracté-relâché-étiré (CRE)

Cette méthode combine une contraction isométrique du groupe musculaire en position d'allongement et des phases d'étirement passif (3). On observe une phase de contraction en position d'étirement, une phase de relâchement et une phase de gain d'amplitude par un étirement passif.

- La méthode antagoniste contraction (CRAC)

Le muscle agoniste est préalablement placé en position d'étirement. Durant la réalisation cette méthode, on va utiliser une contraction isométrique maximale puis concentrique des muscles antagonistes en vue d'étirer au maximum le muscle agoniste. Cette technique est moins utilisée dans la pratique.

### **I.2.2.3 Les techniques actives :**

Les techniques actives sont surtout appliquées lors de la préparation à l'effort. Elles ont pour but de permettre l'activation du tonus musculaire, de préparer le muscle à l'effort, d'entretenir la souplesse dite active, et de roder les articulations avant la compétition (3).

- Les étirements balistiques :

Les mouvements de balancement consistent en des mouvements pendulaires progressifs et répétés afin d'étirer un groupe musculaire cible. La recherche du mouvement physiologique et sportif est ici appliquée.

- Les étirements activo-dynamiques :

Ce type d'étirement, de plus en plus retrouvé sur les terrains sportifs amateurs et professionnels, est considéré comme le type d'étirement adapté à la préparation à l'effort.

On utilise des positions proches de l'effort pour préparer à la compétition. Il est impératif que la phase dynamique se rapproche des sollicitations demandées par l'activité.

On distingue un enchaînement de 4 phases, toujours réalisé dans l'ordre suivant (3) :

- L'étirement : On place le groupe musculaire à étirer en position d'allongement sous-maximal. C'est une phase d'étirement passif. On maintient cet étirement pendant 6 secondes. L'allongement peut être progressivement augmenté à la répétition suivante.
- La contraction : on réalise la contraction du groupe musculaire dans la position d'étirement. Elle est isométrique et d'une durée de 6 à 8 secondes. En théorie, la tension musculaire permet de favoriser l'apport vasculaire, la sensation de chaleur (3). Cette phase est aussi retrouvée dans les étirements activo-passifs. Suivant les descriptions des étirements activo-dynamiques, on retrouve parfois deux phases de contraction, la phase isométrique et excentrique.
- Le relâchement : Il dure 3 secondes, la position d'étirement est progressivement diminuée.
- La phase dynamique : Il s'en suit un enchaînement de mouvements dynamiques recrutant principalement le groupe musculaire étiré. Ces mouvements sont bien définis et sont réalisés pendant 6 à 8 secondes. Cette phase participe à l'augmentation de la température corporelle ainsi qu'à la mise en route musculaire avant l'effort.

Chaque exercice sera répété deux fois par groupes musculaires et sur chaque membre inférieur. La durée totale d'un enchaînement pour les membres inférieurs est d'environ 4 minutes (3).

### **I.2.3 Les structures anatomo-physiologiques impliquées lors d'un étirement :**

Plusieurs structures sont impliquées lors d'un étirement et sont étroitement liées. Différents éléments principaux sont mis en jeu lors d'un étirement : Le tissu conjonctif, les éléments élastiques du sarcomère et les ponts d'actine myosine (21) , ainsi que les mécanorécepteurs proprioceptifs tels que les fuseaux neuromusculaires et les organes tendineux de Golgi.

- La jonction ostéo-tendineuse :

Le lien entre l'os et le tendon s'effectue par le passage d'une formation de collagène, issue du tendon, à une formation plus minéralisée, propre à l'os, le périoste (2). Cette modification de structure entraîne un changement de propriétés mécaniques. L'étirement va donc agir sur cette zone et peut même stimuler l'ostéogénèse au niveau de cette jonction (3).

- Le tendon :

Le tendon permet la liaison muscle-os. C'est un tissu très dense, très peu vascularisé. Sa composition à 70% de fibres de collagène, détermine sa très grande résistance à la traction mais aussi sa faible capacité de déformation qui est au maximum de 4% sans lésions microscopiques. Sa structure en faisceaux lui permet la transmission de fortes contraintes appliquées par le muscle (22).

- La jonction myo-tendineuse :

Cette jonction constituée par les fibres de collagènes du tendon, une membrane de transmission et les fibres musculaires, constitue le principal élément passif de la composante élastique. C'est une zone importante de transmission des tensions. Les fibres de collagène et musculaires ne sont pas directement en lien car une lame basale se trouve en position intermédiaire, présentant de nombreux replis, dans le but d'augmenter la surface de contact et de dissiper les tensions (3).

- Le tissu fibrillaire conjonctif :

On entend par tissu conjonctif, l'ensemble des aponévroses et fascias entourant le muscle. D'après sa structure micro-vacuolaire et ses propriétés d'extensibilité, le tissu conjonctif permet la continuité histologique entre les différents organes du corps humain (23). Dr Guimberteau (24), au cours de ses expérimentations, a découvert que ce tissu fibrillaire conjonctif est une toile tissée, en forme de maille, composée de 70% de collagène, 20% d'élastine, et de lipides.

- Le tissu contractile :

Le tissu contractile est le tissu constituant le muscle strié squelettique. Constitué par des sarcomères, entités mécaniques élémentaires du muscle, ce tissu est la composante contractile qui est désignée comme très extensible et élastique. Les sarcomères sont eux mêmes constitués de juxtaposition de filaments d'actine et de myosine permettant la contraction musculaire par glissement entre ces derniers (2).

- Les mécanorécepteurs proprioceptifs :

Les fuseaux neuromusculaires, situés dans le corps musculaire, sont mis en jeu durant l'étirement. Ils vont renseigner le système nerveux sur l'état d'allongement des fibres musculaires, de la vitesse de l'étirement. Ils permettent de régler le niveau du tonus musculaire involontaire (3). Ils vont permettre, par l'intermédiaire du réflexe myotatique, la contraction musculaire, de protection, lorsque le muscle est étiré de manière brutale (3).

Les seconds mécanorécepteurs pouvant être mis en jeu durant un étirement sont les organes tendineux de Golgi. Ils sont situés à la jonction myo-tendineuse. Ils sont sensibles à la tension du tendon. Les organes tendineux de Golgi permettent le fonctionnement du réflexe myotatique inverse. Ce réflexe permet la régulation de la tension musculaire (25).

L'ensemble de ces structures est mis en jeu durant les étirements activo-dynamiques. Dans la pratique, on parle d'entité aponévro-tendino-musculaire. L'étirement influe sur un ensemble de structures et non pas sur une structure bien individualisée.

### **I.3 Revue de littérature :**

Les effets des étirements réalisés à l'échauffement, sur la performance sont nombreux et variables suivant les techniques utilisées. Certains ont été évoqués et d'autres démontrés. Cette revue de la littérature va permettre d'identifier les différents effets des étirements sur ces différents domaines en lien avec la performance suivant la technique exécutée.

Les étirements activo-dynamiques comportent une phase d'étirement statique, sous maximale et très courte, de 6 secondes, ainsi qu'une phase de contraction présente dans les étirements activo-passifs. Il me paraît donc important d'effectuer un état des lieux de la littérature sur ces deux types d'étirements.

#### **I.3.1 Etirements passifs, statiques :**

##### **I.3.1.1 Etirements passifs et vascularisation :**

On sait que l'élévation de la température musculaire est une condition indispensable à la performance chez le sportif (14). Cependant, Alter souligne le fait que les étirements passifs entraînent une diminution de l'irrigation sanguine du fait des tensions élevées musculaires durant l'étirement (26). Pour Cometti, cela va contre l'effet de vascularisation recherché lors de l'échauffement et de la préparation à la compétition (27).

##### **I.3.1.2 Etirements passifs et amplitude articulaire :**

Le principal objectif de ce type d'étirement est le gain d'amplitude articulaire. De nombreuses études ont traité de ce sujet. Les étirements passifs permettent un gain d'amplitude articulaire (12).

Le gain d'amplitude articulaire après des étirements passifs, en aigu, serait dû à une augmentation de la tolérance à l'étirement mais aussi aux changements des propriétés mécaniques de l'unité musculo-tendineuse, à la diminution de la raideur (28).

Le gain d'amplitude à la suite de séries d'étirements passifs a été conservé entre 5 et 120 minutes suivant les auteurs (29).

### **I.3.1.3 Étirements passifs et performance musculaire :**

Pour évaluer le lien entre les étirements statiques et la performance, de nombreuses études ont vu le jour introduisant un protocole d'étirement passif à l'échauffement, suivi de mesures de performance.

On entend par mesure de performance maximale : mesure de saut vertical, mesure du temps de sprint, mesure d'une répétition maximale, mesure de la force maximale volontaire (12).

Même si, les études traitant des effets des étirements passifs, à court terme sur la performance (30–34) montrent une diminution de celle-ci, différents paramètres sont à prendre en compte influant sur ces effets.

### **I.3.1.4 Effets à court terme des étirements passifs sur les mesures de vitesse et de puissance :**

Les sports et activités de vitesse et puissance sont nombreux. Il semble intéressant de séparer à la fois les activités de force et les activités de vitesse.

Concernant ces dernières, 52 études ont permis de mesurer des valeurs de vitesse et de puissance (saut vertical, temps de sprint) après un protocole d'étirement passif (29).

Pour un protocole d'étirement passif, étirement maintenu moins de 60 secondes, 26 études ont montré qu'il n'y avait pas de variations significatives sur les mesures de vitesse et de puissance (29). On peut donc ici en conclure qu'un effet des étirements passifs, à temps de maintien court, sur les performances de vitesse et puissance n'est pas identifié.

Quant aux étirements à temps de maintien plus long, supérieur à 60 secondes, la diminution de la performance à court terme est plus importante et identifiable (29).

### **I.3.1.5 Effets à court terme des étirements passifs sur les mesures de force musculaire :**

Des mesures de force illustrent en majorité une diminution de la force musculaire après un protocole d'étirement passif, modérée de 4,8% par rapport à la valeur témoin (29). On note que les effets des étirements passifs sur les activités de force sont plus marqués que sur les activités de vitesse (29).

Pour un protocole avec un temps d'étirement long, supérieur à 60 secondes, on note une diminution significative de la performance, d'une valeur de 5,1% (29).

Pour les temps d'étirement plus courts, inférieurs à 60 secondes, les mesures sont considérées comme non significatives (29).

En comparaison avec les activités de vitesse et de puissance, les effets négatifs des étirements passifs sur les activités de force sont plus identifiés et valables, surtout au niveau de la relation entre le temps de maintien et l'influence sur la performance (29).

### **I.3.1.6 Effets des étirements passifs suivant les temps de maintien :**

Le temps de maintien des étirements a un lien avec l'effet délétère sur la performance de ceux-ci (35). Ils démontrent alors qu'une minute d'étirement sur un groupe musculaire entraîne moins d'effets négatifs qu'un temps de maintien de 2 ou 4 minutes.

Des études plus récentes sur le sujet, (5,12,36,37) ont montré qu'un temps de maintien d'étirement supérieur ou égal à 60 secondes est plus délétère sur la performance qu'un temps de maintien plus court, inférieur à 60 secondes. Dans le cas où les étirements en pré effort sont supérieurs à 60 secondes sur un groupe musculaire, on observe une plus grande prévalence de la réduction de la performance (29).

En conclusion, rien ne nous indique vraiment qu'un effet délétère est présent sur des temps d'étirements passifs courts étant donné le nombre de mesures non significatives (12,29). On peut émettre l'hypothèse comme laquelle, les temps d'étirements passifs de 6 secondes, présents lors de la réalisation des étirements activo-dynamiques, ne provoquent pas de diminution significative des performances, en force ou en vitesse.

### **I.3.1.7 Effets des étirements passifs sur les différents types de contraction musculaire :**

Des mesures de forces concentriques, excentriques et isométriques ont été réalisées à la suite de protocoles d'étirements statiques inclus dans l'échauffement. Dans les 3 cas, une diminution de la force maximale est observée, à court terme. En général, la diminution de force est modérée, suite à des étirements statiques, quelque soit le mode de contraction (29). La diminution de force est d'autant plus importante que le temps de maintien est long (29).

### **I.3.1.8 Effets des étirements passifs en fonction de l'intensité d'étirement :**

La notion d'intensité d'étirement est très vague car elle est basée sur le ressenti subjectif de l'individu étiré. On parle de point d'inconfort, Point of discomfort (POD). Il représente le point d'inconfort ressenti par le patient lors de l'étirement. Dans la pensée générale, les étirements au POD sont les plus efficaces pour gagner en amplitude articulaire (5).

Peu d'études parlent d'intensité d'étirement. Cependant, on note des effets délétères sur la force, la détente verticale, le temps de contact durant un drop jump, le temps de réaction et l'équilibre dans le cas où les étirements sont effectués au niveau du POD (7,30,32,33,38-41). D'autres études (35,42,43), soulignent que des étirements en amont du POD n'ont pas d'effets sur la performance musculaire.

### **I.3.1.9 Durée des effets des étirements passifs :**

Behm et Chouachi ont traité de la durée des effets des étirements passifs. La diminution de la force musculaire a été significative jusqu'à deux heures après les étirements statiques, suivi d'un retour à la normale (40).

### **I.3.1.10 Les mécanismes des étirements passifs :**

Une grande intensité d'étirement (POD) peut être délétère pour le muscle et l'activation musculaire (32).

Pour Guissard, l'abolition des réponses réflexes serait due, dans des petites amplitudes d'étirement à des mécanismes pré-moto neuronaux ou pré-synaptiques alors que dans de plus grandes amplitudes, l'abolition serait due à une diminution de l'excitation du motoneurone alpha, des mécanismes post-synaptiques (44).

De plus, certains auteurs ont observé, suite à ces étirements, une diminution de l'excitabilité des fibres 1a sur le motoneurones alpha possiblement due à une diminution de la décharge des fuseaux neuromusculaires via une augmentation de la compliance de l'unité musculo-tendineuse (45).

La diminution de l'activité des fuseaux neuromusculaires peut aussi s'expliquer par la diminution du nombre de fibres activées après les étirements (46,47). Fowles et al, Guissard et al, affirment que la diminution de l'excitation est surtout valable durant l'étirement et revient à la normale immédiatement après l'étirement (33,44).

De plus, les étirements passifs maintenus sur de longues durées entraînent une diminution du débit sanguin intramusculaire (48). Palomero, souligne aussi le fait qu'un étirement musculaire passif entraîne une diminution du débit sanguin dans le muscle, une diminution de l'oxygénation des tissus et une accumulation des déchets métaboliques (49).

L'ensemble de ces mécanismes peut expliquer en partie la diminution des performances suite aux étirements passifs, maintenus sur des temps conséquents (29).

### **I.3.2 Étirements PNF, activo-passifs :**

Lors des étirements activo-dynamiques, l'étape de la contraction isométrique sur la position d'étirement du muscle est retrouvée lors des étirements PNF, d'où l'intérêt d'explorer les différentes notions de ce type d'étirement. Les étirements PNF sont peu retrouvés dans le cadre de la préparation à l'effort pour plusieurs raisons (29): participation d'un tiers, technique inconfortable et douloureuse dans certains cas, contractions musculaires sur des positions d'étirement pouvant entraîner des lésions musculaires (50).

#### **I.3.2.1 Étirements PNF et vascularisation :**

Tout comme les étirements passifs, les étirements activo-passifs altèrent la vascularisation musculaire (13). On retrouve dans les étirements activo-passifs un temps d'étirement passif. Les effets sur la vascularisation des étirements passifs sont aussi valables pour les étirements activo-passifs étant donné le mécanisme commun. On sait que les étirements passifs compriment et diminuent la lumière des capillaires (13). De plus, l'ajout d'une contraction isométrique sur une position d'étirement ne favorise pas l'irrigation et la vascularisation musculaire (13).

#### **I.3.2.2 Étirements PNF sur le gain d'amplitude articulaire :**

Tout comme les étirements statiques et dynamiques, les étirements PNF sont efficaces pour le gain d'amplitude articulaire (51).

En effet, il a été montré que les étirements PNF sont plus efficaces que les étirements statiques sur le gain d'amplitude articulaire en une seule séance (52,53). La même conclusion a été observée en comparaison avec les étirements dynamiques.

### **I.3.2.3 Étirements PNF et performance musculaire :**

Il a été montré que les étirements PNF diminuent les performances musculaires quand ils sont réalisés à l'échauffement, avant une compétition (29). D'autres études ont comparé les étirements statiques et PNF avant une mesure de la performance. Il semble que les étirements statiques ont des effets moins délétères que les PNF sur la performance (32).

D'après l'ensemble des données, les étirements PNF peuvent entraîner une diminution de la performance musculaire d'une ampleur de 10% des capacités musculaires totales (29).

### **I.3.2.4 Effets des étirements PNF sur les mesures de vitesse et de puissance :**

Peu d'études ont été réalisées sur ces éléments. Cependant, certaines études ont mesuré les valeurs de sauts verticaux, sur Squat Jump et Counter Movement Jump, suite à un protocole de PNF. Une de ces études note une diminution des valeurs mesurées de 5,1%, considérée comme une diminution importante (54).

### **I.3.2.5 Effets des étirements PNF sur les mesures de forces musculaires :**

D'après Behm (29), la diminution de la performance au niveau de la force musculaire, suite à un protocole de PNF, est de 5,5%. La réduction de la performance est ici considérée comme importante.

### **I.3.2.6 Effets des étirements PNF suivant le temps de maintien :**

Une relation dose-réponse est difficile à identifier dans le cas des étirements PNF étant donné le temps de maintien court d'étirement, de 5 à 50 secondes (29). Comme pour les temps de maintien, l'intensité de l'étirement, l'intensité de la contraction, la fréquence et les temps des différentes étapes sont difficilement quantifiables (29).

### **I.3.2.7 Effet des étirements PNF sur les différents types de contraction musculaire :**

Concernant les contractions concentriques, une diminution de la force est observée dans plusieurs études (29). Aucune étude ne traite des effets des étirements PNF sur les contractions excentriques. 4 études ont démontré une diminution de la force isométrique suite à des étirements PNF d'une valeur de 8,3% par rapport à la valeur témoin (29).

### **I.3.2.8 Les mécanismes des étirements PNF :**

Etant donné les différentes phases de ce type d'étirement, on retrouve des points communs avec les étirements statiques. Les mécanismes présents lors des étirements statiques sont valables dans la première partie des étirements PNF. Tout comme les étirements statiques, une augmentation à la tolérance de l'étirement (55) et une diminution de la raideur musculaire (56) ont été relevées.

Quant à la supériorité des PNF sur le gain amplitude, on peut l'expliquer par la contraction isométrique (57). En effet, cette contraction augmente l'activité des récepteurs, les organes tendineux de Golgi, sensibles à la tension musculaire. Ce phénomène participe à l'activité



hyper-polarisante des dendrites des motoneurones alpha qui sont en lien avec les cellules musculaires du muscle étiré. Cette hyperpolarisation diminue le réflexe myotatique qui est en lien avec les récepteurs 1a, qui sont eux mêmes inhibés (58). Ce relâchement musculaire permettant le gain d'amplitude visé, serait d'après plusieurs auteurs un frein à la performance musculaire (29). Cependant, d'après Behm, les mécanismes entraînant une diminution de la performance serait sensiblement les mêmes que les étirements passifs, explicités en première partie (29). De plus, ce même auteur nous indique que des études complémentaires seraient enrichissantes pour permettre le fonctionnement et le lien entre étirements PNF et performance.

### **I.3.3 Etirements activo-dynamiques :**

Les étirements activo-dynamiques ont été décrits par Geoffroy (3). Ce type d'étirement est relativement nouveau en comparaison aux autres types d'étirement. Les étirements activo-dynamiques sont apparus dans les années 2000.

Aujourd'hui, aucune donnée sur les étirements activo-dynamiques n'est retrouvée. La littérature est peu riche à ce sujet d'où mon intérêt pour celui-ci.

#### **I.3.3.1 Etirements activo-dynamiques et vascularisation :**

Contrairement aux deux types d'étirements précédents, les étirements dynamiques permettent une bonne vascularisation musculaire, qui est due à l'introduction de contractions musculaires, dynamiques, permettant la réalisation de l'effet « pompe » décrit par Masterovoi (13,15). D'après Geoffroy (3), l'élévation de la température musculaire augmente de 1° à 1,5°C par la réalisation des étirements activo-dynamiques.

#### **I.3.3.2 Etirements activo-dynamiques et amplitude articulaire :**

On sait aujourd'hui que les étirements permettent un gain d'amplitude articulaire, qu'ils soient passifs ou activo-passifs (12). La phase d'étirement réalisée lors des étirements activo-dynamiques est de 6 secondes. Cette phase est considérée comme une phase d'étirement passif. Cependant aucune étude ne traite d'un effet sur le gain d'amplitude articulaire des étirements passifs sur une durée de 6 secondes. Seules des études sur les étirements statiques (59), ont montré qu'un temps d'étirement statique de 36 secondes permettait un gain d'amplitude par des cycles de 6 secondes d'étirement.

#### **I.3.3.3 Etirements activo-dynamiques et performance :**

Tout comme le gain d'amplitude articulaire, les données sur les étirements activo-dynamiques et la performance sont restreintes. Des études sur les étirements dynamiques ont été effectuées (5,29). Il en sort que des longs temps d'étirement dynamique peuvent augmenter la performance, et que des temps courts d'étirement dynamique n'ont pas d'effets défavorables sur la performance (29). Cependant ces étirements dynamiques sont entièrement différents des étirements activo-dynamiques. Il consiste en une mise en étirement, du muscle agoniste par une contraction du muscle antagoniste. Néanmoins, ces notions de dynamisme et de mise en route musculaire retrouvées dans ces deux types d'étirements peuvent nous amener à penser que les étirements activo-dynamiques sont proches des étirements dynamiques sur ces aspects là.

Ce manque d'informations et de justifications sur les effets des étirements activo-dynamiques représente la pierre angulaire de l'élaboration de mon questionnement et de mon protocole.

#### **I.3.3.4 Effets des étirements activo-dynamiques suivant les modalités de réalisation :**

Les étirements activo-dynamiques sont décrits suivant des temps précis de réalisation. La phase d'étirement dure 6 secondes, tout comme la phase de contraction et de mouvements dynamiques. La phase de relâchement comprise entre la phase de contraction et de mouvements dynamiques dure 3 secondes. Geoffroy nous décrit aussi que chaque muscle est étiré 2 fois. Cependant, l'absence d'études et d'analyses sur ces modalités de réalisation ne nous permet pas de conclure de temps bien précis et standardisés pour bénéficier d'un effet optimum de ces étirements.

#### **I.3.3.5 Les mécanismes des étirements activo-dynamiques :**

A la vue des différentes phases des étirements activo-dynamiques, une d'étirement passif, la seconde de contraction isométrique en position d'étirement, il serait valable de penser que les mécanismes sont identiques aux étirements passifs et PNF. Cependant une extrapolation de ces effets me paraît complexe étant donné les variantes de durée des étapes et des phases de l'étirement. Le manque d'exploration et d'analyse à ce sujet ne nous permet pas de conclure de la présence de mécanismes bien précis sur ce type d'étirement que sont les étirements activo-dynamiques.

### **I.4 Objectifs et Hypothèses**

A la vue de la littérature et des différentes notions sur le sujet, ma problématique est la suivante :

Quels sont les effets, à court terme, des étirements activo-dynamiques réalisés lors d'un échauffement, sur les performances musculaires du footballeur?

Il en découle plusieurs objectifs et hypothèses. Le premier objectif est la recherche de corrélations entre un échauffement comportant un temps consacré aux étirements activo-dynamiques et la performance musculaire du sportif à la suite de cet échauffement. Le second objectif est la recherche de lien entre la pratique des étirements activo-dynamiques et la valeur maximale de la force concentrique et excentrique du groupe musculaire étiré.

Une fois mes objectifs définis, j'ai donc émis différentes hypothèses :

- La réalisation d'étirements activo-dynamiques lors d'un protocole d'échauffement augmente significativement la force concentrique et excentrique des membres inférieurs en comparaison à un protocole d'échauffement standard.
- La réalisation d'étirements activo-dynamiques lors d'un protocole d'échauffement augmente significativement la valeur de la détente verticale, sur des Counter movement jump, en comparaison à un protocole d'échauffement standard.
- La réalisation d'étirements activo-dynamiques lors d'un protocole d'échauffement augmente significativement la force explosive des membres inférieurs en comparaison à un protocole d'échauffement standard.

## **II PARTIE 2 : METHODE ET PROTOCOLE**

Pour mettre en valeur les effets des étirements activo-dynamiques sur la performance musculaire chez le footballeur, mon protocole est réalisé sur la base d'une étude croisée comportant une première session de mesure, considérée comme la valeur standard, et une seconde session, comportant les étirements activo-dynamiques, permettant la comparaison avec les mesures de la première session.

### **II.1 Méthodologie du protocole :**

L'inclusion des sujets se fera après autorisation par le médecin qui assure le suivi du sujet, médecin traitant, ou par le médecin assigné à la structure sportive du sujet.

Les sujets seront informés du déroulement de l'étude et une demande de consentement leur sera remise. Après un délai de réflexion d'au moins 24h et signature du consentement, ils seront accueillis par un praticien chargé de l'étude qui leur expliquera les différents tests, les examinera et les accompagnera tout au long des deux demi-journées de tests.

#### **II.1.1 Population :**

Pour cibler ma population, j'ai décidé d'élaborer plusieurs critères :

- Les critères d'inclusion sont les suivants : Sujet masculin, âgé de 18 à 35 ans, n'ayant pas de contre-indications à la pratique sportive, inscrit à la Fédération Française de Football, s'entraînant au minimum 3 fois par semaine, et donnant son consentement éclairé et signé.
- Les critères d'exclusion au protocole sont les suivants : douleurs aux membres inférieurs, impossibilité à réaliser les tests, pathologie aigue telle qu'elle soit, pathologie chronique de l'appareil locomoteur, contre-indications à la pratique sportive.
- Les critères de non inclusion sont : Incompréhension du protocole, absence de consentement éclairé et signé par le sujet.

Le nombre de sujets serait idéalement compris entre 50 et 100, dans l'objectif d'avoir des résultats significatifs et valides, ainsi qu'un effet de taille supérieur à 0,8.

Un recueil de données sera réalisé pour chaque sujet prenant part à l'étude. Il nous renseignera sur : les données démographiques (sexe, âge, profession) et sur leur activité physique ; avec le volume horaire (heures hebdomadaires), le nombre d'entraînements par semaine, le niveau sportif (fédération, nationale, régionale).

Un questionnaire écrit, ainsi qu'un interrogatoire avec le praticien seront réalisés pour rechercher l'absence de douleur et de pathologies. Des mesures d'amplitudes articulaires seront réalisées au niveau des chevilles, genoux, hanches, de manière bilatérale.

## II.1.2 Matériels :

Avant les sessions de mesures, une présentation du matériel et un essai seront réalisés pour chaque participant du protocole. La prise en main du matériel est une notion importante pour éviter au maximum les biais possibles. Ce point sera détaillé en discussion.

- **Le Myotest®**



Figure 1 : Appareil Myotest®

Le Myotest® est un dynamomètre inertielle basé sur l'accélérométrie. Il s'appuie sur 3 accéléromètres. L'accélération linéaire de l'appareil est donc mesurée sur 3 axes pour définir les mouvements dans l'espace. Il est capable de calculer la puissance, la force, la vitesse ainsi que la hauteur du saut et le temps de contact au sol. Le sujet le placera sur son épine iliaque antérieure pour disposer d'un repère fixe et fiable, toujours du côté droit. L'utilisation de ce matériel nous permet de visualiser la valeur de la hauteur du saut, ainsi que la puissance développée par le patient.

- **Evaluation isocinétique**



Figure 2 : Evaluation isocinétique effectuée sur l'articulation du genou

L'évaluation isocinétique est une mesure quantifiée de la force des muscles périarticulaires grâce à un dynamomètre isocinétique. Il s'agit d'un capteur de force motorisé dont le moteur tourne à l'inverse du sens de rotation du mouvement du sujet afin d'en limiter la vitesse. La force est mesurée lors d'un effort maximum le plus souvent sur les fléchisseurs et extenseurs de l'articulation. Le sujet est assis pour le test des fléchisseurs et extenseurs du genou et sanglé sur le siège afin d'éviter tout mouvement du tronc ou de compensation pendant la mesure. La position du sujet est bien définie. Elle est définie plus loin dans le protocole. La mesure isocinétique ne sera testée que sur une seule jambe, la jambe de frappe du footballeur.

Le thérapeute présent durant les tests encouragera le sujet tout au long de la mesure.

## **II.2 Déroulement du protocole**

Après vérification des critères d'inclusions et après accord médical, les sujets réaliseront deux tests : une évaluation de saut vertical grâce au Myotest® et une évaluation isocinétique.

Dans la première session, les sujets effectueront un échauffement, n'incluant pas d'étirements, puis les différentes mesures Myotest® et isocinétiques.

Dans la seconde session, les sujets effectueront un échauffement comprenant les étirements activo-dynamiques puis les mesures identiques à celles de la première session.

### **II.2.1 Première session de mesures :**

Cette première session de test nous permet de dégager des valeurs, mesures, considérées comme valeur standard nous permettant la comparaison entre les deux sessions. Cette session ne comprend pas d'étirements activo-dynamiques. Elle comporte un échauffement simple, actif, sans période d'étirement. La session comportera 3 temps : le temps d'échauffement, la mesure Myotest® et la mesure isocinétique. Un schéma global du déroulement est présent en annexe 2.

#### **II.2.1.1 L'échauffement :**

Il comportera 3 phases : l'échauffement sous maximal, les mouvements spécifiques et les mouvements dynamiques. Il est détaillé en annexe 3.

##### **a. Echauffement sous maximal :**

Le footballeur réalisera tout d'abord un échauffement sur vélo ergomètre de 10 minutes, à 80 watts, et 80 tours par minute. Il s'en suivra ensuite un temps de repos de 2 minutes.

##### **b. Mouvements spécifiques :**

Durant le deuxième temps de l'échauffement, le sujet réalisera des mouvements spécifiques, talons aux fesses, sautilllements sur pointe de pied, et squats. Ces mouvements sont effectués pour échauffer respectivement : les ischio-jambiers, les triceps suraux et le quadriceps. Le footballeur effectuera l'enchaînement suivant 8 fois :

- Talons aux fesses : Le sujet effectuera un cycle de 6 secondes d'effort suivies de 6 secondes de repos. Le patient va alternativement, à droite et à gauche, amener le talon à la fesse. Les mains seront placées sur les fesses, face dorsale contre la fesse. Le patient aura comme consigne de venir taper sa main avec son talon. Les bras ainsi positionnés, diminueront le risque de compensation et de mauvaise réalisation. (Annexe 4)
- Sautilllements sur les pointes de pied : Le patient sera placé devant un plan stable pour prendre appui, si besoin. Le sujet réalisera des sautilllements sur la pointe de pied en bipodal, pendant un cycle de 6 secondes d'effort suivies de 6 secondes de repos. (Annexe 5)
- Squat : Le patient sera en position debout pour arriver en position de flexion de hanche de 90° et de genou de 90° pour ensuite remonter en position de départ. L'exercice est réalisé en bipodal. Les bras seront tendus face au sportif. Le sujet effectuera un cycle de 6 secondes d'effort suivies de 6 secondes de repos. (Annexe 6)

Un temps de repos de 2 minutes sera effectué après cet enchaînement. Le temps de l'enchaînement dure donc avec le temps de repos final 7 minutes. Les temps d'effort sont de 6 secondes pour se rapprocher au maximum des temps d'efforts demandés lors des étirements activo-dynamiques. La quantification des temps d'efforts et de repos sont importants pour le retranscrire dans la deuxième session de test.

c. Mouvements dynamiques :

Un dernier temps sera présent durant l'échauffement : chaque mouvement, identique à l'étape précédente, sera réalisé deux fois durant une durée de 20 secondes, à l'allure d'un mouvement par seconde (Annexe 4, 5 et 6). Le temps de repos entre les répétitions sera de 5 secondes. L'enchaînement est illustré en annexe 3. Les modalités de réalisation des exercices sont les mêmes que celles vues plus haut. Cette phase correspond à la phase d'échauffement spécifique retrouvée le plus souvent après le temps d'étirement (5,6). Un temps de repos avant les tests de deux minutes sera effectué. Cette dernière session va donc durer 4 minutes 30.

**II.2.1.2 Mesure Myotest® :**

Le sujet passera ensuite au test de détente verticale mesurée par Myotest® illustrant la performance. Cette valeur sera comparée entre les deux sessions de test pour illustrer l'influence possible des étirements activo-dynamiques sur ce paramètre. Cette mesure est plus fonctionnelle, axée sur une action que l'on retrouvera souvent lors de la pratique du football, le saut. Le test de saut sera le Counter movement jump (Annexe 7):

- Finalité : évaluation de la force explosive des membres inférieurs et de la détente verticale par le Myotest®.
- Modalité : les mains sont positionnées sur la taille, le Myotest® placé à la verticale au niveau de l'épine iliaque antéro-supérieure droite. Le sujet effectue un saut vertical bipodal. Il part de la position debout. Il peut effectuer une action libre de « contre mouvement », triple flexion puis réaction rapide en poussant, permettant de prendre de l'élan.

Le sujet réalisera 3 sauts séparés de 10 secondes de repos. La meilleure valeur des 3 sauts sera conservée.

Un temps de repos de deux minutes sera effectué avant la mesure isocinétique. Ce temps permettra l'installation sur la machine d'isocinétisme.

**II.2.1.3 Mesure isocinétique :**

Avant de débiter le protocole, la machine d'isocinétisme sera réglée en fonction du patient pour un gain de temps et faciliter l'enchaînement des étapes.

Voici la position prise pour chaque patient sur la machine d'isocinétisme :

- Concernant le réglage de la profondeur du siège, le creux poplité doit se trouver à 3 travers de doigts du patient, à partir de l'index, du siège de la machine. Le dos du patient doit être en contact avec le siège.
- L'angle entre l'assise et le dossier sera de 90°.
- Le tronc du patient sera sanglé. Le patient croisera ses bras sur son torse, la main sur l'épaule controlatérale.
- La mise en place d'une sangle quadricipitale du côté testé sera effectuée.
- Le centre du dynamomètre se trouve en regard de l'interligne fémoro-tibiale latérale.

- Le bord inférieur du bras du dynamomètre, l'appui tibial, se trouve à 3 travers de doigt du patient au dessus de l'apex de la malléole latérale.
- Un contre-appui au niveau de la jambe non testée sera placé.
- La butée d'extension sera définie par l'extension maximale volontaire du patient.
- La butée de flexion sera placée à 100° de la butée d'extension pour avoir un débattement minimum de 90°.
- La correction de la gravité sera effectuée.

La position des patients doit être bien définie pour plus de reproductibilité et fiabilité. Les mouvements parasites seront minimisés grâce à cette position.

Une seule jambe sera testée durant les deux sessions. La jambe testée sera la jambe de frappe du footballeur.

Durant toute l'évaluation isocinétique, le praticien encouragera le sujet pour obtenir la valeur maximale pour chaque mesure.

Avant chaque mesure, 3 mouvements d'essais, sous maximaux, suivis de 20 secondes de repos, sont réalisés pour bien ressentir le mouvement et la tâche demandée. Trois mouvements sont réalisés dans le cadre d'une mesure. Une minute de repos est effectuée après chaque mesure.

La première mesure isocinétique est la mesure de la force concentrique du quadriceps et des ischio-jambiers à une vitesse de 60° par seconde. Cette vitesse lente nous permet de tester la force.

Une deuxième mesure sera effectuée, une mesure de la force excentrique des ischio-jambiers et du quadriceps à une vitesse lente de 30° par seconde. Cette évaluation sera découpée en deux parties : la première l'évaluation au niveau des ischio-jambiers et la suivante l'évaluation au niveau du quadriceps.

Une troisième et dernière mesure sera réalisée, une mesure de la force concentrique du quadriceps et des ischio-jambiers à une vitesse de 240° par secondes. Cette vitesse nous permettra de mesurer l'explosivité musculaire.

L'enchaînement est décrit en annexe 2.

## **II.2.2 Deuxième session de mesures :**

La deuxième session de msures correspond à la session comportant les étirements activo dynamiques.

La session comportera 3 temps : le temps de l'échauffement qui aura une durée identique à celui de la première session. Le second temps est l'évaluation par Myotest®. Le troisième temps est l'évaluation isocinétique. Le déroulement de la deuxième session du protocole est illustré en annexe 8.

### **II.2.2.1 L'échauffement :**

Il comportera 3 phases tout comme lors de la première session : un échauffement sous maximal, les étirements et les mouvements dynamiques.

#### a. Echauffement sous maximal :

Il réalisera tout d'abord un échauffement sur vélo ergomètre de 10 minutes, à 80 watts, et 80 tours par minute. Il s'en suivra ensuite un temps de repos de 2 minutes.

#### b. Les étirements activo-dynamiques :

Comme présenté en première partie, les étirements sont décrits en 4 phases. Ils seront réalisés deux fois pour chaque muscle, sur chaque membre inférieur, comme décrit par Geoffroy (3). Le sujet alternera à chaque fois la jambe étirée. Les groupes musculaires étirés sont : les triceps suraux, les quadriceps et les ischio-jambiers. Ce sont les mêmes muscles qui sont visés lors des deux sessions. Cette partie dure 7 minutes tout comme la seconde partie de l'échauffement de la première session. Cette phase est détaillée en annexe 9.

##### *1. Les triceps suraux :*

- L'étirement :

Le patient se place face à un mur. Il se place en fente. Un pied est donc en avant du second. Les pieds sont parallèles, le buste droit. Il va venir transférer son centre de gravité vers l'avant pour venir étirer le triceps sural de la jambe restée en arrière. Les talons doivent impérativement restés au sol pour un meilleur étirement du muscle. Le temps de maintien est donc de 6 secondes. L'intensité de l'étirement sera considérée au POD (point of discomfort). Le POD correspond au moment où le patient sentira une sensation d'étirement au niveau le muscle étiré. La position de l'étirement est illustrée en annexe 10.

- La contraction :

Dans cette même position, le patient va réaliser une contraction isométrique du triceps sural étiré. Il va pousser sa pointe de pied vers le sol, comme s'il voulait soulever son talon. Le talon doit rester en contact avec le sol. Cette consigne n'est valable que pour la jambe étirée. La contraction est conservée pendant une durée de 6 secondes. (Annexe 11)

- Relâchement :

Le patient quitte la position d'étirement pour se mettre en position debout. Ce temps dure 3 secondes.

- Phase dynamique :

Pour recruter au maximum les triceps suraux, qui sont fléchisseurs plantaires, l'exercice demandé sera des sautilllements sur les pointes de pied, tout comme ils sont réalisées dans la première session de test. Le patient sera placé devant un plan stable pour prendre appui si besoin. Le sujet effectuera des sautilllements sur la pointe de pied en bipodal. Pendant une durée de 6 secondes, le patient exercera réalisera un maximum de répétitions. (Annexe 5)



## 2. *Les Quadriceps :*

- L'étirement :

Le patient sera placé debout sur une jambe, face à la table. Il pourra s'aider de la table pour tenir son équilibre. Pour étirer son quadriceps, le patient va empaumer la face dorsale de son pied pour amener le talon vers sa fesse. Le genou doit rester à la verticale au maximum, ne doit jamais se retrouver en arrière de la jambe d'appui. Le bassin est basculé en rétroversion par la contraction des fessiers. Durant l'étirement, le patient serre les fesses. On prendra garde à ce que le patient ne parte pas en hyperlordose lombaire et extension de hanche. Le temps de maintien est de 6 secondes. L'intensité de l'étirement sera considérée au POD. La position d'étirement est illustrée en annexe 12.

- La contraction :

Le patient va réaliser une contraction isométrique du quadriceps étiré. Le bassin est toujours maintenu en rétroversion. Le patient va faire un mouvement d'extension de genou, comme s'il voulait résister au mouvement de frappe. La position ne doit pas bouger. Le genou reste toujours dans la même position, et nous serons prudent aux compensations au niveau de la hanche et du tronc. La contraction sera maintenue durant 6 secondes. (Annexe 13)

- Relâchement :

Le patient quitte la position d'étirement pour se placer en position debout, en bipodal. Ce temps dure 3 secondes.

- Phase dynamique :

Dans le but de recruter au maximum le quadriceps, l'exercice choisi sera le squat. Le patient sera placé debout, pied écarté à hauteur du bassin. Il va devoir réaliser une triple flexion et une triple extension. Les bras seront tendus face au sportif. Le pied reste en contact avec le sol. La position est la même que celle décrite lors de la première session. Le sujet réalisera le maximum de répétitions en 6 secondes. (Annexe 6)

## 3. *Les Ischio-jambiers :*

- L'étirement :

Pour l'étirement des ischio-jambiers, le patient se place d'abord en fente. Il va descendre sur sa jambe postérieure et la fléchir. La jambe antérieure, étirée, sera tendue. Le patient va remonter la pointe de pied, se pencher vers l'avant, ainsi qu'amener le bassin en antéversion. Les mains seront placées sur le bassin pour bien ressentir le mouvement d'antéversion d'une part, et d'éviter les compensations d'autre part. Le dos doit être plat. Le temps de maintien est de 6 secondes. L'intensité de l'étirement sera considérée au POD. (Annexe 14)

- La contraction :

Pour contracter les ischio-jambiers, le sujet aura comme consigne d'enfoncer le talon vers le sol. Il va réaliser une contraction des ischio-jambiers en isométrique en voulant amener le talon vers la fesse. Le buste ne bouge pas, le dos reste bien plat. La contraction sera maintenue 6 secondes. (Annexe 15)

- Le relâchement :

Le sujet quitte la position d'étirement pour se mettre en position debout, en bipodal. Ce temps dure 3 secondes.

- Phase dynamique :

Pour recruter au maximum les ischio-jambiers, le mouvement réalisé sera celui du talon à la fesse. Les consignes de réalisation sont identiques à celle de la première session. Il réalisera le maximum de répétitions en 6 secondes. (Annexe 4)

#### c. Mouvements dynamiques :

Cette dernière partie de l'échauffement, identique à celle de la première session, fera suite à 2 minutes de repos la séparant de la partie des étirements activo-dynamiques. La durée et les modalités de réalisation sont identiques à celle de la première session. Deux minutes de repos séparent les mouvements dynamiques de la mesure Myotest®.

#### **II.2.2.2 Mesure Myotest® :**

Elle sera identique à celle réalisée lors de la première session.

#### **II.2.2.3 Mesure isocinétique :**

Elle sera identique à celle réalisée lors de la première session.

### **II.3 Valeurs mesurées :**

Suite à ces tests, différentes variables seront conservées et analysées pour permettre d'établir un lien entre un échauffement comportant des étirements activo-dynamiques et la performance musculaire.

- Valeurs mesurées par Myotest® : La valeur de la hauteur du CMJ, la force développée durant le CMJ
- Valeurs mesurées par Isocinétisme

Elles sont les suivantes : le moment de force maximal, le moment de force maximum par unité de poids (N.m/kg), l'angle d'efficacité maximale (AEM), les amplitudes articulaires, le rapport agoniste/antagoniste.

La première mesure réalisée est une mesure de la force concentrique du quadriceps et des ischio-jambiers à une vitesse de 60° par seconde. Voici les données mesurées : le moment de force maximal du quadriceps et des ischio-jambiers, le moment de force maximal par unité de poids, l'angle d'efficacité maximal du quadriceps et des ischio-jambiers et le ratio entre les ischio-jambiers et le quadriceps

Cette mesure à vitesse lente va nous permettre de mesurer la force, et non pas la puissance, ni l'explosivité.

La deuxième mesure, la force excentrique des ischio-jambiers et du quadriceps à 30° par seconde, nous permettra de noter différentes données : le moment de force maximale, l'angle d'efficacité maximale, le ratio agoniste/antagoniste.

La troisième, et dernière mesure, qui est la mesure de la force concentrique du quadriceps et des ischio-jambiers à 240° par seconde, nous permet de constituer de multiples données : le moment de force maximale, l'angle d'efficacité maximale, le ratio agoniste/antagoniste.

La vitesse rapide permet la mesure de l'explosivité. La réalisation de cette mesure permettra de comparer les deux valeurs d'explosivité du quadriceps et des ischio-jambiers, relevées durant les deux sessions.

### **III DISCUSSION :**

#### **III.1 Etapes du protocole :**

##### **III.1.1 Echauffement et étapes :**

Pour chaque session de test, mon échauffement se décline en 3 étapes. Il a été décrit par certains auteurs qu'un échauffement conventionnel comportait 3 phases : un exercice sous maximal, une période d'étirement (4) et des mouvements dynamiques d'intensité plus élevée, spécifiques à l'activité pratiquée (5,6). Pour me rapprocher au plus près de la réalité de terrain, j'ai donc choisi d'établir ces trois phases dans chaque échauffement.

##### **III.1.2 Exercices sélectionnés :**

De plus, mon choix d'exercice n'est pas effectué au hasard. Ces exercices dynamiques, sont, d'une part, décrits dans le cadre des étirements activo-dynamiques (3) et, d'autre part, retrouvés sur les terrains sportifs, et en particulier lors de mon stage au Stade Brestois 29. L'objectif est de se rapprocher au maximum des conditions de terrains pour permettre une validation des valeurs explorées durant les tests.

Les étirements activo-dynamiques intégrés dans le protocole sont décrits et codifiés par Geoffroy (3). J'ai axé mes étirements sur les groupes musculaires recrutés lors du saut, de la pratique du football ainsi que lors de l'évaluation isocinétique.

##### **III.1.3 Durée de l'échauffement :**

Concernant les durées des échauffements, j'ai fait le choix de respecter exactement la même durée entre les deux sessions de test. La durée des échauffements sont exactement de 24 minutes 30. J'ai fait le choix de quantifier les échauffements pour les standardiser au maximum et éviter les biais liés aux temps d'effort et aux temps de repos différents.

Pour Bishop, une performance à temps long est considérée comme un temps d'effort supérieur à 5 minutes. D'après lui (8), la pratique d'un match de football est donc considéré comme une performance à long terme. Dans l'optique de maximiser la performance à long terme, l'échauffement doit être suffisant pour élever la VO<sub>2</sub> mais causer un minimum de fatigue (8). Dans le cadre de mon protocole, l'échauffement dure 24 minutes 30. D'après ce même auteur, un temps d'échauffement de 25 minutes permet une amélioration des performances à long terme comme, par exemple, un match de football (8).

##### **III.1.4 Temps de repos :**

Les temps de repos entre les différentes phases de l'exercice et de tests sont compris entre 1 et 2 minutes. Mon protocole s'applique à une population de footballeur. Dans le cas d'une préparation d'une performance à temps long, la VO<sub>2</sub>, durant l'échauffement, augmente. Le temps de repos doit être inférieur à 5 minutes pour éviter une chute de la VO<sub>2</sub> à sa valeur de repos, d'où le choix d'un temps de repos compris entre 1 et 2 minutes (8).

### **III.1.5 Choix de l'enchaînement des mesures :**

J'ai choisi d'effectuer l'enchaînement suivant de mes mesures isocinétiques : concentrique 60°/s, excentrique 30°/s et concentrique 240°/s. En effet, du fait de l'étirement des composantes élastiques du système aponévro-musculo-tendineux impliquées lors d'une contraction excentrique, une restitution d'énergie productrice d'une force additionnelle est ajoutée à la force produite par les unités motrices recrutées (60). La conséquence directe de ce phénomène est le coût énergétique métabolique moins conséquent d'une contraction excentrique en comparaison à une contraction concentrique (61). Cette notion est la raison principale de mon choix de placer ma mesure excentrique, moins coûteuse en énergie, entre mes deux mesures concentriques demandant plus de besoins énergétiques.

De plus, on sait que les contractions excentriques demandent une activité corticale plus importante et plus précoce, au niveau du système nerveux central en comparaison à des contractions concentriques (62). Suite à cette donnée, je n'ai pas voulu placer mes mesures excentriques en dernière position du fait de la demande cognitive plus importante, et de l'apparition possible d'une fatigabilité du sportif.

Ensuite, on sait que pour une évaluation de la force concentrique, plus la vitesse angulaire augmente, plus la force musculaire développée diminue (63). Le placement de la mesure à 60°/s en première position et de la mesure à 240°/s en dernière position s'explique par cette notion. En effet, le muscle va recruter plus d'unités motrices du fait d'une force musculaire développée plus importante, et consommer plus d'énergie quand il s'agit de la mesure à 60°/s. Placer cette mesure en dernière position était, à mon avis, moins pertinent du fait de l'installation possible d'une fatigabilité suite aux mesures antérieures.

### **III.1.6 Durée entre les sessions de test :**

Concernant la mesure de la force excentrique des ischio-jambiers et du quadriceps à vitesse lente, 30° par seconde, il va falloir être prudent du fait du risque accru de douleurs musculaires, DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness) dans les 24 et 48h suivant le test (64). C'est une des raisons pour lesquelles je décide d'espacer mes tests d'une semaine, pour permettre la récupération du sujet et ne pas contraindre la validité du protocole.

## **III.2 Choix du matériel :**

Dans l'optique de mettre en valeur les effets des étirements activo-dynamiques sur les performances musculaires, j'ai choisi deux types d'évaluations.

La première est une évaluation par Myotest®. Mon choix s'est porté sur cet outil d'une part par son accessibilité et d'autre part par sa validité. En effet, le Myotest® est considéré valide et fiable pour plusieurs items (65). Aucune différence significative n'a été trouvée entre test et re-test, sur des mouvements de Counter Movement Jump, montrant le haut niveau de fiabilité (65). De plus le Myotest® est considéré comme valide dans le cas de la mesure de la hauteur du saut et de force explosive pour les CMJ (65). Les CMJ sont décrits et identifiés permettant, ainsi, une meilleure validité du test. D'un point de vue personnel, le Myotest® est pour moi un bon moyen de transcrire une partie fonctionnelle au protocole.

La seconde mesure est effectuée par isocinétisme. L'isocinétisme est un appareil de mesure se rapprochant au maximum de la physiologie musculaire. J'ai choisi ce matériel pour cette

explication mais aussi parce qu'il est considéré comme valide et fiable. En effet, Maffioletti (66) indique un haut niveau de validité et fiabilité des mesures de force concentrique, excentrique des fléchisseurs et extenseurs du genou chez des patients sains.

### **III.3 Choix des variables mesurées :**

#### **III.3.1 Variables mesurées sur Myotest® :**

Différentes variables seront mesurées grâce au Myotest®. La valeur de la hauteur du CMJ ainsi que la force développée pendant celui-ci seront mes deux valeurs relevées. En effet, comme vu précédemment, seules ces deux valeurs sont considérées comme valides sur des sauts CMJ (65). Les mesures de vitesse, de puissance et de temps de contact ne sont pas valides à la vue des nombreux biais possibles. Je décide donc de ne retenir que les deux variables validées.

#### **III.3.2 Variables mesurées sur isocinétisme :**

On sait que l'isocinétisme occupe une place indiscutable dans l'évaluation musculaire des sujets sains ou pathologiques (64).

##### **III.3.2.1 Moment de force maximum :**

Le moment de force maximum ou « peak torque »: Il s'agit du moment de force le plus élevé, effectué au cours du mouvement. D'après Croisier (63), la mesure du moment de force maximum présente une excellente reproductibilité lors des contractions concentriques du quadriceps et des ischio-jambiers. Néanmoins, le coefficient de variation du moment de force maximum excentrique est plus élevé mais reste inférieur ou égal à 10% (63). A la vue de la revue de littérature, la mesure des moments de force maximaux est valide et fiable.

##### **III.3.2.2 Angle d'efficacité maximale :**

Il correspond à la position angulaire où le moment de force est optimale. Pour Croisier, l'angle d'efficacité maximale du quadriceps présente une reproductibilité satisfaisante pour les deux modes de contraction, à contrario des muscles fléchisseurs du genou (63). Il est donc plus intéressant de s'axer sur le quadriceps pour analyser l'angle d'efficacité maximale. En effet, on sait que les étirements jouent sur la viscoélasticité des tissus musculaires. Un déplacement de cette zone d'efficacité maximum pourrait être possible du fait de l'action des étirements, et induire des conséquences sur les paramètres musculaires du footballeur.

##### **III.3.2.3 Mesure de la force concentrique à 60°/s :**

Sur la mesure de force concentrique à 60° par seconde, le moment de force maximal sera relevé pour le quadriceps et les ischio-jambiers. On sait que la force maximale d'un sujet s'observe sur des vitesses isocinétiques lentes d'où une mesure concentrique à 60°/s (67).

Le nombre de répétitions durant la mesure est au nombre de 3. Rochcongar a montré que le nombre de mouvements pour des vitesses lentes ne dépasse jamais 5 répétitions du fait de l'installation d'une fatigue locale (64). Le ratio IJ/Quadri sera aussi relevé dans le but de comparer les deux sessions.

#### **III.3.2.4 Mesure de la force excentrique à 30°/s :**

La réalisation de cette mesure de la force excentrique, à 30°/s, se fera à la fois sur les ischio-jambiers mais aussi sur le quadriceps du footballeur. Une vitesse basse a été choisie pour permettre une meilleure adaptation du sujet (64). De plus, il existe encore des problèmes méthodologiques et d'interprétations sur les mesures de force, pour des vitesses d'évaluation élevées (64).

En plus du risque de fatigue et de DOMS liés aux contractions excentriques, la mesure isocinétique en excentrique n'est pas totalement sans risques (68). En effet, on retrouve dans la littérature des cas de lésions musculaires suites à une évaluation isocinétique, surtout valable sur de grandes vitesses angulaires, 180° pour le cas d'Orchard par exemple (68). Le risque de blessure pour le sujet n'est pas négligeable, ce qui donne du sens à une évaluation de la force excentrique à faible vitesse.

En plus de ces données, ce qui me conforte dans l'utilisation d'une vitesse lente pour mes mesures de force excentrique est le fait que la reproductibilité en mode excentrique est moins conséquente qu'en mode concentrique, et très dépendante de la vitesse (64). En effet, plus la vitesse angulaire est élevée lors de la mesure, moins la reproductibilité sera forte (64).

La zone d'amplitude articulaire où le moment de force est le plus important sera aussi relevée pour souligner, ou non, un déplacement de cette zone suite aux étirements.

#### **III.3.2.5 Mesure de la force concentrique à 240°/s :**

Concernant la mesure de force concentrique à 240° par seconde, le moment de force maximal sera relevé pour le quadriceps et les ischio-jambiers. Cette mesure à une vitesse élevée permet d'évaluer la force explosive des deux groupes musculaires. De plus, les ratios IJ/Quadriceps seront relevés. On sait que ce ratio sera plus élevé que pour une évaluation à une vitesse plus faible. Il est considéré qu'un écart supérieur à 10% entre les rapports obtenus au niveau des ratios favoriserait la survenue de lésions musculaires (67). En effet, le pourcentage en fibres de type 2 est plus élevé au niveau des muscles ischio-jambiers traduisant un meilleur rendement lors des mesures, de force concentrique, à vitesse élevée (67). Rochcongar souligne aussi le fait qu'il existe une corrélation satisfaisante entre le pic de force et le pourcentage de fibres rapides (64).

Ces mesures à vitesse élevée vont nous permettre d'explorer un lien entre un protocole d'étirement activo-dynamique et les effets sur un type de fibre préférentielle, tout en sachant que physiologiquement tous les types de fibres sont en lien durant une contraction.

### **III.4 Biais possibles :**

Un biais est une cause, un procédé pouvant engendrer des erreurs lors des résultats d'une étude. Un biais peut fausser un résultat, et l'interprétation qui en découle.

Etant donné l'état de la littérature sur les étirements activo-dynamiques, aucune donnée ne me permet de justifier le temps séparant la pratique des étirements et les différentes mesures dans le but d'obtenir la meilleure cinétique possible. En effet, les mesures effectuées ne doivent pas être réalisées trop tôt ou trop tard après les étirements, pouvant donner lieu à un biais possible. Il faut pouvoir trouver le juste milieu pour espérer trouver le meilleur moment de réalisation de la mesure et mettre en valeur un effet éventuel de ce type d'étirement. Dans le cas de mon protocole, 7 minutes 30 séparent les étirements de la première mesure.

Le deuxième biais est que l'appareil d'isocinétisme ne permet pas une visualisation parfaite du mouvement sportif. Le mouvement physiologique humain ne représente pas un mouvement isocinétique (64). Le test est réalisé en position assise, bien définie pour plus de validité et fiabilité, mais est loin de la pratique du football. Les gestes de frappe sont effectués debout en unipodal. De plus, le geste sportif se réalise souvent à des vitesses supérieures que celles programmées sur la machine isocinétique, vitesses pouvant aller jusqu'à 1000°/seconde (64). Le recrutement des chefs musculaires est lui aussi différent entre un mouvement isocinétique et un mouvement sportif pouvant illustrer un biais possible (64).

Le troisième biais est l'accoutumance à l'appareil isocinétique. En effet, les résultats s'améliorent lors d'un second test réalisé à quelques jours d'intervalle (64). L'idéal serait que les sujets aient déjà utilisé la machine d'isocinétisme.

Tout comme pour l'isocinétisme, on peut penser qu'un phénomène d'accoutumance est aussi valable pour le Myotest®. Néanmoins aucune donnée ne nous précise que les résultats s'améliorent d'une manière significative d'une première séance à une seconde. C'est pourquoi, une présentation du matériel, ainsi qu'un essai sur chaque appareil de test seront réalisés avant les sessions de mesures du protocole.

### **III.5 Ouverture :**

Suite à ce protocole, une autre donnée peut être mesurée. En effet, les mesures isocinétiques pourraient nous donner un aperçu du lien entre un protocole d'échauffement comportant des étirements activo-dynamiques et la prévention du risque de blessures musculaires au niveau des ischio-jambiers.

Dans la pratique du football, les lésions musculaires aponévrotiques sont courantes, 31% des blessures, affectant plus particulièrement les ischio-jambiers (69). Le risque de récurrence est lui aussi très conséquent.

La spécificité de ce sport demande aux ischio-jambiers un travail conséquent en contraction excentrique de part le geste du shoot, mais de part aussi un travail de contrôle du genou sur les appuis, les changements de directions, et les temps de sprint.

Deux mesures, une de la force concentrique du quadriceps à 240° par seconde et une de la force excentrique des ischio-jambiers à 30° par seconde, vont permettre d'établir le rapport de Croisier. Pour Croisier, les rapports agonistes/antagonistes basés sur des contractions identiques, restent éloignés de la réalité fonctionnelle et des mécanismes de lésions musculaires (63). De cette conclusion, a été mis au point un ratio mixte : Ischio-jambier excentrique 30°.s / Quadriceps concentrique 240°.s (70). Les ischio-jambiers ont un rôle de contrôle et de frein de



l'extension du genou. Le ratio mixte permet de mettre en valeur le risque de lésions intrinsèques des muscles ischio-jambiers (63). La limite normale de ce ratio est estimée à 0,8 (70).

Une réduction de ce ratio est fortement liée à l'augmentation du risque de lésions musculaires des ischio-jambiers. Ces deux mesures isocinétiques vont me permettre de calculer ce ratio mixte me permettant d'établir un lien entre les étirements activo-dynamiques et la prévention du risque de lésions des ischio-jambiers. En effet, si ce ratio est augmenté ou diminué suite à un protocole d'échauffement comprenant des étirements activo-dynamiques, le risque de lésions intrinsèques des ischio-jambiers va varier.

Les étirements sont souvent utilisés dans le but de prévenir les blessures, ce moyen serait intéressant pour mettre à jour, ou non, un bénéfice d'un échauffement incluant des étirements activo-dynamiques sur la prévention des lésions musculo-aponévrotiques des ischio-jambiers chez le footballeur en comparaison à un échauffement ne comportant pas d'étirements activo-dynamiques.

Au delà de l'aspect de la performance chez le sportif, l'aspect préventif des étirements est une notion capitale pour le sportif amateur mais surtout professionnel dans l'optique d'enchaîner des performances de haut niveau sans risquer la blessure. Cette partie, la prévention, est pour la masseur-kinésithérapeute un pilier de notre prise en charge valable dans le domaine sportif mais aussi dans tout autre domaine d'intervention de ce professionnel de santé.

## CONCLUSION

A ce jour, les types d'étirements réalisés durant l'échauffement sont très variables suivant les croyances, les habitudes et les routines de chaque sportif. En m'intéressant à l'échauffement des footballeurs au cours de mon stage au Stade Brestois 29, j'ai observé l'utilisation d'un type d'étirement bien précis, les étirements activo-dynamiques. Les étirements activo-dynamiques, apparus il y a encore peu de temps, sont une nouvelle technique adaptée à la préparation à l'effort (3). Cependant, le manque de littérature et de recherches à ce sujet nous amène à nous questionner sur les effets de ce type d'étirement sur de nombreux points. En m'intéressant à ce sujet, mon travail s'est porté sur la construction d'un protocole de recherche sur la problématique suivante :

Quels sont les effets à court terme des étirements activo-dynamiques, réalisés durant un échauffement, sur la performance musculaire chez le footballeur ?

A la vue de la littérature actuelle sur les étirements activo-dynamiques, l'intérêt de ce protocole me semble justifié. La réalisation et la mise en pratique de ce protocole par la réalisation d'une étude est pour moi un de mes objectifs en tant que futur professionnel.

Ce travail fut enrichissant sur différents points. Tout d'abord, il m'a permis de mettre à jour mes connaissances sur des sujets vastes et très riches que sont : la performance, l'échauffement et les étirements. Ces données, exploitées et analysées, me seront bénéficiales dans ma future pratique professionnelle. L'élaboration de ce protocole m'a aussi permis d'accroître mes compétences dans la recherche et l'analyse de la littérature, extrapolables sur de nombreux domaines. La réflexion et la justification, en lien avec la littérature, m'ont obligé à construire un esprit critique sur mon protocole. Cet esprit critique, que je considère indispensable, me sera bénéfique pour ma future pratique professionnelle.

D'un point de vue plus pratique, l'utilisation et la prise en main d'appareils, tels que l'isocinétisme et le Myotest®, me permettent d'élargir mon champ de connaissances sur les modalités envisageables et les utilisations possibles de ces appareils dans le quotidien d'un praticien masseur-kinésithérapeute.

Durant ce travail, j'ai été amené à rencontrer de nombreux professionnels, issus de domaines différents. Le fait d'établir des liens avec différents praticiens et professionnels m'a permis de développer mes connaissances mais aussi de m'enrichir humainement.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Billat V. Physiologie et méthodologie de l'entraînement: De la théorie à la pratique. De Boeck Supérieur; 2003. 226 p.
2. Doutreloux J-P. Physiologie et biologie du sport. Vigot; 2013. 246 p.
3. Geoffroy C. Guide pratique des étirements. 6ème éd. Geoffroy édition; 2015. (Sport).
4. Simenz CJ, Dugan CA, Ebben WP. Strength and conditioning practices of National Basketball Association strength and conditioning coaches. J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc. août 2005;19(3):495-504.
5. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. Eur J Appl Physiol. nov 2011;111(11):2633-51.
6. Young WB. The use of static stretching in warm-up for training and competition. Int J Sports Physiol Perform. 2007;2(2):212.
7. Young WB, Behm DG. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. J Sports Med Phys Fitness. 2003;43(1):21-7.
8. Bishop D. Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. Sports Med Auckl NZ. 2003;33(7):483-98.
9. Geoffroy C. Méthodes et positions d'étirements : logique, précision et individualisation pour plus d'efficacité. Kinésithérapie Rev. août 2015;15(164-165):41-52.
10. Paradisis GP, Pappas PT, Theodorou AS, Zacharogiannis EG, Skordilis EK, Smirniotou AS. Effects of static and dynamic stretching on sprint and jump performance in boys and girls. J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc. janv 2014;28(1):154-60.
11. Hadala M, Barrios C. Different strategies for sports injury prevention in an America's Cup yachting crew. Med Sci Sports Exerc. août 2009;41(8):1587-96.
12. Kay AD, Blazeovich AJ. Effect of Acute Static Stretch on Maximal Muscle Performance: A Systematic Review. Med Sci Sports Exerc. janv 2012;44(1):154-64.
13. Cometti G. L'échauffement. 2003;

14. Bishop D. Warm up I. Sports Med. 2003;33(6):439-54.
15. Masterovoï L. La mise en train: Son action contre les accidents musculaires. Liëgkaya Atlet. sept 1964;(9).
16. Barcroft J, King WOR. The effect of temperature on the dissociation curve of blood. J Physiol. 1909;39(5):374.
17. Barcroft H, Edholm OG. The effect of temperature on blood flow and deep temperature in the human forearm. J Physiol. 1943;102(1):5.
18. Karvonen J. Importance of Warm-Up and Cool Down on Exercise Performance. In: Karvonen J, Lemon PWR, Iliev I, éditeurs. Medicine and Sport Science [Internet]. S. Karger AG; 1992 [cité 8 avr 2016]. p. 189-214. Disponible sur: <http://www.karger.com/?doi=10.1159/000421152>
19. Gossen ER, Sale DG. Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. Eur J Appl Physiol. 2000;83(6):524-30.
20. SALE. Postactivation Potentiation: Role in Human Performance : Exercise and Sport Sciences Reviews. Exerc Sport Sci Rev. 2002;30:138-43.
21. Proske U, Morgan DL. Do cross-bridges contribute to the tension during stretch of passive muscle? J Muscle Res Cell Motil. août 1999;20(5-6):433-42.
22. Tortora GJ, Derrickson B. Principes D'anatomie et de Physiologie. Editions du Renouveau Pédagogique, Incorporated; 2007. 1246 p.
23. Popineau C, Paulo Fernandes C. Physiologie des étirements. Présent Concepts Physiothérapie Selon Trois Discip Étirements Musuculation Endur Appl Médicales Sport. 2010;
24. Guimberteau JC, Sentucq-Rigall J, Panconi B, Boileau R, Mouton P, Bakhach J. Introduction à la connaissance du glissement des structures sous-cutanées humaines. Ann Chir Plast Esthét. févr 2005;50(1):19-34.
25. Coulmy N. Les étirements : intérêts et limites dans le cadre de la pratique du ski de compétition et de loisir. Dép Sport Sci FFS. Mai 2008;1-22.
26. Alter MJ. Science of Flexibility. Human Kinetics; 2004. 382 p.
27. Cometti G. Les limites du stretching pour la performance sportive. 1ère partie:«Intérêt des étirements avant et après la performance». Fac Sci Sport–UFR STAPS Dijon BP27877 21078 Dijon Cedex Fr [Internet]. 2007 [cité 8 janv 2016];

Disponible sur:

<http://hbbm.free.fr/latechnique/echauffement/Leslimitesdustretching.pdf>

28. Morse CI, Degens H, Seynnes OR, Maganaris CN, Jones DA. The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit: Stretching and muscle stiffness. *J Physiol.* 1 janv 2008;586(1):97-106.
29. Behm DG, Blazeovich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab.* janv 2016;41(1):1-11.
30. Behm DG, Bambury A, Cahill F, Power K. Effect of Acute Static Stretching on Force, Balance, Reaction Time, and Movement Time: *Med Sci Sports Exerc.* août 2004;36(8):1397-402.
31. Behm DG, Kibele A. Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *Eur J Appl Physiol.* nov 2007;101(5):587-94.
32. Behm DG, Button DC, Butt JC. Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Can J Appl Physiol Rev Can Physiol Appliquée.* juin 2001;26(3):261-72.
33. Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol.* 2000;89(3):1179-88.
34. Kokkonen J, Nelson AG, Cornwell A. Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Res Q Exerc Sport.* déc 1998;69(4):411-5.
35. Young W, Elias G, Power J. Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion. *J Sports Med Phys Fitness.* sept 2006;46(3):403-11.
36. Kay AD, Blazeovich AJ. Reductions in active plantarflexor moment are significantly correlated with static stretch duration. *Eur J Sport Sci.* 1 janv 2008;8(1):41-6.
37. Siatras TA, Mittas VP, Mameletzi DN, Vamvakoudis EA. The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* janv 2008;22(1):40-6.
38. Behm DG, Bradbury EE, Haynes AT, Hodder JN, Leonard AM, Paddock NR. Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. *J Sports Sci Med.* 2006;5(1):33.
39. Cornwell A, Nelson A, Sidaway B. Acute effects of stretching on the

neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur J Appl Physiol.* 1 mars 2002;86(5):428-34.

40. Power K, Behm D, Cahill F, Carroll M, Young W. An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc.* août 2004;36(8):1389-96.

41. Young W, Elliott S. Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Res Q Exerc Sport.* sept 2001;72(3):273-9.

42. Knudson D, Noffal G. Time course of stretch-induced isometric strength deficits. *Eur J Appl Physiol.* juin 2005;94(3):348-51.

43. Manoel ME, Harris-Love MO, Danoff JV, Miller TA. Acute Effects of Static, Dynamic, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Muscle Power in Women. *J Strength.* sept 2008;22(5):1528-34.

44. Guissard N, Duchateau J, Hainaut K. Mechanisms of decreased motoneurone excitation during passive muscle stretching. *Exp Brain Res.* 19 mars 2001;137(2):163-9.

45. Avela J, Kyröläinen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol.* 1999;86(4):1283-91.

46. Beedle B, Rytter SJ, Healy RC, Ward TR. Pretesting Static and Dynamic Stretching Does Not Affect Maximal Strength. *J Strength.* nov 2008;22(6):1838-43.

47. Cramer JT, Housh TJ, Coburn JW, Beck TW, Johnson GO. Acute effects of static stretching on maximal eccentric torque production in women. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* mai 2006;20(2):354-8.

48. Nelson AG, Kokkonen J, Arnall DA. Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* mai 2005;19(2):338-43.

49. Palomero J, Pye D, Kabayo T, Jackson MJ. Effect of passive stretch on intracellular nitric oxide and superoxide activities in single skeletal muscle fibres: influence of ageing. *Free Radic Res.* janv 2012;46(1):30-40.

50. Butterfield TA. Effect of altering starting length and activation timing of muscle on fiber strain and muscle damage. *J Appl Physiol.* 1 mai 2006;100(5):1489-98.

51. Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Sports Med.* 2006;36(11):929-39.
52. Ferber R, Osternig L, Gravelle D. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *J Electromyogr Kinesiol Off J Int Soc Electrophysiol Kinesiol.* oct 2002;12(5):391-7.
53. O'Hora J, Cartwright A, Wade CD, Hough AD, Shum GLK. Efficacy of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretch on hamstrings length after a single session. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* juin 2011;25(6):1586-91.
54. Bradley PS, Olsen PD, Portas MD. THE EFFECT OF STATIC, BALLISTIC, AND PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION STRETCHING ON VERTICAL JUMP PERFORMANCE. *J Strength.* févr 2007;21(1):223-6.
55. Mitchell UH, Myrer JW, Hopkins JT, Hunter I, Feland JB, Hilton SC. Acute stretch perception alteration contributes to the success of the PNF « contract-relax » stretch. *J Sport Rehabil.* mai 2007;16(2):85-92.
56. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Dyhre-Poulsen P, McHugh MP, Kjaer M. Mechanical and physical responses to stretching with and without preisometric contraction in human skeletal muscle. *Arch Phys Med Rehabil.* avr 1996;77(4):373-8.
57. Hindle K, Whitcomb T, Briggs W, Hong J. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its Mechanisms and Effects on Range of Motion and Muscular Function. *J Hum Kinet [Internet].* 1 janv 2012 [cité 11 janv 2016];31(-1). Disponible sur: <http://www.degruyter.com/view/j/hukin.2012.31.issue--1/v10078-012-0011-y/v10078-012-0011-y.xml>
58. McNair PJ, Dombroski EW, Hewson DJ, Stanley SN, others. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to holds and continuous passive motion. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(3):354-8.
59. Murphy JR, Di Santo MC, Alkanani T, Behm DG. Aerobic activity before and following short-duration static stretching improves range of motion and performance vs. a traditional warm-up. *Appl Physiol Nutr Metab.* oct 2010;35(5):679-90.
60. Guilhem G, Cornu C, Guével A. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Ann Phys Rehabil Med.* juin 2010;53(5):319-41.
61. Abbott BC, Bigland B, Ritchie JM. The physiological cost of negative work. *J*

Physiol. 1952;117(3):380-90.

62. Fang Y, Siemionow V, Sahgal V, Xiong F, Yue GH. Distinct brain activation patterns for human maximal voluntary eccentric and concentric muscle actions. *Brain Res.* oct 2004;1023(2):200-12.

63. Croisier JL, Crielaard JM. Exploration isocinétique: analyse des paramètres chiffrés. *Ann Réadapt Médecine Phys.* déc 1999;42(9):538-45.

64. Rochcongar P. Évaluation isocinétique des extenseurs et fléchisseurs du genou en médecine du sport : revue de la littérature. *Ann Réadapt Médecine Phys.* août 2004;47(6):274-81.

65. Choukou MA, Laffaye G, Taiar R. RELIABILITY AND VALIDITY OF AN ACCELEROMETRIC SYSTEM FOR ASSESSING VERTICAL JUMPING PERFORMANCE. *Biol Sport.* 1 janv 2014;31(1):55-62.

66. Maffiuletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, Babault N, Munzinger U. Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clin Physiol Funct Imaging.* nov 2007;27(6):346-53.

67. Larrat E, Kemoun G, Carette P, Teffaha D, Dugue B. Profil isocinétique des muscles fléchisseurs et extenseurs du genou chez une population de rugbymen. *Ann Réadapt Médecine Phys.* juin 2007;50(5):280-6.

68. Orchard J, Steet E, Walker C, Ibrahim A, Rigney L, Houang M. Hamstring muscle strain injury caused by isokinetic testing. *Clin J Sport Med.* 2001;11(4):274-6.

69. Fournier P-E. Prise en charge des Lésions musculaires: en prenant pour exemple les ischio-jambiers et le football. *Schweiz Z Sportmed Sporttraumatologie.* 2011;59(1):18.

70. Croisier JL, Crielaard JM. Mise au point d'un rapport isocinétique original fléchisseurs du genou/quadriceps : Application à une pathologie musculaire. *J Traumatol Sport.* 1996;13(2):115-9.

71. Geoffroy C. Guide des étirements du sportif. diff. Ed. Vigot; 2000. 192 p.



## ANNEXES

Annexe 1 : Evolution de la température rectal (Tr), de la peau (Ts) et du muscle à une profondeur approximative de 20 mm (Tm20) et 40 mm (Tm40) durant un exercice modéré et le retour au calme, dans le cadre d'une température extérieure ambiante (14). ....	38
Annexe 2 : Schéma du déroulement de la première session de mesures du protocole.....	39
Annexe 3 : Schéma détaillé du déroulement de l'échauffement de la première session de mesures du protocole .....	40
Annexe 4 : Mouvement de talon au fesse (71).....	41
Annexe 5: Mouvement de sautillement (71).....	41
Annexe 6 : Mouvement de Squat.....	41
Annexe 7 : Le Counter Movement Jump, respectivement de gauche à droite : la position de départ, l'élan, la saut. (CMJ).....	42
Annexe 8 : Schéma du déroulement de la deuxième session de mesures du protocole. ....	43
Annexe 9 : Schéma du déroulement des étirements activo-dynamiques lors de l'échauffement de la deuxième session de mesures du protocole.....	44
Annexe 10: Position d'étirement pour le triceps sural (71) .....	45
Annexe 11 : Contraction isométrique du triceps sural sur la position d'étirement (71).....	45
Annexe 12 : Position d'étirement pour le quadriceps (71).....	45
Annexe 13: Contraction isométrique du quadriceps en position d'étirement (71).....	45
Annexe 14: Position d'étirement pour les ischio-jambiers (71).....	46
Annexe 15: Contraction isométrique des ischio-jambiers en position d'étirement (71) .....	46

Annexe 1 : Evolution de la température rectal ( $T_r$ ), de la peau ( $T_s$ ) et du muscle à une profondeur approximative de 20 mm ( $T_{m20}$ ) et 40 mm ( $T_{m40}$ ) durant un exercice modéré et le retour au calme, dans le cadre d'une température extérieure ambiante (14).

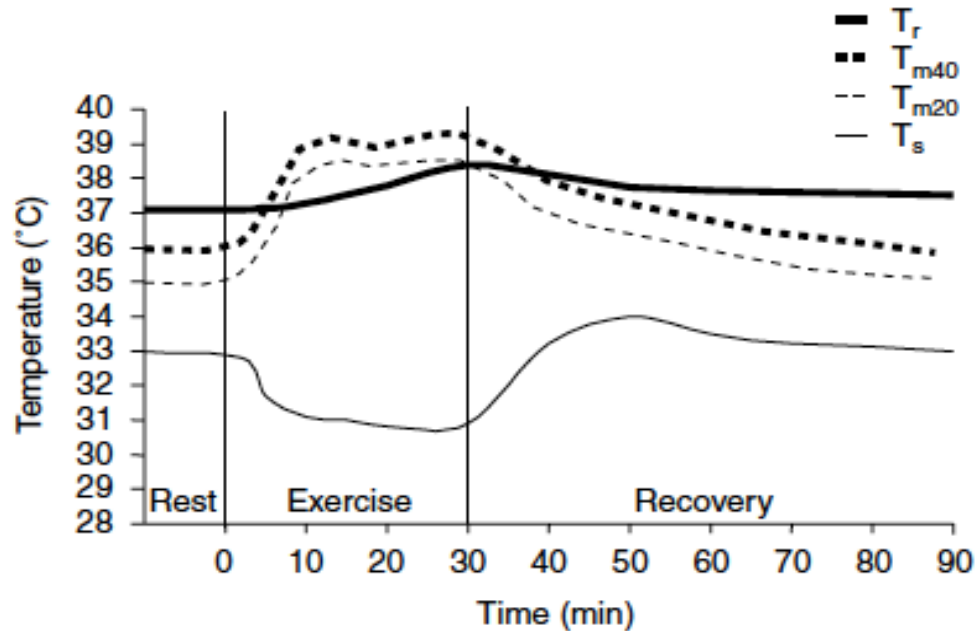


Fig. 1. Temperature measured at rest, during moderate exercise and during recovery for the rectal ( $T_r$ ), skin ( $T_s$ ) and muscle at a probe depth of approximately 20mm ( $T_{m20}$ ) and 40mm ( $T_{m40}$ ), in commonly-observed ambient conditions (10–30°C).<sup>[7-13]</sup>

## Annexe 2 : Schéma du déroulement de la première session de mesures du protocole

### Echauffement

- Echauffement sous maximal : Vélo 10 minutes, 80 watts, 80 tours par minute.
- Temps de repos : 2 minutes
- Mouvements spécifiques (Talon aux fesses, sautilllements sur pointes de pied, squats)
- Temps de repos : 2 minutes
- Mouvements dynamiques (Talon au fesse, sautilllement sur pointes de pied, squat de manière plus soutenue)
- Temps de repos : 2 minutes

### Mesure Myotest®

- Premier saut
- Temps de repos : 10 secondes
- Deuxième saut
- Temps de repos : 10 secondes
- Troisième saut
- Temps de repos : 2 minutes

### Mesure isocinétique

- 3 mouvements sous maximaux 60°/s, concentrique
- Temps de repos de 20 secondes
- Evaluation de la force concentrique quadriceps et ischio-jambiers à 60°/s
- Temps de repos : 1 minute
- 3 mouvements sous maximaux 30°/s, excentrique des ischio-jambiers
- Temps de repos de 20 secondes
- Evaluation de la force excentrique des ischio-jambiers à 30°/s
- Temps de repos : 1 minute
- 3 mouvements sous maximaux 30°/s, excentrique du quadriceps
- Temps de repos : 20 secondes
- Evaluation de la force excentrique du quadriceps à 30°/s
- Temps de repos : 1 minute
- 3 mouvements sous maximaux 240°/s, concentrique
- Temps de repos de 20 secondes
- Evaluation de la force concentrique quadriceps et ischio-jambiers à 240°/s

**Annexe 3 : Schéma détaillé du déroulement de l'échauffement de la première session de mesures du protocole**

## Exercice sous- maximal

- Vélo ergomètre : 10 minutes
- Temps de repos : 2 minutes

## Mouvements spécifiques

- Talons aux fesses : 6 secondes d'effort, 6 secondes de repos
- Sautillements sur pointes de pied : 6 secondes d'effort, 6 secondes de repos
- Squats : 6 secondes d'effort, 6 secondes de repos
- Enchaînement des 3 exercices réalisé 8 fois
- Puis Temps de repos : 2 minutes

## Mouvements dynamiques

- Talons aux fesses : 20 secondes d'effort, 5 secondes de repos
- Sautillements sur pointes de pied : 20 secondes d'effort, 5 secondes de repos
- Squats : 20 secondes d'effort, 5 secondes de repos
- Enchaînement des 3 exercices réalisé 2 fois
- Puis Temps de repos : 2 minutes

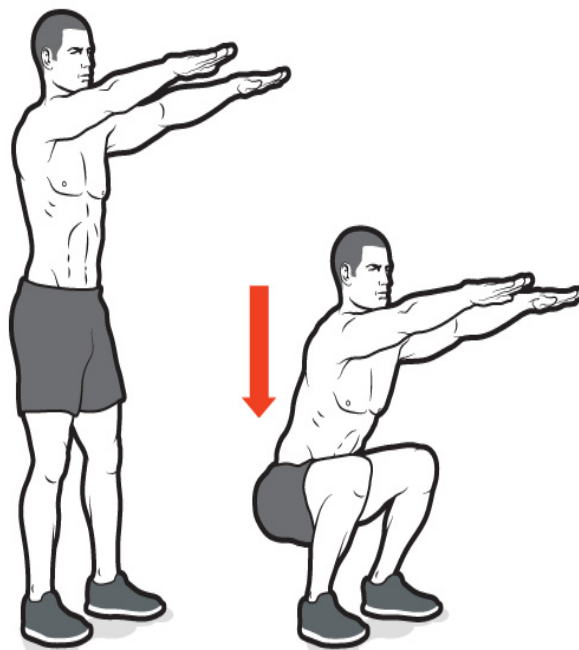
**Annexe 4 : Mouvement de talon au fesse  
(71)**



**Annexe 5: Mouvement de sautillement  
(71)**



**Annexe 6 : Mouvement de Squat**



**Source : Betterchapefitness.com**

**Annexe 7 : Le Counter Movement Jump, respectivement de gauche à droite : la position de départ, l'élan, la saut. (CMJ)**



**Source : wise-coach.com**

## Annexe 8 : Schéma du déroulement de la deuxième session de mesures du protocole.

### Echauffement

- **Echauffement sous maximal :**  
Vélo 10 minutes, 80 watts, 80 tours par minute.
- Temps de repos : 2 minutes
- **Etirements activo-dynamiques (2 fois le cycle suivant )**
  - Triceps Sural (sur chaque membre inférieur)
    - Etirement : 6 secondes
    - Contraction : 6 secondes
    - Relâchement : 3 secondes
    - Phase dynamique : 6 secondes
  - Quadriceps (sur chaque membre inférieur)
    - Etirement : 6 secondes
    - Contraction : 6 secondes
    - Relâchement : 3 secondes
    - Phase dynamique : 6 secondes
  - Ischio-jambiers (sur chaque membre inférieur)
    - Etirement : 6 secondes
    - Contraction : 6 secondes
    - Relâchement : 3 secondes
    - Phase dynamique : 6 secondes
- Fin des deux cycles : Temps de repos : 2 minutes
- **Mouvements dynamiques**  
(Talon aux fesses, sautilllements sur pointes de pied, squats de manière plus soutenue)
- Temps de repos : 2 minutes

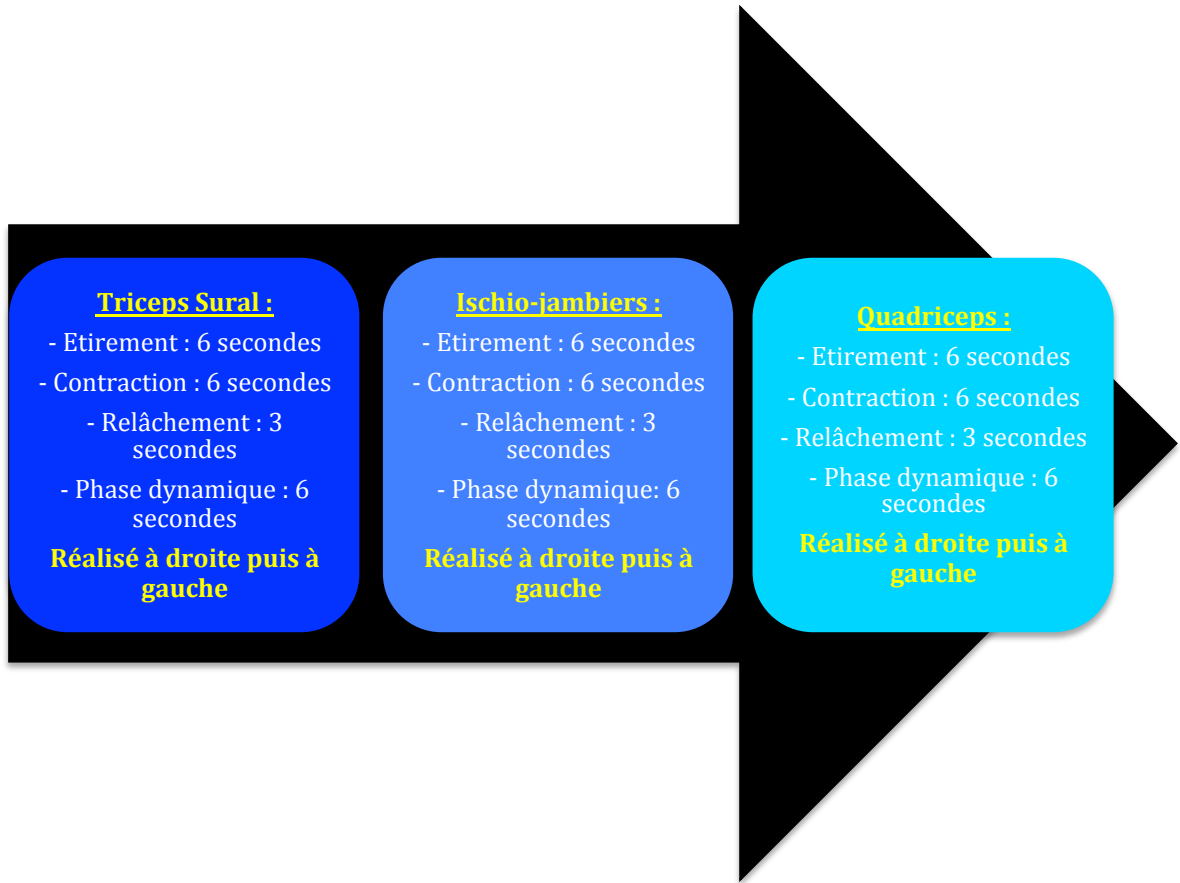
### Mesure Myotest®

- Idem à la première session

### Mesure isocinétique

- Idem à la première session

**Annexe 9 : Schéma du déroulement des étirements activo-dynamiques lors de l'échauffement de la deuxième session de mesures du protocole**



Enchaînement réalisé 2 fois, suivi de 2 minutes de repos avant les mouvements spécifiques



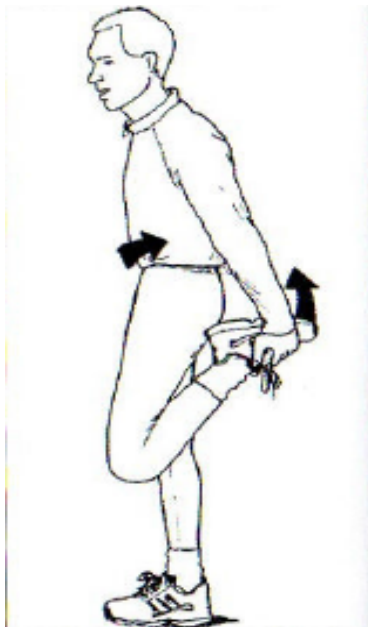
**Annexe 10: Position d'étirement pour le triceps sural (71)**



**Annexe 11 : Contraction isométrique du triceps sural sur la position d'étirement (71)**



**Annexe 12 : Position d'étirement pour le quadriceps (71)**



**Annexe 13: Contraction isométrique du quadriceps en position d'étirement (71)**



**Annexe 14: Position d'étirement pour les ischio-jambiers (71)**



**Annexe 15: Contraction isométrique des ischio-jambiers en position d'étirement (71)**



**CORFA Raphaël**

**Evaluation à court terme des effets des étirements activo-dynamiques, réalisés lors de l'échauffement, sur la performance musculaire du footballeur.**

**Abstract :**

Nowadays, stretching is a main part of warming up. However, several divergences have been observed in the stretching effects on a performance. The active and dynamic stretching is now mainly used in sports warming up, and more specifically with footballers. Nevertheless, just a few scientific facts treat about active and dynamic stretching effects on muscular performance. The aim of this work is to establish a protocol which will permit to evaluate the effects, on short term, of the active and dynamic stretching during warming up, on the muscular performance of a soccer player. In a first part, the prior and essential notions of work will be introduced: warming up, stretching, and also a synthesis of the literature treating the link between stretching and performance. In a second part, I'll expose the protocol I have made and the methodology which will permit to answer to the problematic.. The construction and development of this protocol form the study's base treating the link between active and dynamic stretching, and the performance. The achievement of this protocol represents a personal purpose as a future professional.

**Résumé :**

Aujourd'hui, les étirements font partie intégrante des échauffements. Cependant, de nombreuses divergences sur les effets des étirements sur la performance sont présentes. Les étirements activo-dynamiques sont de nos jours fortement utilisés dans le cadre de l'échauffement du sportif, et plus spécifiquement chez le footballeur. Néanmoins, peu de données scientifiques traitent des effets des étirements activo-dynamiques sur la performance musculaire. L'objectif de ce travail est la construction d'un protocole permettant d'évaluer les effets à court terme des étirements activo-dynamiques, réalisés lors d'un échauffement, sur les performances musculaires du footballeur. Dans un premier temps, les notions fondamentales et préalables au travail seront présentées : l'échauffement, les étirements, ainsi qu'une synthèse de la littérature traitant du lien entre les étirements et la performance. Dans un second temps, j'exposerai le protocole que j'ai construit, ainsi que sa méthodologie, permettant de répondre à ma problématique. La construction et l'élaboration de ce protocole constituent la base d'une étude traitant d'un lien entre les étirements activo-dynamiques et la performance. La mise en pratique de ce protocole d'étude est un de mes objectifs en tant que futur professionnel de santé.

**Keyword :** active and dynamic stretching, warm up, performance, soccer

**Mots clés :** étirement activo-dynamique, échauffement, performance, football

INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE DE BREST

Adresse : 22 avenue Camille Desmoulins, Brest 29238 CEDEX 3

TRAVAIL ECRIT DE FIN D'ETUDES – 2013-2016