



Institut Régional de Formation aux Métiers de la Rééducation et Réadaptation  
Pays de la Loire.

54, rue de la Baugerie - 44 230 SAINT-SEBASTIEN-SUR-LOIRE

## **Etude de faisabilité**

-

# **Répercussions d'un protocole en flexion cervicale sur la souplesse de la chaîne myofasciale postérieure sur des sujets sains**

**Blandine LIMOUZY**

Travail Écrit de Fin d'Étude

En vue de l'obtention du Diplôme d'État de Masseur-Kinésithérapeute

Année scolaire: 2014-2015

## Remerciements

---

Je remercie A.L. pour son investissement, sa disponibilité et ses conseils qui m'ont permis de mener ce projet à bien.

Un grand merci aux étudiants qui ont participé à cette étude.

Mes remerciements vont également à E.B. qui a donné de son temps et a fait preuve d'une grande rigueur dans la prise des mesures.

Enfin, je remercie mes proches qui n'ont cessé d'être présents.

## Résumé

---

Telles que décrites dans la littérature, les chaînes myofasciales - structures mêlant tissu contractile et tissu musculaire - permettent des interrelations entre les segments corporels.

A travers la mise en place d'un protocole sur des étudiants sains, nous avons mesuré les répercussions de postures en flexion cervicale sur la souplesse locale et globale de la chaîne myofasciale postérieure. 16 sujets randomisés en un groupe expérimental et un groupe témoin ont participé à cette étude de faisabilité. Le groupe expérimental a réalisé deux postures de 15 minutes par semaine, pendant 4 semaines.

Bien que les résultats de l'étude soient non-significatifs, nous constatons une augmentation de la souplesse des sujets du groupe expérimental en comparaison avec le groupe témoin.

## Mots clés

---

- Chaîne myofasciale
- Tissu conjonctif
- Posture
- Souplesse

## Summary

---

As described in the literature, myofascial chains - structure mixing connective tissue and contractile tissue - connect body segments.

Through the establishment of a protocol on healthy students, we measured the repercussion of cervical flexion postures on the local and global flexibility of the posterior myofascial chain. 16 randomized subjects in an experimental group and in a control group participated to this feasibility study. The experimental group accomplished a 15 minutes posture twice a week during 4 weeks.

Although the results of this study are non-significant, we found an increase in the flexibility of the experimental group in comparison with the control group.

## Key words

---

- Myofascial chain
- Connective tissue
- Posture
- Flexibility

# Sommaire

---

1	Introduction.....	1
1.1	Intérêt personnel: .....	1
1.2	Champ théorique .....	2
1.2.1	Histologie et embryologie .....	2
1.2.2	Anatomie.....	4
1.2.3	Physiologie lors des contraintes en étirement .....	7
1.3	Naissance d'une problématique.....	11
2	Matériel et méthode .....	14
2.1	Intérêt.....	14
2.2	Sujets .....	15
2.3	Protocole .....	16
2.3.1	Matériel.....	16
2.3.2	Tests.....	16
2.3.3	Position du sujet.....	18
2.3.4	Déroulement du protocole.....	20
3	Résultats et analyse.....	21
3.1	Résultats.....	21
3.1.1	Distance doigt-sol (DDS) : .....	22
3.1.2	Flexion cervicales .....	23
3.1.3	Comparaison des tests avant et après l'ensemble des séances .....	25
3.2	Analyse statistique .....	25
4	Discussion.....	25
4.1	Significativité des résultats .....	25
4.2	Retour sur le champ théorique et limites de l'étude .....	25
4.2.1	Souplesse.....	25
4.2.2	Température .....	26
4.2.3	Différences individuelles dans l'emploi du temps .....	26
4.2.4	Ordre des tests .....	27
4.2.5	Effet de la posture .....	27
4.2.6	Séances .....	28
4.2.7	Outils de mesure .....	28
4.3	Perspectives :.....	28
5	Conclusion .....	30
	Références bibliographiques.....	
	Annexes 1 à 5.....	

# 1 Introduction

## 1.1 Intérêt personnel:

Avant de commencer mes études en masso-kinésithérapie, il me semblait important d'être capable de faire le lien entre conséquences (signes cliniques) et origine(s) des maux exprimés par un patient. Au fil de ma formation, je me suis rendue compte que le traitement seul de la plainte du sujet ne suffisait pas la plupart du temps à le soigner sur la durée. Dès lors, il m'est apparu intéressant de rechercher l'origine du dysfonctionnement pour espérer supprimer les symptômes.

En avançant dans nos études, notre capacité à unir une dysfonction et un symptôme s'accroît. Des clés nous sont données afin de percevoir le corps humain comme un tout et non plus comme une succession d'organes. En fin de 1ère année de formation, nous avons eu un cours portant sur les chaînes musculaires et leur traitement par la méthode Busquet. Connecter les structures musculaires et conjonctives avec le mouvement ou la posture m'a interpellée. J'ai commencé à approfondir de façon théorique cette méthode (1).

Parallèlement, je me suis intéressée aux tissus conjonctifs. Ceux-ci forment une seule et même toile qui lie l'ensemble du corps et les différents organes. Une partie de ces tissus est étroitement reliée, imbriquée dans le tissu musculaire formant ce qu'on appelle des "chaînes myofasciales" (2).

Dès lors, je me suis interrogée sur la biomécanique des traitements visant les chaînes myofasciales. Comment peuvent-ils soulager le corps? Quel rôle joue le tissu conjonctif au sein du corps?

J'ai donc débuté des recherches sur la biomécanique et le rôle des tissus conjonctifs dans l'organisme afin de répondre à ces questions. Ils sont présents partout, sont une seule unité anatomique et embryologique, relient l'ensemble du corps, transmettent les contraintes qu'ils reçoivent et s'adaptent à celles-ci en modifiant leur structure. Ils sont également richement innervés sensitivement et ont un faible pouvoir contractile (2) (3).

Connaissant moi-même des douleurs articulaires récurrentes et croissantes, j'ai changé certaines de mes habitudes, notamment sportives. Busquet (1) et d'autres thérapeutes (4) (5) (6) fournissent, par l'intermédiaire des tissus conjonctifs, l'explication de liens entre les membres, le tronc et la tête. J'ai alors pratiqué des étirements globaux sur moi-même afin de redonner de la souplesse à l'ensemble de mon corps (6) (7). J'ai également effectué quotidiennement une succession de postures tenues et de mouvements lents dans le but de renforcer les muscles profonds, la stabilité, la proprioception et l'équilibre (7).

Assouplir et renforcer mon corps a diminué mes douleurs et augmenté mes amplitudes articulaires jusqu'alors réduites.

Avec mes recherches sur la biomécanique des tissus conjonctifs, j'ai vécu sur mon propre corps la chose suivante: une zone enraidie répercute son hypomobilité sur une autre zone et ainsi de suite (1) (8). Ces limitations semblent suivre des trajets préférentiels à travers des chaînes myofasciales anatomiquement décrites (2) (5), ce qui nous permet de les traiter par des postures/étirements/massages en suivant certaines méthodes (Busquet (1), Mézières (9), RPG (4), la myofascial release (10)). Les activités physiques mêlant force et souplesse permettent également de travailler sur les chaînes myofasciales (7) (11).

L'intérêt porté ici aux structures conjonctives est résolument orienté sur leur rôle dans les mouvements corporels et les capacités posturales de l'individu.

Ainsi un questionnement préalable s'est formé.

Comment la pratique d'étirements, de postures ou d'activités physiques mêlant force et souplesse peut-elle permettre de résoudre des déficiences articulaires ou musculaires?

Peut-on réellement mesurer les effets d'un étirement à distance de l'élément travaillé?

Ce sont autant de questions, soulevées par mon parcours professionnalisant mais aussi personnel, auxquelles j'ai tenté de répondre en débutant des recherches bibliographiques.

## **1.2 Champ théorique**

Ce travail écrit cherche à mettre en évidence l'existence d'un lien connectant différentes parties d'une même chaîne myofasciale chez un sujet sain. A travers des postures répétées mettant en tension le segment rachidien haut, nous avons mesuré la souplesse locale et globale au cours du temps chez des sujets sains.

Il est donc important d'étudier les structures pouvant être sollicitées par ces postures et les phénomènes qui, théoriquement, peuvent se produire durant la mise en tension d'un segment corporel.

Nous distinguerons dans un premier temps le tissu musculaire du tissu conjonctif. Nous verrons ensuite que les deux semblent intimement liés. Pour finir, nous exposerons quelques éléments physiologiques en lien avec les mises en tension.

### **1.2.1 Histologie et embryologie**

Le tissu musculaire provient du mésoblaste, tout comme le tissu conjonctif.

Il existe différents types de cellules musculaires. On distingue les cellules musculaires striées, les cellules musculaires lisses et les cellules musculaires cardiaques. Nous parlerons seulement ici des cellules musculaires striées car elles composent les muscles squelettiques, qui nous intéressent

dans cette étude. Ces muscles sont responsables du maintien de la posture et de la création de mouvement.

Les cellules musculaires striées squelettiques sont majoritairement composées de protéines contractiles. On retrouve des filaments épais : les filaments de myosine et des filaments fins : les filaments d'actine (*cf. annexe 1 - A*). Ces filaments sont agencés de façon précise dans l'espace. Un regroupement d'environ 200 filaments forment un faisceau cylindrique : la myofibrille. Durant la contraction, l'actine et la myosine se lient et peuvent glisser l'une sur l'autre ce qui permet, par voie de conséquence, de raccourcir la myofibrille (12).

Chaque cellule musculaire, ou fibre musculaire est composée d'environ 2000 myofibrilles. Chaque fibre musculaire est entourée de son sarcolemme mais aussi d'endomysium, un tissu conjonctif.

Plusieurs endomysium fusionnent en un périnysium qui entoure 10 à 100 fibres musculaires. On a alors des faisceaux musculaires. Enfin, un ensemble de faisceaux forme un muscle qui est entouré par l'épimysium. Ce tissu conjonctif résulte de la fusion des tissus conjonctifs plus fins et intégrés plus profondément aux composants musculaires contractiles (2) (12) (*cf. annexe 1 - A*).

Ces membranes conjonctives se rejoignent pour former le tendon (faisceaux très résistant et peu élastique) qui unit le muscle au squelette osseux.

On peut également noter que le tissu conjonctif est le support des éléments vasculaires et nerveux indispensables aux muscles (2) (*cf. annexe 1 - A - fig. 7*).

Le tissu conjonctif est donc imbriqué à tous les niveaux dans le muscle. Il permet la séparation et l'union des éléments musculaires, la jonction avec le squelette et les structures alentour, ainsi que la transmission-répartition des forces subies ou produites par le tissu contractile (13). De ce point de vue, on ne peut les séparer l'un de l'autre.

Le tissu conjonctif est issu en totalité du mésenchyme lui-même provenant du mésoderme. Il commence à se différencier dès la fin de la troisième semaine de grossesse (2).

Il n'est pas aisé de définir quel type de tissu sera considéré comme conjonctif. Les auteurs ne sont pas toujours en accord (3). Nous donnerons une liste provenant des travaux de Huijing et Langevin (14) sur lesquels se sont basés les participants du troisième Fascia Research Congress qui a eu lieu en 2012 (<http://www.fasciacongress.org/2012/> - consulté le 14/01/2015) pour donner une définition des tissus conjonctifs. Ce congrès permet d'exposer les découvertes scientifiques sur les tissus conjonctifs.

Selon leur définition, la toile conjonctive complète se compose d'une part des plans denses de tissus (septum, enveloppes musculaires, capsules articulaires et réticulum) appelés aussi "fascia propre". D'autre part, les densifications locales de cette toile, les ligaments et les tendons, y sont

également incluses. Enfin, les tissus conjonctifs lâches tels que l'endomysium ou encore les membranes entourant les organes font partie de cette toile (*cf. annexe 2*) (3).

Les tissus conjonctifs, bien que d'une grande variabilité, sont composés de cellules entourées d'un enchevêtrement complexe de macromolécules appelé Matrice Extra Cellulaire (MEC). Cette matrice est composée de substance fondamentale visqueuse riche en protéoglycanes et de fibres produites par les cellules du tissu (*cf. annexe 1 - B - fig. 8*). Ces fibres sont essentiellement des fibres de collagène (elles constituent 60 à 70% de la masse du tissu conjonctif). On retrouve également des fibres d'élastine et de réticuline. Les cellules appartenant au tissu conjonctif sont principalement les fibroblastes ; cependant on y trouve d'autres types cellulaires tels que des mastocytes, des plasmocytes, des leucocytes ou encore des adipocytes (2) (*cf. annexe 1 - B*).

Le tissu conjonctif tel qu'il est défini ici est très sensible à l'hydratation de ses structures (15), ce qui, nous le verrons plus loin, lui permet de s'adapter aux contraintes qu'il subit.

## **1.2.2 Anatomie**

### **1.2.2.1 Chaînes conjonctives**

Ces chaînes, aussi appelées chaînes fasciales sont décrites par l'étude anatomique comme "*une suite ininterrompue partant du crâne et se terminant au niveau des pieds*" (2). Elles s'insèrent ponctuellement sur le squelette osseux et communiquent entre elles, bien qu'elles se trouvent à différentes profondeurs (16).

On pourrait décrire des chaînes conjonctives à tous niveaux, dans toutes les directions et de la surface à la profondeur puisque les fascias sont omniprésents et continus, cependant il semble exister des chaînes préférentielles à travers le corps. La direction et l'épaisseur des fibres ainsi que les fonctions spécifiques de certaines parties du corps permettent de décrire quelques grandes chaînes intervenant plus fréquemment dans la mécanique du corps (2).

Parmi les chaînes conjonctives, nous en décrivons 3 qui nous intéressent pour l'étude à suivre.

La chaîne externe décrite par Paoletti (2) nous intéresse dans sa partie correspondant au tronc:

- partie postérieure de l'occiput par les fascias des trapèzes, des splenius et des complexus
- partie postérieure de la ceinture scapulaire
- fascia thoraco-lombaire
- face antéro-externe de la cuisse par le tractus ilio-tibial et le fascia-lata,
- face externe de la jambe.

La chaîne postérieure décrite par Paoletti (fig. 1) (2) :

- dure-mère
- fascia thoraco-lombaire
- grand ligament sacro-sciatique
- fascia du biceps fémoral
- fascia postérieur du mollet

La chaîne statique postérieure décrite par Léopold Busquet (1) :

- faux du cerveau
- ligament cervical postérieur
- aponévrose dorsale
- aponévrose du trapèze
- aponévrose du carré des lombes
- aponévrose lombaire.

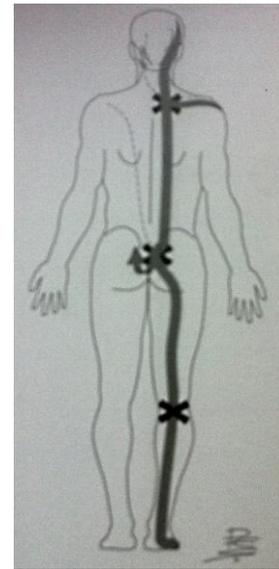


Figure 1  
La chaîne postérieure (2)

### 1.2.2.2 Chaînes myofasciales

Ce type de chaîne met en jeu une succession de muscles reliés par du tissu conjonctif qui comprend aussi bien les fascias musculaires que les tendons et les ligaments (17) (18). Il semble que ce qui est dépeint anatomiquement comme muscle ne peut être considéré d'une façon isolée comme contrôlant les forces (19). *"Il s'agit d'une réalité anatomique, le continuum formé par les nappes de muscles et d'aponévroses qui sont sollicités ensemble par des positions et mises en tensions spécifiques"* (6). A travers ces chaînes myofasciales (le terme semble davantage approprié), les forces créées par l'activité des muscles seront transmises au tendon mais aussi au tissu conjonctif étroitement lié au muscle (20).

Les muscles sont pénétrés et entourés par du tissu conjonctif qui leur permet d'acquérir une fiabilité physiologique et fonctionnelle par son rôle de support et de transmission des forces (2). Cette *"unité fonctionnelle indissociable muscle-fascia"* (2) permet tant le mouvement que la stabilité, la puissance que l'endurance (7) (2).

Nous citerons ici un exemple de chaîne myofasciale décrite par Thomas Myers : la chaîne postérieure superficielle (fig. 2) (21).

On y retrouve les constituants suivants :

- aponévrose plantaire
- mollets
- ischios-jambiers
- Ligament sacro-tubéral
- fascia thoraco-lombaire
- érecteurs spinaux
- ligament nuchal
- fascia crânien.



*Figure 2*  
*Chaîne postérieure superficielle (21)*

Suivant les auteurs, la description de ces chaînes anatomiques se concentrera davantage sur les constituants conjonctifs ou sur les constituants musculaires. L'élément sur lequel l'auteur portera moins d'attention sera relégué au second plan ; on lui assignera un rôle de subordination par rapport à la structure dominante (1) (2) (6).

### **1.2.2.3 Chaînes conceptuelles**

Suivant les auteurs et le type de technique abordé, la description faite des moyens d'interrelation des différentes parties du corps varient.

Hormis les chaînes anatomiques décrites précédemment, il existe des "chaînes musculaires conceptuelles" (6) retrouvées en ostéopathie ou dans certains traitements kinésithérapiques tels que la "proprioceptive neuromuscular facilitation" (PNF) (22), la méthode Busquet (1), la rééducation posturale globale (4), la méthode Mézières (9) et bien d'autres (17). Dans ces concepts, les chaînes sont principalement basées sur l'utilisation de certains muscles qui les composent à travers des schémas corporels préférentiellement utilisés par le cortex. L'encéphale ne semble pas connaître analytiquement chaque muscle, mais plutôt les mouvements (17). On retrouve dans cette notion l'aspect inconscient joué par le système nerveux sur le corps. Des concepts tels que la PNF décrite en premier lieu par Kabat sont basés sur cette approche du mouvement. Notre système nerveux peut aussi induire des tensions retrouvées au sein des chaînes myofasciales décrites. Dans un premier temps, ces tensions permettent, par un changement de posture, de compenser une attitude qui aurait pu être douloureuse ou demander une plus grande dépense d'énergie. Cependant, à terme, un déséquilibre se retrouve sur une ou plusieurs chaînes et peut se répercuter de façon négative sur l'ensemble du corps (1).

Bien que la totalité des éléments du corps soient entourés, liés, séparés par du tissu conjonctif, qui lui-même est modelé par les contraintes qu'il subit, nous nous axerons uniquement sur les chaînes décrites anatomiquement et histologiquement dans la littérature.

NB: Nous pouvons noter une grande ressemblance entre les composants des chaînes conceptuelles et ceux des chaînes anatomiques.

### **1.2.3 Physiologie lors des contraintes en étirement**

Les rôles, les fonctionnements et l'organisation mécanique des tissus conjonctifs comme des tissus musculaires sont multiples. Seuls ceux présentant un intérêt pour l'étude qui suivra seront développés ici.

Les étirements consistent à éloigner les points d'accroche d'une structure ce qui provoque des contraintes en tension au sein de celle-ci.

#### **1.2.3.1 Tissu contractile :**

Le muscle a pour fonction principale la contraction. En ce qui concerne le tissu musculaire strié, cette fonction permet le maintien de la posture et le mouvement.

On peut définir plusieurs types d'étirement en fonction de l'activité musculaire.

Un étirement sera dit passif si, lors de son allongement, le muscle ne se contracte pas.

Un étirement sera dit actif si le muscle se contracte durant son allongement.

La transmission des forces entre le tendon et les fibres musculaires se fait par les éléments élastiques séries (EES) (ponts actine-myosine, aponévroses, tendons) et par les éléments élastiques parallèles (EEP) (myofilaments, fibres et faisceaux musculaires, enveloppes musculaires - sarcolemme, endomysium, périnysium et épimysium).

Lorsque l'on étire passivement un muscle, on peut constater l'existence d'une résistance s'opposant à cet étirement en l'absence de toute stimulation nerveuse. Cette tension passive est due à trois éléments :

- Les ponts actine-myosine participent aux tensions passives rencontrées durant l'étirement de structures musculo-aponévrotiques. Ces ponts ont une résistance propre et lorsqu'une partie de ceux-ci se défait, d'autres se créent (12). Ainsi, les multiples points d'accroche entre les têtes de myosine et les filaments fins sont autant d'éléments qui s'opposent à l'éloignement des points d'insertion musculaire.

- La titine, protéine élastique présente au sein des cellules musculaires permet à celles-ci de retrouver leur longueur préalable à un étirement (23).

- Les éléments du tissu conjonctifs transmettent indirectement les contraintes passives au tissu musculaire par les EEP. Cette transmission se fait essentiellement à travers des chaînes de protéines de liaison appelées costamères. En conséquence d'étirements musculaires ou de contractions excentriques intenses, on peut assister à un remaniement de ces costamères, les amenant ultérieurement à se trouver en quantité supérieure (24).

### **1.2.3.2 Tissu non contractile :**

Il enveloppe chaque structure mais s'insinue également à l'intérieur de celles-ci. Cette toile continue modèle certes la forme anatomique du corps mais permet également le maintien de la posture, la contention du système musculaire et des organes, l'amortissement des contraintes, la transmission des forces et joue aussi un rôle d'échange et de défense au sein de l'organisme.

Les propriétés mécaniques de ce système sont les suivantes : élasticité, viscosité, plasticité et résistance (2).

Nous allons nous intéresser aux mécanismes pouvant jouer un rôle durant l'étirement du tissu.

Une des facultés du tissu conjonctif qui nous intéresse ici particulièrement est la tenségrité qui permet de répartir les tensions à travers toute la structure conjonctive.

#### **1.2.3.2.1 Principe de tenségrité :**

Le corps entier serait construit selon ce système qui lui permet d'être "autostable" (2).

Le tissu conjonctif est composé d'une multitude de microvacuoles de collagène au sein de la substance fondamentale.

Guimberteau, dans *promenade sous la peau* (25) décrit ce qu'il appelle le système collagénique multi-micro-vacuolaire d'absorption dynamique (MCDAS). D'une part, ce système joue sur l'élasticité des vacuoles qui sont reliées entre elles sans aucune interruption. Une fois l'élasticité de la première vacuole épuisée, la seconde est mise en jeu et ainsi de suite. D'autre part, il semblerait qu'on ait une répartition de pression dans la vacuole elle-même (25) .

On peut y appliquer le principe de *tenségrité* (c'est un condensé des mots *tension* et *intégrité*). Ce principe permet de maintenir l'intégrité d'une structure en tension globale grâce à des compressions locales. On a donc une forme qui est solide et adaptable de façon multidirectionnelle mais aussi indépendante de la gravité. Contrairement aux modèles fabriqués couramment par l'homme, il n'y pas de stabilisation par résistance des constituants individuels. C'est la répartition des contraintes mécaniques dans la totalité de la trame qui permet l'équilibre et

la continuité du tout. En conséquence, toute variation de force est transmise à l'ensemble de la structure (3) (25) (26).

Cela permet d'avoir un système en équilibre dynamique qui ne repose pas sur les propriétés de résistance mécanique des matériaux. Des forces appliquées en un point de ce système seront donc transmises à l'ensemble du système par une trame fibreuse qui sont, dans le cas présent, les filaments de collagène.

De plus, on a pu observer un remodelage des vacuoles ce qui permet une infinité de combinaisons possibles pour répondre aux contraintes imposées (8).

On peut donc dire que le tissu conjonctif est un espace d'organisation ajustable par la tenségrité qui traverse le corps dans son entier et régule localement comme dans tout le corps les tensions et les compressions biomécaniques (27).

Cette régulation est primordiale: en fonction des forces qui sont appliquées au tissu conjonctif, son organisation entière sera modifiée, notamment par deux mécanismes : le remodelage des fibres et des fibroblastes et la variation de l'hydratation des tissus.

#### **1.2.3.2.2 Le remodelage du tissu conjonctif :**

Le remodelage du tissu permet une adaptation des structures conjonctives aux contraintes qui leur sont appliquées. Ceci est essentiel et permet au corps de répondre au mieux aux sollicitations de l'environnement.

On distingue principalement deux mécanismes qui permettent la production de protéines de la MEC et ainsi l'adaptation du tissu conjonctif aux stress mécaniques. La stimulation peut être directe par la transmission des forces à travers la MEC, les fibroblastes étant sensibles à ces changements de tension. La stimulation peut également être indirecte par la libération de facteur de croissance paracrine (28).

Le tissu conjonctif est en permanence sous tension. Il existe un assemblage macromoléculaire, entre les fibroblastes et la MEC ou entre deux cellules, à travers lequel les forces mécaniques et les signaux régulateurs sont transmis. Ces formations sont des complexes d'adhésion focale (FAs : Focal adhesions) (28) (29) (fig. 3). Grâce aux adhésions matricielles des fibroblastes, ceux-ci se retrouvent sous tension lorsqu'une contrainte est appliquée au tissu.

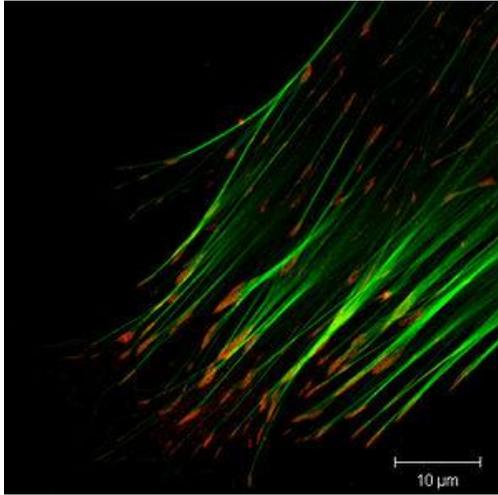


Figure 3

(Christoph Moehl Date: 07.07.06

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Focaladhesiondetail.jpg#filehistory>)

*Coloration par immunofluorescence de l'actine (vert) et de la protéine de l'adhésion focale, la vinculin (rouge) dans un fibroblaste. Les adhésions focales sont visibles comme des pastilles rouges à l'extrémité des bandes vertes.*

In vivo, les fibroblastes ont une configuration particulière : ils présentent un corps cellulaire important et de petites expansions (fig. 4-B). Si on supprime artificiellement cette tension, le corps cellulaire des fibroblastes devient rapidement plus petit et les expansions de type dendritiques du cytoplasme s'agrandissent (fig. 4-A) (30). Les expansions de ces cellules encerclent les faisceaux de fibres de collagène (31) permettant ainsi un contact direct entre la trame fibreuse et les fibroblastes.

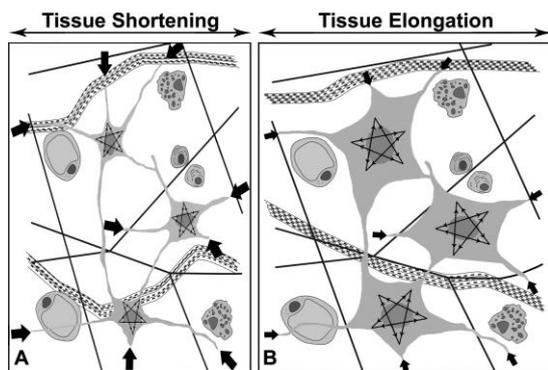


Figure 4-A

Figure 4-B (30)

Ces déformations du corps cellulaire et de la forme des cellules sont réversibles et s'opèrent rapidement au sein des tissus conjonctifs lâches (32). Après seulement 10 minutes, on peut mesurer des changements au sein des fibroblastes. Ces variations face aux tensions sont actives et possibles grâce aux filaments d'actine et aux microtubules cellulaires.

On observe également un remodelage du noyau cellulaire après un étirement de seulement 30 minutes (33).

Or, il est montré que des changements dans la forme cellulaire, et à fortiori des changements de forme du noyau, affectent le fonctionnement et l'expression génétique de la cellule. Les signaux de transduction, la transcription ou encore la production des composants de la MEC se voient

modifiés (28). Ainsi, la synthèse du collagène et des liquides de la MEC est liée à la forme des cellules présentes, elle-même conditionnée par le type de tension appliquée au tissu (31).

On retrouve donc lors d'un stress local des tensions mécaniques proportionnelles qui s'accompagnent de réarrangements structuraux globaux, et des modifications biochimiques des cellules à distance (34).

Les tissus conjonctifs ont une architecture locale spécifique aux tensions qui leur ont été précédemment appliquées, les rendant plus ou moins lâches (7).

#### **1.2.3.2.3 Hydratation des tissus**

On constate également un autre phénomène ayant lieu au sein du tissu pendant et après l'application d'une tension mécanique.

Pendant celle-ci, une diminution de la rigidité tensionnelle tissulaire se produit.

Si une tension plus forte y est appliquée, on observe une diminution de la rigidité tissulaire, cependant, celle-ci augmente durant les 3h qui suivent l'étirement. Ces phénomènes sont expliqués par la composition en eau des tissus.

Environ deux tiers du volume fascial est composé d'eau. Celle-ci peut être sous forme liée (comme du cristal liquide) ou sous forme libre. Si le tissu est sain, une grande partie des molécules d'eau sont liées alors que dans un tissu pathologique (œdématisé ou inflammatoire), l'eau libre voit son pourcentage augmenter.

Or, lors de l'application d'une contrainte sur les tissus, une quantité significative d'eau est expulsée à l'extérieur de la zone sous tension. Durant le relâchement qui suit, cet espace est de nouveau rempli de fluide provenant du tissu et du réseau vasculaire alentour (15) (35).

Ce mécanisme permet de chasser hors du tissu une partie de l'eau sous forme libre et de la remplacer par des molécules d'eau liées. La substance fondamentale acquière ainsi une constitution plus saine (36).

On observe également une surcompensation temporaire de la teneur initiale en eau si on laisse le tissu sans contrainte assez longtemps. Le tissu devient alors plus rigide (15).

### **1.3 Naissance d'une problématique**

Nous avons vu précédemment que les tissus adaptaient leur structure en fonction des tensions qu'ils avaient préalablement subies afin de pouvoir endurer des forces sans être blessés.

On remarque par exemple que les ondulations des fibres de collagène sont présentes chez les sujets jeunes, alors que chez les sujets plus âgés, les fibres sont plus aplanies (37). L'ondulation des fibres de collagène est d'ailleurs à l'origine de la capacité de stockage (et donc de libération) de forces élastiques emmagasinées au sein des structures conjonctives, notamment tendineuses

(38). Le manque de mouvement et le vieillissement induisent une modification des tissus conjonctifs initialement bidirectionnels vers un arrangement multidirectionnel des fibres. On peut ainsi expliquer la perte d'élasticité des tissus avec l'avancée en âge. De plus, les fibres ne glissent plus si aisément les unes par rapport aux autres (7). Les étirements longs et dynamiques influencent l'architecture des tissus qui deviennent plus élastiques.

Il a été montré que les variations de structure du tissu ont lieu si les tensions sont supérieures à celles habituellement endurées. On retrouve donc un seuil au-delà duquel la transduction des stimuli mécaniques pourrait influencer l'équilibre des structures conjonctives (39).

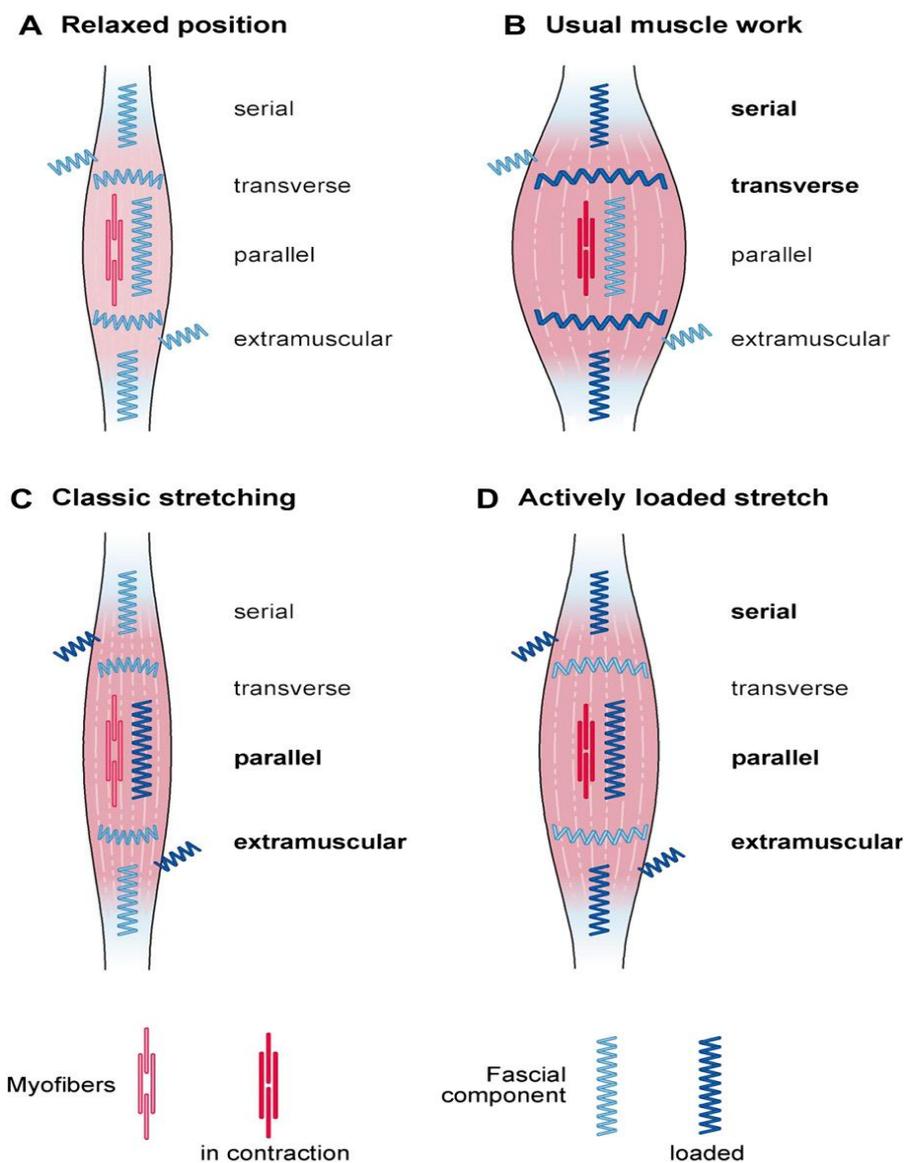


Figure 5 (7)

*EEP : parallel*

*EES : serial*

*Tissu conjonctif transversal : transverse*

*Tissu conjonctif extramusculaire : extramuscular*

Même s'il ne semble pas simple de définir de quelle façon nous devons étirer les chaînes (qu'elles soient myofasciales ou conjonctives), sans être délétère tout en ayant un effet observable, nous retrouvons cependant des consensus.

Au sein des muscles, on retrouve du tissu conjonctif lâche auquel on donnera le nom mécanique d'élément élastique parallèle (EEP) car il se trouve en parallèle des myofibrilles. L'élément élastique série (EES), tissu plus dense, est composé des tendons et est situé en série des myofibrilles (6). Schleip (7) (fig. 5) évoque également des composants transversaux conjonctifs au sein du muscle et des éléments de tissu extra-musculaire sollicités durant l'application de contraintes.

D'une façon générale, les EEP sont étirés à partir de 120% de la longueur musculaire au repos. Les EES sont bien moins élastiques et ne s'allongent que de 6 à 9% de leur longueur au repos (6). De plus, les myofibrilles (ou éléments contractiles : EC) sont plus souples que le tissu conjonctif. Ainsi on aura :

- travail musculaire normal : EC contractés + tension sur les EES et le tissu conjonctif transverse
- étirement passif : EC relâchés + tension sur les EEP et sur le tissu conjonctif extra-musculaire
- étirement actif : EC contractées + tension sur les EES et EEP et sur tissu conjonctif extra-musculaire (7).

L'adaptation des structures musculaires et conjonctives aux contraintes est multiple et semble demander encore de nombreuses recherches.

Cependant, il ressort que les liens conjonctifs permettent de répartir les contraintes au sein de l'organisme à travers des chaînes préférentielles.

Ces informations nous ont été précieuses dans la compréhension des phénomènes myofasciaux ; néanmoins elles ne permettent pas de répondre en totalité au questionnement premier. Peut-on mesurer les effets d'un étirement à distance de l'élément travaillé?

Théoriquement, par le phénomène de tenségrité, une contrainte, où qu'elle soit appliquée, se répercute sur la trame conjonctive alentour en suivant les axes principaux du tissu. Ceux-ci étant représentés par les chaînes myofasciales et/ou conjonctives.

Afin de répondre à cette question, devenue au fil des recherches une problématique professionnelle, nous n'avons eu d'autre choix que de mettre en place un protocole expérimental permettant de mesurer l'effet qu'aurait un étirement localisé sur l'extensibilité globale. Afin d'axer essentiellement l'effet de ce travail sur le tissu conjonctif, nous avons choisi de procéder par contraintes longues. Celles-ci prennent la forme d'une posture simple et reproductible.

## **Comment des postures répétées en flexion cervicale se répercutent-elles objectivement sur la souplesse de la chaîne myofasciale postérieure d'un sujet sain ?**

Critère de jugement principal : mesures objectives de la souplesse de la chaîne postérieure par distance doigt-sol (DDS), goniométrie de la flexion cervicale et différents indices de Schöber.

P : Patient = étudiant en masso-kinésithérapie de l'IFM3R

I : Intervention évaluée = postures répétées dans le temps en flexion cervicale

C : Comparateur = groupe témoin

O : Outcome = augmentation de la souplesse de la chaîne postérieure

Ho : Les postures répétées en flexions cervicales ne permettent pas d'augmenter la souplesse des individus.

(= hypothèse nulle)

H1 : Les postures améliorent la souplesse des individus. Le groupe expérimental a des résultats supérieurs au groupe témoin.

(= hypothèse alternative unilatérale)

## **2 Matériel et méthode**

Aucun protocole déjà publié n'étant susceptible de nous aider à valider notre hypothèse H1, nous avons dû mettre en place un protocole nouveau pour lequel nous avons adapté le mode de recueil des données afin de répondre à notre problématique. Ces mesures nous donnent la possibilité de suivre l'évolution au cours du temps de la répercussion du protocole sur les sujets témoins et expérimentaux, en toute impartialité.

### **2.1 Intérêt**

Une posture en flexion cervicale par relâchement antérieur de la tête et maintien actif en rectitude du rachis thoraco-lombaire a été choisie (*cf. annexe 3 - fig. 16 et 17*). Le relâchement de la tête constitue un étirement passif au niveau du segment cervical ; cependant, le maintien de la position en rectitude induit un étirement actif au niveau des segments rachidiens inférieurs.

Nous avons choisi le plan cervical car il compose la partie supérieure de la chaîne postérieure décrite par Mézières (9) et Souchard (4), de la chaîne statique postérieure décrite par Busquet (1),

de la chaîne postérieure superficielle décrite par Myers (21) ou encore de la chaîne externe décrite par Paoletti (2).

La manipulation du rachis cervical est aisée car il se situe à une extrémité du corps. De plus il présente une grande mobilité (40). Nous pourrions également répertorier plus précisément les éventuelles répercussions induites par les postures sur les structures composant les chaînes myofasciales citées: ces variations se localiseront dans le sens caudal. Enfin, la masse de la tête d'un individu reste identique dans le temps, ce qui garantit une meilleure reproduction de la posture pour un même individu.

## **2.2 Sujets**

Les sujets ont été recrutés dans la population étudiante de l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Saint-Sébastien-sur-Loire.

Ils ont, dans un premier temps, été contactés par mail. Puis une réunion d'information a été faite aux sujets ayant répondu favorablement à la demande de participation. Durant cette réunion, ils ont reçu une fiche d'information récapitulant le déroulement du protocole, les critères d'exclusion ainsi que les droits des sujets (*cf. annexe 4 - A*) et un formulaire de consentement éclairé (*cf. annexe 4 - B*). Afin de participer à l'étude, ils ont retourné ce formulaire complété et signé.

### Critères d'inclusion

- Etudiant sain de 18 ans ou plus.

### Critère de non-inclusion

- Sujet n'ayant pas signé le formulaire de consentement éclairé
- Pathologie cervicale connue
- Douleurs dans la région cervico-thoracique
- Manipulation cervicale par un professionnel de santé dans le mois précédent le début de l'étude

### Critères d'exclusion

- Pathologie cervicale apparue au cours du protocole d'étude
- Douleurs dans la région cervico-thoracique apparues au cours du protocole d'étude
- Manipulation cervicale par un professionnel de santé après le début de l'étude
- Incapacité à réaliser les tests / évaluations
- Absence aux séances

Sur la base de ces critères, nous avons retenu une population de 16 sujets avant la mise en place du protocole et avons effectué une randomisation, grâce au logiciel Randoweb, ce qui a permis de

garantir la répartition aléatoire des sujets en deux groupes: un groupe témoin et un groupe expérimental.

## **2.3 Protocole**

### **2.3.1 Matériel**

- Un mètre ruban
- Un plurimètre-goniomètre de Rippstein
- Un crayon dermatographique
- Une chaise
- Un step
- Chaque sujet dispose d'une table et d'un tabouret réglables en hauteur

Le matériel est strictement identique pour toutes les mesures, ceci dans le but de limiter les facteurs de variations éventuellement dus au matériel.

### **2.3.2 Tests**

Le même opérateur a réalisé 4 tests (*cf. annexe 3 - fig. 11, 12, 13, 14 et 15*). Afin de minimiser les biais de la recherche, il n'avait aucun rapport avec la mise en place du protocole expérimental.

Dans un but de reproductibilité maximale, l'opérateur se trouvait toujours à droite du sujet pour les prises de mesure.

- Indice de Schöber étagé (41): c'est une modification de l'indice de Schöber.

L'indice de Schöber se réalise sur un sujet debout. Deux points de référence cutanée sont tracés: l'un à partir de la jonction lombo-sacrée au milieu des deux épines iliaques postéro-supérieures (EIPS) et l'autre, 10 cm au-dessus, le sujet en rectitude. Lors de l'antéflexion du tronc, on mesure la distance entre les deux marques. Les 10 cm soustraient à cette distance nous donne l'indice de Schöber. Ce test a une validité moyenne au niveau de la charnière lombosacrée. Les plans cutanés sont étirés et mobilisés en même temps que les corps vertébraux lors de l'antéflexion du tronc. On considère qu'il peut y avoir une marge d'erreur de 2 cm lors de ce test (42). Cependant il est reproductible (41).

L'indice de Schöber étagé comprend l'indice de Schöber (1ère mesure) et se poursuit par des marques tous les 10 cm inscrites sur le rachis du sujet debout. On obtient les indices étagés lors de la flexion antérieure du rachis.

Nous nous intéressons ici à des mesures comparatives de la mobilité du plan postérieur chez un même individu au cours du temps.

- L'indice de Schöber modifié par Macrae et Wright. Celui-ci présente une marge d'erreur moindre que l'indice de Schöber initial (43). Une marque supplémentaire doit être faite à 5 cm sous la charnière lombo-sacrée. La distance mesurée lors de la flexion rachidienne se fait de cette nouvelle marque à celle apposée initialement 10 cm au-dessus des EIPS (42). Ce test permet donc de reporter une mesure plus juste de la mobilité lombosacrée (44) et présente une fiabilité forte intra-examineur (45).

Les indices de Schöber étagés et modifiés sont utilisés ici dans le but de comparer la mobilité des étages rachidiens avant et après la mise en place du protocole expérimental chez un même sujet: ils seront réalisés deux fois.

- Distance doigts-sol (DDS) (41): le sujet se trouve pieds nus et joints, debout sur un step. Il se penche sans à coup en gardant les membres inférieurs tendus et sans décoller les talons du step. Les mains sont jointes par la paume et on mesure la distance entre l'extrémité du majeur et le support. Si les mains se trouvent au-dessus du step on aura une valeur positive. Si les mains vont plus bas que le step, la distance sera négative (41).

La DDS tient compte de la flexion combinée du rachis, des hanches et du bassin (46). Elle est représentative de la souplesse des ischio-jambiers (47) ainsi que de l'abduction et de la sonnette externe de l'articulation scapulo-thoracique (48).

Ce test est réalisé afin d'objectiver l'extensibilité de la chaîne postérieure au cours du temps et pour un sujet donné (49). Il présente une bonne reproductibilité s'il est fait dans les mêmes conditions (47). La fiabilité intra-examineur est forte (45). Ce test est global, il n'objective pas un type de flexion segmentaire particulier mais nous permet de suivre de façon simple et rapide l'évolution de la souplesse du sujet.

- Mesure angulaire de la flexion cervicale (48): le sujet est assis sur une chaise, le dos droit, calé contre le dossier ce qui permet d'éviter la participation dorsale. Le sujet a les pieds nus, posés à plat sur le sol, les segments tibiaux, fémoraux et le tronc en orthogonalité. La chaise se trouve toujours à la même place dans la pièce. Il fixe un point toujours identique devant lui de telle façon que son regard se porte à l'horizontal. La mesure s'effectue à l'aide d'un plurimètre de Rippstein couplé à un double décimètre rigide (*cf. annexe 3 - fig. 10*), placé sur la ligne tragus-commissure des lèvres. Le sujet effectue une flexion cervicale maximale. L'examineur veille à ce que le rachis thoraco-lombaire reste bien droit, la flexion se faisant jusqu'à C7.

Cette mesure présente une forte fiabilité intra-examineur (45) cependant, lors de l'étude test (50), le repère de mesure était le haut du crâne et semblait plus difficilement reproductible pour notre

expérimentation. Nous avons donc adapté ce test en utilisant des repères anatomiques fixes chez nos sujets.

Cette mesure nous permet de suivre l'évolution de la mobilité cervicale au cours du protocole.

La DDS et la mesure de flexion cervicale sont réalisées avant et après le protocole ainsi qu'à chaque séance. Leur rapidité d'exécution, leur reproductibilité et leur mise en place simple en font des mesures sélectionnées pour le suivi des individus.

### **2.3.3 Position du sujet**

Durant l'expérience, tous les sujets ont strictement la même position au niveau des membres inférieurs, des membres supérieurs et du rachis lombaire et thoracique (*cf. annexe 3 - fig. 16 et 17*).

Le sujet est pieds nus, assis sur un tabouret: membres inférieurs non croisés, hanches, genoux et chevilles en orthogonalité, afin d'assurer la reproductibilité de la position (48). Nous demandons que l'écartement des pieds au sol soit de la largeur du bassin. Le rachis lombaire et thoracique est en position neutre grâce à une antéversion du bassin (51), la ceinture abdominale est tonique afin de verrouiller le rachis dans la position voulue (52). Le sujet a les bras relâchés le long du corps, les mains sont dans le vide.

Le sujet devant garder l'ensemble de son rachis dorsal et lombaire en rectitude, nous avons choisi d'utiliser un tabouret. Il semble, suite à des pré-tests, que le sujet a tendance à relâcher ses muscles érecteurs si son dos est en contact avec un dossier, ce qui a pour effet d'entraîner le rachis en légère flexion. Nous voulons ici que seul, le rachis cervical modifie sa courbure afin d'obtenir des résultats rigoureux et d'éviter les biais dans leur interprétation. De plus, le maintien en position droite telle que décrite permet une diminution de l'activité musculaire des muscles extenseurs de la région cervico-thoraciques (51).

Durant les phases de posture, le rachis cervical est en flexion infra-douloureuse jusqu'à C7 grâce au poids de la tête (53). Ceci aura tendance à emmener naturellement l'ensemble du rachis en cyphose, c'est pourquoi on demande au sujet de maintenir tout le long des postures son dos bien droit (40).

La posture est ainsi reproductible, facile à comprendre pour le sujet, facile à contrôler pour l'examineur et le facteur contrainte correspondant au poids de la tête relâchée ne varie pas pour un même individu.

#### Intérêt et déroulement des pré-tests:

La posture ici décrite et le protocole mis en place n'ont, à notre connaissance, jamais été effectués auparavant dans une autre recherche. Sur des bases physiologiques et suite à de nombreuses

lectures, nous avons essayé de mettre en place un protocole cohérent et réalisable dans le but de mesurer l'impact d'un étirement cervical sur la mobilité postérieure totale. Afin de répondre au mieux à cet objectif, des pré-tests ont été effectués sur différents sujets, pendant une ou plusieurs séances.

Ceux-ci nous ont fourni des informations importantes:

- au-delà de 3 minutes de posture ininterrompue, celle-ci devient désagréable (élément déjà relevé lors d'une étude (53)).
- 1 minute de pause suffit aux sujets pour faire passer l'inconfort créé par la posture.
- la posture est mieux tenue si elle est faite sur un tabouret plutôt que sur une chaise.
- la posture est mieux tenue si elle fait l'objet d'un support visuel et un contrôle de la part de l'examineur.
- les postures sont bien supportées et ne déclenchent pas de douleur si elles sont effectuées avec deux jours de repos minimum entre chaque.
- la posture est mieux tolérée si aucun échauffement n'est pratiqué préalablement.
- la posture présentant la meilleure reproductibilité est celle présentée ci-dessus. Une posture avec appui antérieur sur table réglable a été testée mais elle permettait de trop grandes variations dans les amplitudes de divers segments corporels intra et inter-sujets.
- la posture semblait être mieux supportée si le sujet avait sous les yeux un formulaire l'interrogeant sur les sensations subjectives perçues au cours de chaque posture. Cependant, ce type de questionnaire aurait fait l'objet d'une autre recherche et aurait été susceptible de fausser les mesures objectives souhaitées. En effet, en induisant auprès du sujet la recherche d'un effet sur ses sensations, l'expérience a montré qu'il cherchait lui-même à ressentir quelque chose. Il était donc préférable de laisser au sujet un support visuel sans toutefois lui demander de localiser et décrire son ressenti.

#### Mise en position du sujet:

Aucun échauffement n'est réalisé avant d'effectuer la posture. D'abord parce que les pré-tests ont montré que la posture était mieux tolérée si on n'échauffait pas les structures au préalable, ensuite parce que l'échauffement aurait dû être rigoureusement identique pour tous les sujets et à toutes les séances, sans quoi il aurait constitué un biais à l'étude. Enfin, des études portant sur les ischio-jambiers (54) (55) montrent que l'échauffement n'améliore pas l'efficacité des étirements.

Le sujet est positionné par l'évaluateur. Le tabouret doit être réglé pour que les membres inférieurs soient dans la position décrite précédemment. La table est réglée par décision du sujet, celui-ci devant être à son aise pour regarder les photographies (*cf. annexe 3 -fig. 16 et 17*) lui montrant la

posture correcte qu'il doit maintenir. L'évaluateur signale au sujet le début de la posture. Celui-ci n'a alors qu'à relâcher la tête.

#### **2.3.4 Déroulement du protocole**

Afin d'éviter toute interférence avec des facteurs extrinsèques, les séances sont effectuées dans des conditions les plus similaires possibles:

- pièce identique
- matériel identique (step, chaise, tabouret, plurimètre et mètre)
- positionnement du matériel permettant les mesures identique (step, chaise)
- ordre des mesures identique
- côté de prises de mesure identique
- horaire identique pour un même sujet (12h ou 17h30)
- jours identiques pour tous (lundi et jeudi)
- posture identique
- temps identiques
- sujets calmes et concentrés sur une même image
- opérateur identique pour tous (différent du réalisateur du protocole)

Il est à noter que le protocole a eu lieu du 6 novembre au 9 décembre: nous avons constaté d'importants changements de températures extérieures mais aussi dans la salle utilisée.

Il a été demandé aux sujets de ne pas changer leurs habitudes de vie durant l'expérimentation.

Toute manipulation touchant le rachis cervical durant la période du protocole devait être signalée.

L'ensemble des tests a été effectué la semaine avant de débiter et celle suivant la fin de l'expérimentation.

Dans chaque groupe, des sujets sont évalués le midi, d'autres le soir. Un sujet commençant le protocole à une certaine heure s'y tient jusqu'à la fin dans le but de minimiser les biais et de pouvoir comparer de façon objective les mesures obtenues. Ces horaires différents répondent à des contraintes de temps: la durée des séances et les prises de mesure ne peuvent être effectuées sur un seul créneau horaire au vu de nos emplois du temps scolaires.

Dans chaque groupe, 4 sujets étaient présents le midi et 4 le soir.

### 2.3.4.1 Groupe témoin

Ce groupe ne subit pas de postures en flexion cervicale, cependant il est vu 2 fois par semaine aux mêmes heures et les mêmes jours que le groupe de travail et subit les mêmes tests que le groupe expérimental: la DDS et la plurimétrie du rachis cervical en flexion.

Ce groupe a pour but d'éliminer les éventuels effets qu'une prise en charge avec mesures aurait consciemment ou inconsciemment sur les sujets et donc sur les résultats.

### 2.3.4.2 Groupe expérimental

A chaque séance, une DDS et une plurimétrie de la flexion du rachis cervical sont mesurées avant et après les postures.

Le déroulement ainsi que la fréquence des séances ont été choisis selon la littérature mais aussi selon les pré-tests effectués.

Déroulement d'une séance:



*Mesures : Flexion cervicale puis DDS*

### 2.3.4.3 Rythme des séances (cf. annexe 5 - A) :

Nous avons effectué deux séances par semaine durant 4 semaines. Après comparaison de différents protocoles d'étirement, nous avons choisi cette durée qui semble être une moyenne dans les expérimentations (56).

Les séances ont été placées le lundi et le jeudi, soit à 12h soit à 17h30. En inscrivant de façon cadrée les séances dans leur emploi du temps, nous nous assurons la présence des sujets et nous prenons des mesures minimisant les variabilités inhérentes aux activités personnelles de chacun.

Les sujets des deux groupes n'ont jamais vu la prise en charge de l'autre groupe et ne savaient pas à quel groupe ils appartenaient ni le but de l'expérimentation.

## 3 Résultats et analyse

### 3.1 Résultats

La population comporte 16 individus (5 hommes, 11 femmes) d'en moyenne 21.8 ans.

Lors des mesures préalables, nous pouvons voir que la souplesse locale et globale des sujets est plus importante en moyenne dans le groupe de travail que dans le groupe témoin (tableau I).

Tableau I : caractéristiques de la population exprimées en moyennes et écart-types

	Groupe entier n = 16	Groupe expérimental n = 8	Groupe témoin n = 8	p
Age (ans)	21.8 +-1.0	21.7 +- 1.3	21.9 +- 0.8	NS
Sexe (H : homme / F : femme)	5 H / 11 F	3 H / 5 F	2 H / 6 F	NS
DDS avant le protocole (cm)	-0.3 +- 9.8	-2.9 +- 8.3	2.8 +-10.9	NS
Flexion cervicale avant le protocole (°)	59.8 +- 10	65.3 +- 7.9	54.3 +- 9	NS

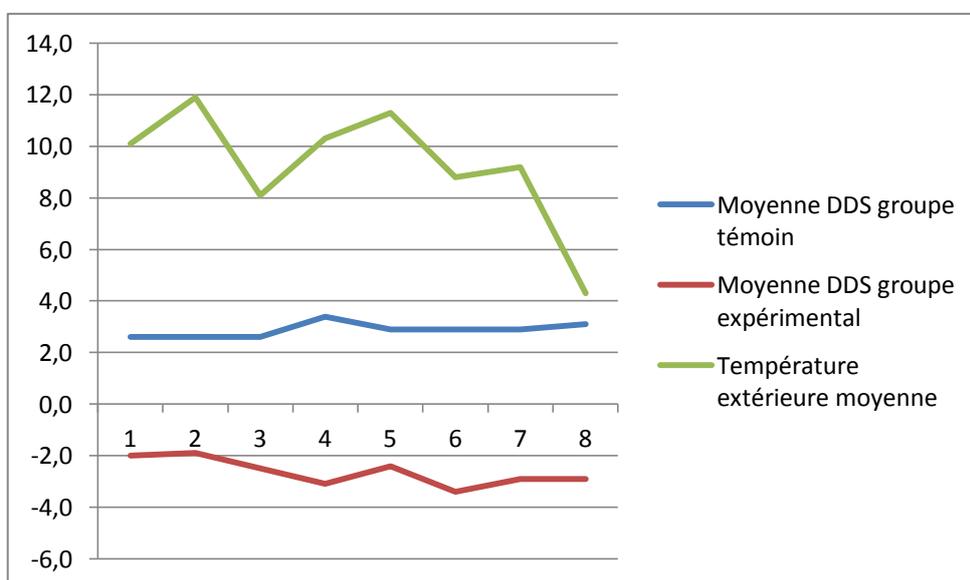
NS : Non-significatif

p : Valeur-p

### 3.1.1 Distance doigt-sol (DDS) :

L'évolution de la souplesse globale des sujets, mesurée par la DDS, est plus importante pour le groupe expérimental que pour le groupe témoin.

La moyenne des DDS diminue de 1 cm pour le groupe de travail tandis que celle du groupe témoin augmente de 0.5 cm. Nous notons donc un effet positif sur la flexibilité de la chaîne postérieure lors de la prise en charge des sujets sur 4 semaines.



Graphique 1

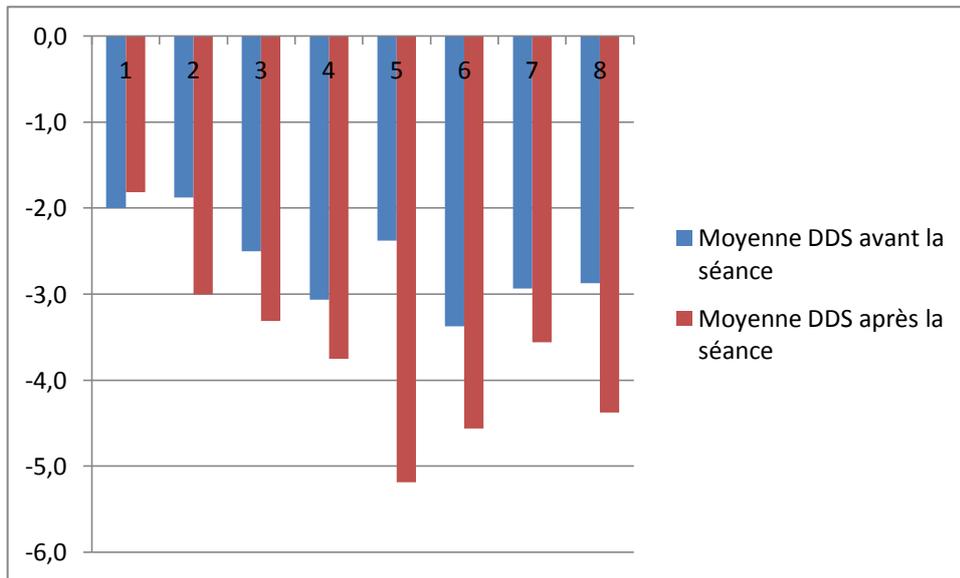
Evolution de la moyenne des DDS pour le groupe expérimental et le groupe de travail et de la température extérieure au cours des séances.

Abscisses: numéro de la séance

Ordonnées : valeur centimétrique / degrés Celsius pour la courbe de température

La posture réalisée par le groupe expérimental permet une augmentation de la souplesse des sujets juste après la séance.

Nous constatons une diminution moyenne de la DDS d'1.1 cm sur l'ensemble des prises en charge entre le début et la fin de la séance.



*Graphie 2*

*Evolution de la moyenne de la DDS avant et après chaque séance pour le groupe expérimental.*

*Abscisses: numéro de la séance*

*Ordonnées : valeur centimétrique*

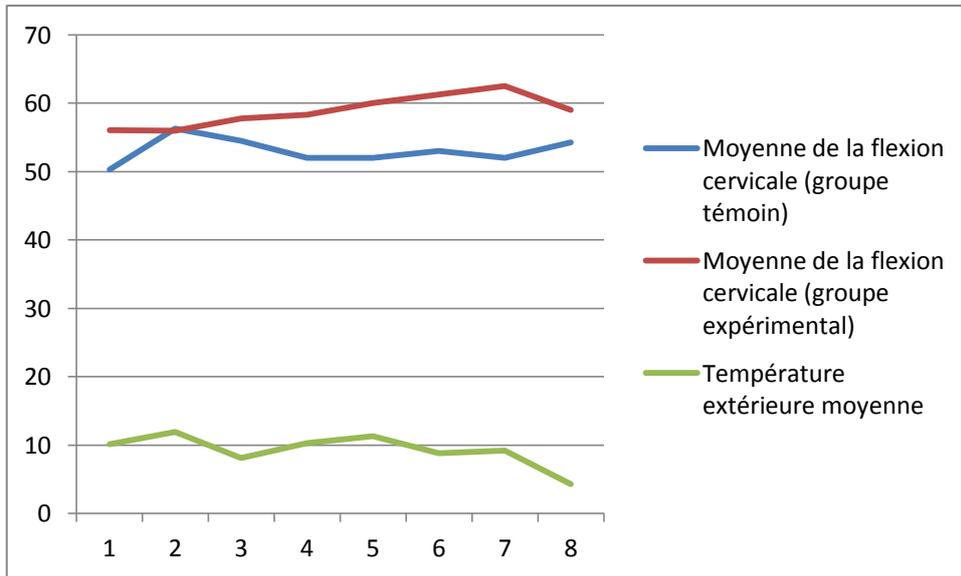
Nous relevons des variations importantes dans les courbes de la moyenne des DDS pour les deux groupes (graphe 1). Nous avons pu noter durant les prises de mesure que la diminution de souplesse globale des individus était liée à la température extérieure; les sujets rapportant spontanément une sensation de raideur ces jours. Nous nous sommes donc intéressés aux relevés météorologiques de St Sébastien sur Loire les jours de mesures. Nous constatons une concordance dans la forme des courbes de température et des moyennes de DDS pour les deux groupes, notamment sur les séances 6, 7 et 8. Cette période correspond à une chute importante de température extérieure (de 8°C à 4°C). Une diminution de la température implique une augmentation de la DDS des sujets des deux groupes.

La température de la salle a varié sur l'ensemble des prises en charge, cependant elle est restée identique pour tous les patients d'un même horaire.

### **3.1.2 Flexion cervicale**

L'extensibilité locale, mesurée par la flexion cervicale, augmente sur les 4 semaines de 3° pour le groupe expérimental et 4° pour le groupe témoin. Nous pouvons donc dire que la posture n'a pas d'effet notable sur la souplesse du segment cervical.

Nous n'établissons pas de lien entre la température et les variations intra-individuelles mesurées.



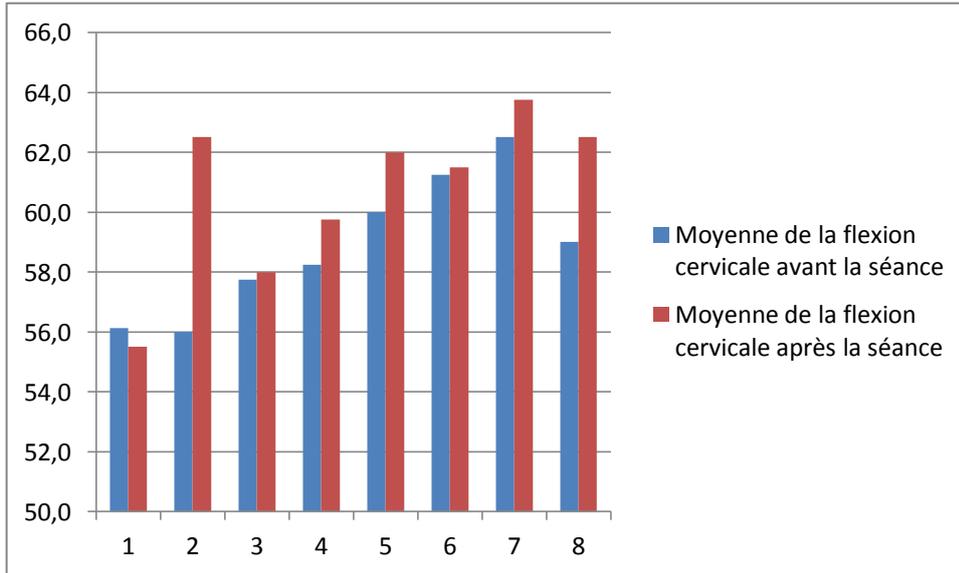
Graph 3

Evolution de la moyenne de la flexion cervicale au cours des séances pour le groupe témoin et le groupe expérimental comparée à la température.

Abscisse : numéro de la séance

Ordonnées : degrés / degrés Celsius pour la courbe de températures

La posture permet un gain d'amplitude d'en moyenne 1.83° entre le début et la fin de la séance.



Graph 4

Moyenne de la flexion cervicale pour le groupe expérimental avant et après chaque séance.

Abscisses: numéro de la séance

Ordonnées : degrés

### **3.1.3 Comparaison des tests avant et après l'ensemble des séances**

#### **3.1.3.1 DDS et Flexion cervicale :**

La comparaison de ces deux mesures n'apporte pas d'éléments supplémentaires aux conclusions des graphes 1 et 3.

#### **3.1.3.2 Indice de Schöber :**

Nous ne constatons pas d'évolution des différents indices de Schöber (*cf. annexe 5 - B*). Les variations observées ne sont pas corrélées avec l'amélioration de la souplesse des individus ou inversement. Nous ne pouvons exploiter pertinemment ces données.

### **3.2 Analyse statistique**

Afin d'exclure l'effet du hasard sur les résultats (donc valider l'hypothèse alternative unilatérale H1) et d'attribuer les évolutions observées au protocole, on calcule la valeur "p". Celle-ci doit être inférieure à 0.05 (ou 5%). Cette valeur correspond à la probabilité (généralement 5%) qu'une des deux hypothèses se produise si l'autre est validée.

Grâce au logiciel Excel®, nous avons analysé la normalité des données: il apparaît que celle-ci n'est pas suffisante pour obtenir des résultats statistiquement exploitables. Nous avons tout de même calculé la p-value à l'aide d'un test de régression linéaire pour les différentes variances. L'ensemble des résultats de l'étude sont non-significatifs (NS) ( $p > 0.05$ ).

Ils ne permettent pas de conclure quant à la validité de l'hypothèse formulée au préalable (H1): on ne peut pas exclure H<sub>0</sub>.

## **4 Discussion**

### **4.1 Significativité des résultats**

Les résultats ne sont pas significatifs. Trop peu de sujets ont participé à ce protocole. La randomisation n'a pu être performante ce qui a conduit à la création de groupes non comparables. Il aurait également fallu mesurer les sujets sur une période plus longue.

### **4.2 Retour sur le champ théorique et limites de l'étude**

#### **4.2.1 Souplesse**

Ce travail est une étude préliminaire qui vise à objectiver l'effet d'un étirement des structures cervicales sur l'ensemble de la chaîne myofasciale postérieure. On peut voir (graphe 1) que la

souplesse globale des sujets faisant partie du groupe expérimental est augmentée en comparaison à celle des sujets appartenant au groupe témoin.

On retrouve donc un lien entre un segment isolé de la chaîne et la totalité de celle-ci. Ce résultat est corrélé par les études menées sur le tissu conjonctif, notamment les travaux de Guimberteau (8) et de l'équipe de Thomas Myers (<http://www.anatomytrains.com/> - dernière consultation le 13/03/2015) (21) qui suggèrent la continuité de la matière vivante.

#### **4.2.2 Température**

La variation des températures est un biais majeur à cette étude. Bien que les paramètres météorologiques ne soient pas prévisibles ni modifiables, nous sommes dans l'obligation de souligner les variations de DDS des individus en fonction des températures extérieures. Si nous observons les courbes (graphe 1), nous voyons qu'une baisse de température est corrélée avec une augmentation de la DDS et ce pour les deux groupes lors des dernières séances.

Les étirements n'entraînent pas une augmentation de la température musculaire (24) contrairement à l'échauffement qui lui, permet d'accroître le flux sanguin et amenant ainsi les tissus sous-cutanés à une température proche de la température interne (57).

Ainsi, les seuls paramètres du protocole entrant en jeu dans les changements de températures internes des sujets sont dus aux variations météorologiques et aux activités préalables à leur séance. Les postures ne permettant théoriquement pas l'élévation de température des tissus myofasciaux, nous pouvons donc dire que l'accroissement de la souplesse entre le début et la fin de la séance du groupe expérimental (graphes 2 et 4) est dû au seul effet de la posture et non au facteur température.

En ce qui concerne les mesures de la flexion cervicale, nous ne retrouvons pas les effets de la température, bien que les petits muscles soient en théorie plus sensibles aux variations de température (12). Les variations observées paraissent davantage inhérentes aux sujets et à leurs activités journalières.

#### **4.2.3 Différences individuelles dans l'emploi du temps**

Les sujets n'ont pas les mêmes emplois du temps, ce qui pourrait être considéré comme un biais dans l'étude. Ce sont des étudiants ; toutefois, leurs cours, leurs pratiques sportives, leur état général présentent des variations intra et inter-individuelles. Nous avons demandé aux participants de ne pas modifier leurs habitudes de vie (sport, pratique d'étirement, traitement orthopédique, etc.) ; ces précautions n'ont cependant pu suffire à homogénéiser leurs journées.

#### 4.2.4 Ordre des tests

Lors des tests avant et après le protocole, une maladresse a été commise : les sujets ont d'abord été mesurés aux différents Schöber puis à la DDS. Ainsi, les Schöber ont pu constituer un échauffement préalable à la DDS. Cette erreur a été maintenue lors des mesures prises après le protocole afin de pouvoir comparer les deux mesures.

#### 4.2.5 Effet de la posture

Chez le sujet sain, l'étirement musculaire supérieur à 30s n'améliore pas l'effet de l'étirement sur sa souplesse (56) tandis que le tissu conjonctif nécessite des postures bien plus longues (5), de l'ordre d'une dizaine de minutes voire plus pour voir ses propriétés modifiées (15) (30) (33). On peut donc supposer que les postures ont eu un effet sur les structures musculaires, mais aussi et surtout sur les structures conjonctives.

D'après la littérature, le renouvellement de la toile conjonctive se fait en 18 à 24 mois (2) (7). Un changement dans les composants conjonctifs commence à être significatif aux alentours de 6 mois (7). Ainsi, les effets observés (graphes 2 et 4) ne seraient vraisemblablement pas dus à la modification à long terme des structures conjonctives.

Durant une posture, nous observons des changements au niveau des fibroblastes et de la MEC (33) (28).

Les postures permettent de diminuer la viscosité de la structure tendineuse et d'augmenter son élasticité après la séance, et ce durant environ 1h (27) (58) (59). D'autre part, l'entraînement ne produit pas de changement significatif de la rigidité des tissus conjonctifs mais leur hystérèse<sup>1</sup> décroît significativement. Ceci suggère que l'entraînement en étirement affecte la viscosité de la structure tendineuse mais pas son élasticité à moyen terme (60).

Nous pensons observer les effets à court et moyen terme des postures, cependant, nous pouvons supposer que des mécanismes à plus long terme dans les tissus se mettent en place. Le stress mécanique est un régulateur important et spécifique des différents composants de la MEC in vivo (28). Les cellules ont la capacité de produire plus de tissus en réponse à une tension. Une publication récente évoque un programme d'étirements croissants qui constituerait un moyen intéressant de permettre la croissance tissulaire (61).

---

<sup>1</sup> L'hystérésis (ou hystérèse) est la propriété d'un système qui tend à demeurer dans un certain état quand la cause extérieure qui a produit le changement d'état a cessé. *Wikipédia - février 2015*

Cependant, le léger gain d'amplitude du groupe de travail pourrait être en lien avec une augmentation de tolérance à l'étirement (24) (62). Cette donnée serait corrélable avec les sensations rapportées par les sujets. Ils ont unanimement affirmé que la première ou les deux premières séances étaient difficiles à supporter. Ensuite, la posture est devenue tolérable. Vers la fin du protocole, pour la plupart des sujets, la posture n'était plus désagréable et leur apportait une forme de détente. Nous n'avons pas cherché à répertorier les sensations des patients, mais il semblait intéressant de les relever si celles-ci étaient exprimées spontanément.

#### **4.2.6 Séances**

Les contraintes de temps et de disponibilité des sujets ainsi que des opérateurs ne nous ont pas permis d'effectuer les séances de tous les participants à la fois. Le fait que les sujets de chaque groupe soient respectivement séparés en deux groupes de 4, l'un présent le midi, l'autre en fin d'après-midi, constitue un biais dans la reproductibilité du protocole et dans l'analyse rigoureuse des résultats.

La randomisation, effectuée par un logiciel avant toute prise de mesure a composé deux groupes ayant une souplesse moyenne différente. Le faible échantillonnage pourrait en être la raison. Ceci ne permet pas de tirer de conclusions définitives quant aux résultats obtenus.

#### **4.2.7 Outils de mesure**

Le fait que les différents indices de Schöber ne soient pas corrélés avec l'évolution de la DDS des sujets peut souligner plusieurs choses. Soit le gain de souplesse ne se fait pas au niveau dorso-lombaire, soit la fiabilité et la précision de ces indices ne sont pas adaptées pour ce type de suivi et laissent trop d'imprécisions, notamment à cause des glissements des plans cutanés et sous-cutanés (44).

### **4.3 Perspectives :**

On peut trouver plusieurs applications à ces résultats.

Un travail en étirement localisé sur de longues durées peut avoir un effet à distance du segment initialement traité. Il semble possible d'envisager des protocoles en postures ou auto-postures afin d'aider des patients à retrouver une extensibilité tissulaire s'ils présentent des contre-indications au travail d'un segment touché. De plus, ce genre d'exercice peut être fait en autonomie par le patient et permettre des activités différentes lors des séances de kinésithérapie.

Bien que ce résultat ne fût pas attendu, il paraît important de tenir compte de la température dans laquelle la séance se déroule et d'adapter en conséquence nos attentes vis-à-vis des capacités mécaniques des tissus myofasciaux.

Ainsi, lors d'un suivi thérapeutique articulaire passif ou actif, on ne peut pas négliger la température extérieure et la température des tissus mous (pouvant varier avec des activités préalables ou l'application de physiothérapie (63)).

Les inconforts déclenchés par la posture dans un premier temps disparaissent rapidement et laissent place à une sensation neutre voire agréable. Le corps s'habitue à la contrainte et s'y adapte progressivement. Durant notre pratique quotidienne, il est important de laisser le temps au patient de s'habituer aux contraintes en étirement.

Enfin, une étude récente (64) évalue l'effet de l'étirement sur les fibroblastes du derme et évoque, après des recherches complémentaires, la possibilité de développer de nouvelles interventions de prévention, qui réduiraient ou même inverseraient la formation des cicatrices pathologiques et leur progression *in vivo*. Sur le même modèle, grâce à la continuité conjonctive et par des mobilisations et étirements des plans sous-jacents, pourrait-on améliorer des cicatrices internes (traumatismes, suite opératoires) ?

Il semble important d'approfondir les études permettant de comprendre de quelle façon se répercute une dysfonction localisée sur le reste de l'organisme.

En cherchant à objectiver la façon dont un étirement localisé se répercute sur la mobilité corporelle, nous nous confrontons à de nombreux questionnements et un vaste champ de recherches complémentaires. Celles-ci permettraient de mettre en place des protocoles préventifs ou curatifs lors de dysfonctions touchant les chaînes myofasciales et à travers elles, la totalité de l'appareil locomoteur.

## 5 Conclusion

Les chaînes myofasciales font l'objet d'une attention croissante de la part des masseurs-kinésithérapeutes et physiothérapeutes en France comme à l'étranger. Les recherches se multiplient et découvrent avec un intérêt grandissant les possibilités thérapeutiques et rééducatives de cet ensemble mêlant tissu conjonctif et tissu contractile.

La relation relevée entre température et souplesse reste à approfondir et mérite une attention particulière car le critère température n'est, la plupart du temps, pas assez pris en compte durant notre pratique. De quelle façon ce critère fait-il varier les propriétés tissulaires? Quelles sont les précautions à prendre afin d'en minimiser les conséquences?

Enfin, mesurer un gain d'amplitude sur l'ensemble d'une chaîne après un étirement localisé nous incite à raisonner sur la création de protocoles nouveaux, davantage orientés vers le soin, ainsi que sur les effets de thérapies diverses déjà pratiquées.

A travers ce travail écrit, j'ai appris à formuler un problème professionnel et en sortir une problématique pour élaborer par la suite un plan de recherche bibliographique. J'ai pu mesurer les contraintes que requiert la réalisation d'un protocole expérimental mais aussi l'ampleur des recherches préalables et consécutives à celui-ci. Créer, analyser puis critiquer un protocole visant à apporter des réponses à mes questionnements en me basant sur la littérature a été une expérience très formatrice. J'ai développé ma rigueur, mon sens critique et mes connaissances sur de multiples sujets. J'ai acquis de nombreux outils qui me seront bénéfiques dans ma pratique professionnelle (qu'elle se poursuive dans la recherche ou au contact d'une patientèle): ils m'aideront à résoudre des problèmes posés par des situations cliniques inconnues.

## Références bibliographiques

1. Busquet L. Les chaînes musculaires tome 1. 5eme édition. Paris: Frison Roche; 2005.
2. Paoletti S. Les fascias Rôles des tissus dans la mécanique humaine. 3eme édition. Vannes: Sully; 2011.
3. Schleip R, Jäge H, Klingler W. What is 'fascia'? A review of different nomenclatures. *J Bodyw Mov Ther.* 2012 Octobre; 16(4):496-502.
4. Souchard P. Rééducation posturale globale - RPG La méthode. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2011.
5. Ylinen J. Étirements musculaires en thérapie manuelle. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2009.
6. Viel E, Esnault M. Récupération du sportif blessé. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2003.
7. Schleip R, Muller DG. Training principles for fascial connective tissues: Scientific foundation and suggested practical applications. *J Bodyw Mov Ther.* 2013 Janvier; 17(1):103-15.
8. Guimberteau JC. La mécanique du glissement des structures sous cutanées chez l'homme. Mise en évidence d'une unité fonctionnelle : la microvacuole. e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie. 2005 [consulté le 20/09/2014]; 4 (4) : 35-42. Consultable à l'URL: [http://www.academie-chirurgie.fr/ememoires/005\\_2005\\_4\\_4\\_35x42.pdf](http://www.academie-chirurgie.fr/ememoires/005_2005_4_4_35x42.pdf)
9. Mézières F. Originalité de la méthode Mézières. Paris: Maloine; 1984.
10. Ruth D. Myofascial Release: Human kinetics; 2014.
11. Tran M, Holly R, Lashbrook J. Effects of Hatha Yoga Practice on the Health-Related Aspects of Physical Fitness. *Prev Cardiol.* 2001 Automne; 4(4):165-70.
12. Jones D, Round J, Haan Ad. Skeletal muscle from molecules to movement: Elsevier Masson; 2005.
13. Turrina A, Martínez-González M, Stecco C. The muscular force transmission system: Role of the intramuscular connective tissue. *J Bodyw Mov Ther.* 2013 Janvier; 17(1):95-102.
14. Huijing P, Langevin H. Communicating about fascia: history, pitfalls and recommendations. *Int J Ther Massage Bodywork.* 2009; 2(4): 3-8.

15. Schleip R, L. Duerselen AV, Naylor I, Lehmann-Horn F, Zorn A, Jaeger H, et al. Strain hardening of fascia: Static stretching of dense fibrous connective tissues can induce a temporary stiffness increase accompanied by enhanced matrix hydration. *J Bodyw Mov Ther.* 2012 Janvier; 16(1):94-100.
16. Benjamin M. The fascia of the limbs and back – a review. *J Anat.* 2009 Janvier; 214(1):1-18.
17. Hebergen E, Richter P. Points gâchettes et chaînes fonctionnelles musculaires en ostéopathie et en thérapie manuelle. Paris: Maloine; 2013.
18. Fernandes P. Présentation de concepts de physiothérapie selon trois disciplines : les étirements, la musculation et l'endurance. Applications médicales et sportives [Thèse]. Médecine: Lille; 2008. 146p.
19. Huijing P, Maas H, Baan B. Compartmental fasciotomy and isolating a muscle from neighboring muscles interfere with myofascial force transmission within the rat anterior crural compartment. *J Morphol.* 2003 Juin; 256(3):306-21.
20. Huijing P, Baan G, Rebel G. Non-myotendinous force transmission in rat extensor digitorum longus muscle. *J Exp Biol.* 1998 Mars; 201, 683-91.
21. Myers T. *Anatomy Trains: Myofascial Meridians for Manual and Movement Therapists*: Elsevier Masson; 2013.
22. Alder S, Beckers D, Buck M. *PNF in Practice: An Illustrated Guide*: Springer; 2013.
23. Laure L. Etude du complexe CARP-Titine-Calpaïne 3: de la fonction vers la thérapeutique [Thèse]. Médecine: Evry; 2008. 148p.
24. Cometti G. Les limites du stretching pour la performance sportive. 2003 [consulté le 14/03/2014]; [32 pages]. Consultable sur l'URL <http://www.u-bourgogne.fr>.
25. Guimberteau JC. Promenades sous la peau. Vivo Productions, 2005 (28 min).
26. Skelton R, De Oliveira M. *Tensegrity Systems*: Springer; 2009.
27. Myers T. Fascial Fitness: Training in the Neuromyofascial Web. *IDEA Fitness Journal.* 2011 Avril; 8(4).
28. Chiquet M, Renedo A, Huber F. How do fibroblasts translate mechanical signals into changes in extracellular matrix production? *Matrix Biol.* 2003 Mars; 22(1):73-80.
29. Chen C, Alonso J, Ostuni E. Cell shape provides global control of focal adhesion assembly. *Biochem Biophys Res Commun.* 2003 Juillet 25; 307(2):355-61.

30. Langevin H, Bouffard N, Badger G, Iatridis J, Howe A. Dynamic fibroblast cytoskeletal response to subcutaneous tissue stretch ex vivo and in vivo. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2005 Mars; 288(3):C747-56.
31. Evanko S. Extracellular Matrix and the Manipulation of cells and tissues. *Yearbook of Structural Integration*. 2009.
32. Abbott R, Koptiuch C, Iatridis J. Stress and matrix-responsive cytoskeletal remodeling in fibroblasts. *J Cell Physiol*. 2013 Janvier; 228(1): 50-7
33. Langevin H, Storch K, Snapp R. Tissue stretch induces nuclear remodeling in connective tissue fibroblasts. *Histochem Cell Biol*. 2010 Avril; 133(4):405-15.
34. Chicurel M, Chen C, Ingber D. Cellular control lies in the balance of forces. *Curr Opin Cell Biol*. 1998 Avril; 10(2):232-9.
35. Chaitow L. Research in Water and Fascia: Micro-tornadoes, hydrogenated diamonds & nanocrystals. *Massage Today*. 2009 Juin; 9(6).
36. Pollack G. "The fourth phase of water: a role in fascia?". *J Bodyw Mov Ther*. 2013 Octobre; 17(4):510-1.
37. Reeves N, Narici M, Maganaris C. Myotendinous plasticity to ageing and resistance exercise in humans. *Exp Physiol*. 2006 Mai; 91(3):483-98.
38. Witvrouw E, Mathieu N, Roosen P. The role of stretching in tendon injuries. *Br J Sports Med*. 2007 Avril; 41(4):224-6.
39. Arampatzis A, Karamanidis K, Albracht K. Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude. *J Exp Biol*. 2007 Aout; 210(Pt 15):2743-53.
40. Troisier O. Bilan articulaire du rachis. EMC-Consulte. 1990.
41. Gossemy , Delbarre I. Goniométrie: Manuel d'évaluation des amplitudes articulaires des membres et du rachis. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2008.
42. Moll J, Wright V. Normal range of spinal mobility. An objective clinical study. *Ann Rheum Dis*. 1971 Juillet; 30(4): 381–386.
43. Viel E, Danowski G, Chanussot J. Bilans articulaires goniométriques et cliniques. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 1990.
44. Davis J, Gladman C, Dafna D. Spinal Mobility Measures in Spondyloarthritis: Application of the OMERACT Filter. *J Rheumatol*. 2007 Avril; 34(4):666-70.

45. Cleland J, Koppenhaver S. *Netter's Orthopedic clinical examination: an evidence-based approach*, 2nd edition: Elsevier Masson; 2011.
46. Laporte A, Lavallée C. *Les manoeuvres et les tests utilisés lors d'une expertise médico-légale de l'appareil locomoteur - partie 2*. 2012.
47. Kippers V. Toe-touch test: a measure of its validity. *Phys Ther*. 1987 Novembre ;67(11):1680-4.
48. Génot C, Neiger H, Leroy A. Tome 1, Principes: bilans: techniques passives et actives de l'appareil locomoteur. Paris: Lavoisier; 1999.
49. Bernard J, Bard R, Pujol A. Évaluation musculaire de l'adolescent sain. Comparaison avec une population d'adolescents lombalgiques. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*. 2008 Mai; 51(4):263-73.
50. Hold D, Cook J, Bolton J. Reliability and concurrent viability of two instruments for measuring cervical range of motion: effects of age and gender. *Man Ther*. 1995 Novembre; 1(1):36-42.
51. Caneiro J, O'Sullivan P, Burnett A. The influence of different sitting postures on head/neck posture and muscle. *Man Ther*. 2010 Février; 15(1):54-60.
52. Troisier O, Dorard A, Redont M. *Éducation vertébrale: verrouillage/déverrouillage : pédagogie et techniques*. Paris: Elsevier Masson; 2002.
53. Harms-Ringdahl K, Irkholm J. Intensity and character of pain and muscular activity levels elicited by maintained extreme flexion position of the lower cervical upper thoracic spine. *Scand J Rehabil Med*. 1986; 18(3):117-26.
54. Weldon S, Hill R. The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature. *Man Ther*. 2003 Août; 8(3):141-50.
55. Taylor B, Waring C, Brashear T. The effects of therapeutic application of heat or cold followed by static stretch on hamstring muscle length. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995 Mai; 21(5):283-6.
56. Decoster L, Cleland J, Altieri C. The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005 Juin; 35(6):377-87.
57. Petrofsky J, Laymon M, Lee H. Effect of heat and cold on tendon flexibility and force to flex the human knee. *Med Sci Monit*. 2013 Août; 19: 661–667.
58. Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol*. 2001 Février; 90(2):520-7.

59. Magnusson S, Simonsen E, Aagaard P. Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. *Am J Sports Med.* 1996 Septembre-Octobre; 24(5):622-8.
60. Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. *J Appl Physiol.* 2002 Février; 92(2):595-601.
61. Wilson C, Percy M, Epari D. Mechanical tension as a driver of connective tissue growth in vitro. *Med Hypotheses.* 2014 Juillet; 83(1):111-5.
62. Magnusson S. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. A review. *Scand J Med Sci Sports.* 1998 Avril; 8(2):65-77.
63. Petrofsky J, Bains G, Prowse M. Dry heat, moist heat and body fat: are heating modalities really effective in people who are overweight? *J Med Eng Technol.* 2009; 33(5):361-9.
64. Huang C, Miyazaki K, Akaishi S. Biological effects of cellular stretch on human dermal fibroblasts. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2013 Décembre; 66(12):e351-61.
65. Schleip R, Findley T, Chaitow L, Huijing P. *Fascia: The tensional network of the human body*: Elsevier Masson; 2012.

## **Annexes:**

Annexe 1 - A : Rôle plus précis des constituants du tissu contractile

Annexe 1 - B : Rôle plus précis des constituants du tissu conjonctif

Annexe 2 : Une définition du "fascia"

Annexe 3 : Photographies des prises de mesures et de la posture

Annexe 4 - A : Fiche d'information aux étudiants souhaitant participer à l'expérimentation

Annexe 4 - B : Formulaire de consentement éclairé pour la participation à l'expérimentation

Annexe 5 - A : Déroulement du protocole

Annexe 5 - B : Tableau des mesures et nomenclature

## Annexe 1 - A

### Rôle plus précis des constituants du tissu contractile (12) (23):

Nous nous penchons ici brièvement sur la physiologie de la contraction des cellules musculaires striées.

Le sarcomère: unité morphologique et fonctionnelle du muscle strié squelettique.

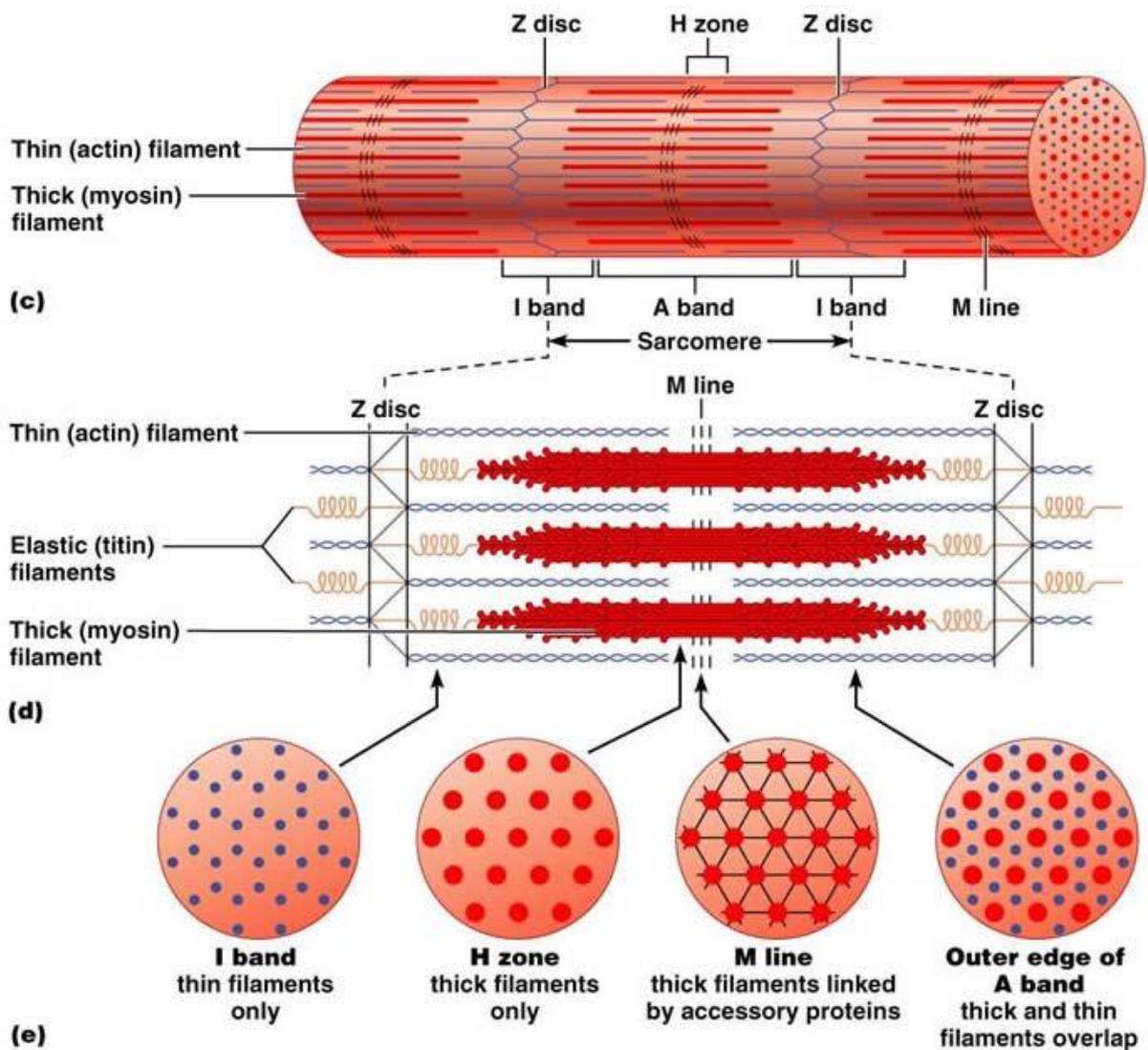


Figure 6

Ultrastructure moléculaire du sarcomère

"Myofibril Sarcomere - ultrastructure and molecular"

<http://imgarcade.com/1/myofibril-sarcomere/>

Bande A : filament de myosine ou filament épais

Bande I : filament d'actine sans filament de myosine

Bande H : filament de myosine non recouvert de filament d'actine

Ligne M : constituée de protéines maintenant les filaments de myosine dans une disposition hexagonale

Ligne Z : lien entre les filaments d'actine du sarcomère adjacent. Délimite le sarcomère

### Les différentes molécules :

-l'actine : ou actine G est une protéine polymérisée en double filé hélicoïdal (actine F). Ce filament fin ou filament d'actine connaît une longueur variable selon sa localisation.

- la myosine : regroupe 2 chaînes lourdes et 4 chaînes légères. Cette molécule se divise en deux. La tête globulaire (aussi appelée fragment S1) qui peut se combiner à l'actine. La portion S2 se compose d'une partie flexible et d'une queue. Ces queues se combinent entre elles et forment ainsi des filaments épais ou filaments de myosine. 300 molécules de myosine sont attachées de cette façon de telle sorte que les têtes pointent pour moitié d'un côté et pour moitié du côté opposé. La longueur des filaments de myosine ne varie pas.

Chaque filament est entouré de 6 filaments fins.

- la titine : protéine de structure extrêmement longue qui va de la ligne Z à la ligne M. Elle a des propriétés intrinsèques d'élasticité. Elle participe à la stabilité longitudinale du sarcomère en prévenant les distensions du sarcomère et est responsable de la tension en étirement de celui-ci. Elle participe également au maintien de l'alignement des filaments de myosine et d'actine.

- la nébuline: protéine très longue liée à l'actine près de la ligne Z. Elle sert de matrice à la mise en place de la bande I et semble également aider à la transduction des signaux, la transmission de la force et la régulation de la contraction.

- la desmine : protéine faisant partie du disque Z et participant à la liaison des myofibrilles entre elles.

### Durant la contraction:

Les filaments de myosine restent fixes tandis que ceux d'actine glissent. Ainsi, la bande A garde une longueur constante alors que la bande I se raccourcit. Selon la théorie des filaments glissants, la force est développée lorsqu'il y a superposition (donc interaction) entre les filaments fins et les filaments épais. Cette force est la somme des forces produites par les ponts individuels actine-myosine. Ces ponts représentent la liaison entre une tête de myosine et un filament d'actine en présence de substrat énergétique, l'ATP.

### Compartimentation musculaire

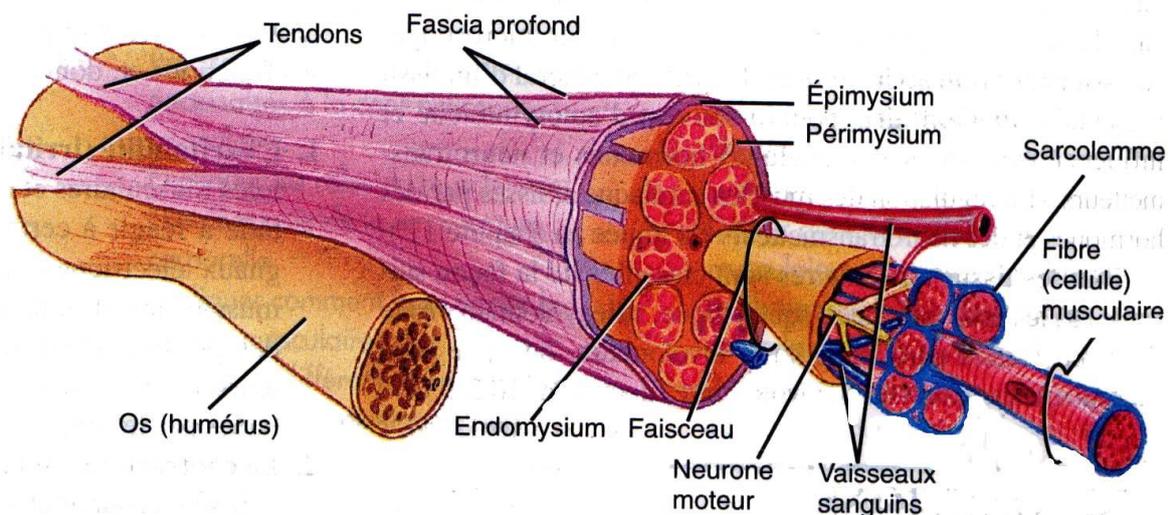


Figure 7

<http://www.endurance-sport-performance.com/lexique/mot-F-fibre-musculaire-41.html>

**NB:** cette représentation de la compartimentation musculaire est erronée, elle permet cependant de visualiser les divisions successives au sein du muscle entre tissu contractile et tissu conjonctif.

## **Annexe 1 - B**

### **Rôle plus précis des constituants du tissu conjonctif (2) (17) (65)**

#### Les fibres de collagène :

Les fibres de collagène sont les composants essentiels du tissu conjonctif. Elles sont de consistance fibreuse. Ce sont des fibres très longues légèrement ondulées et formées de 3 brins. Ces brins sont chacun composés de 3 chaînes d'acide aminé hélicoïdales. Ces structures maintiennent la stabilité du tissu conjonctif. Les constituants de ces fibres sont associés au sein des fibroblastes.

Selon les tissus, leur disposition varie afin de répondre aux sollicitations qui y sont appliquées. Une résistance maximum sera apportée par des fibres disposées parallèlement et serrées les unes contre les autres. Pour une résistance moyenne, les fibres sont moins denses et enchevêtrées en tous sens irrégulièrement.

Elles sont flexibles et résistantes mais pas élastiques. Grâce à leur compositions mais aussi à leurs ondulations, elles absorbent les forces et s'opposent aux compressions et aux tractions. Lors des tractions, les molécules s'orientent dans le sens de la force et peuvent même devenir parallèles si la traction devient constante.

On observe ainsi une variation de l'épaisseur des fibres, et donc de leur capacité de stabilisation en fonction des sollicitations dues à un entraînement.

Une mauvaise hydratation de ces fibres entraîne une distorsion dans la conformation de la molécule qui devient plus rigide.

On peut noter un renouvellement des fibres de collagène tous les 300 à 500 jours.

#### Les fibres d'élastine:

Elles sont produites par les fibroblastes ou les cellules musculaires lisses des vaisseaux. Elles sont composées d'élastine qui est un composant amorphe et de glycoprotéine de structure qui est un composant microfibrillaire. Leur fonctionnement optimal se fait à 37°C.

Elles donnent la mobilité et l'élasticité des structures et sont présentes en quantité importante dans le tissu conjonctif lâche. Elles permettent le retour des structures à leur position de départ après un étirement ou une déformation. Elles peuvent être allongées de 100% à 150% de leur longueur initiale.

Le renouvellement de l'élastine est très lent, voire quasi nul. On note une demi-vie de 70 ans. Elle est également très difficilement dégradable.

### Les fibres de réticuline:

Ce sont des fibres dispersées au sein de la substance fondamentale, constituées de collagène (de type III) et riches en microfilaments. Elles se présentent de la même façon que les fibres de collagène mais sont peu nombreuses, de petit diamètre et non regroupées entre elles.

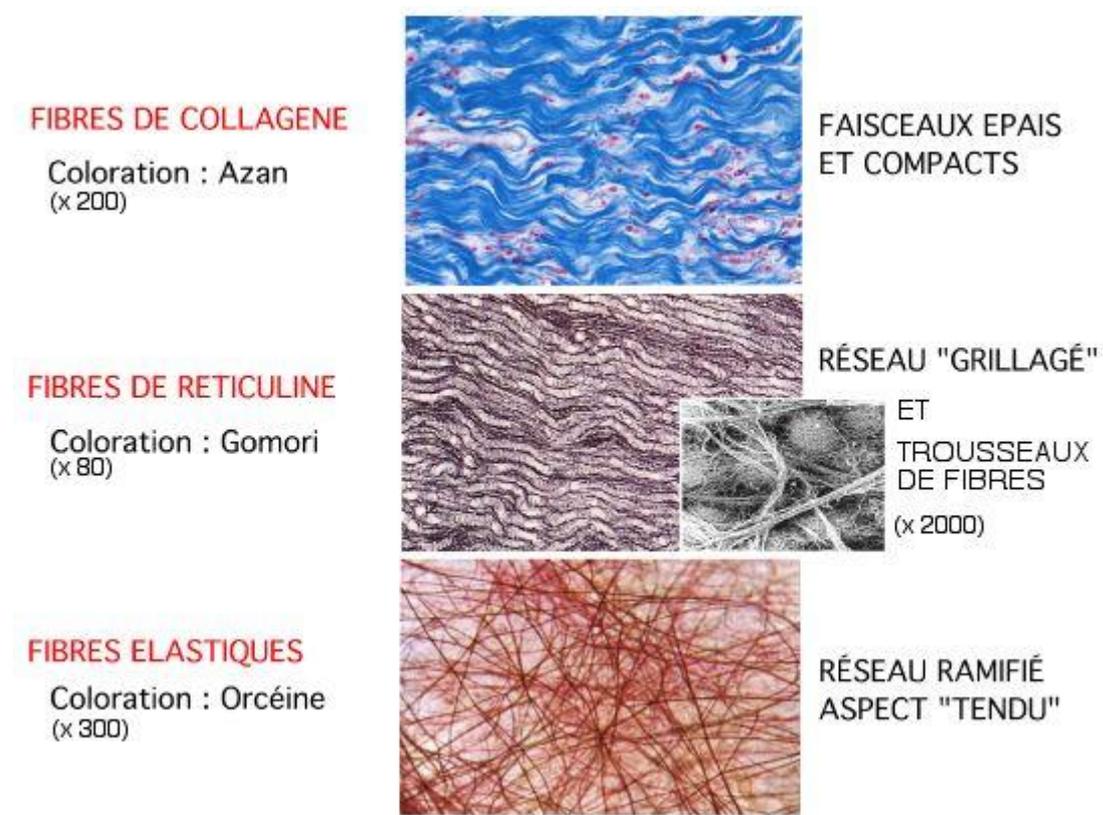


Figure 8

3 types de fibres du tissu conjonctif

<http://www.db-gersite.com/HISTOLOGIE/HISTGENE/histgen1/histgen2/histgen2b.htm>

### Les protéoglycanes:

Les protéoglycanes composent la substance fondamentale de la MEC. Elles fixent l'eau et les cations. Elles forment une sorte de glue autour des fibres et sont importantes pour déterminer les propriétés viscoélastiques des structures soumises à des déformations.

Ce sont des chaînes polypeptidiques sur lesquelles se fixent des chaînes glucidiques. Elles sont synthétisées par les fibroblastes.

Si une déshydratation a lieu, les protéoglycanes vont se rétracter.

Si on rapproche les fibres à de l'information, alors les protéoglycanes seront les médiateurs de cette information.

Substance fondamentale:

Elle est constituée de protéoglycanes et de glycoprotéines de structures. Ces composants proviennent des fibroblastes ou du plasma sanguin. La viscosité de cette substance varie d'un état liquide à un état semi-liquide proche d'un gel. Ces variations permettent au tissu de fixer l'eau qui est pour moitié sous forme de cristaux liquides dans notre organisme. Les protéines sont donc contenues dans ce matériel très hydraté qui permet leur lubrification, l'absorption des chocs mais aussi de résister aux compressions. Enfin, elle soutient et relie les cellules du tissu conjonctif.

## Annexe 2 : Une définition du "fascia"

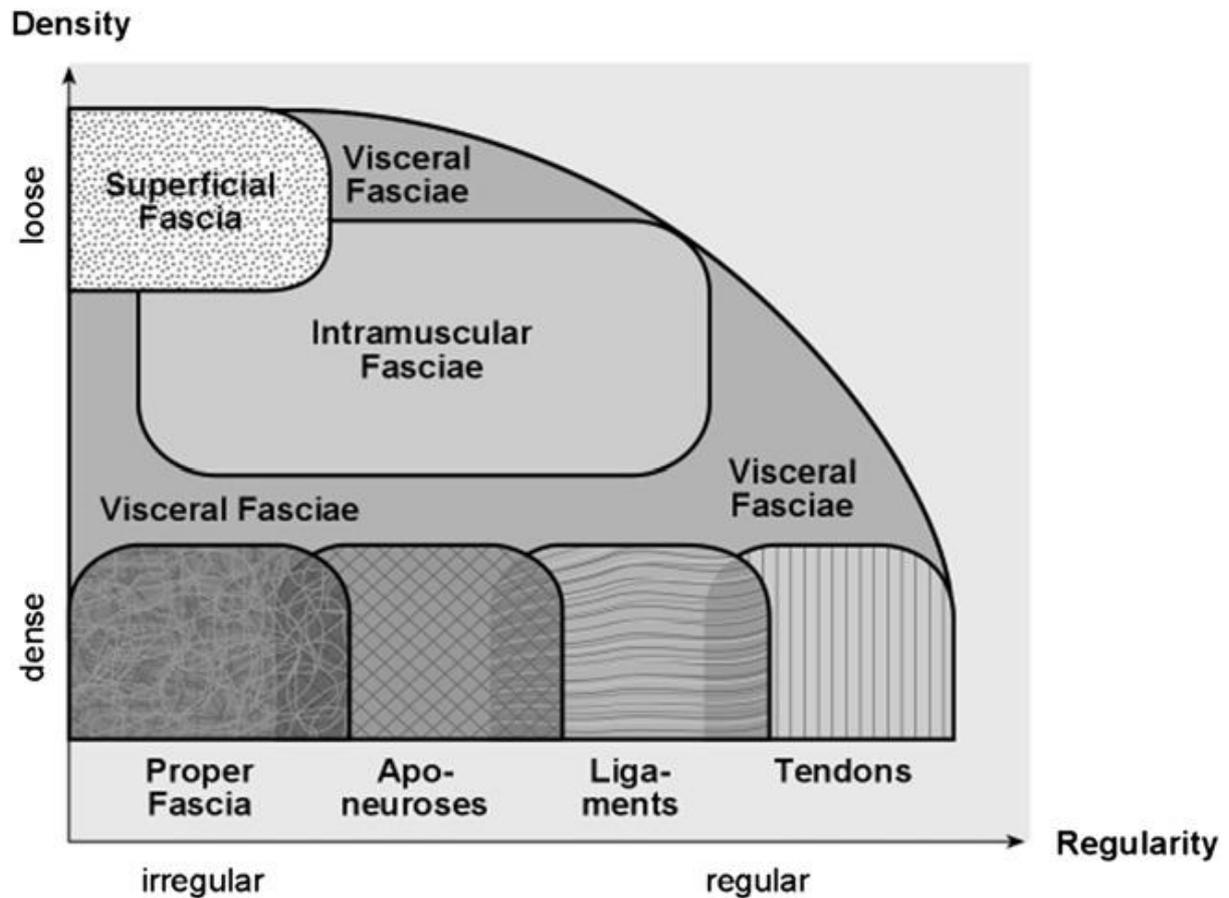


Figure 9

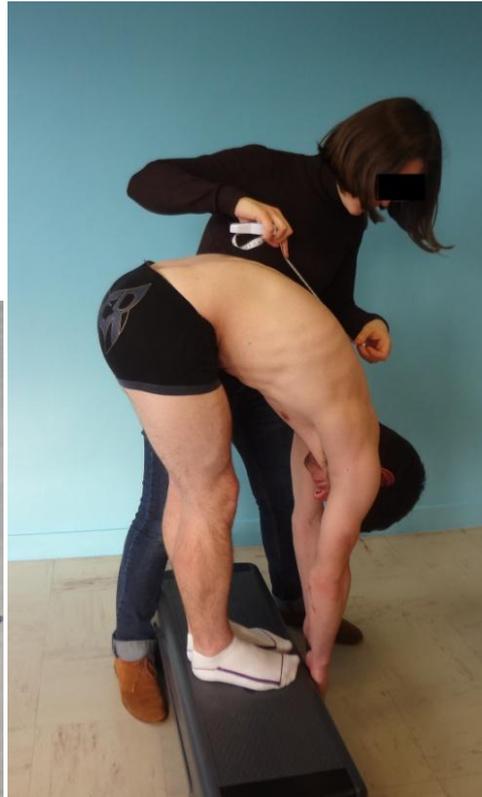
Different connective tissue considered as 'fascial tissues' within the terminology of the international Fascia Research Congresses (14)

- Termes proposés par Huijing et Langevin (2009) faisant parti du fascia :
  - Tissu conjonctif dense
  - Tissu aréolaire (non dense)
  - Fascia superficiel
  - Fascia profond
  - Septum intermusculaire
  - Membrane interosseuse
  - Périoste
  - Appareil neurovasculaire
  - Epimysium
  - Aponévrose intra et extramusculaire
  - Périmysium
  - Endomysium

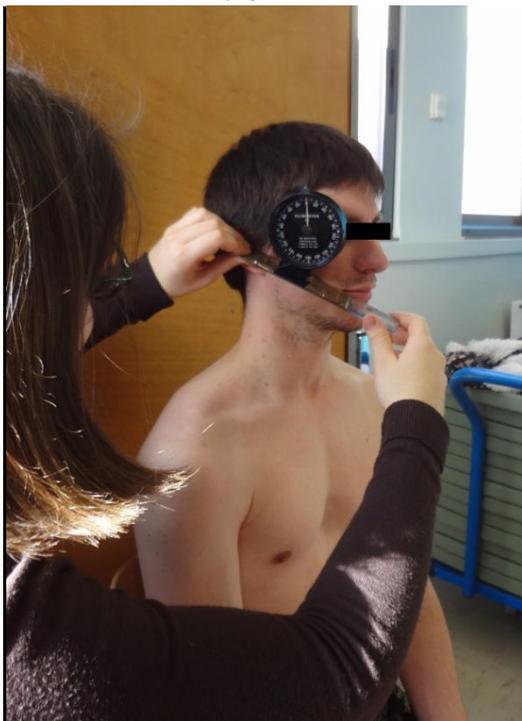
**Annexe 3 : Photographies**



*Plurimètre couplé à un double décimètre  
(figure 10)*



*Prise de mesures lors des Schöber  
(figure 11)*



*Mesure de la flexion cervicale (figures 12 et 13)*



*Mesure de la DDS (figure 14 et 15)*



*Photos de la posture à tenir remises aux sujets du groupe expérimental (figure 16 et 17)*



## Annexe 4 - A

### **Informations destinées aux étudiants pour participer à une étude de faisabilité dans le cadre d'un Travail Ecrit de Fin d'Etude en masso-kinésithérapie**

Limouzy Blandine  
Etudiante Masseur-Kinésithérapeute  
IFM3R  
54 rue de la Baugerie  
St Sébastien-sur-Loire

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de mon Travail Ecrit de Fin d'Etude (TEFE) en masso-kinésithérapie, je souhaite réaliser une étude préliminaire visant à chercher un éventuel lien entre le rachis cervical et l'ensemble du corps chez un sujet sain.

Je vous propose donc de participer à cette étude.

Pour cela:

- vous ne devez pas présenter de douleurs au niveau du segment cervical
- vous ne devez pas avoir de pathologie cervicale connue
- vous ne devez pas suivre une thérapie touchant à cette région ou avoir suivi une thérapie le mois précédent le début de l'étude

Les sujets volontaires seront répartis aléatoirement en deux groupes A et B.

Il vous sera demandé de participer à 8 séances au sein de l'institut, à raison de 2 séances par semaine pendant 4 semaines.

Des prises de mesures supplémentaires seront réalisées :

- une aura lieu la semaine précédant le début du protocole
- l'autre aura lieu la semaine suivant la fin du protocole

Toutes les informations recueillies seront utilisées de façon confidentielle et seuls les responsables de l'étude auront accès aux données vous concernant.

Afin de réaliser cette étude de faisabilité, j'ai besoin de recueillir votre consentement libre, éclairé et signé.

Je vous informe également que vous êtes libre de vous retirer à tout moment de l'étude.

Je me tiens à votre disposition pour toute question.

Vous pouvez me contacter à tout moment à cette adresse : [blandine.limouzy@ifm3r.eu](mailto:blandine.limouzy@ifm3r.eu) .

En vous remerciant de l'intérêt porté à cette étude,

Blandine Limouzy

## **Annexe 4 - B**

### **Formulaire de consentement éclairé pour la participation d'un Travail Ecrit de Fin d'Etude**

Je soussigné(e) ....., atteste avoir pris connaissance des modalités du projet de Mlle Limouzy Blandine et accepte librement de participer à son étude de faisabilité.

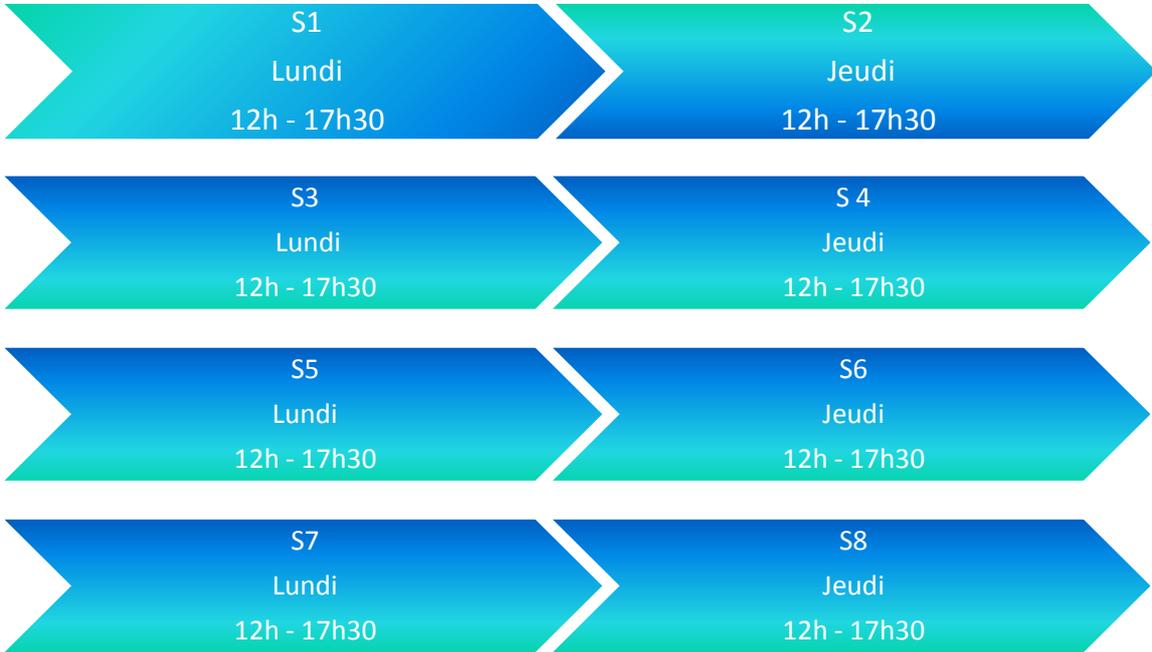
Je m'engage à participer aux 8 séances ainsi qu'aux deux prises de mesures supplémentaires.

A ....., le .....

Signature:

**Annexe 5 - A : Déroulement du protocole**

**Mesures (Schöber + DDS + Flexion cervicale)**



**Mesures (Schöber + DDS + Flexion cervicale)**

## Annexe 5 - B : Tableau des mesures

Nom	Genre	Age	Sch M avant	Schöber étagé avant					DDS		Sch M après	Schöber étagé après					DDS		
				avant 1	avant 2	avant 3	avant 4	avant 5	1	F cerv 1		après 1	après 2	après 3	après 4	après 5	2	F cerv 2	
T1	F	23	8,8	7	1,8	1	0,5	-12	46	10	7,5	2,3	1	1	-8	42			
T2	M	23	7,2	5	2,5	1,5	0,5	12	40	7,5	5,5	2,5	1,5	0,7	9,5	44			
T3	F	22	6,5	4	2,3	1,6	0,7	-4	64	8,3	6	2,7	1,5	1	-7	50			
T4	F	22	5,5	4	1,5	0	0,3	-13	62	7	5	1,5	0,5	0,5	-12,5	64			
T5	F	21	6,7	5	1,4	1	0,8	5,5	50	6,7	4,4	1,5	2	0,5	2	62			
T6	M	22	7,2	5,7	1,6	1	0,5	11	50	6,5	5	2,3	0,5	0,5	12,5	56			
T7	F	21	6,3	4	1,5	1,4	1,4	13	64	6,2	4,2	1,5	1,7	0,8	10	54			
T8	F	21	5,7	4,1	1,6	1,3	1,5	10	58	6,5	4,5	2,2	2	1,5	9,5	60			
			Moy	6,7	4,9	1,8	1,1	0,8	2,8	54,3	7,3	5,3	2,1	1,3	0,8	2,0	54,0		
			SD	1,0	1,1	0,4	0,5	0,4	10,9	9,0	1,3	1,1	0,5	0,6	0,3	9,8	8,1		
P1	F	22	7	5,5	2	2	1,2	10,5	70	7	5	2,3	1,5	1	13,5	64			
P2	F	22	5,5	3,8	2,2	0,5	0,3	-6,5	58	7	5	2,3	0,7	0	-13,5	68			
P3	M	19	7,7	6,5	2,7	1,5	0,7	-18	60	7,5	7	3	1,3	0,5	-19	52			
P4	M	22	7,5	7,5	2,2	1,4	0,9	0,3	4	62	7	6,5	2,7	1,5	1	0	-1	60	
P5	F	22	6	4,7	1,9	1,3	0,7	-1	66	7	5	2	1,5	1	-6	54			
P6	F	21	5,3	3,6	2,5	1,3	0,9	-5	70	6,5	4,2	2,3	1,5	1	-5	54			
P7	F	23	7,4	4,9	1,7	0,9	1,2	-2	56	7,7	4,6	1,2	0,5	0,3	-4,5	70			
P8	M	23	9,5	7,2	3,3	2	0,7	0,4	-5	80	7	6	2,7	1,5	1,3	1	-3,5	76	
			Moy	7,0	5,5	2,3	1,4	0,8	0,4	-2,9	65,3	7,1	5,4	2,3	1,3	0,8	0,5	-4,9	62,3
			SD	1,4	1,5	0,5	0,5	0,3	0,1	8,3	7,9	0,4	1,0	0,5	0,4	0,4	0,7	9,5	8,7
Temp °C			7,5								5,4								

Nom	DDS															
	S1-1	S1-2	S2-1	S2-2	S3-1	S3-2	S4-1	S4-2	S5-1	S5-2	S6-1	S6-2	S7-1	S7-2	S8-1	S8-2
T1	-8		-8		-8		-9		-7,5		-7		-7,5		-8	
T2	13		6,5		10		7,5		8,5		12		12,5		8,5	
T3	-8		-5,5		-6		-8		-7		-7,5		-5,5		-7	
T4	-15		-14		-13		-15		-13		-11		-14		-11	
T5	4		9		5,5		8		4		4		3		4,5	
T6	13		12		10		15		14		13		12,5		14	
T7	11		13		15		16,5		9,5		9		12		13	
T8	11		8		7,5		11,5		15		11		10,5		11	
	2,6		2,6		2,6		3,4		2,9		2,9		2,9		3,1	
	11,3		10,2		10,2		12,0		10,7		9,9		10,6		10,2	
P1	10	11	11	11	8,5	8	9,5	11	11	6	9	7,5	10	12	12	12,5
P2	-5	-6	-6	-7	-4	-5	-6	-7	-9	-11	-8	-8	-11	-11	-12	-13
P3	-16	-15	-11	-14	-15	-15	-13	-14	-17	-17	-17	-19	-14	-14	-17	-18
P4	5	4,5	3	1	0,5	-2	-2	-4	-1	-4	-2	-1,5	0	-1	1	0
P5	-3	-1	-4	-5	-1	-2	-3	-2	8	-1,5	-3	-4,5	0	-2	1	-3
P6	-3,5	-3,5	-5	-6	-4	-5	-4	-5	-3	-5,5	0	-3	-3	-4,5	-2,5	-5
P7	-1	-2	-3	-4	-4	-5	-3	-4	-4,5	-4	-3	-4,5	-3	-4	-3	-4
P8	-3	-2	0	-1	-1	-1	-3	-5	-4	-5	-3	-4	-3	-3,5	-3,5	-5
	-2,0	-1,8	-1,9	-3,0	-2,5	-3,3	-3,1	-3,8	-2,4	-5,2	-3,4	-4,6	-2,9	-3,6	-2,9	-4,4
	7,5	7,4	6,6	7,2	6,5	6,3	6,2	7,0	8,8	6,6	7,3	7,2	7,2	7,6	8,7	8,9
Temp °C	10,1		12		8,1		10,3		11,3		8,8		9,2		4,3	

Nom	F cerv															
	S1-1	S1-2	S2-1	S2-2	S3-1	S3-2	S4-1	S4-2	S5-1	S5-2	S6-1	S6-2	S7-1	S7-2	S8-1	S8-2
T1	40		44		46		44		42		40		46		44	
T2	40		56		46		42		40		42		50		50	
T3	50		60		56		54		50		54		54		54	
T4	62		62		62		60		60		60		50		68	
T5	56		62		48		58		58		58		56		54	
T6	50		50		50		46		52		46		48		50	
T7	54		64		64		62		60		62		54		54	
T8	50		52		64		50		54		62		58		60	
	50,3		56,3		54,5		52,0		52,0		53,0		52,0		54,3	
	7,5		7,0		8,0		7,6		7,7		9,1		4,1		7,2	
P1	50	56	52	64	70	60	70	64	68	62	66	60	60	70	60	60
P2	46	52	58	54	48	44	50	44	42	64	58	60	60	66	58	74
P3	40	36	52	56	40	44	46	52	48	58	52	46	52	54	54	52
P4	68	60	56	56	60	58	58	56	56	54	58	58	66	54	56	54
P5	50	60	56	68	60	66	50	60	54	62	56	64	66	62	60	60
P6	60	60	58	64	58	66	66	68	70	58	60	64	62	68	56	68
P7	60	50	50	58	58	50	66	60	62	62	68	70	60	56	54	58
P8	75	70	66	80	68	76	60	74	80	76	72	70	74	80	74	74
	56,1	55,5	56,0	62,5	57,8	58,0	58,3	59,8	60,0	62,0	61,3	61,5	62,5	63,8	59,0	62,5
	11,7	10,0	5,0	8,6	9,8	11,4	8,8	9,3	12,5	6,5	6,8	7,7	6,4	9,1	6,5	8,5
Temp °C	10		12		8,1		10		11		8,8		9,2		4,3	

## Nomenclature

T 1 à T8 : sujets  
témoins

P1 à P8 : sujets participant aux séances expérimentales

Schöber étagé avant : mesure avant le protocole  
avant 1 à 5 : mesure des indices de Schöber étagé de bas en haut avant le protocole (cm)

Schöber étagé après : mesures après le protocole  
après 1 à 5 : mesure des indices de Schöber étagé de bas en haut après le protocole (cm)

Sch M : mesure de l'indice de Schöber modifié  
(cm)

DDS : mesure de la distance doigt sol (cm)  
DDS 1 : réalisée avant le protocole  
DDS 2 : réalisée après le protocole

S1 - 1 : 1ère séance, mesure avant la séance  
S1 - 2 : 1ère séance, mesure après la séance

F cerv : mesure de la flexion cervicale (°)  
F cerv 1 : réalisée avant le protocole  
F cerv 2 : réalisée après le protocole

Temp °C: température moyenne de la journée relevée sur <http://www.meteo-bretagne.fr>, ne prend pas en compte la température de la salle