



**Institut de Formation en  
Ostéopathie du Grand  
Avignon**

**Mémoire de fin d'études en Ostéopathie**

# **Tenségrité et plasticité fasciale au service de l'équilibre corporel**

**MAHE Yohann  
25 juin 2016**

**Tuteur de mémoire : Pascale FESSON D.O.**





**Institut de Formation en  
Ostéopathie du Grand  
Avignon**

**Mémoire de fin d'études en Ostéopathie**

# **Tenségrité et plasticité fasciale au service de l'équilibre corporel**

**MAHE Yohann  
25 juin 2016**

**Tuteur de mémoire : Pascale FESSON D.O.**

## *Remerciements*

*Je tiens, tout d'abord, à remercier mon maître de mémoire, Pascale FESSON, qui a su m'aiguiller, me conforter et valoriser le travail effectué.*

*Merci à Marc BOZZETTO qui, dès le début de mon cursus, a su m'inculquer les valeurs ostéopathiques au sein desquelles la « globalité » et le « tissu conjonctif » étaient déjà les maitres-mots. Je tenais également à remercier toute l'équipe dirigeante et pédagogique de l'Institut de Formation en Ostéopathie du Grand Avignon (IFOGA), en particulier Agnès GIRO, Aymeric LE NOHAÏC, Eric MARLIEN et Philippe MOUTIN.*

*Merci à eux de m'avoir ouvert les portes de la « famille » IFOGA et d'avoir contribué, de par leur confiance, à mon épanouissement ostéopathique, tout au long de cette année.*

*Merci à tous mes amis qui m'apportent un soutien psychologique intangible et une joie de vivre au quotidien.*

*Et enfin, pour revenir à notre essence, je voudrais remercier ma famille, qui malgré la distance, m'apporte un soutien sans faille et, sans qui, je n'aurais pu connaître cette aventure ostéopathique.*

# SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	5
1-INTRODUCTION.....	6
2-LE TISSU CONJONCTIF FASCIAL.....	8
2-1 Un tissu omniprésent.....	8
2-2 Embryologie.....	9
2-3 Anatomico-physiologie des fascias.....	12
2-4 Histologie.....	16
2-5 Problématique.....	19
3-LA TENSÉGRITÉ.....	21
3-1 Contextualisation.....	21
3-2 L'Histoire du concept de tenségrité.....	22
3-3 Le modèle mécanique de base.....	24
3-4 Une stabilité conformationnelle.....	25
3-5 De la simplicité à la complexité.....	28
3-6 Du modèle statique à la réalité biologique.....	34
4-LA PLASTICITÉ FASCIALE.....	44
4-1 Introduction sur la plasticité fasciale.....	44
4-2 Les limites de la mécanique.....	44
4-3 L'organisme, une entité « cristal liquide » chargée électriquement.....	45
4-4 Les récepteurs intra-fasciaux.....	47
4-5 Un lien privilégié avec le système nerveux autonome (SNA).....	50
4-6 Conclusion sur la plasticité fasciale.....	53
5-UN MODÈLE PERTINENT POUR L'OSTÉOPATHIE.....	55
5-1 La palpation comme outil diagnostic.....	55
5-2 La dysfonction ostéopathique.....	56
5-3 Un tableau dysfonctionnel complet : le whiplash ostéopathique.....	58
5-4 Au delà du traitement, une philosophie.....	59
CONCLUSION.....	66
BIBLIOGRAPHIE.....	69
TABLES DES ILLUSTRATIONS.....	72
TABLE DES MATIÈRES.....	75
RÉSUMÉ.....	77
ABSTRACT.....	78

# 1-INTRODUCTION

Depuis que l'humain en a les capacités cérébrales, celui-ci s'intéresse à sa condition. Il faut entendre par « condition », sa raison d'être, tant sur le plan physique (en tant qu'être matériel) que sur le plan mental (en tant qu'être qui pense, qui ressent les émotions). Ces deux aspects, que nous pourrions rassembler sous l'appellation d'être somato-psychologique, conditionnent l'humain dans sa globalité.

Cette perspective dualiste « soma-psyché » représente donc l'entité constitutive de l'individu. Et toujours dans cette logique de globalité et d'unicité, ces deux « pendants » caractéristiques interfèrent de façon permanente. Le but de cette synergie est d'adapter, sans cesse, le couple « corps-âme » à la vie extérieure, à son environnement et ce, dans un objectif de conservation de la santé. Ce bon état de santé est sous la garantie du mouvement et de la mobilité de l'individu. Ce pouvoir d'auto-mobilité, en adéquation avec les conditions environnementales, joue le rôle de piston entre l'environnement et les éléments intrinsèques psychosomatiques définissant l'organisme.

Effectivement, la pérennité de l'espèce humaine relève, en grande partie, de sa capacité à s'auto-mouvoir dans son environnement. Cette mobilité tridimensionnelle permet au corps de s'adapter, en permanence, aux contraintes qui lui sont imposées. Si cette malléabilité n'était pas permise, ou tout du moins, si cette déformation n'était pas réversible, les tissus perdraient toute capacité d'adaptation face à une situation donnée. Il en ressortirait qu'une force de compression, de tension, de torsion ou de cisaillement romprait ou figerait le système dans une conformation spatiale telle, que la structure et la fonction du tissu s'altéreraient. Par extrapolation, c'est tout l'équilibre corporel qui se retrouverait mis à mal. Notamment l'équilibre psychique, totalement dépendant des conditions somatiques. L'élasticité tissulaire se présente donc comme l'attribut principal permettant au corps de préserver son intégrité. Une structure possédant ces caractéristiques d'étirements et de rétractions réversibles est présente dans l'organisme et semble être l'instigatrice de cet équilibre corporel : Le fascia.

L'étude du réseau fascial va donc constituer la fondation de notre raisonnement car il symbolise, en tout point, l'essence de l'individu. Ce mémoire se veut être une réflexion inductive, globale en accord avec la conception et la

cohérence ostéopathique. Il ne constitue pas une référence scientifique indubitable mais bel et bien un outil de réflexion qui puisse être utile à tout ostéopathe, ou à toute autre personne dont l'intérêt se porterait sur l' « ingénierie » humaine.

Ainsi, à travers ce mémoire, nous présenterons, dans un premier temps les attributs généraux du tissu fascial conjonctif. Nous verrons, ensuite, ce qu'est la tenségrité et comment ce modèle peut être en accord avec la fonction mécanique du fascia. Le troisième temps de l'exposé sera consacré à l'analyse neurobiologique de ce système permettant de faire la jonction entre les capacités mécaniques du tissu et son système de régulation neurologique. Nous clôturerons ce mémoire par la mise en application ostéopathique des mécanismes évoqués plus haut. Nous verrons comment ces systèmes sont en parfaite cohérence avec une philosophie ostéopathique on ne peut plus holistique.

*« La santé sous-entend l'accommodation de toutes les structures, qui sont les médias de l'expression des relations vitales, l'accommodation de l'activité nerveuse et l'accommodation de l'organisme à son environnement »<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> LITTLEJOHN J.M. Principes de l'ostéopathie. *Apostill, Le journal de l'académie d'ostéopathie*. 1999 ; n°4 octobre 1999, p32.

## **2-LE TISSU CONJONCTIF FASCIAL**

### **2-1 Un tissu omniprésent**

Lorsque l'on évoque le terme fascia ou tissu conjonctif, on pense le plus souvent à aponévroses ou fascias myotensifs, et on oublie que les tissus conjonctifs concernent aussi les structures les plus denses du corps comme la structure osseuse ou les plus souples comme les liquides. Les fascias représentent l'ensemble des tissus qui enveloppent la majorité des structures anatomiques du corps. Ils constituent une suite tissulaire allant de la tête au pied, mais aussi de la superficie vers la profondeur du corps. A aucun moment le fascia ne s'interrompt, il prend simplement des relais sur les structures osseuses pour pouvoir parfaitement remplir son rôle. Présent à tous les niveaux du corps, il circonscrit non seulement chaque structure (muscle, organe, nerf, vaisseaux, os) mais il s'insinue également à l'intérieur de celle-ci pour former sa matrice et son soutien. Il érige donc et modèle la forme anatomique. Il ne s'interrompt qu'au niveau de la cellule qu'il baigne dans sa substance fondamentale. En fonction de sa situation, le fascia pourra développer des capacités d'adaptations remarquables, aussi bien dans sa structure que dans sa composition. Pour cela, il se densifiera au maximum au niveau des os et sera nettement plus lâche au niveau des aponévroses. De par son omniprésence et son adaptabilité, le tissu fascial joue un rôle prépondérant dans la dynamique et la physiologie humaine. Ce rôle s'exprime suivant de nombreux vecteurs : maintien de la posture, contention des organes (préservant leur intégrité structurelle), contention du système musculaire qui pourra prendre appui sur lui et développer toute son efficacité. Il constitue, en outre, les courroies de transmission des forces qui permettront aux contraintes d'être amorties, mais aussi d'être redistribuées de façon linéaire et progressive à l'ensemble des systèmes anatomiques.

Nous verrons dans le troisième chapitre quel est le modèle biomécanique qui régit la dynamique fasciale. Cela nous permettra d'établir une hiérarchie organisationnelle des fascias selon leur rôle principal. Cette classification nous permettra également de mettre en évidence les relations et interrelations entre les fascias eux-même et les structures qui leurs sont intimement liées.

## 2-2 Embryologie

### 2-2-1 Embryologie générale

La création de l'individu débute par la réunion d'un spermatozoïde et d'un ovule. C'est la fécondation qui va aboutir à la formation d'un œuf, structure unicellulaire. Grâce aux nombreux processus mitotiques que va subir cet œuf, celui-ci va se diviser pour prendre, au bout de quelques jours, la forme d'une petite « mûre », c'est le stade morula. A cet instant, toutes les cellules sont totipotentes c'est-à-dire que les cellules « filles », issues des divisions mitotiques de la cellule « mère », sont susceptibles de donner tout type de tissu de l'embryon. Par la suite, l'amas cellulaire va se diviser en deux types de cellules différenciées :

- Le trophoblaste, qui tapisse la cavité utérine, va donner le placenta ;
- Le blastocyste va donner l'embryon à proprement parler.

Les cellules du blastocyste sont dites « pluripotentes ». Autrement dit, elles sont capables, par leur divisions, de donner n'importe quelle structure de l'embryon depuis le neurone jusqu'à l'hépatocyte en passant par le fibroblaste. A partir de la troisième semaine de développement, les cellules embryologiques se compactent en trois couches distinctes (disque tridermique). La couche la plus externe s'appelle l'ectoderme, la couche la plus interne, l'endoderme et la couche intermédiaire, le mésoderme. Cette répartition cellulaire tripartite, va conférer à chaque cellule un pouvoir multipotent. Ainsi, chaque cellule sera susceptible de donner de multiples structures différentes, dépendantes de la couche à laquelle elles appartiennent. L'ectoderme donne naissance au système nerveux et à la peau, l'endoderme va être à l'origine de l'épithélium intestinal, l'épithélium respiratoire et le parenchyme glandulaire. Le mésoderme remplit tout le reste, soit 80% de l'ensemble du corps.

C'est cette couche mésodermique qui nous intéresse tout particulièrement, et pour cause, elle va donner l'intégralité des structures conjonctives de l'organisme. La cellule souche mésenchymateuse est la cellule souche spécifique du mésoderme. Elle représente le précurseur de la plupart des types cellulaires contenus dans le tissu conjonctif adulte. Elle va donner des cellules multipotentes et unipotentes :

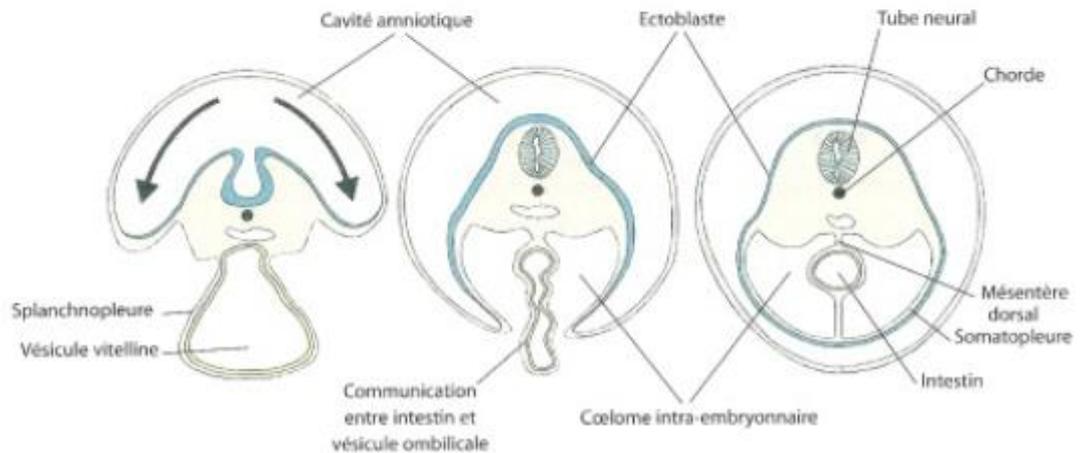
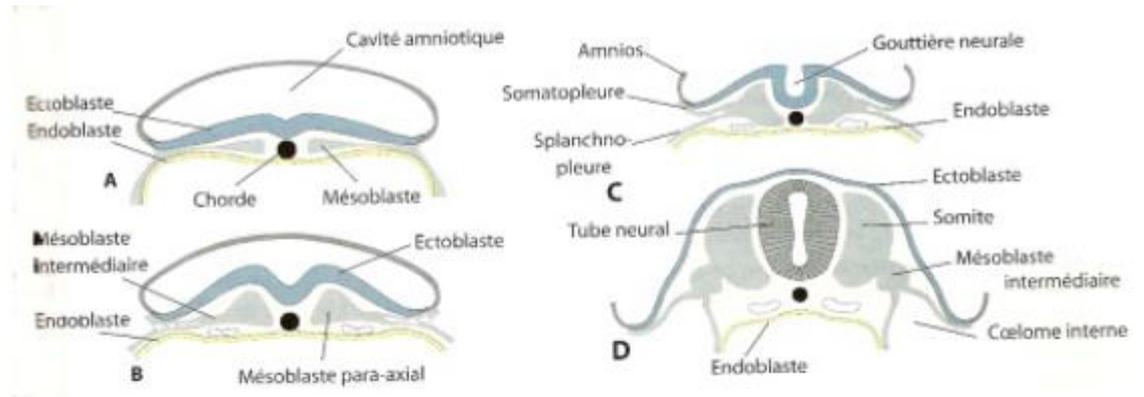
- Lignée osseuse : ostéoblaste ;

- Lignée cartilagineuse : chondroblaste ;
- Lignée musculaire : myoblaste ;
- Lignée fibreuse : fibroblaste ;
- Lignée sanguine : endothélium et hématopoïèse.

### *2-2-2 Embryologie mésodermique*

Comme nous venons de l'énoncer, la couche cellulaire intermédiaire de l'embryon porte le nom de mésoderme. De l'axe vers la périphérie, elle s'organise respectivement en trois parties :

- Le mésoblaste para-axial, de part et d'autre de l'axe neural, se métamérise en formant des amas cellulaires : les somites. Chaque somite va s'organiser en couches cellulaires différenciées qui migreront, par la suite, afin de fournir les parois conjonctives de l'embryon. Ces couches sont le dermatome (territoire cutané innervé par un segment neurologique déterminé), le myotome (parois musculaire du tronc et des membres) et le sclérotome qui compose le squelette axial (vertébral, discal) et para-axial (costal) de l'embryon.
- Le mésoblaste intermédiaire reste longitudinal. Il est le lieu de développement du néphrotome (futurs reins), du système sécrétoire et d'une structure fasciale centrale appelée « Unité conjonctive centrale » (UCC) dont nous détaillerons les composants et le rôle ultérieurement.
- Le mésoblaste latéral se divise en deux couches cellulaires distinctes. Une couche cellulaire tapisse l'ectoderme : la somatopleure. Elle contribuera, par la suite, à former la paroi externe des organes. L'autre couche tapisse l'endoderme, c'est la splanchnopleure. Elle donnera, à terme, les parois internes des organes.



**Figure 1: Plicature de l'embryon et évolution du mésoblaste**

Les cellules mésenchymateuses se multiplient et migrent dans toutes les parties de l'embryon, remplissant les espaces inoccupés en s'insinuant entre les cellules des organes. Certaines cellules ne se différencient pas et persistent sous leurs formes primitives. Ce sont les cellules indifférenciées qui jouent un rôle prépondérant dans le processus de croissance et de réparation, ainsi que, dans certains mécanismes de défense du corps. Elles constituent une réserve, une mémoire pour la régénération tissulaire. Ces cellules indifférenciées gardent leur potentialité embryonnaire à se multiplier et à se transformer en de nouvelles lignées spécialisées (Fibroblaste, ostéoblastes, myoblaste, chondroblaste ou cellules sanguines).

Cette structuration et cette évolution embryologique des structures fasciales va, à la fois, conditionner leur physiologie mais aussi leur emplacement et leur anatomie. C'est ce que nous allons étudier plus précisément maintenant.

## 2-3 Anatomie-physiologie des fascias

### 2-3-1 *Le fascia superficialis*

Le fascia superficiel dérive du mésoblaste para-axial et recouvre la quasi-totalité du corps. Il s'étend de l'aponévrose épicroticienne jusqu'aux chevilles et poignets mais il est absent au niveau de la face, du sternum et du sacrum. Il est situé entre le panicle adipeux du derme et le tissu cellulaire sous cutané. Constitué de tissu conjonctif lâche, il a le rôle d'une combinaison qui double la peau.

### 2-3-2 *Aponévrose de l'appareil locomoteur*

Les aponévroses de l'appareil locomoteur sont issues du mésoblaste para-axial. Elles vont se modéliser suivant la plicature et la fermeture de l'embryon formant, ainsi, ses parois. Ces aponévroses enveloppent l'appareil ostéo-myo-articulaire et sont donc en lien avec le mouvement, la vie de relation. Ses attributs pariétaux font d'elles le contenant de l'organisme. De façon imagée, les aponévroses de l'appareil locomoteur constituent un cylindre axial suspendu sous le crâne et refermé en bas par l'entonnoir pelvien. Les membres sont appendus à ce système axial. D'un point de vue fonctionnel, on distingue :

- Les aponévroses de l'appareil locomoteur axial. Elles interagissent avec les éléments ostéo-myo-articulaire du rachis, des côtes, du sternum et du bassin. Elles se divisent en un système postérieur dit extenseur ou épimère (système musculo-squelettique rachidien postérieur) et un système antérieur dit fléchisseur ou hypomère (système musculo-squelettique latéral et antérieur de la région abdominale, thoracique et cervicale). Les côtes, les muscles intercostaux et les coupes diaphragmatiques font la jonction entre le système postérieur et antérieur.
- Les aponévroses de l'appareil locomoteur appendiculaire. Elles sont en relation avec les composants ostéo-myo-articulaire du squelette appendiculaire. Elles sont donc en lien avec les membres supérieurs issus de l'ensemble tête, cou, thorax mais aussi en lien avec les membres inférieurs rattachés au bassin.

### *2-3-3 Les aponévroses internes*

Les aponévroses internes sont des replis conjonctifs émanant du clivage de l'embryon et faisant la transition entre les aponévroses de l'appareil locomoteur, en lien avec la vie extéroceptive et les séreuses (appareil viscéral) dévolue à la vie intéroceptive. Selon la localisation on pourra trouver :

- Dans la région thoracique : le fascia endothoracique dont les ligaments suspenseurs de la plèvre ;
- Dans la région abdominale : le fascia transversalis ;
- Dans la région pelvienne : le système ligamentaire suspenseur des organes du petit bassin.

### *2-3-4 Les séreuses*

Les séreuses sont des tissus conjonctifs qui dérivent du mésoblaste latéral. Elles sont constituées par deux feuillets séparés par une cavité virtuelle (pression négative entre les deux feuillets permettant leur accollement). Le feuillet interne, provenant de la splanchnopleure, s'appose directement sur la paroi du viscère qu'il englobe. Le feuillet externe provient, quant à lui, de la somatopleure et il est en lien avec les parois de l'organisme, en relation avec l' « extérieur ». Les séreuses font donc office d'isolant entre la vie de relation extéroceptive et le fonctionnement organique interne intéroceptif. Sur le plan anatomique on distingue :

- Au niveau thoracique : la plèvre englobant le poumon, le péricarde englobant le cœur.
- Au niveau abdominal : le péritoine circonscrivant la masse viscérale abdominale excluant tout de même les deux reins. Ces derniers étant rétro-péritonéaux.

### *2-3-5 L'unité conjonctive centrale (UCC)*

L'UCC est une structure fasciale qui dérive du mésoblaste intermédiaire. D'un point de vue topographique, elle se situe dans une région intermédiaire entre les

fascias de l'appareil locomoteur et les séreuses. On la trouve ainsi en position médiane, antérieure à l'appareil locomoteur extenseur (épimère) et postérieure au feuillet pariétal des séreuses.

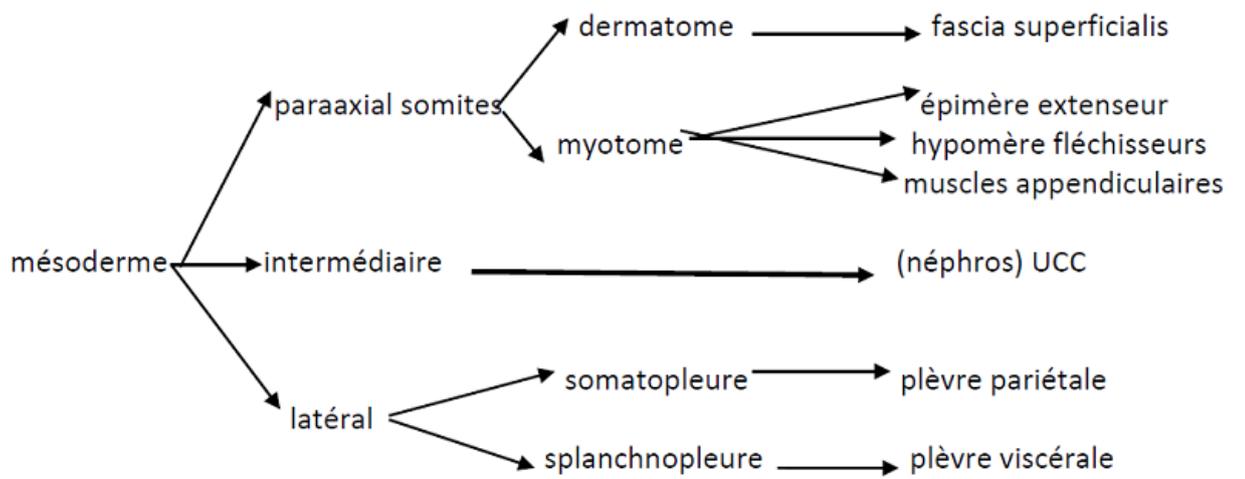
Elle constitue un hauban fixateur vertical entre les viscères et les aponévroses externes. C'est une région dotée d'un fort pouvoir d'adaptation notamment sur le plan postural (Rôle de poutre) et qui permet également de « filtrer » les afférences externes environnementales nocives. Elle protège, ainsi, l'intégrité du système « logistique » viscéral. Ce système joue également le rôle de « porte-flingue » des « gros » vaisseaux le cheminant.

Au niveau de la région dorso-thoracique, on trouve le médiastin. En ce qui concerne la région abdominale, l'UCC contient les piliers du diaphragme, le centre phrénique du diaphragme, les muscles psoas iliaques et leur fascia de recouvrement, le fascia iliaca. Et enfin, on trouve les viscères rétro-péritonéaux, en l'occurrence, les deux reins entourés de leur graisse péri-rénale. L'UCC de la région cervicale correspond à la loge viscérale du cou.

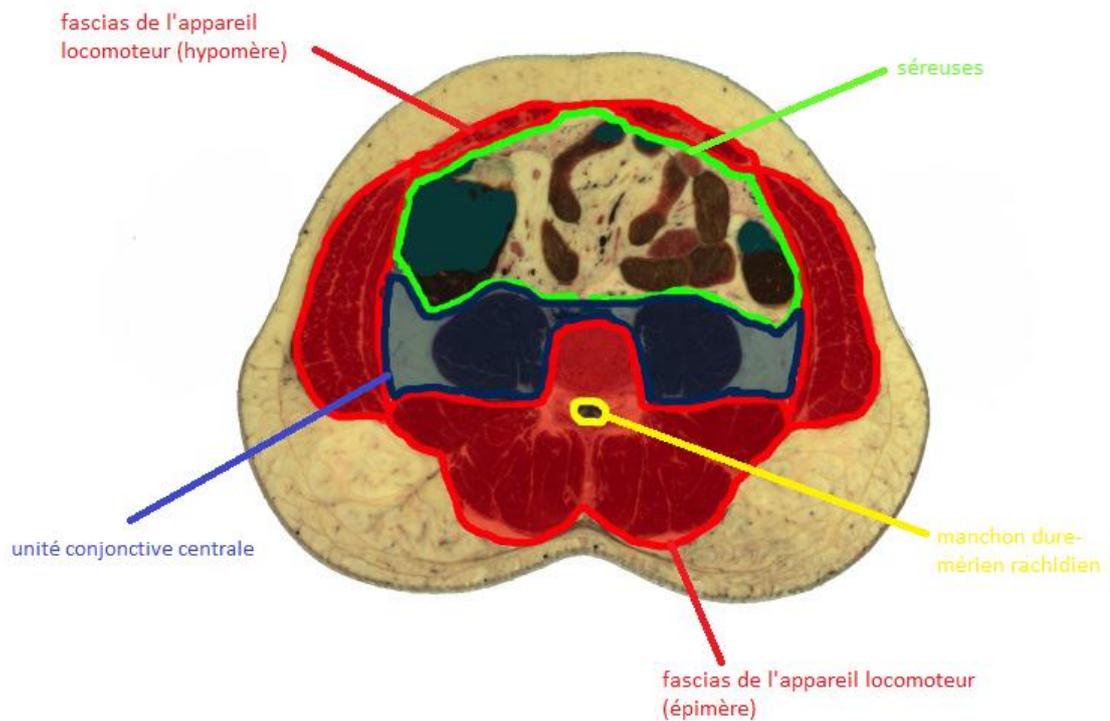
### *2-3-6 La dure-mère*

La dure-mère circonscrit et assure la protection du système nerveux central (ce dernier étant d'origine ectoblastique).

- Au niveau du crâne : elle tapisse la face interne des os plats de la voûte. La plicature de l'embryon va dédoubler ses feuillets (selon le même procédé que les séreuses), cloisonnant les différentes parties du cerveau. On note ainsi un cloisonnement sagittal (inter-hémisphérique) c'est la faux du cerveau, un cloisonnement horizontal (entre cerveau et cervelet) c'est la tente du cervelet et pour finir un cloisonnement sagittal sous-tentorial qui donnera la faux du cervelet.
- Au niveau du canal vertébral : elle entoure le canal rachidien depuis la base du crâne jusqu'à L2. A cet endroit, elle constitue un sac contenant l'ensemble des racines rachidiennes de la région caudale (« queue de cheval »).



**Figure 2: Segmentation mésodermique anatomo-physiologico-embryologique**



**Figure 3: Coupe horizontale abdominale faisant part de la hiérarchisation spatio-fonctionnelle des fascias**

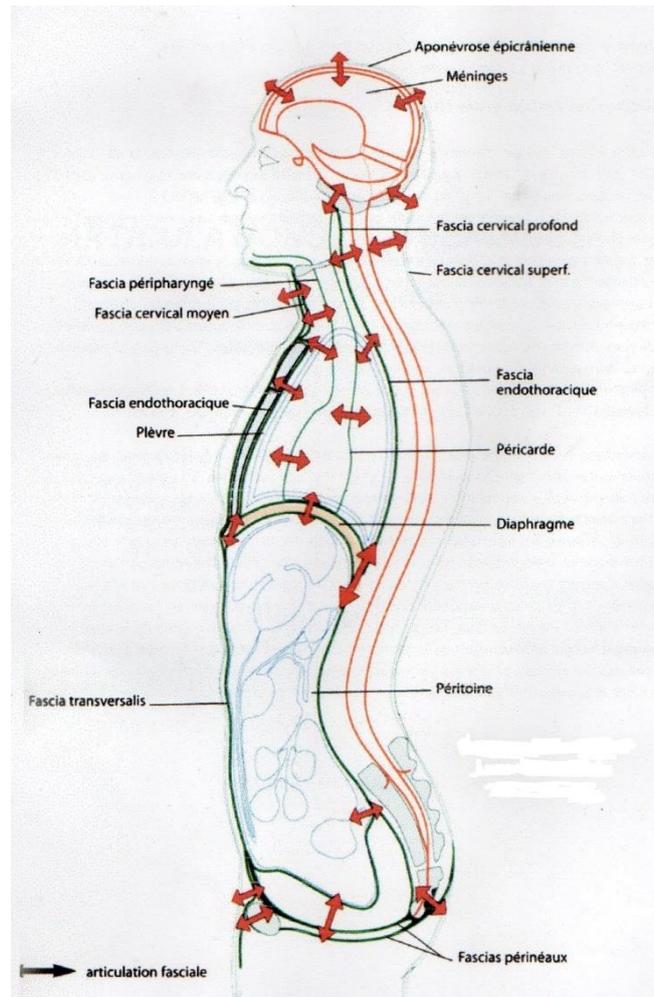


Figure 4: Organisation générale des fascias et leurs articulations. Tiré de l'oeuvre "les fascias" de Serge Paoletti

## 2-4 Histologie

### 2-4-1 Un réseau fractal chaotique

Le docteur J.C Guimberteau, chirurgien plasticien en microchirurgie, membre de l'académie nationale de chirurgie depuis 2005, cofondateur et directeur de l'institut aquitain de la main depuis 1980 à Pessac en Gironde, a effectué de nombreuses observations endoscopiques à propos de la constitution histologique du fascia. Ces études ont été réalisées, in vivo, à l'aide d'une caméra à fort grossissement. Elles permettent de mettre en évidence que le tissu fascial est composé de filaments fibrillaires allant dans toutes les directions.



**Figure 5: Photographie d'une structure fasciale effectuée à fort grossissement au microscope électronique**

Ces filaments, agencés de manière chaotique, déterminent des espaces lacunaires appelés vacuoles. Les dimensions de ces milliards de micro vacuoles n'excèdent pas les quelques microns. L'analyse au microscope électronique révèle que le cadre fibrillaire est constitué de collagène de type I à 70%, de type III et IV mais aussi d'élastine (20%), de fibre de réticuline et de lipides (4%). L'espace intra vacuolaire que l'on nomme aussi substance fondamentale est constitué de protéines (protéoglycanes, glycoprotéines, acide hyaluronique, chondroïtine sulfate...). Ces protéines se représentent sous la forme de gel, hautement hydrophile ayant un rôle de nutrition et de lubrification. La substance fondamentale joue un rôle prépondérant dans la nutrition des cellules du fait des échanges qui s'effectuent entre elle et les capillaires sanguins, qui siègent en abondance dans le tissu conjonctif fascial. Les fortes charges négatives, facilitent le passage ionique et attirent les molécules d'eau à l'intérieur de la vacuole, expliquant le rôle d'adaptation aux changements de pression et de tension. Cet ensemble intra vacuolaire permet de résister à la compression alors que les fibres de collagènes ou d'élastines résistent à la tension en développant des capacités à se déplier et replier sous la contrainte mécanique. Ce système de liaison permet le glissement optimal, sans à coup et sans contrainte, entre les différents plans anatomiques. Le collagène est la structure la plus abondante dans le tissu fascial. Elle est fabriquée à partir de la cellule de base de la matrice extra-cellulaire : le fibroblaste. C'est une cellule fusiforme ou étoilée possédant de longs prolongements cytoplasmiques. Selon le rôle du tissu conjonctif dans lequel elle se trouve elle pourra se différencier en chondroblaste, ostéoblaste, adipoblaste ou myoblaste. Au microscope optique, le cytoplasme est peu visible mais l'on peut nettement

apercevoir le noyau ovoïde allongé avec un ou deux nucléoles. Le cytoplasme contient tous les organites (Appareil de Golgi, ribosomes, réticulum endoplasmique granuleux) nécessaires à la production de macromolécule protéique et polysaccharidique du tissu conjonctif (collagène, élastine, protéoglycanes, glycosaminoglycanes...). Les fibroblastes ont également la capacité de sécréter d'autres molécules impliquées dans les processus de réparations tissulaire et dans l'entretien de la réaction inflammatoire (cytokines, facteurs de croissance, enzymes). Nous allons voir plus précisément le mécanisme de fabrication du collagène.

#### *2-4-2 Focus sur la trame collagénique*

Le tropocollagène est l'unité de base de tous les collagènes. Mais celui-ci ne peut-être produit dans la cellule. C'est pourquoi sa synthèse s'effectue à partir d'un précurseur : le procollagène. Cette synthèse se déroule, dans un premier temps, dans les ribosomes associés au réticulum endoplasmique de la cellule fibroblastique principalement. S'en suit une hydroxylation et une glycolysation des trois chaînes alpha composant le procollagène. Les trois chaînes alpha peuvent donc s'aligner parallèlement et s'enrouler en hélice pour former le procollagène. Ce dernier est exocyté via l'appareil de golgi et/ou des vésicules provenant du réticulum endoplasmique. Dans le milieu extra-cellulaire, la fibrillogénèse aboutit, par clivage, à la transformation du procollagène en tropocollagène. Ce même tropocollagène va subir une polymérisation aboutissant à la formation de fibrilles et de fibres de collagènes fonctionnelles. La maturation extracellulaire des fibres de collagène est essentiellement dépendante des protéoglycanes et glycosaminoglycanes présentes dans la substance fondamentale. Le renouvellement du collagène est lent dans les tissus stables et très rapides dans certaines conditions (cicatrisation, utérus pendant la gestation...).

## Fabrication du collagène

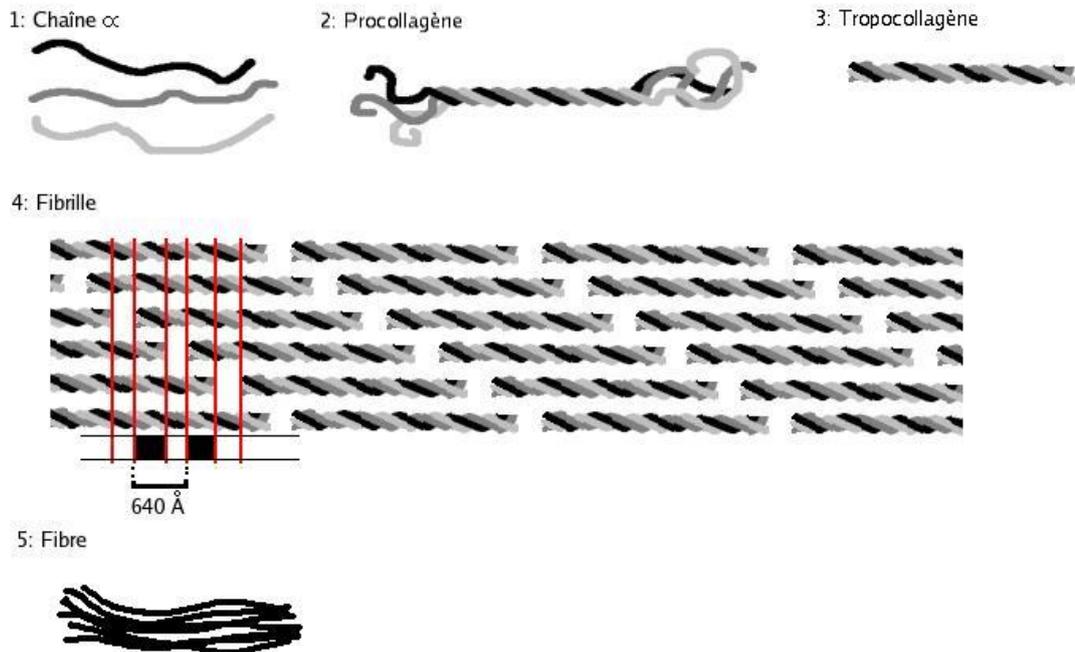


Figure 6: Schéma montrant les différentes étapes de formation du collagène

L'étude histologique permet de rendre compte des capacités mécaniques de ce tissu à s'adapter aux contraintes environnementales qui s'exercent sur ce dernier.

## 2-5 Problématique

L'anatomie descriptive classique considère muscles, tissus conjonctifs (fascia, tendon, ligaments) et os comme des entités distinctes. Pourtant, nous venons de voir que ces tissus dérivent tous de la même cellule souche mésenchymateuse qui se différencie, a posteriori, pour former un continuum. Chaque structure s'apparente donc à une densification relative du fascia en accord avec la fonction de cette dernière.

Nous considérerons, dans notre étude, le « tissu conjonctif » au sens large. Ainsi os, muscles, tendons, ligaments, fascias seront incorporés comme une entité globale structurelle et mis en relation, de la même façon, avec le concept biomécanique présenté par la suite.

Nous avons vu que l'attribut principal du tissu conjonctif fascial était son adaptabilité aux contraintes, via son système visco-élastique. Naturellement, il va de soi de se poser les questions suivantes :

Sur quel modèle s'appuie le tissu conjonctif fascial pour conserver son équilibre vital ? Quels sont les moyens de régulation de ce système dont le but fondamental est de rendre la vie pérenne ?

# 3-LA TENSÉGRITÉ

## 3-1 Contextualisation

Le mouvement est, sans conteste, l'attribut caractéristique des êtres vivants et le moyen qu'ils utilisent pour exprimer la vie. Que ce soit pour se déplacer, pour se nourrir, pour communiquer, pour faire ressentir ses émotions, l'animal au sens large doit pouvoir se mouvoir et sa raison d'être est incitée par le mouvement. Ces mouvements ont été décrits mécaniquement par un système de leviers isolés, régi par les lois de Newton (1642-1727) et de Galilée (1564-1642) principalement. Si ces lois jouissent d'une véracité quasi implacable pour expliquer la mécanique classique de structures non vivantes, elles présentent quelques incohérences lorsqu'elles sont appliquées à la biomécanique et plus particulièrement à la biomécanique humaine.

Ainsi, dans la mécanique classique, il existe une relation proportionnelle entre la contrainte sur une structure et la déformation qui se répercute sur cette même structure. C'est ce qu'a mis en évidence au XVIIème siècle Robert Hooke (1635-1703). Si cette linéarité était applicable au vivant, un haltérophile s'effondrerait sous le poids de la charge qu'il porte, ses disques intervertébraux rompraient, ses vaisseaux sanguins exploseraient et ses muscles se déchireraient.

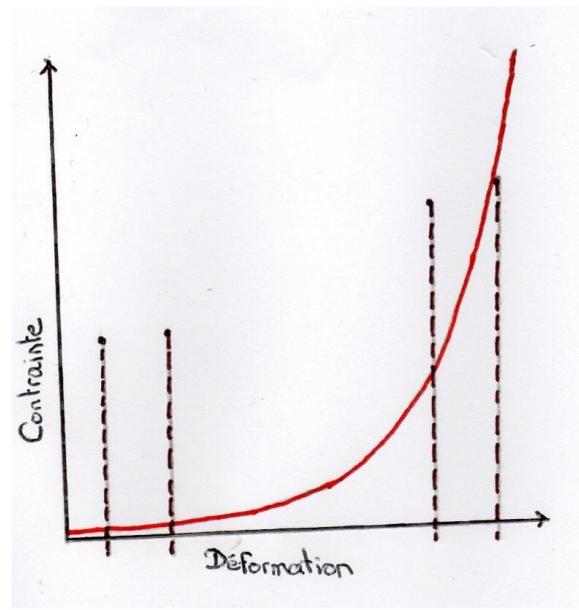


Figure 7: Courbe représentant le niveau de déformation en fonction de la contrainte exercée sur un système en tenségrité

Galilée a présenté sa loi « carré-cube » qui stipule que doubler la hauteur d'une structure viendrait à élever sa surface, sur laquelle il se tient, au carré et élever son volume (masse) au cube. Il est impossible de retranscrire cette loi sur le vivant. Si tel était le cas, le polygone de sustentation et la masse des animaux, comme les grands dinosaures, seraient tels, que ces derniers s'effondreraient sous leur propre poids. On remarque chez l'humain que les tissus sous fortes contraintes (dans la limite de la physiologie) demeurent flexibles et conservent leur stabilité alors qu'ils seraient susceptibles de se déliter s'ils obéissaient aux lois de la mécanique. Classique. La figure 7 illustre bien ces propos et montre que : « Pour une variation de contrainte donnée, la déformation et l'élasticité est plus importante pour des valeurs de contraintes faibles que pour des valeurs élevés. » Autrement dit, au-delà d'un certain seuil de contrainte, le système se rigidifie afin de ne pas rompre. Il convient donc de considérer un autre modèle mécanique permettant d'expliquer la dynamique biologique.

### **3-2 L'Histoire du concept de tenségrité**

Le terme « tenségrité » a été employé pour la première fois en 1975 par un architecte américain Richard Buckminster FULLER. Le mot « tenségrité » est issu de la contraction des mots « tension » et « intégrité ». L'émergence de ce concept a été le fruit de problématiques architecturales, sans impliquer le vivant, dans un premier temps. Effectivement, insatisfait des explications mécaniques conventionnelles qui utilisaient le cube et les angles à 90° comme référence, il découvrit un mécanisme structural conférant une plus grande stabilité aux systèmes. Il s'employa pour démontrer une architecture dynamique basée sur les principes de la nature. Ainsi, il découvrit qu'un système coordonné basé sur un angle de 60° et de forme autre que le cube, était beaucoup plus fondamental. Fonctionnellement plus efficaces, légères et dynamiques, ces nouvelles structures avaient les capacités de s'ajuster aux contraintes de l'environnement.

Si Buckminster Fuller a été l'instigateur de ce concept, c'est un de ses étudiants, Kenneth Snelson, qui concrétisa ce concept à travers l'élaboration d'une structure tensegrité de référence digne de ce nom. Cette structure, en apparence assez

simpliste, constitua la base de ce concept et fut à l'origine de réflexions plus complexes traitées aujourd'hui en biomécanique. Cette structure correspond à un ensemble d'éléments en compressions (tiges) au sein d'un réseau de câble tendus. Cette structure formée de deux « X » superposés en auto-équilibre apparaît comme flottante dans l'environnement.



Figure 8: Photographie de l'oeuvre en "X" de K.Snelson

Fuller reconnu immédiatement la pertinence de ce modèle :

*« Simple, comme une œuvre de pionnier, elle pointait néanmoins sur la possibilité de structures dans lesquelles forme et fonction étaient véritablement... unes, la configuration visible de la sculpture étant tout simplement la révélation de forces autres, invisibles ».*<sup>2</sup>

Ce modèle « simple » sera à la base de notre réflexion et le point d'ancrage au développement plus complexe à venir. L'intérêt de l'étude sera de tendre le plus possible vers une réalité mécanique et biologique.

---

<sup>2</sup> Citation de R.Fuller à propos de l'œuvre de Snelson. Tirée de l'ouvrage SCARR.G. Biotenségrité, base structurelle de la vie. Sully ; 2014.p23.

### 3-3 Le modèle mécanique de base

Le modèle de tensegrité est constitué de deux composants de base que nous venons de voir, des câbles et des tiges. La caractéristique de ces deux matériaux est qu'ils sont d'une solidité et d'une légèreté remarquables par rapport à leur taille. Qui plus est, ils deviennent encore plus solides lorsqu'ils sont en charge. Ainsi, les tiges donnent une impression de flottement au sein d'un réseau câblé en tension. Les deux composants forment une unité mécanique qui peut changer de forme avec un minimum d'effort et retourner à sa position originale. Les câbles, de par leur caractéristique élastique, essaient, sans cesse, de réduire leur longueur au maximum. Ils sont limités dans cette action par les tiges rigides qui maintiennent les deux extrémités du câble sous tension (pré-tension). C'est cette double influence de raccourcissement des câbles et de contraintes des tiges qui permet au système de tensegrité de se stabiliser dans l'espace, et ce, en recrutant un minimum d'énergie.



Figure 9: Photographie d'une maquette tensegrité de K.Snelson avec des tiges en compression et des câbles en tension

Nous avons vu dans cette description, la mécanique tensegrale de base la plus simple possible.

Il convient, pour extrapoler ce modèle à l'ensemble des structures, aussi complexe soient-elles, de considérer avec minutie l'agencement et le vecteur directionnel de chaque insertion (nœud) constituant la structure. La logique de cette étude étant de comprendre le mécanisme maximisant l'auto-stabilité de la construction tout en la rendant la plus efficiente possible d'un point de vue énergétique.

### **3-4 Une stabilité conformationnelle**

#### *3-4-1 Premiers principes*

Toutes les structures naturelles sont le résultat d'interactions entre les forces atomiques et les configurations équilibrées qu'elles établissent (attraction/répulsion). Ces forces agissent toujours en ligne droite et se connectent en empruntant le trajet le plus court. On parle ainsi de forces géodésiques. La géométrie géodésique compacte ainsi toutes les structures qui la constituent, permettant un rendement énergétique optimal. Elle est fondamentale à la formation de motifs et formes naturelles. L'attraction et la répulsion entre les atomes amènent les structures géodésiques à modifier leur état de compaction, et ainsi à modifier l'aspect de la structure, tout en conservant son équilibre. Il existe des modèles polyédriques ayant des attributs favorables à cette fonctionnalité efficiente et entrant, à part entière, dans la constitution du mécanisme de tensegrité.



Figure 10 : Photographie du dôme géodésique conçu par Fuller pour l'exposition de Montréal en 1967

#### 3-4-2 Les solides de Platon

Platon (428 av-JC -347 av-JC) et les Grecs de l'époque antique considéraient que cinq formes archétypiques faisaient parties des lois naturelles et pouvaient décrire toutes parties de l'univers. Ces cinq formes polyédriques sont le tétraèdre, l'octaèdre, le cube, le dodécaèdre et l'icosaèdre. Quelques particularités sont remarquables dans ces solides. Tout d'abord, ces solides en trois dimensions sont dit polyèdres réguliers car ils sont construits à partir de faces toutes identiques. Ensuite, chaque sommet est équidistant du centre et les lignes qui les joignent divisent la forme en parties égales. Ainsi, les contraintes énergétiques, soumises en tout point du solide, sont identiques quelque soit le point. Cette caractéristique permet de rendre la forme stable dans l'espace. Une autre particularité peut être mis en évidence dans l'ensemble de ces solides. En effet, chaque solide dépend d'un autre dans la mesure où il constitue son dual. Ce terme désigne une relation particulière dans laquelle le nombre de sommet d'un solide devient le même que le nombre de face de son homologue hiérarchiquement supérieur (sauf pour le tétraèdre qui est dual de lui-même).

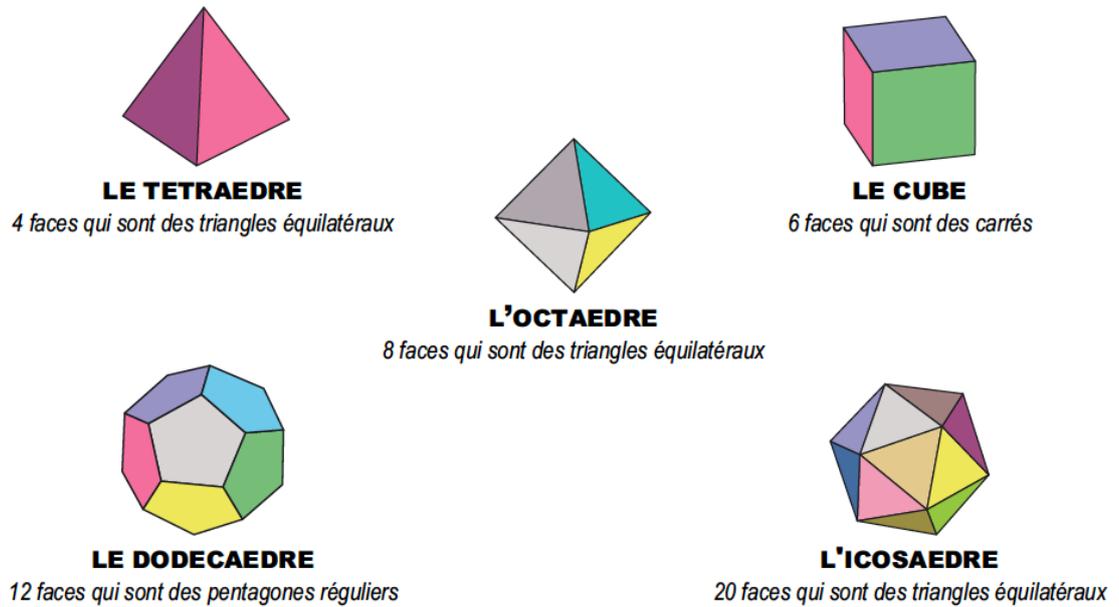


Figure 11: Représentation des cinq solides de Platon

Chaque solide peut également être placé à l'intérieur de son dual, de sorte que les sommets s'appliquent contre la face de l'autre. Ainsi, le cube présente huit sommets et l'octaèdre huit faces donc, ils sont duals. Et l'octaèdre peut s'inclure dans le cube. Il en ressort donc une proportionnalité entre ces solides et l'on peut relier chaque solide à l'autre par un coefficient universel : le nombre d'or (1,618...) Le nombre d'or est une constante mathématique irrationnelle qui décrit une proportionnalité continue équilibrée. En d'autres termes, la relation proportionnelle est maintenue entre différents composants où qu'ils se trouvent dans la structure. Ce nombre, se retrouvant en tout et de partout, tire véritablement son épingle du jeu dans une logique de stabilité et d'équilibre naturel et l'on doit le considérer, à sa juste valeur, dans la mécanique tensegre appliquée à la biologie.

« Dieu s'en est servi pour le Tout, quand il a dessiné l'arrangement final ». <sup>3</sup>

<sup>3</sup> PLATON, Timée 55a, environ -360 Av-JC

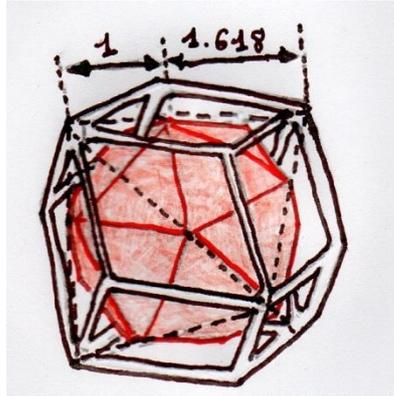


Figure 12 : L'icosaèdre se relie au dodécaèdre par l'intermédiaire du nombre d'or.

Parmi ces cinq solides, deux semblent tout particulièrement appropriés au modèle de tenségrité appliqué au vivant (biotenségrité). Ce sont l'icosaèdre et le tétraèdre. C'est ce que nous allons voir plus précisément.

### 3-5 De la simplicité à la complexité

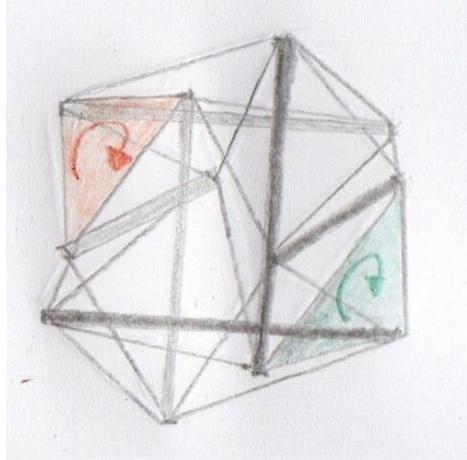
#### 3-5-1 Du modèle icosaédrique à la sphère biologique

L'icosaèdre a pour propriété principale le fait qu'il circonscrit le volume maximal au sein d'une étendue de surface minimale. Il tend donc à se rapprocher, le plus possible, de la sphère que l'on retrouve si abondamment dans la biologie. En effet, les surfaces moléculaires flexibles des bulles, des virus sphériques et du squelette cortical sont toutes des sphères naturelles basées sur l'icosaèdre. L'icosaèdre est très important dans la biotenségrité car ses parties composantes sont toutes également espacées du centre et tendent à se rapprocher un maximum de la distance des parties composantes d'une sphère le circonscrivant.

D'un point de vue structurel, ce modèle est formé à partir de trois paires de tiges. Chaque tige constituant la paire est parallèle à son homologue et chaque paire est perpendiculaire à une autre paire. Les trois plans de l'espace sont donc matérialisés par l'orientation à  $90^\circ$  de chaque paire par rapport aux autres.

D'un point de vue fonctionnel, il est plus utile de considérer les six tiges en deux groupes de trois. Chaque tige d'un même groupe est orientée à  $90^\circ$  par rapport aux autres et constitue, au sein du groupe, une torsion chirale. Parallèlement à cela, les trois autres tiges de l'autre groupe constituent une torsion chirale dans l'autre

sens. La chiralité opposée, entre les deux systèmes de triples tiges, stabilise ainsi l'entité icosaédrique dans l'espace. (Une entité chirale est une entité qui ne possède pas de centre de symétrie. Elle ne peut donc pas se superposer à son image dans un miroir).



**Figure 13 : Schéma représentant la base architecturale de l'icosaèdre en accord avec le principe de tensegrité.**

Par sa construction tridimensionnelle, renforcée par des tiges (rigides) orientées à  $90^\circ$  les unes par rapport aux autres et ses deux torsions de chiralités opposées, l'icosaèdre de tensegrité sert à modéliser le squelette cellulaire interne. Il n'est donc pas anodin de constater que ce modèle, appliqué à cette échelle microscopique, se retranscrit macroscopiquement sur des échelles relativement plus grande.

Par conséquent, on comprend comment le poids d'un animal à long cou peut être supporté si loin de son centre de gravité sans contraindre de manière exagérée ses charnières, et plus globalement ses tissus de support. Ce modèle explique également comment la colonne vertébrale peut fonctionner de façon optimale en position verticale et horizontale. Cette stabilité permet donc d'appréhender plus favorablement une force à laquelle chaque être vivant, et plus spécifiquement chaque humain (bipède) est soumis : la force de gravité.

L'icosaèdre, à travers toutes ses propriétés, semble être une des formes de base du vivant. Et pourtant les hiérarchies structurales observées macroscopiquement et microscopiquement révèlent l'omniprésence des sphères dans le monde vivant. La courbe semble être un autre moyen de minimiser l'énergie.

Nous allons donc voir comment l'icosaèdre, basé sur un modèle géodésique à ligne droite, peut entrer dans la constitution de la sphère à ligne courbe. Il convient, pour cela, de considérer deux nouvelles formes, toutes issues de l'icosaèdre. La première est l'icosidodécaèdre reliée à l'icosaèdre par de multiples symétries (troncature). La seconde correspond au dual de l'icosidodécaèdre: c'est le triacontaèdre rhombique. Ainsi, et nous y revenons, il existe une relation directe entre le nombre d'or et la structure de base tensegre, l'icosaèdre. Dans ce cas précis, il intervient concrètement afin de complexifier une structure, dans le but de la rendre la plus efficiente possible.

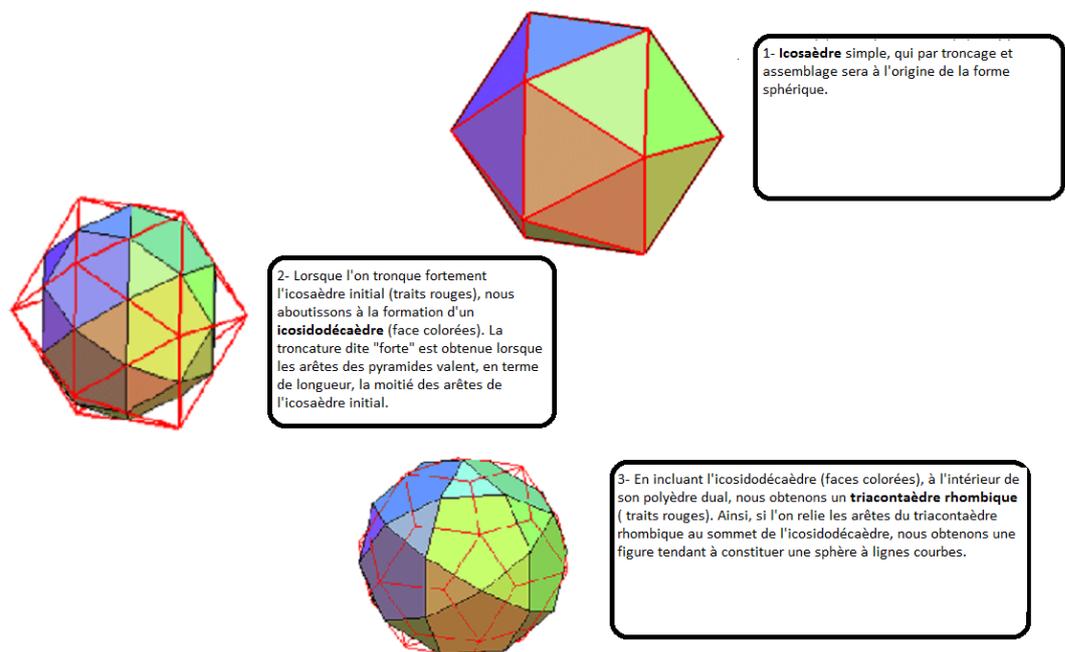


Figure 14: Etapes faisant part de l'évolution de l'icosaèdre vers l'unité sphérique

Pour la formation de la sphère, l'icosidodécaèdre et le triacontaèdre rhombique constituent les deux unités de bases. Ces derniers s'arrangent et se compactent dans l'espace afin de donner une structure de niveau hiérarchique supérieur : la sphère. Toutes les courbes, à une échelle plus petite, sont des lignes droites, tirant leur essence de la géométrie géodésique. Le chirurgien orthopédique américain Stephen Levin prétend que :

*« l'icosaèdre est la forme à moindre énergie en laquelle les formes biologiques se conforment et essaient toujours de se réduire. »*<sup>4</sup>

C'est lui qui fut à l'origine du concept de biotenségrité et qui adapta le concept tensegrité de B.Fuller à la biologie. Pour Levin et son associée franco-allemande, Danièle-Claude Martin, docteur en physique et chercheur et entraîneur dans le domaine du mouvement, l'icosaèdre devrait être considéré comme l'ultime élément de la structure biologique (Levin et Martin 2012).

*L'icosaèdre est « ...L'équilibre parfait entre compression et tension, uniformément déployé autour d'une courbe sphérique. La sphère de tensegrité est la forme la plus éphémère, la plus vraie représentant visuellement la propriété d'étirement dynamique, caractéristique de toute la géodésie. Pour Fuller, ce n'était rien moins que la parfaite démonstration faite par l'homme de l'efficacité optimale dans l'utilisation des matériaux »*<sup>5</sup>

Toutes les caractéristiques de l'icosaèdre et ses multiples symétries font de lui un modèle pour expliquer des mécanismes biologiques encore plus complexes : les torsions.

### *3-5-2 Du tétraèdre à la torsion hélicoïdale biologique*

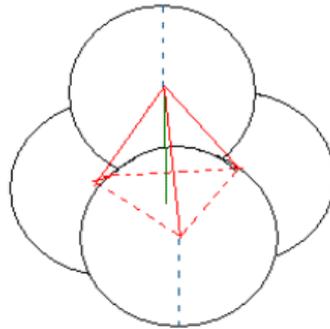
Le tétraèdre est un polyèdre formé par quatre faces triangulaires. Ainsi, si l'on place trois sphères de même circonférence sur un même plan et que l'on joint

---

<sup>4</sup> Citation de LEVIN.S tirée de l'ouvrage SCARR.G. Biotenségrité la base structurelle de la vie. Sully ; 2014.p122.

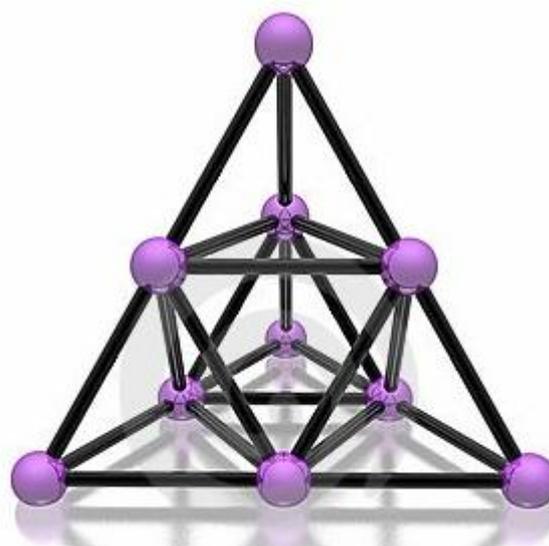
<sup>5</sup> BONNIE DE VARCO. 1997. Citation tirée de : SCARR.G. Biotenségrité, la base structurale de la vie .Sully ; 2014. p51. De Varco est un écrivain, anthropologue et ethnologue qui travaille actuellement en tant qu'archiviste de B.Fuller à l'université de Standford dans la silicon Valley.

leur centre, nous obtenons un triangle équilatéral (figure à deux dimensions, base du tétraèdre). Il suffit ensuite de placer une autre sphère (de même circonférence que les précédentes) au sommet et à égale distance des trois autres et de joindre le sommet de cette dernière au sommet des trois autres pour produire quatre sommets et un tétraèdre régulier (formé de triangles équilatéraux) en trois dimensions.



**Figure 15 : Modélisation d'un tétraèdre régulier à partir du modèle sphérique**

Le tétraèdre occupe le plus petit volume d'espace au sein de la plus grande surface développée. D'un point de vue énergétique, l'énergie que déploie le tétraèdre pour se stabiliser dans l'espace est minimale. Cette efficacité énergétique peut être majorée en augmentant la fréquence du tétraèdre. En d'autres mots, cela revient à créer un tétraèdre de plus grande échelle, résultant de l'apposition de tétraèdres de moindres échelles bâtis selon le même modèle.



**Figure 16 : Tétraèdre de fréquence augmentée**

On peut déjà, à ce niveau, mettre en évidence une hiérarchie, structurelle et conformationnelle, propice à rendre un système le plus fonctionnel possible.

L'icosaèdre permet d'aboutir, comme nous l'avons vu, à la formation de la sphère, qui elle-même est impliquée dans l'élaboration d'une structure plus complexe, le tétraèdre, qui en augmentant sa fréquence, augmente sa stabilité spatiale.

Et pourtant, bien qu'apparaissant comme complexe, le tétraèdre de haute fréquence ne fait office que de forme intermédiaire au sein d'une nature toujours plus complexe sur le plan organisationnel. Effectivement, au sein de l'échelle biologique la plus petite possible, cette échelle microscopique caractérisée par le cytosquelette cellulaire, le tétraèdre n'apparaît pas. Invisible à ce niveau, il semble être le modèle de construction d'une structure biologique immuable : l'hélice. Si l'on agence en série de nombreux tétraèdres, nous obtenons une chaîne prenant la forme d'une hélice. Ce système hélicoïdal, hiérarchiquement supérieur au tétraèdre, s'adapte à la fonction vitale notamment car, outre les attributs structurels du tétraèdre, l'hélice, via ses dissymétries droite ou gauche (Chiralité), devient une structure à haut rendement énergétique favorisant l'agrégation moléculaire.

De la même façon que ce que nous avons vu précédemment, chaque partie d'une hélice est issue d'une hélice plus petite au sein d'une hiérarchie structurelle que nous commençons maintenant à connaître.

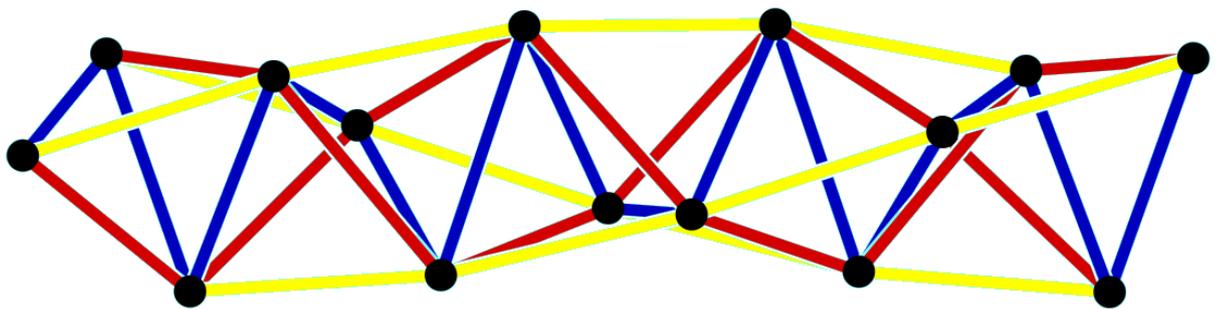


Figure 17: Représentation d'une hélice lévogyre formée à partir de l'association de plusieurs tétraèdres

Les segments consécutifs de la chaîne peuvent avoir la même chiralité ou une chiralité inverse. Si les segments sont de chiralités identiques (tourne vers la droite = dextrogyre – tourne vers la gauche = lévogyre), l'hélice se tordra lorsqu'elle est étirée ou comprimée et à l'inverse si les segments sont de chiralité opposées, l'hélice

résistera. Ses propriétés physiques prennent toute leur dimension au niveau des tubules biologiques afin de conserver l'intégrité de la structure cellulaire.

L'hélice est un motif courant de la structure protéique et un modèle général pour les développements spiralés dans une grande variété d'organismes et de structures, à de nombreux niveaux hiérarchiques.

Nous allons voir comment un modèle biologique structurel, si petit soit-il sur le plan hiérarchique, peut induire toute une cascade d'évolution permettant d'aboutir à la formation d'un individu aux caractéristiques dynamiques efficaces et propices à la pérennité de son existence.

### **3-6 Du modèle statique à la réalité biologique**

#### *3-6-1 La considération cellulaire*

Au cours des années 1970, alors qu'il était encore étudiant en licence, l'anatomopathologiste américain Donald Ingber, (Actuellement directeur de l'institut de biologie de l'université de Harvard) fut impressionné par la structure en tensegrité. C'est en assistant à un cours de sculpture en conception 3D que lui vint cette fascination. Très vite, il fit l'analogie entre le principe de tensegrité et le comportement des cellules développées en boîtes de Pétri. Le modèle en tensegrité s'aplatissait lorsqu'on le comprimait contre la table et se redéployait lorsqu'on le relâchait. Les cellules répondaient de la même façon en s'aplatissant au fond de la boîte de pétri lorsqu'on administrait une enzyme dégradant leurs adhésions agglutinantes. Cela l'amena à considérer que les cellules étaient peut-être, elles aussi, des structures en tensegrité.

Les différents composants de l'architecture cellulaire (cytosquelette), sont connectés de telle sorte que les microfilaments en tension sont équilibrés par les microtubules en compression. Les deux structures sont interdépendantes l'une de l'autre, le liant étant les filaments intermédiaires tendus également entre la membrane cellulaire et le noyau. Tous font partie de la dynamique cellulaire, qui assemble et désassemble ses composants moléculaires en réponse aux forces mécaniques produites sur ces microstructures tensegrales.

Ce cytosquelette nous intéresse particulièrement car il constitue une structure multifonctionnelle qui influence la forme de la cellule et la position des organites, active des cascades multi-signalétiques intracellulaires et contracte des liens avec les autres cellules et tissus. Grâce à des molécules d'adhésion comme les intégrines et les cadhérines qui unissent le milieu intra-cellulaire à la matrice extra-cellulaire, le cytosquelette est en relation directe avec l'extérieur de la cellule et donc de son environnement. Ces protéines transmembranaires créent ainsi un couplage qui transfère la tension générée au sein du cytosquelette vers la matrice extra-cellulaire et, parce qu'il existe entre elles un état de tension intrinsèque (pré-contrainte), le changement de tension de la matrice extra cellulaire provoque également un réalignement des structures du cytosquelette et modifie la forme et la fonction de la cellule.

Dans ce contexte on comprend mieux un des principes déjà prôné par A.T Still au XIXème siècle : « *La structure gouverne la fonction* ». <sup>6</sup>

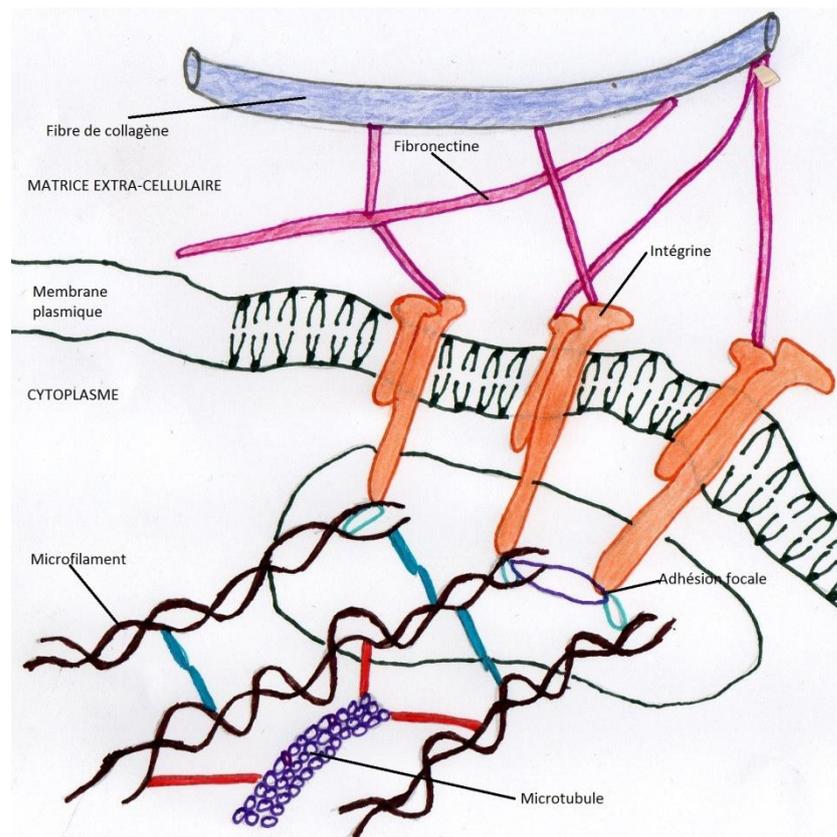


Figure 18: Schéma montrant le treillis squelettique interne relié à la matrice extra-cellulaire:

<sup>6</sup> A.T Still fonda officiellement l'Ostéopathie en 1874. Déçu par la médecine allopathique traditionnelle, il prône une vision globale de l'Homme empruntant une philosophie vitaliste. Ainsi, il mit en avant le rôle prépondérant de la structure dans la physiologie. Il rajouta que « structure » et « fonction » étaient également interdépendantes.

En 2008, Ingber a mis en évidence que les cellules capables de se distordre et de s'étendre ont un taux de croissance plus élevée.

Ainsi, les cellules arrondies deviennent apoptotiques et dégèrent alors que les cellules de forme intermédiaire se différencient. Ces travaux ont contribué à approfondir les connaissances du processus de mécanotransduction, mécanisme au cours duquel les signaux mécaniques sont transformés en signaux chimiques.

Par conséquent, les modifications de la forme cellulaire, à travers les modifications de l'état de tension du cytosquelette, influent sur l'activité du noyau cellulaire. Beaucoup d'enzymes sont attachées aux structures tenseuses cytosquelettiques et assurent les fonctions chimiques de la cellule, telles que la transcription de l'ADN en ARN messager, la traduction de l'ARN messager en protéine.

La mécanotransduction témoigne donc du lien entre le cytosquelette et le noyau cellulaire. Plus spécifiquement, cela met en évidence le lien entre deux structures tenseuses de niveaux hiérarchiques différents, à savoir l'ADN et les microfilaments, microtubules ou filaments intermédiaires du cytosquelette.

Les cellules vivantes sont des systèmes dynamiques au sein d'un environnement interne en état de flux constant. Le cytosquelette adapte, sans cesse, sa forme à la recherche d'un équilibre structurel et fonctionnel. Le transfert des forces mécaniques entre le cytosquelette et la matrice extra cellulaire peut conduire à une hyperplasie et une hypertrophie cellulaire contraignant les tissus environnants et influençant leur propre développement. A chaque fois que deux tissus adjacents se développent à des cinétiques différentes, la croissance rapide de l'un contraint le plus lent et l'étire sous l'action de la tension. L'élasticité du tissu contraint et la réponse cytosquelettique, en adéquation avec le principe de tensegrité, permettra à la contrainte de continuer à s'opérer physiologiquement.

De fait, des schémas multicellulaires complexes peuvent alors émerger suite à des réagencement spatiaux cellulaires ayant eu lieu à distance. Par ce même procédé et par les interactions continues du couple « cellule-matrice extra-cellulaire », le changement de conformation du tissu fascial pourrait s'étendre à tout l'organisme.

La cellule et son noyau sont donc la tour de contrôle d'un vaste système modélisant la forme de l'organisme.

*« La beauté de la vie, c'est...celle de la géométrie avec ses contraintes spatiales comme unique principe unificateur ».*<sup>7</sup>

### *3-6-2 Le fascia, une enveloppe tensegrité intelligente*

Nous continuons notre voyage à un niveau hiérarchiquement supérieur : la matrice extra-cellulaire. Force est de constater les similitudes architecturales et fonctionnelles de ce réseau ininterrompu. C'est ici, à ce moment là que les travaux du docteur J.C Guimberteau prennent tout leur sens. Bien que déjà abordés dans la première partie, une reconsidération de l'étude semble légitime. Effectivement, son exploration, ses hypothèses et ses découvertes s'incluent, à part entière, dans un système global multi-systémique régi par le principe de tensegrité. La compréhension de ce mécanisme n'en sera donc que meilleure. Cette étude histologique fonctionnelle du fascia permet de mettre en exergue les propriétés majeures de ce dernier.

Nous ne reviendrons pas sur la description analytique de ce tissu mais nous mettrons l'accent sur la dynamique de ce tissu. Ce tissu, qui assure l'efficacité du glissement des structures sous-jacentes, est composé d'un réseau fibrillaire qui semble, de prime abord, désordonné et sans logique apparente. Ce réseau fibrillaire, dans sa conformation, semble être, à échelle supérieure, le pendant des microtubules intracellulaires. Ainsi ce que sont les microtubules, microfilaments et filaments intermédiaires pour le noyau, les fibrilles le sont pour la cellule au sein de la matrice extra-cellulaire. Bien que l'agencement de ces fibrilles fasciales soit chaotique, une tension du tissu modifie la forme et la direction de ces fibres en adéquation avec le sens et l'intensité de la traction.

C'est pourquoi, une fibre peut s'épaissir, s'amincir, changer son vecteur directionnel ou même se diviser lorsqu'elle est contrainte.

---

<sup>7</sup> INGBER. D. 2007 Citation tiré de SCARR.G. Biotensegrité, la base structurelle de la vie ; Sully ; 2014. p 69.

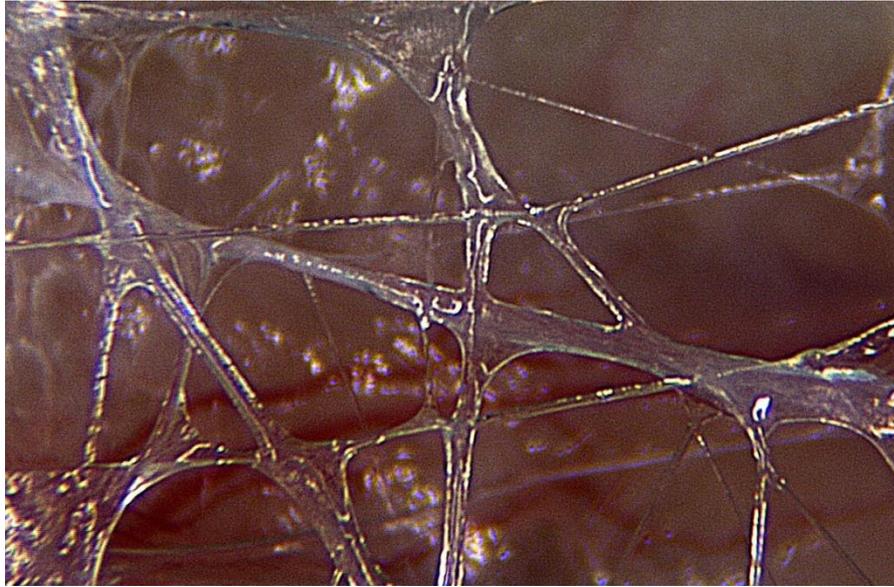


Figure 19: Organisation omnidirectionnelle des fibres de collagènes fasciales

Ces observations créèrent chez J.C Guimberteau, médecin et cartésien dans l'âme, un bouleversement qui l'amena à reconsidérer l'analytique classique qui lui avait été enseignée.

Ainsi, la matière est constituée d'éléments qui ne sont pas disposés en vrac. Ils occupent l'espace de façon optimale dans le but de maintenir une pré-tension permanente sur le tissu contraint, l'empêchant de s'étirer ou de se comprimer de manière excessive. L'espace micro-vacuolaire constitué par les croisements entre les fibrilles permet d'expliquer les capacités de l'être vivant à remplir « l'espace-matière » du corps. En somme, il n'y a aucune rupture dans le corps humain (en dehors de toutes pathologies).

L'intérêt de ce système est de conserver l'intégrité de la structure qui, comme nous l'avons vu, préservera toute ses capacités fonctionnelles.

Si le fascia répond à toutes ces prérogatives, c'est notamment en grande partie grâce à une protéine présente en abondance dans sa matrice : Le collagène. Cette protéine incarne en tout point ce « voyage » à différentes échelles hiérarchiques pour aboutir à sa fonction définitive : unir et protéger l'entité tissulaire.

Echelle	Forme collagénique	protéique	Influencée par :
Noyau	Chaîne aminés	alpha d'acides	Brin d'ADN
Cytoplasme	Triple procollagène tropocollagène	hélice alpha = puis	Organites et cytosquelette cellulaire
Matrice extra cellulaire fasciale	Fibres de collagène matures		Fibrilles

Figure 20: Etapes de la formation du collagène à différents niveaux hiérarchiques

Grâce aux fascias et ses composants, le corps ne souffre d'aucune solution de continuité. Il rassemble, supporte et dynamise toutes les structures du corps humain. Ce système fibrillaire, à haute densité d'interconnexions, n'a pour but que de favoriser la vie. On le retrouve dans toutes les structures vivantes et à de nombreux échelons. Et lorsque l'on gravit ces échelons, le leitmotiv reste le même, « s'adapter et permettre la vie ».

Ce fascia qui assemble, mobilise doit donc s'adapter ; s'adapter à la posture, à la gravité, à la bipédie de l'être humain, à la mobilisation des membres, à la préhension... Pour cela, à certains endroits le fascia se densifie, il se spécialise en tissu conjonctif plus ou moins dense selon la contrainte qui s'y opère.

### *3-6-3 Le tissu conjonctif mésocinétiq ue comme structure dynamique et unificatrice*

Par commodité pédagogique, les manuels d'anatomie ont pour habitude de classifier et de considérer les tissus comme des entités distinctes selon leur fonction ou leur densité. Les os forment le système « squelettique », les muscles forment le système « musculaire » et le fascia forme le système de « tissu conjonctif ». Pourtant, au cours du développement embryonnaire, comme nous l'avons vu, tous ces tissus dérivent d'une même cellule souche embryonnaire, à savoir la cellule souche mésenchymateuse. C'est à partir de cette cellule souche que se forme le continuum de la vie. C'est par ce dénominateur commun que tous les tissus entretiennent des relations fonctionnelles et structurelles propices à l'activité humaine, et plus

globalement à l'activité du vivant. Pour illustrer ces similarités, il suffit de comparer à un même niveau d'organisation hiérarchique, l'architecture de chacun de ces tissus.

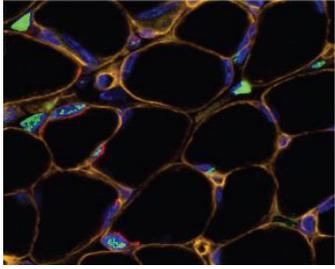
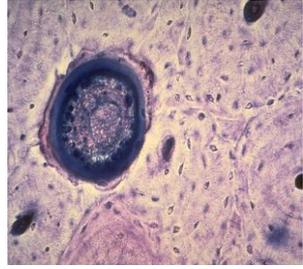
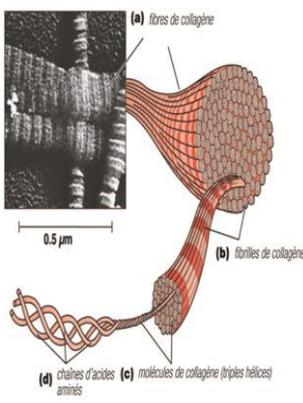
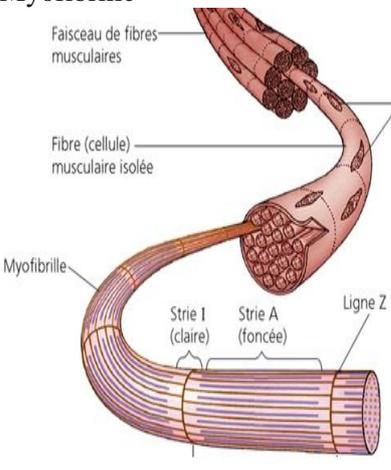
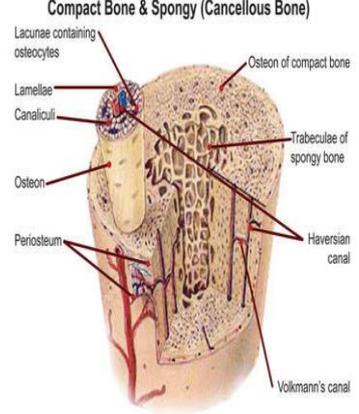
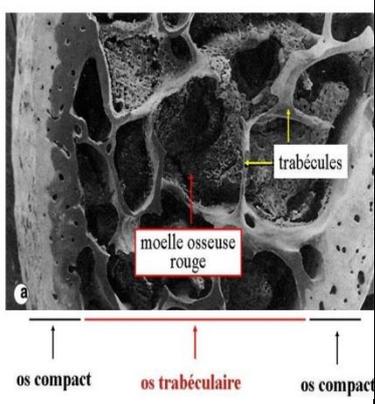
Echelle	Fascia	Muscle	Os
Niveau 1	<p>Fibroblastes</p> 	<p>Cellule musculaires satellites</p> 	<p>Ostéoblastes</p> 
Niveau 2	<p>Fibres de collagène, réticuline, élastine</p> 	<p>Myofibrille</p> 	<p>Ostéon</p> 
Niveau 3	<p>Système micro-vacuolaire</p> 	<p>Fibre musculaire</p> 	<p>Trabécules osseuses</p> 

Figure 21: Schéma d'organisation conjonctive à différents niveaux hiérarchiques selon la densité et la fonction du tissu. (Le niveau 1 correspond au niveau hiérarchique le plus petit et le niveau 3 au niveau hiérarchique relatif le plus grand pour la comparaison effectuée)

Intrinsèquement, chaque structure conjonctive est formée, sur le plan architectural, de la même façon que les autres structures conjonctives. Nous aurions pu rendre cette analogie plus significative en incluant les vaisseaux, les ligaments et les tendons dans la comparaison. La finalité n'aurait pas changé. Dans cette comparaison à trois niveaux d'échelle, nous retrouvons toutes les caractéristiques du système de tenségrité.

- La première est le niveau cellulaire.

Nous avons vu, au préalable, comment les interactions nucléaires, cytoplasmiques et extracellulaires se combinaient afin de répondre aux besoins spatiaux (structure) et aux besoins organiques (fonction) de la cellule via le mécanisme de tenségrité et le mécanisme de mécano-transduction qui en découle.

- La seconde est la disposition tubulaire hiérarchique.

Chaque tube, de plus petit niveau structurel, prend part dans la formation d'un tube de plus haut niveau. Ce schéma se répète maintes fois jusqu'à joindre l'échelle microscopique et macroscopique.

- La dernière est la répartition fractale, anarchique des fibres constituant le tissu.

Cette configuration permet d'étirer le tissu dans toutes les directions possibles en accord avec le vecteur de contrainte qui s'impose sur ce dernier.

En considérant cela, difficile de cloisonner, de mettre un nom ou d'attribuer un rôle exclusif à chaque entité conjonctive décrite par l'anatomie analytique. Tout ne serait qu'une question de densité, où les os joueraient un rôle d'éléments en compression et les tissus mous joueraient le rôle de câble tendus plus ou moins contractiles et extensibles selon qu'ils soient tendons, fascias, ligaments ou vaisseaux.

D'ailleurs, le continuum conjonctif et les relations que nourrissent chaque tissu semblent parfois très subtil, et plaide en la faveur d'un tissu unique et global. Effectivement, d'après la physiologie articulaire classique, les tendons et les ligaments transfèrent leurs forces et leurs tensions à travers les articulations synoviales grâce à un système conjuguant leurs actions. Ainsi, les tendons transfèrent la force de contraction musculaire aux os et les ligaments agissent comme des câbles guidant le mouvement et limitant les amplitudes articulaires extrêmes physiologiques. Tout cela est juste mais est à compléter avec les relations fasciales.

Par exemple, le muscle biceps brachial, quelques centimètres avant sa terminaison sur le radius va « prêter » quelques unes de ses fibres pour le fascia de recouvrement antébrachial. Ce même fascia sera dans son tiers distal épaissi pour former le rétinaculum des extenseurs (ligament annulaire dorsal du carpe) contenant ainsi les tendons extenseurs. Autre exemple, le muscle supinateur de l'avant bras partage des fibres avec le faisceau moyen du ligament collatéral radial. Au membre inférieur, le tendon récurrent du muscle semi membraneux se termine sur le ligament poplité oblique sur la coque condylienne latérale de genou. Au pied, le muscle carré plantaire a pour origine une structure fasciale, à savoir l'aponévrose plantaire.

Ces quelques exemples témoignent de l'unicité et de la continuité de tous les tissus conjonctifs et il est très compliqué de définir où se termine l'un et où commence l'autre.

C'est pourquoi l'adjectif « mésocinétique » a été employé par Levin et Scarr (Biologiste et ostéopathe anglais diplômé de microbiologie) en 2012 pour qualifier ce tissu conjonctif. Le mot « méso » renvoie au terme mésoderme qui désigne le feuillet embryologique à l'origine de toutes les structures conjonctives. Le terme « cinétique » désigne la description mécanique dynamique de corps en mouvement.

Le système mésocinétique se comporte comme un organe dynamique dont l'équilibre fonctionnel et structurel fait office de substrat pour le concept mécanique de tenségrité.

#### *3-6-4 Le système tensègre mésocinétique : une adaptation mécanique globale orchestrée par le câblage neurologique*

Le système en biotenségrité permet aux multiples niveaux hiérarchiques d'être intégrés en une complète unité fonctionnelle, et ce, en partant des molécules du cytosquelette cellulaire pour aller jusqu'à l'organisme entier.

Cette unité fonctionnelle, formée à partir d'éléments tissulaires en compressions et en tensions, permet à la structure d'être précontrainte en permanence à l'état basal.

Cette caractéristique fait d'elle une structure élastique hautement adaptable aux effets des forces externes. A la fois légère, solide et déformable, la structure en biotenségrité s'équilibre automatiquement dans une position stable, en dépit des forces qui s'exercent sur elle (dans la limite de sa physiologie). Elle contribue donc, sur le plan structurel et énergétique, au maintien de l'homéostasie de l'être.

L'homéostasie est un système de préservation des constantes du milieu intérieur, auto-régulateur du fonctionnement physiologique de l'individu, et ce, quelque soit l'évolution des contraintes provenant du milieu extérieur. Ainsi, par ce principe, le pH sanguin, la température corporelle, la glycémie... sont maintenues dans des « normes » physiologiques, indépendamment des conditions environnementales.

Le continuum conjonctif englobé de son tissu fascial, que nous avons légitimement appelé système mésocinétiq ue, révèle, en tous points, les caractéristiques efficaces de la biotenségrité. Cette « non solution de continuité » corporelle crée cependant une rupture avec le système anatomique et mécanique décrit classiquement.

Incontestablement, le fonctionnement du système conjonctif mésocinétiq ue dépend d'un grand nombre d'interactions mécaniques comme nous avons pu le voir, mais il dépend aussi d'un grand nombre d'interactions nerveuses, chefs d'orchestre de cette régulation. C'est ce que nous allons présenter dans la prochaine partie.

# **4-LA PLASTICITÉ FASCIALE**

## **4-1 Introduction sur la plasticité fasciale**

Dans le chapitre précédent, nous avons montré que le fascia était un élément primordial dans l'adaptation et la conservation de l'intégrité corporelle face à une contrainte physique.

Simplement, il serait réducteur d'envisager le fascia seulement par rapport à ses attributs biomécaniques. Des études (SCHLEIP.R. Plasticité fasciale, une nouvelle explication neurobiologique. 2003) ont montré que la simple considération mécanique du tissu fascial ne pouvait pas expliquer la rapidité de réponse et l'adaptation, à long terme, de l'entité conjonctive dès lors que cette dernière était soumise à une force mécanique.

Cela suggère la participation d'un second système de régulation biologique : le système nerveux.

## **4-2 Les limites de la mécanique**

En 1977, une biologiste américaine, Ida Rolf, tenta expérimentalement de mettre en évidence une relation entre la contrainte mécanique s'opérant sur le tissu conjonctif et la réponse de ce tissu, en rapport avec le stimulus initial. Elle appliqua une pression considérable, avec sa main ou son coude, sur les feuillets fasciaux, afin de changer leur densité et leur disposition. Selon elle, le tissu conjonctif est une substance colloïdale (substance hydro-protéique) dans laquelle la substance fondamentale peut être influencée par l'application d'une énergie (chaleur, pression mécanique). L'application de cette énergie changerait la consistance globale du tissu, la faisant passer d'un état de « gel » plus ou moins dense à un état de fluide, comme pourrait répondre la gélatine ou le beurre à la suite d'une application calorifique ou mécanique.

Cette transformation, appelée thixotropie, est identifiable sur le tissu conjonctif à condition que la contrainte soit exercée au moins pendant une minute et trente secondes.

Dans ces conditions là, comment expliquer la malléabilité tissulaire à court terme (immédiate ou sous quelques secondes) du fascia ? En effet, si l'on considère le modèle thixotropique, il faudrait, pour que celui-ci soit efficace immédiatement, exercer une contrainte extrêmement puissante sur le tissu. L'intensité de ces contraintes occasionnerait des lésions tissulaires. Auquel cas nous ne serions plus dans une réponse fasciale adaptative, physiologique et bénéfique à l'organisme.

L'activité électrique du fascia doit donc être étudiée et mise en étroite relation avec les attributs mécaniques que nous venons d'énoncer.

### **4-3 L'organisme, une entité « cristal liquide » chargée électriquement.**

#### *4-3-1 La piézoélectricité*

Le professeur Oschman est un médecin américain ayant consacré une grande partie de son travail aux influences énergétiques façonnant l'organisme. Actuellement, James Oschman est membre du conseil consultatif scientifique de la Fondation nationale pour la médecine alternative à Washington D.C. Ce dernier a dit :

*«Grâce à la piézoélectricité, chaque mouvement du corps, chaque pression et chaque tension quelque soit la place où ils se produisent, induisent une variété de signaux oscillants ou des micro-courants. Si toutes les parties de l'organisme sont coopératives et coordonnées dans leur fonctionnement et si chaque cellule sait ce que font les autres cellules, c'est grâce à la continuité et aux propriétés de signalisation du tissu conjonctif».*<sup>8</sup>

Il a considéré le modèle piézoélectrique comme explication de la réaction fasciale en réponse à une pression mécanique. Le terme « piézo » désigne la pression manuelle.

Ainsi, le principe de piézoélectricité, associée à la biologie, est un principe selon lequel la pression manuelle transforme une énergie mécanique en énergie électrique.

---

<sup>8</sup> Citation de J.Oschman tirée de « Histologie et physiologie de la matrice ». IAH AC Matrice histologie et physiologie. 2008. p39. Source : <http://iah-online.com/cms/docs/doc35694.pdf>.

Au niveau fascial, cet influx électrique va stimuler la production de fibroblaste (activité cellulaire) et, a fortiori, la production de collagène (modification structurale). Effectivement, le tissu conjonctif fascial a les mêmes attributs que certains cristaux dit « piézoélectriques » (Quartz, tourmaline). Ces structures ont la capacité de générer un champ ou un potentiel électrique sous l'action d'une contrainte mécanique. Le stimulus mécanique va agir sur l'équilibre électrique (ionique) de la cellule fibroblastique permettant la transmission de l'information nerveuse vers les centres intégrateurs cérébraux.

#### *4-3-2 Transmission de l'influx nerveux*

Au niveau biologique, l'action de la main sur le tissu aboutit à une dépolarisation électrique des cellules neuronales l'innervant. En d'autres termes, cela entraîne le passage transitoire du potentiel de membrane intra-cellulaire d'une valeur négative dite de « repos » (-70 mV) vers une valeur positive (35 mV).

Le potentiel de repos est un état basal (dépourvu de toute stimulation) au cours duquel la sortie constante d'ion potassium ( $K^+$ ) du milieu intra-cellulaire vers le milieu extra-cellulaire tend à rendre négatif électriquement le milieu intra-cellulaire. Cette fluctuation constante d'ion potassium en dehors de la cellule est régie par son gradient de concentration. Effectivement, étant en plus grand nombre à l'intérieur qu'à l'extérieur de la cellule, les ions  $K^+$  en sortent passivement. Les ions sodium ( $Na^+$ ), ont tendance à emprunter le chemin inverse en réintégrant le milieu intra-cellulaire. Ces échanges se font grâce à une pompe, la pompe Na/K ATPase. Simplement, la membrane, au repos, étant bien moins perméable aux ions sodium qu'aux ions potassium, il sortira plus d'ion potassium que n'entrera d'ion sodium.

En revanche, quand un stimulus mécanique dépassant le seuil de décharge du neurone est appliqué, l'ouverture des canaux sodiques est activée (initialement fermés à l'état basal) faisant entrer massivement les ions  $Na^+$  à l'intérieur de la cellule. Le milieu intra-cellulaire devient électropositif, c'est la dépolarisation. Cette dépolarisation fait suite, quelques millisecondes plus tard, à une repolarisation, due à la fermeture des canaux sodiques. Cette étape est caractérisée par une sortie excessive d'ions  $K^+$  de la cellule qui, temporairement, va s'hyperpolariser avant de retrouver sa valeur de repos via la régulation de la pompe Na/K ATPase.

Cette trilogie, « Dépolarisation-hyperpolarisation-repolarisation » constitue la genèse d'un potentiel d'action. C'est la transmission saltatoire de ce potentiel d'action le long de l'axone neuronal qui sera le transmetteur de l'information mécanique initiale.

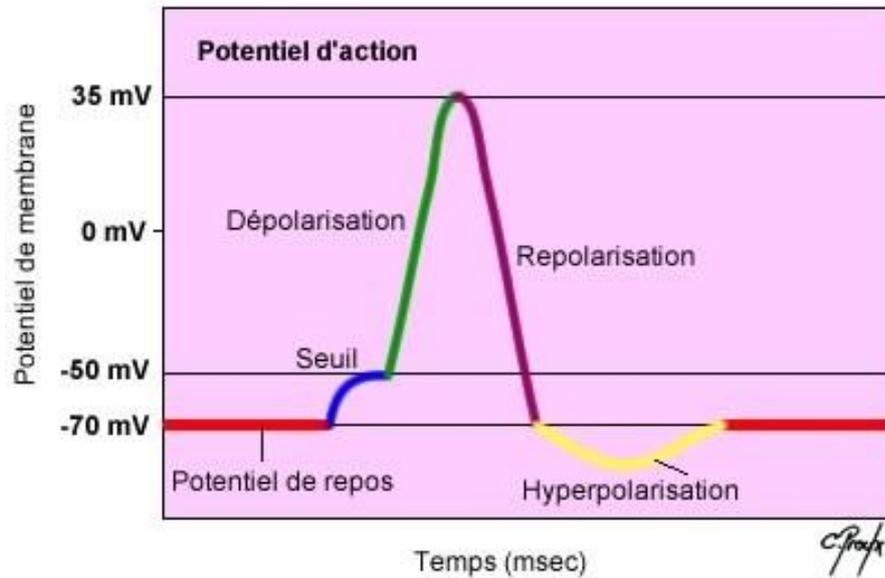


Figure 22: Représentation des variations de potentiels de membrane lors d'un potentiel d'action

Simplement, seuls les neurones et les cellules musculaires peuvent se dépolariser spontanément. La capacité de dépolarisation du fascia dépend de la présence de récepteurs intra-fasciaux spécifiques captant la pression mécanique et la transduisant, d'une information mécanique locale en une information électrique générale.

C'est cette duologie « tissu fascial – Récepteurs intra fasciaux » que nous allons maintenant développer.

## 4-4 Les récepteurs intra-fasciaux

### 4-4-1 Les corps de Pacini

Le professeur en génie biomédicale, L'hocine Yahia (actuellement professeur de génie mécanique à l'école polytechnique de Montréal), a mis en évidence, à

travers une étude menée en 1992 sur le fascia thoracique, la présence de plusieurs récepteurs intra-fasciaux. Il a noté la présence de récepteurs de Pacini sensible à des manipulations de haute vélocité mais aussi sensible a des techniques vibratoires. Ces derniers sont préférentiellement observés sur le versant tendineux des jonctions myotendineuses. Ils sont aussi fréquents dans les parties profondes des capsules articulaires, dans les ligaments vertébraux profonds et dans les fascias de recouvrement des aponévroses musculaires. On les trouve donc dans les fascias antébrachiaux , cruraux, abdominaux, les fascias massétéris, latéraux de la cuisse, dans les tissus plantaires et palmaires et dans le péritoine. Au niveau du genou, les corps de Pacini sont plus denses dans les parties médiales et latérales.

D'un point de vu fonctionnel, ces récepteurs sont dit phasiques ou à adaptation rapide. En d'autres mots, une réponse effectrice se manifeste, quasiment instantanément, après stimulation du récepteur mais elle diminue rapidement même si le stimulus est maintenu dans le temps.

#### *4-4-2 Les récepteurs de Ruffini*

Dans ses recherches, le professeur Yahia a également pu montrer l'existence de récepteurs sensibles à la pression lente et profonde. Ce sont les récepteurs de Ruffini. On les trouve abondamment dans les tissus soumis à un étirement chronique. La couche superficielle des capsules articulaires, la dure mère, les ligaments des articulations périphériques et le fascia dorsal profond de la main y sont pourvus. Au niveau du genou, les terminaisons de Ruffini sont plus nombreuses au niveau des compartiments capsulo-ligamentaires antérieurs et postérieurs.

En opposition avec les récepteurs de Pacini, les récepteurs de Ruffini sont qualifiés de toniques ou à adaptation lente. Ils engendrent une réponse maintenue tout au long du stimulus. Ils jouent, entres autres, un rôle postural, pour le maintien de l'équilibre dans l'environnement.

#### *4-4-3 L'organe tendineux de Golgi*

Indépendamment du travail de Yahia, et déjà connu antérieurement, l'organe tendineux de Golgi fait également office de récepteur fascial. On retrouve cette

structure dans les ligaments et capsules articulaires. Dans ces zones là, sa fonction est proprioceptive et son but est de renseigner la position de l'articulation dans son environnement spatial. Aussi présent au niveau des jonctions myotendineuses, (plus sur le versant musculaire que sur le versant tendineux) son rôle, à cet endroit, est de quantifier la tension qui s'exerce sur le tendon du muscle.

Physiologiquement, l'organe tendineux de Golgi est stimulé lors d'une contraction du corps musculaire correspondant. Si la contraction est excessive, le récepteur de Golgi va réduire l'activité du motoneurone alpha du muscle (via un interneurone inhibiteur spinal) et diminuer, voire interrompre, l'action contractile. Cette description reste toutefois simplifiée. Le mécanisme de régulation tensionnel fait intervenir d'autres facteurs plus complexes que nous ne détaillerons pas.

Il existe, probablement, une autre manière de stimuler l'organe tendineux de Golgi myotendineux, c'est l'étirement passif et violent du muscle.

#### *4-4-4 Les récepteurs interstitiels*

Il existe un quatrième groupe de mécanorécepteur intra-fascial : les récepteurs interstitiels de type II et IV. Ces derniers ont été mis en évidence par le professeur en médecine, ingénieur en biomédecine et cardiologue Jere Mitchell en 1977. (Aujourd'hui J.Mitchell officie à l'université du Texas Southwestern medical center à Dallas). Dans son étude « Cardiovascular reflex control by afferent fibers from skeletal muscle receptor » publiée en 1983, le médecin américain a montré que la majorité des récepteurs interstitiels répondaient à la pression ou à la tension mécanique. Ce sont les récepteurs les plus abondants que nous retrouvons dans tous les types de fascias.

Ils ont la capacité de réagir à des unités de pression à seuil bas (unité LTP) mais aussi à des unités de pression à seuil élevé (unité HTP). Ainsi, ils peuvent aussi bien répondre à un contact très léger comme pourrait l'être le « pinceau d'un peintre » (Mitchell et Schmidt, 1977) qu'à une pression profonde prononcée.

Les mécanorécepteurs interstitiels ont aussi un rôle dans la thermoception, la chémoception et la nociception. Par conséquent, certaines conditions physiologiques (mécanique, thermique, chimique) seraient propices à stimuler ces nocicepteurs. Cela

argumente en la faveur qu'une douleur peut exister sans qu'il y ait forcément de contraintes mécaniques sur les structures nerveuses (Chaitow et DeLany, 2000).

Outre ces attributs multimodaux, ces récepteurs sont également en lien avec le système nerveux autonome.

## **4-5 Un lien privilégié avec le système nerveux autonome (SNA).**

### *4-5-1 Qu'est-ce que le SNA ?*

Le système nerveux autonome est chargé de l'innervation du milieu intérieur de l'organisme. Son champ d'innervation concerne les organes, les glandes endocrines et exocrines, la vasomotricité, la bronchomotricité et le fascia. Il innerve donc toutes les fibres musculaires lisses et le muscle strié cardiaque. D'un point de vue sensitif, il transmet la sensibilité viscérale et fasciale. Il est composé de deux systèmes anatomo-physiologiques caractéristiquement antagonistes mais fonctionnellement complémentaires. On distingue :

- Le système parasympathique : trophotrope (propice à la restauration d'énergie) ;
- Le système orthosympathique : ergotrope (propice à la dépense d'énergie).

Il convient maintenant d'inclure le mécanisme de régulation de la dynamique fasciale au sein du fonctionnement neurovégétatif.

### *4-5-2 La réaction trophotrope*

Lors de manipulations fasciales, un changement de viscosité, de malléabilité du tissu est très souvent perceptible sous la main du praticien. C'est la « plasticité fasciale ». Par rapport à ces manipulations, l'étude du neurobiologiste de l'université de Californie à Los Angeles, Lawrence Kruger (KRUGER.L. Cutaneous sensory system. 1987) a constaté que les récepteurs de Ruffini étaient particulièrement sensibles aux forces tangentielles, à l'étirement latéral et aux pressions lentes et prolongées.

D'un point de vue clinique, ces techniques lentes et tangentielles ont tendance à diminuer le tonus du tissu localement mais, de façon plus générale, à provoquer

une relaxation de l'organisme. Cela correspond, sur le plan neurophysiologique, à une baisse de l'activité du système nerveux orthosympathique. Les unités de pression à seuil bas (LTP) des récepteurs interstitiels œuvrent également dans le but de diminuer l'activité du système orthosympathique.

Outre cette capacité de pouvoir modifier le tonus fascial (nous y reviendrons plus loin), les récepteurs interstitiels font partie intégrante des maillons de la chaîne neurovégétative dans laquelle ils sont inclus, et ce, à différents niveaux de régulation.

Prenons l'exemple d'une pression mécanique profonde au niveau de l'abdomen. Celle-ci entraîne des réponses parasympathiques, une augmentation de l'activité vagale (ralentissement de la fréquence cardiaque, mise en jeu des mécanismes de la digestion...) et une stimulation de l'anté-hypophyse. Cette stimulation hypophysaire va entraîner la sécrétion d'endorphines engendrant un état émotionnel plus calme. (Bien-être, euphorie, analgésie). La résultante va être une détente musculaire globale. La stimulation parasympathique, due à l'activation des récepteurs interstitiels, va aussi avoir une action sur la dynamique fluidique et circulatoire en augmentant le diamètre des vaisseaux sanguins (vasodilatation) et en rendant le tube digestif à même de pouvoir recevoir le bol alimentaire.

Le tout se résume à un effet trophotrope en faveur de la régénérescence tissulaire, énergétique (favorisant les réactions anaboliques) de l'individu.

#### *4-5-3 La réaction ergotrope*

Faisant écho aux manipulations lentes et profondes, les manœuvres « sèchent » vont avoir une toute autre répercussion quant à la réponse et à l'adaptation de l'organisme.

Ainsi, les manipulations soudaines à haute vélocité, les pincements ou les vibrations provoquent des contractions instantanées des portions fasciales et des muscles squelettiques qui leur sont associés. Cette stimulation contractile soudaine crée un « stress » physiologique entraînant tout un mécanisme de défense chez l'individu, le rendant apte à s'adapter à une situation qui l'aurait surpris. Ces manipulations brèves et soudaines vont activer préférentiellement les récepteurs de Pacini.

Au niveau postural, la décharge neuronale associée à ces récepteurs va exercer un rétrocontrôle proprioceptif quasi immédiat. Le but étant de normaliser une posture ou, plus localement, une conformation spatiale articulaire dont l'intégrité structurelle ou fonctionnelle aurait pu être mise en danger (déséquilibre, amplitude articulaire extrême, tension fasciale excessive).

D'un point de vue systémique, ces manipulations activent le système orthosympathique. Elles favorisent toutes les réactions ergotropes, cataboliques (réactions de dépense énergétique) de l'individu. Ce système constitue l'état d'éveil du patient, tant sur le plan mental que sur le plan physique avec une augmentation générale de son tonus.

Types de récepteurs :	Localisation préférentielle :	Sensibles à :	Résultats connus de la stimulation :
Golgi	*Jonctions myotendineuses. *Zones d'insertions aponévrotiques. *Ligaments des articulations périphériques. Capsules articulaires.	*La contraction musculaire. *Probablement à un étirement puissant du muscle.	Diminution du tonus dans les fibres motrices striées en relations.
Pacini	*Jonctions myotendineuses. *Couches capsulaires profondes. *Ligaments spinaux. *Tissus musculaire de recouvrement.	Modifications rapides de la pression et vibrations.	*Utilisés comme rétrocontrôle proprioceptif. *Favorise les réactions ergotropes.
Ruffini	*Ligaments des articulations périphériques. *Dure-mère. *Couches capsulaires extérieures. *Autres tissus associés à un étirement régulier.	*Sensible à la pression lente et soutenue *Particulièrement sensible à des forces tangentielles (étirement latéral).	*Favorise les réactions trophotropes.
Interstitiel	*Type de récepteur le plus abondant. Se trouve presque partout, même à l'intérieur des os. *Densité la plus forte dans le périoste.	*Modifications rapides mais aussi prolongées de la pression. *50% sont des unités à seuil bas et 50% sont des unités à seuil haut.	*Lien privilégié avec la régulation du système nerveux autonome. *Modification de la vasodilatation.

Figure 23: Tableau récapitulatif des différents récepteurs intra-fasciaux, de leur localisation, de leur sensibilité et de leur action

#### *4-5-4 Le fascia, un tissu contractile*

La considération tonique du fascia, à laquelle nous venons de faire référence, nous amène à élargir notre vision quant aux rôles et aux attributs de ce dernier.

Effectivement, une série d'expérimentation ont été effectuées par Yahia en 1993 et le professeur et docteur Allemand J.Staubesand en 1996 (Directeur de l'institut d'anatomie de l'université de Freiburg). Celles-ci ont pu mettre en évidence la contractilité du fascia humain et la présence de cellules musculaires lisses englobées dans le fascia. Cette découverte, corrélée aux études du biologiste et psychologue allemand Robert Schleip en 2006 « Fascia is able to actively contract and relax in a smooth muscle-like manner and thereby influence biomechanical behaviour » sur les relations avec le système nerveux autonome viennent conforter l'idée que le pouvoir contractile du fascia est, entre autre, sous la dépendance de ce système nerveux végétatif. L'observation qu'a faite Staubesand du fascia crural, au microscope électronique révèle que :

- Les fibroblastes présents au sein du tissu pourraient vraisemblablement se différencier en cellules musculaires lisses (myofibroblastes) ;
- L'activité du tonus fascial est sous la dépendance du système nerveux autonome avec des neurones sensoriels afférents myélinisés et des neurones moteurs efférents non myélinisés ;
- Les points de perforations artério-veino-nerveux du fascia sont un lieu privilégié de connexions entre ces vaisseaux et le fascia rencontré.

Ces observations doivent encore, à l'heure actuelle, être confirmées par d'autres études complémentaires. Cette contractilité pourrait expliquer, en partie, certaines pathologies (maladie de Dupuytren, fibromyalgie...).

#### **4-6 Conclusion sur la plasticité fasciale**

La plasticité fasciale, à court terme, ne peut s'expliquer uniquement par les propriétés mécaniques du tissu. Nous avons vu que les fascias étaient densément innervés par des mécanorécepteurs capables de percevoir tout type de stimulus. Selon sa durée, sa direction ou son intensité, le stimulus initial va activer un mécanorécepteur bien défini permettant de mettre en place une réponse efférente

adaptée à l'excitation initiale. Cette capacité de perception sensorielle et de réponse motrice adéquate signe le pouvoir d'adaptation tissulaire du corps à son environnement. L'information nerveuse traitée par ce mécanisme est en partie sous la dépendance du système nerveux autonome. Le traitement de l'information par ce système permet, non seulement, de proposer une réponse locale (modification de la malléabilité tissulaire) mais aussi d'entraîner toute une cascade de réactions multisystémiques. Le but étant de conditionner physiquement, mentalement, voire même comportementalement l'individu par rapport à une situation donnée et pour laquelle il devrait potentiellement « faire face ». La réponse est donc globale et elle n'est pas sans nous rappeler le concept et le modèle de tenségrité permettant de changer la forme locale, régionale ou globale du tissu, et ce, en sollicitant un minimum d'énergie. Tous ces changements de conformations tissulaires, qu'ils soient pathologiques ou non, sont perceptibles par les mains du praticien. Qui plus est, la compréhension de leur mécanisme de régulation permet à un thérapeute manuel de comprendre et d'agir sur ces fonctions ou dysfonctions tissulaires fasciales.

L'abord conceptuel duologique « tenségrité-Plasticité fasciale » semble donc être une porte d'entrée intéressante pour comprendre le schéma lésionnel du patient et pour proposer une thérapie cohérente, objective et personnalisée. Nous allons voir maintenant comment l'ostéopathie peut se « nourrir » de ce mécanisme interactionnel global.

# **5-UN MODÈLE PERTINENT POUR L'OSTÉOPATHIE**

## **5-1 La palpation comme outil diagnostic**

L'expertise palpatoire de l'ostéopathe constitue une des armes de prédilection de son diagnostic ostéopathique. Cet outil et cette technique de perception se doivent d'être évalués à la lumière du modèle de tenségrité.

En effet, le champ d'investigation palpatoire du praticien concerne, en grande partie, les mouvements dits « mineurs ». Ils correspondent aux mécanismes infinitésimaux traduisant l'empreinte tissulaire interne laissée par l'application d'un stimulus externe. Cette réaction est inhérente au système de tenségrité. On pourrait comparer ces mouvements à la résultante des adaptations fasciales permanentes dues au positionnement de l'individu dans l'espace ou à toute autre contrainte s'opérant sur lui. Par conséquent, la quantification (appréciation de la disparité) et la qualification (orientation spatiale) de ces mouvements mineurs permet de déterminer un schéma tensionnel. Ce schéma, sans parler, pour le moment, de dysfonction, traduit la continuité tissulaire, clé de voûte de la fonction physiologique de l'organisme. L'expertise du mouvement mineur est dépendante de l'action du praticien qui doit « pousser » ou « tracter » les tissus dans tous les paramètres spatiaux relatifs à la physiologie de la zone à investiguer.

Le mouvement mineur s'oppose, dans ses caractéristiques, au mouvement majeur, de plus grande amplitude. Ce dernier peut être apprécié manuellement mais aussi visuellement. Effectivement, les mouvements qui en découlent correspondent généralement à la mobilisation de tout un segment corporel situé entre deux ou plusieurs articulations suivant l'implication de muscles mono- ou pluri-articulaire. Ce mouvement est la conséquence de « pliage » des structures, consécutive à la variation de longueur du tissu contractile. Les paramètres tensionnels, guidant ce mouvement lui assure une autocontrainte basale, liée en partie à la tension ligamentaire, et ce, dans un souci de préservation de l'intégrité structurelle. Le mouvement majeur, sur lequel l'ostéopathe n'agit pas directement, mais lui servant

de référence, est donc également soumis aux mêmes prérogatives tenseuses que le mouvement mineur.

Ainsi, le même terme « mouvement » décrit deux mécanismes différents mais dont l'un dépend de l'autre et inversement. On distingue :

- La déformation (mouvement mineur, partie intégrante de la biomécanique ostéopathique).
- Le déplacement (mouvement majeur, communément décrit dans la biomécanique classique).

Lors du test ostéopathique, le praticien apprécie la qualité de déformation tissulaire (mouvement mineur) en appliquant une contrainte manuelle (de pression, de tension). Il teste, à travers ses mains, la rigidité de la structure, en induisant de petites déformations suivant différents plans et axes. Cela permet de mettre en évidence l'existence ou non d'une dysfonction ostéopathique.

## 5-2 La dysfonction ostéopathique

Nous considérerons que la dysfonction ostéopathique est une « *désorganisation ou altération de la structure fixée dans le temps (...) et représente l'entité essentielle, durable, matérielle du dysfonctionnement et de la maladie* »<sup>9</sup>.

On comprend bien que l'origine de la dysfonction se situe dans la structure et plus particulièrement dans l'altération de cette structure. Cette altération structurelle peut être causée par différents facteurs :

- Interne (troubles métaboliques, maladies auto-immunes...);
- Externe (agressions environnementales, qu'elles soient chimiques, thermiques, mécaniques, sonores, lumineuses, acoustiques...);
- Traumatique (choc à haute cinétique ou d'intensité conséquente);
- Psychologique (choc émotionnel);
- Héritaire (pathologies ou morphologies génétiquement prédisposées).

La perturbation structurelle va siéger dans le fascia et engendrer une restriction de mobilité. Il est à noter que la perte de mobilité n'est pas la dysfonction mais la

---

<sup>9</sup> Définition de la dysfonction ostéopathique rédigée par l'ostéopathe genevois Gérald Lapertosa en 1987 et tirée de : GLASSER.G. Contribution des recherches en mécanobiologie à la compréhension des mécanismes de la LTR en ostéopathie structurelle. Mémoire ostéopathique IFSO Rennes. 2011-2012 ; p38.

conséquence de la dysfonction. Elle est, en d'autres termes, la conséquence de l'altération de la structure (modification de l'arrangement, de l'organisation et de la forme de ses constituants). C'est pourquoi, le continuum tissulaire et les interrelations structures-fonctions peuvent occasionner des troubles fonctionnelles des organes en relations, mais également des perturbations de la mobilité à distance.

Toutefois, si la personne possède des ressources homéostatiques sans faille et que la force est de faible intensité, l'énergie sera rapidement dissipée n'occasionnant pas de dommage. Il faut comprendre par « ressources homéostatiques », toute capacité de la structure à conserver son intégrité architecturale suite à une force externe qui lui aurait été soumise. Si tel est le cas, la fonction du tissu ne sera pas altérée et les mécanismes de régulations des constantes corporelles internes pourront s'opérer sans dysfonctionner, préservant un bon état de santé.

En résumé, les tissus conjonctifs garderaient donc les empreintes des traumatismes qu'ils n'ont pu absorber ou dissiper. Ces empreintes se matérialisent par une symptomatologie, parfois pluri-systémique, selon les vecteurs suivants :

- Au niveau fluïdique (LCR, sang, lymphe) : œdème, ischémie, acidose, alcalose, toxémie, inflammation ;
- Au niveau mécanique : contraction ou élongation musculaire, cicatrice, fibrose, énergie cinétique accumulée, sidération tissulaire ;
- Au niveau neurologique : facilitation neurologique, perturbation neuro-hormonale.

Les attributs de la dysfonction ostéopathique rassemblent, en de nombreux points, les préceptes mis en avant dans l'étude sur la tenségrité et la plasticité fasciale. Les variabilités de réponses et le caractère général des réponses d'un individu manifestant une dysfonction ostéopathique fait de lui un être unique. Et c'est parce qu'il est un être unique, dans ces manifestations, que chaque ostéopathe doit trouver une réponse spécifique et appropriée à ce dernier.

A titre d'exemple, deux patients présentant la même dysfonction ostéopathique n'auront pas forcément la même symptomatologie. Effectivement, la contrainte ayant occasionnée la dysfonction peut être d'une intensité différente selon les deux cas. Qui plus est, chaque être est différent. De par son âge, son activité, ses accoutumances, son histoire personnelle et ses conditions physiques et psychologiques au moment de l'apparition de la dysfonction, celle-ci retentira différemment sur l'organisme, selon l'importance des états énoncés précédemment.

A la dimension de la symptomatologie multi-systémique qui peut affecter l'individu, l'ostéopathe se doit d'aborder globalement l'individu. L'intérêt pour lui et son patient est d'établir un lien entre tous les systèmes au sein d'un schéma où le tissu conjonctif joue le rôle de chef d'orchestre. Nous allons étayer cette description par un exemple concret de dysfonction typiquement ostéopathique se retrouvant fréquemment lors de consultation.

### **5-3 Un tableau dysfonctionnel complet : le whiplash ostéopathique**

*« Une expérience traumatique de courte durée produisant un mouvement articulaire excessif dans deux directions (...) causée par un changement soudain dans l'inertie dont les forces vectrices affectent les systèmes intégraux du corps ».<sup>10</sup>*

Telle est la définition du mécanisme lésionnel du whiplash donnée par l'association orthopédique occidentale du whiplash. Ce changement brutal et soudain de direction « surprend » le tissu conjonctif qui ne peut s'adapter à l'application de la force extérieure.

Ainsi, les systèmes de régulations mécanique et neurologique symbolisés par les principes de tenségrité et de plasticité fasciale sont mis hors de fonction physiologiques. Lors des deux temps du mécanisme (accélération et décélération), les parties basses et hautes du corps sont toujours en opposition. Or, ces parties sont interdépendantes car reliées entre elles par la dure-mère et les liens aponévrotico-fasciaux.

Un tel mécanisme implique donc l'ensemble du corps et le retentissement des symptômes est très souvent global. Par conséquent, il affecte plusieurs systèmes et, notamment, celui régi par le système nerveux autonome. On retrouve le lien tripartite « fascia-récepteur intra-fascial-système nerveux autonome » impliqué dans la lésion.

Le whiplash ostéopathique ne révèle pas de lésion anatomique organique mais se présente plus sous la forme de troubles fonctionnels au sein d'un tableau sémiologique, distinctif et variable selon l'intensité :

- Le whiplash bénin à forces traumatiques « modérées » : endolorissements, courbatures, raideurs, nausées, céphalées sous-occipitales.

---

<sup>10</sup> Définition tirée de la description du mémoire ostéopathique « Le whiplash » de Thierry Marchand. Source : [http://academie-osteopathie.fr/cdi/opac\\_css/index.php?lvl=more\\_results](http://academie-osteopathie.fr/cdi/opac_css/index.php?lvl=more_results).

- Le Whiplash sévère à forces traumatiques « importantes » : Douleur, radicualgies, vomissements, névralgies segmentaires, manifestations psycho-émotionnelles, irradiations globales de la douleur, paresthésies des membres supérieurs ou des membres inférieurs, parésies musculaires voire paraplégie transitoire, vertiges, acouphènes, troubles visuels, étourdissements, douleurs de la voûte crânienne, difficultés de concentration, désorientation, troubles de la mémoire.

Sur le plan de la clinique ostéopathique, on retrouvera dans ce type de tableau dysfonctionnel :

- Un « asynchronisme » positionnel crânio-sacré ;
- Un encastrement de l'occiput entre les temporaux ;
- Un encastrement du sacrum entre les iliaques ;
- Une compression de la SSB ;
- Une impaction bilatérales des deux articulations occipito-mastoïdiennes ;
- Une rigidité dorsale moyenne.

D'un point de vue étiologique, donnons quelques exemples de conditions potentielles de survenue d'un whiplash :

- Accident de la circulation, auto-tamponneuse ;
- Manquer une marche dans les escaliers ;
- Se faire malmener par une vague dans la mer ;
- Mauvais rebond sur un trampoline ;
- « Trous d'air » dans les avions ;
- Plongeon en eau peu profonde ;
- Subir les forces d'un manège (grand huit).

Cette liste, non exhaustive, montre à quel point, une action perçue comme banale par l'immense majorité de la population, peut impacter profondément l'ensemble de l'organisme et entretenir ce dernier dans un cercle vicieux multi-systémique. Il convient donc, de la part de l'ostéopathe, de proposer un traitement global, en cohérence avec la philosophie holistique fasciale et en intégrant le mécanisme lésionnel originel.

#### **5-4 Au delà du traitement, une philosophie**

#### *5-4-1 Le mouvement involontaire comme témoin de vie*

Dans la partie « 5-1 La palpation comme outil diagnostic », nous avons insisté sur le fait que le mouvement mineur était le mouvement sur lequel l'ostéopathe orientait sa pratique. En réalité, la subtilité vient s'incorporer à cette vision.

Effectivement, le mouvement mineur résulte de l'adaptation fasciale corporelle face aux divers signaux environnementaux. Mais à un niveau d'échelle un peu plus inférieur, il existe un mouvement intérieur inhérent à l'organisme.

Cette manifestation est influencée, au plus bas niveau hiérarchique, par la respiration cellulaire. Plus précisément, cette mobilité cellulaire, que l'on peut appeler motilité car intrinsèque à la cellule, vient nous rappeler l'expansion-rétraction cellulaire évoquée dans le chapitre « 3-6-1 La considération cellulaire » à propos de la régulation de la forme de la cellule par la mécanique tensègre.

Ainsi, les liens que contracte la cellule avec son environnement extra-cellulaire vont, à travers son cytosquelette et le mécanisme de mécano-transduction, moduler sa forme. Et par contiguïté cellulaire, ce système va insuffler une respiration globale interne à l'organisme.

Par conséquent, et de cause à effet, le liquide baignant les cellules (substance fondamentale) va également fluctuer selon le rythme que lui aura imposée la dynamique cellulaire. Le fascia, étant composé structurellement par le couple liquide-cellule va bien évidemment se joindre à la « danse ».

Cette respiration ou ce mouvement est involontaire et totalement indépendant de la respiration pulmonaire.

Ainsi, selon ces attributs, le mouvement involontaire est appréciable par le praticien de façon passive. La perception de ce mouvement est obtenue par la simple apposition des mains qui n'induisent rien, qui ne poussent ou ne tractent rien, mais qui perçoivent uniquement.

L'application de cette respiration originellement infinitésimale à la totalité de l'organisme est explicitée par Rollin Becker :

*« La totalité des cellules représente donc globalement une unité de fonction, « la fonction cellulaire » ; la masse totale des liquides vivants fluctuants (liquide céphalo-rachidien, liquide lymphatique, liquide cellulaire, etc.) représente aussi,*

*globalement, une unité de fonction « la fonction liquide de fluctuation » et la continuité anatomique absolue de tous les tissus membraneux de revêtement, de liaison, de soutien et d'attachement que les Anglo-Saxons appellent génériquement le « fascia » représente aussi une unité globale de fonction « la fonction membraneuse de tension réciproque ». Et les trois fonctions (cellulaire, liquide et membraneuse) sont tellement indissolubles et interdépendantes qu'elles n'en forment finalement qu'une seule et c'est la fonction même de la vie s'exprimant directement dans la profondeur des tissus ».<sup>11</sup>*

#### *5-4-2 Vitalisme et spécification du mouvement involontaire : le MRP*

La respiration involontaire est présente de partout, dans tout le corps, comme le sont les fascias. C'est une respiration interne témoignant de la vie. Bien que tirant son essence de la cellule, elle peut être influencée par un stimulus extérieur, comme d'ailleurs peut l'être la cellule. Elle se différencie du mouvement mineur dans la mesure où le mouvement mineur ne présente pas de fluctuation, de réaction rythmique interne. Le mouvement mineur ne représente, qu'à un endroit déterminé, un état tissulaire que le praticien aura su mettre en exergue en mobilisant le tissu. De plus, de par la présence de récepteurs intra-fasciaux, le fascia capte les informations et réagit à son environnement. Cette réaction conditionne, dans une certaine mesure, le déroulement de la respiration involontaire. Ce mouvement involontaire ne constitue pas, en outre, un mécanisme primaire à part entière.

Pourtant, il existe bien un mécanisme primaire, une manifestation située bien plus profondément que l'expression tissulaire périphérique. La description de ce mécanisme appartient à l'un des pionniers de l'ostéopathie, et plus particulièrement de l'ostéopathie crânienne, William Garner Sutherland. Ancien élève de Still, il passa la totalité de sa vie professionnelle à expérimenter, démontrer et enseigner. C'est, d'ailleurs, cette expérimentation qui le conduisit à découvrir le mécanisme respiratoire primaire (MRP), qu'il s'empressa de nommer le « souffle de vie ».

---

<sup>11</sup> Citation de Rollin Becker tirée de l'ouvrage ANDREVA-DUVAL J. Techniques Ostéopathiques d'Équilibre et d'Échanges Réciproques. Sully, 2008, 24-25.

Rollin E. Becker était un ostéopathe, élève de W.G Sutherland dont il conserva et continua son travail sur l'ostéopathie crânienne notamment. Il fut le président de la « Sutherland Cranial Teaching Foundation » de 1962 à 1979.

A l'inverse de la respiration involontaire, le mécanisme respiratoire primaire ne possède aucune dépendance à un autre système. Il possède un mouvement propre, un moteur propre faisant « raisonner » rythmiquement l'axe cranio-sacré. En définitive, le mécanisme cranio-sacré « *n'exprime son mouvement propre que par l'intermédiaire de ce système primaire, cellulaire et liquide. Et encore une fois, il est la seule région du corps à manifester ainsi sa physiologie. Et c'est bien à cette manifestation physiologique unique du mécanisme cranio-sacré que Sutherland donna le nom de « Mécanisme Respiratoire Primaire* » »<sup>12</sup>.

Le MRP inclut les cinq composantes suivantes dans son fonctionnement :

- La mobilité inhérente du cerveau et de la moelle ;
- La fluctuation du liquide céphalo-rachidien (LCR) ;
- La mobilité des membranes intra-crâniennes et intra-médullaires ;
- La mobilité articulaire des os du crâne ;
- La mobilité involontaire du sacrum entre les iliaques.

Le MRP correspond, dans son mode d'expression, au mouvement involontaire (fluctuation, rythme, amplitude) mais s'y distingue dans la mesure où son mode de fonctionnement est dépourvu de toute interdépendance directe avec l'environnement.

Dans ce contexte, on considère que le MRP n'est pas un mécanisme totalement isolé mais une spécification du mouvement involontaire intéressant l'axe central (neural).

L'harmonie de ce mouvement est sous-tendue par un état tensionnel auto-contraint dont les membranes intra-crâniennes et intra-médullaires jouent le rôle de stabilisateur du système. Elles représentent les câbles en tension du modèle de tenségrité. Le pourtour osseux crânien et vertébral fait office de fixateur des membranes comme le sont les tiges en compression dans la modélisation tensègre.

L'intégrité de ce système obéit, toujours et encore, aux lois de la tenségrité. Mais la différence, par rapport à tous les systèmes vus précédemment, réside dans le fait qu'il n'y a aucune commande nerveuse qui vient le réguler. Il s'auto régule, par l'essence même de sa physiologie.

A travers la compréhension et la perception du MRP et de la respiration involontaire, l'ostéopathe peut apprécier l'état de santé du patient mais s'offre également la possibilité de proposer un traitement fascial, profond et global.

---

<sup>12</sup> Citation de Jacques Andrevu Duval tirée de son ouvrage ANDREVA-DUVAL.J. Techniques Ostéopathiques d'Equilibre et d'Echanges Réciproques. Sully, 2008, p23.

### 5-4-3 Seuls les tissus savent

*« L'expérience de W.G Sutherland l'a conduit à percevoir le corps humain comme un système fluide, souple, équilibré sur des fulcrums. Seule la perception directe des tissus vivants peut apporter cette conscience de plasticité (...). La perception directe des tissus aboutit à des techniques appliquées de l'intérieur, appelant la structure vivante à s'auto-corriger ».*<sup>13</sup>

Pour W.G Sutherland, la finalité est de :

*« Permettre à la fonction vitale interne de manifester sa puissance infaillible, plutôt que d'appliquer une force aveugle venue de l'extérieur »*<sup>14</sup>

Cette approche est un principe, un mode de réflexion et de pensée parmi tant d'autres.

Cette vision de Sutherland, corrélée à l'étude « mécano-fascio-neurologique » que nous venons de faire de l'individu permet de faire le lien suivant : Les empreintes laissées par un stimulus extérieur vont pénétrer les niveaux tissulaires de l'individu, d'abord localement et superficiellement. Puis après quelques temps, si le corps n'a pu résorber la force originelle, le « stress » va s'étendre à toutes les structures fasciales, influençant les paramètres du mouvement involontaire. Enfin, à terme, si la contrainte n'a pu être éliminée par les ressources homéostatiques, elle va s'ancrer dans les « méandres » du corps. C'est le niveau d'expression et de régulation corporel le plus profond qui sera alors touché, impactant rythme, amplitude et fréquence du MRP.

Par conséquent, le niveau tissulaire, sur lequel le praticien va focaliser son action thérapeutique, sera en rapport avec l'ancrage, l'importance et le temps depuis lesquels se sont installées la ou les dysfonctions.

Et, tout déséquilibre de grande ampleur, fragilisant l'intégrité corporelle totale, jusqu'à l'essence même de son mécanisme de régulation vitaliste, devra être corrigé en considérant et en faisant converger l'action thérapeutique sur le MRP.

---

<sup>13</sup> Citation de Pierre Tricot à propos de la conception de Sutherland. Tirée de son ouvrage : TRICOT.P. Approche tissulaire de l'ostéopathie. Un modèle du corps conscient. Sully ; 2002. p55.

<sup>14</sup> Citation de W.G Sutherland tirée de l'ouvrage : TRICOT.P. Approche tissulaire de l'ostéopathie. Un modèle du corps conscient. SULLY ; 2002. p55.

C'est une démarche issue d'une réflexion analogique, holistique et intuitive qui, à l'instar de Sutherland, a été poussé exhaustivement dans son application et sa philosophie par le Dr Rollin Becker.

Pour lui, l'indication d'une bonne expertise palpatoire passe par le fait « *d'abandonner ses mains* » qui suivent les mouvements des tissus jusqu'à ce que les tensions et les tendances s'harmonisent, « *s'immobilisent* » se trouvant ainsi, en état « *d'équilibre et d'échanges réciproques* ». Ce procédé d'action est explicité plus globalement par Jacques Andrevia-Duval, ostéopathe français, qui a largement partagé la conception de Sutherland et de Becker.

*« Tous les schémas du corps vivant sont des effets en fonction. Ils sont entremêlés et intra-mêlés. Ils tendent tous vers l'état de SANTÉ ; et ils sont doués de la capacité de travailler, de penser, de s'adapter dans leur fonctionnement pour répondre à chaque besoin du corps et pour favoriser les échanges internes et externes avec l'environnement et avec l'univers tout entier dans lequel ils existent. Il y a un schéma dominant de santé pour chaque individu ; et il est doué de puissance. Les schémas traumatiques et pathologiques sont des déformations de ce schéma dominant. Essayez de trouver le schéma général de chaque patient. Faites en sorte que chaque élément s'harmonise avec lui. Trouvez le point d'appui du schéma tout entier. Ne vous concentrez pas sur vos mains, mais sur les tissus du patient, sur la charge et la décharge spiralée des énergies. Jouez avec ces charges et ces décharges comme avec les rênes d'un cheval, alors que ces énergies se dirigent à travers les tissus vers le point final d'immobilité, le point de résolution ».*<sup>15</sup>

#### *5-4-4 Concept relatif, conscience absolue*

Toutes ces pratiques font appel à la « conscience » du praticien. Le terme « conscience » sous-tend que la réalisation de ces techniques ne dépendent que de lui. Elles ne résultent que de son expression sensorielle, de sa référence palpatoire (objective) appuyée de la conception et de l'interprétation qu'il a du modèle humain.

---

<sup>15</sup> Citation de Jacques-Andrevia DUVAL tiré de son ouvrage : DUVAL.JA. Techniques Ostéopathiques d'Equilibre et d'Echanges Réciproques. Introduction à l'approche ostéopathique de Dr Rollin Becker, DO. Sully ;2008.p92-93.

Dans le cas de notre étude, le principe de « tenségrité et de plasticité fasciale » constitue le modèle. Il peut être utilisé par le plus grand nombre mais sa compréhension et sa projection sur le vivant dépendra de la mentalisation de chacun (subjective). Comme la perception sensorielle (consciente) est unique à chaque praticien, celui-ci, en accord avec sa vision philosophico-scientifique (relative) de l'ostéopathie fera « retentir » ce modèle à sa façon dans son concept ostéopathique.

Ainsi, nous pourrions qualifier la pratique ostéopathique d'intrinsèquement objective mais d'extrinsèquement subjective.

Tout cela plaide en la faveur qu'il n'existe pas de vérité mais seulement des points de vue. La validité du concept de « Tenségrité et de plasticité fasciale » appliquée à l'ostéopathie n'est donc que relative. Il faut se mettre dans l'idée que d'autres points de vues existent et qu'ils possèdent leur propre validité.

*« Un point de vue ne se défend pas, il se vit »<sup>16</sup>.*

Le principe de tenségrité et de plasticité fasciale doit donc se comprendre en tant que concept mais doit avant tout se vivre, se ressentir. Il doit émerger à notre conscience sensorielle palpatoire. La clé est certainement ici.

---

<sup>16</sup> Citation de Pierre Tricot tirée de son ouvrage : TRICOT.P. Approche tissulaire de l'ostéopathie. Un modèle du corps conscient. Sully ; 2002.p56

# CONCLUSION

L'individu, être global, s'épanouit dans son environnement à travers la trame conjonctive qui le définit et le conditionne. Véritable intermède entre le milieu extérieur et le milieu intérieur, ce réseau fascial enveloppe, soutient et relie toutes les unités fonctionnelles de l'organisme.

Ainsi, l'ensemble des fibres conjonctives se mobilisent, se « malléabilisent » pour le besoin de la cause, en adéquation avec les contraintes qui s'exercent sur le tissu. Par conséquent, le tissu conjonctif transmet et répartie les forces environnementales, harmonieusement, dans l'ensemble du corps et ce, grâce à l'architecture et à la mécanique de tenségrité qui lui est intimement liée. Les facteurs mécaniques relatifs à cette adaptation conjonctive tiennent une place importante dans les échanges dynamiques, constants et réciproques entre structure et fonction.

Ces interrelations se font dès le niveau cellulaire et, par réactions en cascade biochimiques et structurelles, se répercutent jusqu'au niveau macroscopique, en modélisant la forme générale de l'individu. De façon plus focalisée, l'intégration cellulaire des stimuli environnementaux tend à modifier l'état tensionnel tissulaire en agissant sur la « double influence » contrôlant cette tension. C'est pourquoi, l'état de raccourcissement des tissus mous (câbles) peut être modifié, en corrélation avec la modification de l'état de compression des tissus plus denses (tiges) qui leur sont homologues dans le système de tenségrité. Cette transformation a pour finalité de maintenir la précontrainte initiale sur le tissu.

Le tout permet au système de tenségrité de se stabiliser dans l'espace en recrutant un minimum d'énergie, en dépit de la gravité ou d'autres contraintes qui s'exercent sur lui.

La régulation de cette mécanique et la transmission de l'information à la totalité du corps incombe au système nerveux, et plus particulièrement au système nerveux autonome, qui va conditionner, intérieurement, la réaction corporelle. La relation « fascia-système nerveux » est sous la tutelle des récepteurs intra-fasciaux spécifiques qui vont capter un type d'afférence particulier. Ainsi, selon les caractéristiques du stimulus (durée, intensité, fréquence...), un récepteur spécifique

va être stimulé. La réponse locale et globale y sera adaptée. C'est la plasticité fasciale.

La découverte des relations entre le tissu conjonctif et le système nerveux autonome a élargi notre vision sur le fascia. Cette relation explique, en partie, pourquoi un traumatisme physique, impactant directement le tissu, puisse retentir sur le fonctionnement général de l'individu et, notamment, sur son fonctionnement psychique. Effectivement, l'activation ou l'inhibition d'un des deux mécanismes de régulation neuro-végétatifs (orthosympathique, parasympathique) induit des modifications de l'axe neuro-endocrinien. Ces derniers se répercutent nécessairement sur l'état psychique de l'individu.

Dans ces conditions, le fascia n'apparaît plus comme un simple tissu de support mais comme un véritable tissage global adaptant en permanence l'organisme « psycho-somatique » aux manifestations extérieures et constituant un « filtre », à part entière, entre la vie extéroceptive et la vie intéroceptive. Il se pourrait même que le tissu conjonctif ait une propension à se contracter. Cette hypothèse reste à confirmer mais elle constituerait un argument supplémentaire en la faveur de l'implication, grandement active, du fascia dans la régulation du tonus corporel global.

Toutes ces caractéristiques, incluant les notions de globalité, de mécanique, de neurologie, de fonction, de structure, d'interdépendance sont en liens avec le concept ostéopathique holistique.

Outre ces liens conceptuels, les propriétés intrinsèques du fascia permettent au praticien d'apprécier manuellement son état de santé ou de pathologie. De plus, les capacités de déformation, d'adaptation et de régulation du fascia, à la suite d'une contrainte venue de l'environnement, légitiment toute action thérapeutique en son sein. L'habileté palpatoire et l'investigation consciencieuse de ce tissu sont des outils, absolument primordiaux, dans la mise en évidence d'une dysfonction ostéopathique.

Selon, si cette dernière affecte localement le mouvement mineur, ou plus globalement le mouvement involontaire ou encore plus totalement le mécanisme respiratoire primaire, nous pourrions déterminer l'importance, l'ancrage et le degré d'implication de la dysfonction dans le schéma général du patient. Cela va conditionner, bien évidemment, l'orientation du traitement à venir.

L'intérêt, ici, n'est pas de proposer un protocole de traitement mais de cibler la « profondeur tissulaire » sur laquelle le traitement va se concentrer. Celui-ci sera potentialisé par la finesse palpatoire de l'opérateur, par la conscience et l'objectivité de sa perception sensorielle tissulaire.

A ce procédé pratique, vient s'ajouter la modélisation intellectuelle du principe de « tenségrité et plasticité fasciale » qu'aura su se construire l'opérateur. La justesse de cette modélisation conditionne également, en partie, sa pratique et sa thérapie mais cet aspect semble un peu plus subjectif.

Effectivement, la véracité de ce concept n'est pas indubitable. C'est un point de vue, une manière de concevoir le fonctionnement de l'individu qui ne se veut pas être une vérité dans l'absolu mais un principe fonctionnel.

Quoi qu'il en soit, le plus important n'est pas la justesse objective avec laquelle nous allons concevoir mentalement le concept, mais bien le « ressenti » de ce concept, en accord avec sa propre représentation du modèle. Dans ce cas là, la conscience est primordiale.

Percevoir consciemment ce qui se passe sous nos mains, « dialoguer », « comprendre » les tissus, et mener l'action thérapeutique au gré de ces conditions là semble, bel et bien, être la garantie du maintien de l'équilibre corporel.

*« Le fondement de l'univers physique est le mouvement, le mouvement toujours changeant qui naît de l'assemblage de conditions non équilibrées et qui doivent à jamais se mouvoir à la recherche de cette immobilité équilibrée dont elles ont jailli... Et de nouveau Je dis que Mon seul principe de Ma seule loi est fondé sur les échanges égaux entre toutes choses opposées, toutes conditions opposées. Parce que Je suis l'Équilibre. »*

Walter Russel, *Le secret de la lumière.*

# BIBLIOGRAPHIE

- LITTLEJOHN.JM. Principes de l'ostéopathie. *Apostill, le journal de l'académie d'ostéopathie*. Octobre 1999 ; n°4: p32.
- PAOLETTI.S. Les fascias, rôle des tissus dans la mécanique humaine. Sully ; 2011. 301p.
- BRIERE.F. Techniques de libérations conjonctives. Cours IFOGA ; 2015 ; 66p.
- QUERE.N. La fasciathérapie Methode Danis Bois et les fascias sous l'éclairage des recherches scientifiques actuelles. Aspect tissulaires, vasculaires, cellulaires et biochimiques [mémoire]. Porto : Faculté des sciences humaines et sociales Fernando Pessoa ; 2010.
- GUIMBERTEAU.JC. Conférence « Promenade sous la peau ». Centre d'ostéopathie ATMAN. 23/04/2015.
- GUIMBERTEAU. JC. Film « Promenade sous la peau ». <https://www.youtube.com/watch?v=L5rCuYlr9o>. Page consultée le 18/04/2016.
- [www.crochetage-thérapie.com/NOUVELLES-ETUDES-SUR-LE-FASCIA\\_a50.html](http://www.crochetage-thérapie.com/NOUVELLES-ETUDES-SUR-LE-FASCIA_a50.html). Page consultée le 14/01/2016.
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Collagène>. Page consultée le 14/01/2016.
- SCARR.G. Biotenségrité, base structurelle de la vie. Sully ; 2014. 191p.
- PAYROUSE.L. Le tissu conjonctif et la tenségrité en ostéopathie [mémoire]. Nice : Centre d'Ostéopathie ATMAN ; 2011.
- <https://webusers.imj-prg.fr/~david.hernandez/platon.pdf>. Page consultée le 18/04/2016.
- [www.mathcurve.com](http://www.mathcurve.com). Page consultée le 18/04/2016.
- MEGRET. JF. La tenségrité vers une biomécanique ostéopathique [mémoire]. Montpellier : Collège ostéopathique de Montpellier ; 2003.
- GLASSER.G. Contribution des recherches en mécanobiologie à la compréhension des mécanismes de la LTR en ostéopathie structurelle [mémoire]. Rennes : IFSO ; 2011-2012.

- SCHLEIP.R. Fascia plasticity, a new neurobiological explanation. *Journal of bodywork and mouvement therapies*. Avril 2003 : 2-14.
- SCOTT.F, ROUGEMONT.D. « Reboutement » réflexe et mécanique du tissu « mou ». *Kinéactualité*. Mai 2013 ; n°1322 :18-22.
- STECCO.L, BRIGO.B, MICHAUX.M. La manipulation du fascia dans le traitement des chaleurs situées dans la région du cou. *Kinésport*. Octobre 2011 ; n°10 : 6-12.
- STECCO.L. L'interview de Luigi Stecco. *Kinésport*. Octobre 2011 ; n°10 : 14.
- [www.anatomie-humaine.com/systeme-nerveux-vegetatif.html](http://www.anatomie-humaine.com/systeme-nerveux-vegetatif.html). Page consultée le 19/04/2016.
- [www.cours-pharmacie.com/physiologie/systeme-nerveux.html](http://www.cours-pharmacie.com/physiologie/systeme-nerveux.html). Page consultée le 22/04/2016.
- [www.osteopathie-france.net/articles/lesion-osteo/1777-lesionosteo-decouverte](http://www.osteopathie-france.net/articles/lesion-osteo/1777-lesionosteo-decouverte). Page consultée le 19/04/2016.
- <https://sites-google.com/site/aphysionado/home/fonctionssn/somesthesie/rcptsensoriel>. Page consultée le 19/04/2016.
- KORR.I. Bases physiologiques de l'ostéopathie. Frison-Roche ; 1996. 209p.
- [www.somatics.de/artikel/for-professionals/2-articl/120-interview-with-prof-staubesand](http://www.somatics.de/artikel/for-professionals/2-articl/120-interview-with-prof-staubesand). Page consultée le 19/04/2016.
- SCHLEIP.R. Film « Le fascia, un étonnant tissu conjonctif ». <https://www.youtube.com/watch?v=pVRzBosOZ5s>. Page consultée le 19/04/2016.
- <https://ctinturier.files.wordpress.com/2012/09/philosophie-2012.pdf>. Page consultée le 02/05/2016.
- <http://www.scolinfo.net/Scolinfo/cahiertexte/seance/7/2497/314/Cours%205.pdf>. Page consultée le 02/05/2016.
- MARLIEN.E. Le Whiplash. Cours IFOGA ; 2016. 35p
- ANDREVA-DUVAL. J. Techniques Ostéopathiques d'Equilibre et d'Echanges Réciproques. Introduction à l'approche ostéopathique du Dr Rollin Becker, DO. Sully ; 2008. 130p.
- <http://www.osteopatparis.fr/fascias.pdf>. Page consultée le 02/05/2016.

- TRICOT.P. Approche tissulaire de l'ostéopathie. Un modèle du corps conscient. Sully ; 2002. 319p.
- CASSOURA.A. L'énergie, l'émotion, la pensée au bout des doigts. Au-delà de l'ostéopathie. Odile Jacob ; 2010. 329p.
- <http://academie-osteopathie.fr/catalogue/notice/2698>. Page consultée le 02/05/2016.
- MEGRET.J.F. La tenségrité, modèle biomécanique pour l'ostéopathie. *Apostill, le journal de l'académie d'ostéopathie*. 2004 ; n°14 : 4-16.
- Magoun.HI. L'ostéopathie dans la sphère crânienne. Traduction du livre OSTEOPATHY IN THE CRANIAL FIELD. Spirales ; Collection Tradition et Recherche en Ostéopathie ; 1994. 368p.
- ECKERT.M. Le concept de globalité en ostéopathie. De Boeck ; 2012. 150p.

# TABLES DES ILLUSTRATIONS

**Figure 1** : Plicature de l'embryon et évolution du mésoblaste.

Source : BRIERE.F. Techniques de libération conjonctive. Cours IFOGA. 2015 : p5.

**Figure 2** : Segmentation mésodermique anatomo-physiologico-embryologique.

Source : BRIERE.F. Techniques de libération conjonctive. Cours IFOGA. 2015 : p7.

**Figure 3** : Coupe horizontale abdominale faisant part de la hiérarchisation spatio-fonctionnelle des fascias.

Source : BRIERE.F. Techniques de libération conjonctive. Cours IFOGA. 2015 : p16.

**Figure 4** : Organisation générale des fascias et leurs articulations.

Source : PAOLETTI.S. Les fascias, rôle des tissus dans la mécanique humaine. Sully ; 2011. p125.

**Figure 5** : Photographie d'une structure fasciale effectuée à fort grossissement au microscope électronique.

Source: [www.crochetage-thérapie.com/NOUVELLES-ETUDES-SUR-LE-FASCIA\\_a50.html](http://www.crochetage-thérapie.com/NOUVELLES-ETUDES-SUR-LE-FASCIA_a50.html). Page consultée le 14/01/2016.

**Figure 6** : Schéma montrant les différentes étapes de formation du collagène.

Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Collagène>. Page consultée le 14/01/2016.

**Figure 7** : Courbe représentant le niveau de déformation en fonction de la contrainte exercée sur un système de tenségrité.

Source : MEGRET.J.F. La tenségrité, modèle biomécanique pour l'ostéopathie. *Apostill, le journal de l'académie d'ostéopathie*. 2004 ; n°14 : p8.

**Figure 8** : Photographie de l'œuvre en « X » de k.Snelson.

Source : [www.tensegriteit.nl/e-xmodule.html](http://www.tensegriteit.nl/e-xmodule.html). Page consultée le 14/01/2016.

**Figure 9** : Photographie d'une maquette tensègre de K.Snelson avec des tiges en compression et des câbles en tensions.

Source : [alchetron.com/Kenneth-Snelson-429413-w](http://alchetron.com/Kenneth-Snelson-429413-w). Page consultée le 14/01/2016.

**Figure 10** : Photographie du dôme géodésique conçu par Fuller pour l'exposition de Montréal en 1967.

Source : [architizer.com/blog/spheres-of-influence-rotund-structure-inspired-by-the-geodesic-dome/](http://architizer.com/blog/spheres-of-influence-rotund-structure-inspired-by-the-geodesic-dome/). Page consultée le 14/01/2016.

**Figure 11** : Représentation des cinq solides de Platon.

Source : <https://webusers.imj-prg.fr/~david.hernandez/platon.pdf>. Page consultée le 22/04/2016.

**Figure 12 :** Schéma montrant que l'icosaèdre se relie au dodécaèdre par l'intermédiaire du nombre d'or.

Source : Reproduit à partir de l'ouvrage : SCARR.G. Biotenségrité, la base structurelle de la vie. Sully ; 2014. p127.

**Figure 13 :** Schéma représentant la base architecturale de l'icosaèdre en accord avec le principe de tenségrité.

Source : Reproduit à partir de l'ouvrage SCARR.G. Biotenségrité, la base structurelle de la vie. Sully ; 2014. p50.

**Figure 14 :** Etapes faisant part de l'évolution de l'icosaèdre vers l'unité sphérique.

Source : Montage fait à partir du site internet [www.mathcurve.com](http://www.mathcurve.com). Page consultée le 08/03/2016.

**Figure 15 :** Modélisation d'un tétraèdre régulier à partir du modèle sphérique.

Source : [www.ilemaths.net/sujet-4-sphere-qui-forment-une-pyramide-458827.html](http://www.ilemaths.net/sujet-4-sphere-qui-forment-une-pyramide-458827.html). Page consultée le 11/03/2016.

**Figure 16 :** Tétraèdre de fréquence augmentée.

Source : [fr.dreamstime.com/image-stock-pyramide-magnetique-image3653254](http://fr.dreamstime.com/image-stock-pyramide-magnetique-image3653254). Page consultée le 11/03/16.

**Figure 17 :** Représentation d'une hélice lévogyre formée à partir de l'association de plusieurs tétraèdres.

Source : [www.les-mathematiques.net/phocum/read.php?8,1218085,1218565](http://www.les-mathematiques.net/phocum/read.php?8,1218085,1218565). Page consultée le 11/03/16.

**Figure 18 :** Schéma montrant le treillis squelettique interne relié à la matrice extracellulaire.

Source : Reproduit à partir de l'ouvrage SCARR.G. Biotenségrité, la base structurelle de la vie. Sully ; 2014. p71.

**Figure 19 :** Organisation omnidirectionnelle des fibres de collagènes fasciales.

Source : [www.myotheses.co.uk/about-mfr-therapy/what-is-fascia/](http://www.myotheses.co.uk/about-mfr-therapy/what-is-fascia/). Page consultée le 18/04/16.

**Figure 20 :** Etapes de la formation du collagène à différents niveaux hiérarchiques.

Source : Tableau construit à partir des sources mentionnées dans la bibliographie à propos du collagène.

**Figure 21** : Schéma d'organisation conjonctive, à différents niveaux hiérarchique, selon la densité et la fonction du tissu.

Source : Tableau construit à partir des sources mentionnées dans la bibliographie à propos du tissu conjonctif.

**Figure 22** : Représentation des variations de potentiels de membrane lors d'un potentiel d'action.

Source : <http://www.cours-pharmacie.com/physiologie/systeme-nerveux.html>. Page consultée le 22/04/2016.

**Figure 23** : Tableau récapitulatif des différents récepteurs intra-fasciaux, de leur localisation, de leur sensibilité et de leur action.

Source : SCHLEIP.R. Fascia Plasticity, a new neurobiological explanation. *Journal of bodywork and movement therapies*. Avril 2003 : 7-8.

# TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	5
1-INTRODUCTION	6
2-LE TISSU CONJONCTIF FASCIAL	8
2-1 Un tissu omniprésent	8
2-2 Embryologie	9
2-2-1 Embryologie générale	9
2-2-2 Embryologie mésodermique	10
2-3 Anatomie-physiologie des fascias	12
2-3-1 Le fascia superficialis	12
2-3-2 Aponévrose de l'appareil locomoteur	12
2-3-3 Les aponévroses internes	13
2-3-4 Les séreuses	13
2-3-5 L'unité conjonctive centrale (UCC)	13
2-3-6 La dure-mère	14
2-4 Histologie	16
2-4-1 Un réseau fractal chaotique	16
2-4-2 Focus sur la trame collagénique	18
2-5 Problématique	19
3-LA TENSÉGRITÉ	21
3-1 Contextualisation	21
3-2 L'Histoire du concept de tenségrité	22
3-3 Le modèle mécanique de base	24
3-4 Une stabilité conformationnelle	25
3-4-1 Premiers principes	25
3-4-2 Les solides de Platon	26
3-5 De la simplicité à la complexité	28
3-5-1 Du modèle icosaédrique à la sphère biologique	28
3-5-2 Du tétraèdre à la torsion hélicoïdale biologique	31
3-6 Du modèle statique à la réalité biologique	34
3-6-1 La considération cellulaire	34
3-6-2 Le fascia, une enveloppe tensègre intelligente	37

3-6-3	<i>Le tissu conjonctif mésocinétiq</i>	<i>ue comme structure dynamique et unificatrice</i>	39
3-6-4	<i>Le système tensègre mésocinétiq</i>	<i>ue : une adaptation mécanique globale orchestrée par le câblage neurologique</i>	42
4-LA	PLASTICITÉ FASCIALE		44
4-1	Introduction sur la plasticité fasciale		44
4-2	Les limites de la mécanique		44
4-3	L'organisme, une entité « cristal liquide » chargée électriquement.		45
4-3-1	<i>La piézoélectricité</i>		45
4-3-2	<i>Transmission de l'influx nerveux</i>		46
4-4	Les récepteurs intra-fasciaux		47
4-4-1	<i>Les corps de Pacini</i>		47
4-4-2	<i>Les récepteurs de Ruffini</i>		48
4-4-3	<i>L'organe tendineux de Golgi</i>		48
4-4-4	<i>Les récepteurs interstitiels</i>		49
4-5	Un lien privilégié avec le système nerveux autonome (SNA).		50
4-5-1	<i>Qu'est-ce que le SNA ?</i>		50
4-5-2	<i>La réaction trophotrope</i>		50
4-5-3	<i>La réaction ergotrope</i>		51
4-5-4	<i>Le fascia, un tissu contractile</i>		53
4-6	Conclusion sur la plasticité fasciale		53
5-UN	MODÈLE PERTINENT POUR L'OSTÉOPATHIE		55
5-1	La palpation comme outil diagnostic		55
5-2	La dysfonction ostéopathique		56
5-3	Un tableau dysfonctionnel complet : le whiplash ostéopathique		58
5-4	Au delà du traitement, une philosophie		59
5-4-1	<i>Le mouvement involontaire comme témoin de vie</i>		60
5-4-2	<i>Vitalisme et spécification du mouvement involontaire : le MRP</i>		61
5-4-3	<i>Seuls les tissus savent</i>		63
5-4-4	<i>Concept relatif, conscience absolue</i>		64
CONCLUSION			66
BIBLIOGRAPHIE			69
TABLES DES ILLUSTRATIONS			72
TABLE DES MATIÈRES			75
RÉSUMÉ			77
ABSTRACT			78

## RÉSUMÉ

Ce mémoire bibliographique promeut le tissu conjonctif au rang de chef d'orchestre de l'équilibre corporel. Son omniprésence au sein de l'organisme et son efficacité physiologique lui permet, incessamment, d'adapter, d'équilibrer et de maintenir physiquement et psychiquement l'individu dans des conditions propices à la vie. Le fil conducteur de ce schéma dynamique est le mouvement. Cette mobilité est rendue optimale par la biomécanique de tenségrité et ce, à tous les niveaux hiérarchiques de structurations et de fonctionnements internes de l'organisme. Par le jeu des forces de tensions et de compressions qui s'y répartissent et s'y équilibrent, le fascia s'auto-stabilise dans l'espace. L'extrapolation de cette adaptation tissulaire locale, à l'ensemble du corps, se fait par l'intervention du système nerveux autonome. Véritable relayeur et régulateur de l'information initiale, il conditionne somatiquement et comportementalement la globalité de l'individu, dans le seul but de préserver son intégrité corporelle. Dans ce contexte, la main aiguisée de l'ostéopathe peut s'immiscer dans les méandres tissulaires conjonctifs afin de pallier à tout désordre potentiel de ce mécanisme vitaliste. Ce mémoire offre une vision fonctionnelle et conceptuelle de la biomécanique humaine. Il ne constitue pas une vérité absolue. C'est un point d'ancrage sur lequel tout ostéopathe ou tout thérapeute manuel, conquis par le modèle, peut s'appuyer pour nourrir sa pratique et sa philosophie ostéopathique.

**Mots-clés** : Tissu conjonctif / Équilibre corporel / Mouvement / Mobilité / Tenségrité / Fascia / Système nerveux autonome.

# ABSTRACT

The bibliographic brief promote the conjunctive tissue at the conductor of body balance. His ubiquity in the body and his physiological efficiency allow it, incessantly, to adapt, to balance and to maintain physically and mentally the individual in good conditions for life. The thread of the dynamic scheme is the movement. This mobility is making optimal by the bio mechanic tensegrity and at all inside structures and features of the body. By the forces tensions games cuts which divided and balanced, the fascia like conjunctive structure stabilize itself in space. The extrapolation of the local tissue adaptation, at all the body, is done by the intervention of autonomic nervous system. Real torchbearer and regulator of the initial news, it conditions somatically and behaviorally, in the sole purpose to preserve his bodily integrity. In this context, the osteopath sharpened hand can interfere in the conjunctive tissue meanders to overcome to all any potential disorder of this vitalism mechanic. Things memory offers a conceptual and functional vision of the human biomechanics. It doesn't form an absolute reality. It's an anchor on every osteopath or manual therapist, conquered by the style, can rely on the feed his osteopathic practice and philosophy.

**Keywords** : Conjunctive tissue / Body balance / Movement / Mobility / Tensegrity / Fascia / Autonomic nervous system.