

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

pour l'obtention du

DIPLOME D'OSTEOPATHIE

Présenté et soutenu publiquement devant un jury national

Par

Jean-François MEGRET

Le 14 juin 2003 à MONTPELLIER

LA TENSEGRITE, VERS UNE BIOMECHANIQUE OSTEOPATHIQUE

Maître de mémoire : **Marc BIANCHINI D.O. M.R.O. (F)**

REMERCIEMENTS

Merci à

Monsieur Marc Bianchini (D.O. M.R.O.F), notre maître de mémoire.

Monsieur Bernard Autet (D.O. M.R.O.F), Directeur du Collège Ostéopathique de Montpellier.

Madame Sylvie Wendling, Maître de conférences, chercheur au Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique du C.N.R.S. (U.P.R. 70.51), Marseille.

Monsieur Vinicius Raducanu, Architecte, Docteur de l'université, chercheur au Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (U.M.R. 5508), enseignant à l'Ecole d'Architecture du Languedoc-Roussillon, Montpellier II.

Monsieur Eric Degen (D.O.), Docteur vétérinaire, responsable du Département d'Ostéopathie Comparée à l'Académie d'Ostéopathie de France.

Messieurs Pascal Ceyrat (D.O. M.R.O.F), Jean Gay (D.O. M.R.O.F), Michel Coquillat (D.O. M.R.O.F), Maurice Audouard (D.O. M.R.O.F), Daniel Pascal (D.O. M.R.O.F), Jean-Philippe Charavin (D.O., M.R.O.F.), Luc Le Moal (D.O., M.R.O.F.), Pascal Adloff (D.O. M.R.O.F), professeurs d'ostéopathie.

Pascale, ostéopathe demain, pour sa confiance et sa patience.

Mes parents, ma famille et mes amis.

Qu'ils reçoivent ici le témoignage de ma plus profonde gratitude.

AVANT-PROPOS

La profession ostéopathique française vit actuellement une mutation. Les récentes décisions législatives ont reconnu la profession d'ostéopathe et les décrets à venir préciseront certainement les modalités d'application de la loi du 4 mars 2002. Qu'elles que seront ces futures mises au point et les degrés de liberté alloués à la profession, il y a fort à parier que des ponts de plus en plus nombreux s'établiront entre le monde ostéopathique et le monde médical, particulièrement avec ses instances d'enseignement et de recherche.

La connaissance des techniques de manipulation ne suffit pas pour pratiquer l'ostéopathie. L'ostéopathie est une médecine, reposant sur ses propres concepts, philosophiques et pratiques. De l'étiologie à la thérapeutique, elle présente une vision originale de l'homme souffrant□ un système médical autonome, où le recours à des justifications philosophiques d'horizons étrangers s'avère superflu.

Il semble donc louable de l'estimer, comme l'ont fait Still, son fondateur, et les générations suivantes, à l'aune de ses résultats cliniques, lesquels justifient et légitiment totalement la place qu'elle occupe actuellement. Compte tenu de l'originalité de ses principes de base, les résultats cliniques de l'ostéopathie restent difficiles à évaluer selon les règles et théories en vigueur, établies sur d'autres postulats. Aussi d'autres protocoles d'étude ont été mis en œuvre en vue d'évaluer et de quantifier ces résultats.

Sur le plan historique, la facette scientifique de l'ostéopathie n'appartient pas au domaine des statistiques, mais ressortit aux faits d'ordre anatomique et physiologique. Parallèlement aux travaux d'évaluation clinique, le vaste champ de la recherche fondamentale est ouvert à l'ostéopathie. Plusieurs travaux de recherche ostéopathique ont vu le jour, constituant de précieux supports théoriques pour la compréhension et l'application de cette médecine. Leurs auteurs ont eu le mérite (ou la chance) d'exercer au sein de laboratoires performants, fait qui demeure encore du domaine de l'exception. La recherche fondamentale coûte cher, soutenue en général par l'industrie qui fonde sur les applications (médicaments, techniques diagnostiques, brevets génétiques, etc), sa plus grande source de profits. Les médias nous content régulièrement les épisodes de cette "guerre" commerciale entre laboratoires pharmaco chimiques.

Est-ce à dire que les ostéopathes doivent baisser les bras, condamnés à attendre une opportunité miraculeuse□ Nous ne le pensons pas. Dans des domaines aussi variés que l'anatomie, la biologie cellulaire, la physiologie, la neurologie, la paléontologie, la mécanique, l'architecture ou la physique, la communauté scientifique travaille pour l'ostéopathie sans le savoir.

De surcroît, cette communauté s'ouvre peu à peu à l'interdisciplinarité, le temps des querelles d'écoles semble en partie révolu. Tout au long de la préparation de ce mémoire, nous avons toujours été bien accueillis par les chercheurs rencontrés ou contactés en Europe et outre-Atlantique, tous curieux et interpellés par notre démarche. Entre autres expériences, le symposium du C.E.O.P.S.¹, réunissant ostéopathes, professionnels de santé,

¹ Centre d'Etudes de l'Ostéopathie, de la Posturologie et des Sciences annexes.

paléoanthropologues, astrophysiciens, biophysiciens, constitue un jalon sur cette voie d'ouverture.

Dans l'optique d'instaurer un dialogue avec la communauté médicale, l'ostéopathie doit valider ses concepts et ses protocoles. Elle a ainsi besoin de recherches, donc de chercheurs, lesquels l'écouteront et l'épauleront à la seule condition qu'elle adopte le langage et la rigueur qui conviennent. Sans cet effort, elle se condamne à un isolement, prélude à la sclérose.

De 1874 à nos jours, l'école ostéopathique s'est attaché au raisonnement. Still, Sutherland, Littlejohn, Fryette ont cherché à expliquer l'étiologie, la physiopathologie, la thérapeutique, d'une façon cohérente et logique.

L'ostéopathie n'a aucunement à se justifier (les résultats cliniques sont là), mais elle doit rester fidèle à cette démarche établie sur la maîtrise de l'anatomie et de la physiologie. Les connaissances ont beaucoup évolué au cours des trois précédentes décades, tant sur le plan descriptif que conceptuel. L'ostéopathie doit intégrer ces nouvelles données. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons choisi d'examiner des travaux d'origines différentes mais centrés sur un même objet, la tenségrité, afin d'en rassembler et d'en exploiter quelques résultats.

PLAN

	Pages
INTRODUCTION	11
PARTIE I LA TENSEGRITE, PRINCIPE STRUCTURAL	13
1. 1. HISTORIQUE	15
1.1.1. R.B. FULLER, K. SNELSON, D.G. EMMERICH	
1.1.2. DEMARCHES INITIALES	
1. 2. DEFINITIONS	17
1.2.1. PRELIMINAIRES	
1.2.2. TENSEGRITE	
1.3. CLASSIFICATION ET RECHERCHE DE FORMES.	21
1.3.1. GEOMETRIE	
1.3.2. TYPES D'ASSEMBLAGE	
1.3.3. LIMITES	
1.3.4. RECHERCHE DE FORMES	
1. 4. NOTION D'AUTOCONTRAINTTE	23
1.4.1. EQUATION D'EQUILIBRE	
1.4.2. STABILITE	
1.4.3. ANALOGIE DU BALLON	
1.4.4. ETATS D'AUTOCONTRAINTTE	
1. 5. PROPRIETES	26
1.5.1. PROPRIETES GENERALES	
1.5.2. DEFORMATION, RIGIDITE	
1. 6. UNE APPLICATION LES GRILLES DE TENSEGRITE	30
1.6.1. HISTORIQUE	
1.6.2. SITUATION DU PROBLEME	
1.6.3. PRINCIPES DE REALISATION	
1.6.4. PERSPECTIVES	
PARTIE II LA TENSEGRITE A L'ECHELLE CELLULAIRE	33
2. 1. GENERALITES	35
2.1.1. HISTORIQUE	
2.1.2. OUTILS TECHNOLOGIQUES	
2.1.3. MODELES CELLULAIRES	
2.1.4. REGULATION DE LA VIE CELLULAIRE	
2.1.5. DEMARCHE EXPERIMENTALE	
2.1.6. AVERTISSEMENT	
2. 2. MICROSTRUCTURES	40
2.2.1. COMPLEXES D'ADHESION FOCAL	
2.2.2. CYTOSQUELETTE	
2.2.3. NOYAU	
2. 3. COMPORTEMENT MECANIQUE	47
2.3.1. PRECONTRAINTTE	
2.3.2. RAIDISSEMENT LINEAIRE	

2.3.3. PRECONTRAINTE INITIALE ET RIGIDITE	
2.3.4. STRUCTURES IMPLIQUEES	
2.3.5. CONCLUSIONS SUR LE COMPORTEMENT MECANIQUE	
2. 4. MECANOTRANSDUCTION	49
2.4.1. CYTOSQUELETTE, SUPPORT DES REACTIONS BIOCHIMIQUES	
2.4.2. MODIFICATIONS GEOMETRIQUES	
2.4.3. QUELQUES EXEMPLES	
2.4.4. ASPECT THERMODYNAMIQUE	
2.4.5. COUPLAGE HARMONIQUE	
2. 5. CYCLE CELLULAIRE, MORPHOGENESE	53
2.5.1. INSUFFISANCE DES SEULS FACTEURS CHIMIQUES	
2.5.2. IMPORTANCE DE L'ADHERENCE	
2.5.3. IMPORTANCE DE LA FORME ET DE LA TENSION	
2.5.4. IN VIVO □ LA MEMBRANE BASALE	
2.5.5. CARCINOGENESE	
2. 6. CRITIQUES	56
2.6.1. GENERALITES	
2.6.2. CONTROVERSE	
2.6.3. AUTRES MODELES	
2. 7. CONCLUSIONS DE LA SECONDE PARTIE	58
2.7.1. LA TENSEGRITE □ POURQUOI □	
2.7.2. IMPLICATIONS OSTEOPATHIQUES	
PARTIE III □ LA TENSEGRITE A L'ECHELLE MACROSCOPIQUE	63
3. 1. HISTORIQUE	65
3. 2. MODELES BIOMECHANIQUES CLASSIQUES	66
3.2.1. LOIS DE LA CONSTRUCTION ET BIOMECHANIQUE	
3.2.2. TENSION	
3. 3. TROIS STRUCTURES ANATOMIQUES	68
3.3.1. EPAULE ET MEMBRE SUPERIEUR	
3.3.2. SACRUM	
3.3.3. TENSION RECIPROQUE ET SYSTEME CRANIO-SACRE	
3. 4. MODELE POUR LE RACHIS	72
3.4.1. LE RACHIS EST-IL UN PILIER □	
3.4.2. MODELE DU TREILLIS	
3.4.3. STRUCTURES ANATOMIQUES	
3. 5. HIERARCHIE DES STRUCTURES	76
3.5.1. INTRODUCTION	
3.5.2. DONNEES HISTOLOGIQUES	
3.5.3. ICOSAEDRE DE LEVIN	
3.5.4. REMODELAGE OSSEUX EN MICROGRAVITE	
3.5.5. ROLE PROTECTEUR	
3.5.6. LES FASCIAS □ META-NIVEAU	
3. 6. LE CORPS ENTIER, STRUCTURE DE TENSEGRITE □	81
3.6.1. GENERALITES	
3.6.2. ACCEPTATION ENERGETIQUE	
3.6.3. CAVITES ET VISCERES	
3.6.4. ACCEPTATION STRUCTURALE	
3.6.5. LA TENSEGRITE, UNE QUESTION DE POINT DE VUE	

PARTIE IV	APPLICATIONS A L'OSTEOPATHIE	87
4. 1.	AUTOCONTRAINTE, GRAVITE ET POSTURE	89
4.1.1.	AUTOCONTRAINTE BASALE	
4.1.2.	LA GRAVITE, FACTEUR D'AUTOCONTRAINTE	
4.1.3.	STATIQUE	
4.1.4.	POSTURE ERIGEE	
4.1.5.	DYNAMIQUE	
4.1.6.	CELLULE MUSCULAIRE ET SYSTEME NERVEUX	
4.1.7.	CONSEQUENCES ETIOPATHOLOGIQUES	
4. 2.	LE CHAMP DE TENSION	93
4.2.1.	PROCESSUS OMNIDIRECTIONNEL	
4.2.2.	APPLICATIONS	
4.2.3.	NOTION D'AXES	
4.2.4.	ASPECT PEDAGOGIQUE	
4.2.5.	VALEUR DIDACTIQUE DES SYSTEMES DE TENSEGRITE	
4. 3.	CONSIDERATIONS SUR LE MOUVEMENT	96
4.3.1.	LES MOUVEMENTS MINEURS, REFLETS DE LA TENSEGRITE	
4.3.2.	AUTOCONTRAINTE ET MOUVEMENTS MAJEURS	
4. 4.	APPLICATIONS AU TEST OSTEOPTHIQUE	98
4.4.1.	LE TEST OSTEOPTHIQUE, TEST COMPARATIF DE DEFORMATION	
4.4.2.	IMPORTANCE DE LA COURBE DE CHARGE	
4.4.3.	REALIGNEMENT DES STRUCTURES	
4.4.4.	POUSSER ET TIRER	
4.4.5.	ATTITUDE DU PATIENT LORS DU TEST	
4. 5.	APPLICATIONS A LA THERAPEUTIQUE	100
4.5.1.	PRINCIPES GENERAUX	
4.5.2.	NIVEAU MACROSCOPIQUE	
4.5.3.	NIVEAUX TISSULAIRE ET CELLULAIRE	
4.5.4.	TECHNIQUES VISCERALES ET SYSTEME NERVEUX AUTONOME	
4. 6.	MOUVEMENT RESPIRATOIRE PRIMAIRE	105
4.6.1.	MODELES POUR LE MRP	
4.6.2.	LE MRP, PHENOMENE D'ORDRE VIBRATOIRE	
4.6.3.	INTERACTION ENTRE PATIENT ET PRATICIEN	
4.6.4.	ASPECTS THERAPEUTIQUES	
4.6.5.	TENSEGRITE	
	TROIS PROCESSUS PHYSIQUES SIMULTANES	
	CONCLUSION GENERALE	109
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	113
	ANNEXE I	
	RAPPELS D'HISTOLOGIE ET DE CYTOLOGIE	117
	ANNEXE II	
	PHYSIOLOGIE ET MICROGRAVITE	129

INTRODUCTION

Abordant, lors de notre formation, le principe de tension réciproque de Sutherland et sa généralisation au réseau fascial, une photo, vue des années auparavant nous est revenue en mémoire. L'image représentait un mât s'élançant vers le ciel, composé de tiges de bois semblant flotter dans l'espace, sans connexion directe les unes avec les autres et stabilisées par de fins tirants. Un mot restait associé à cette photo "tenségrité".

Nous est alors apparue une analogie possible entre cette sculpture et la structure du corps humain. Il y a peu, la consultation fortuite d'une publication traitant de la tenségrité cellulaire [41], a ravivé cette idée, nous engageant dans une recherche d'articles faisant référence au sujet. Nous avons découvert que l'étude de la tenségrité occupe des architectes et concepteurs bien sûr, mais également des physiciens (mécanique, structure des matériaux), des mathématiciens, des biologistes (cytologie, anatomo-pathologie, biomécanique des tissus), et enfin des thérapeutes.

Entre autres documents, certains émanent de deux ostéopathes américains [16,17,59,60], lesquels s'accordent pour affirmer qu'*«Après progrès dans sa compréhension et dans ses applications en biologie, le modèle de tenségrité représentera l'un des concepts les plus pertinents pour la compréhension du système musculo-squelettique»* [17]. D'autre part, le programme du Sutherland Cranial College inclut le principe de tenségrité au sein d'un module relatif à la tension réciproque. Nous avons appris très récemment qu'un mémoire d'ostéopathie y faisait référence [29]. Il nous est apparu important de comprendre pourquoi des membres de la profession s'intéressaient à la tenségrité.

Une compréhension juste du principe s'avérait dès lors indispensable. Deux scientifiques, Sylvie Wendling, chercheur en biomécanique cellulaire au C.N.R.S., et Vinicius Raducanu, architecte et chercheur en mécanique et génie civil à l'Université Montpellier II, ont accepté de nous guider dans cet apprentissage.

Même si des prolongements l'entraînent non sans risques vers des terres lointaines, la tenségrité représente avant tout un concept architectural et mécanique. Or, tout au long des écrits de Still, père de l'ostéopathie, le praticien y est décrit comme un mécanicien chargé de l'entretien de la machine humaine, conçue de façon parfaite par l'ingénieur suprême [102,104]. Etudier la tenségrité dans le domaine du vivant, c'est s'interroger sur des rapports de structures, au sein d'un niveau d'organisation, mais également entre ces différents plans hiérarchiques, donc interroger l'anatomie macro et microscopique. Pour Still, examiner les structures histologiques, l'œil «collé» au microscope, est toujours étudier l'anatomie [105].

Des éléments expérimentaux ont été accumulés en ostéopathie depuis les années 40, période à laquelle la recherche au Kirksville College se dote de moyens technologiques appropriés et adopte une méthodologie rigoureuse. Korr, suite aux travaux de Denslow, en définissant le concept de segment médullaire facilité a apporté à l'ostéopathie un modèle physiopathologique extrêmement fécond qui fait toujours référence en la matière pour la majorité des praticiens et enseignants [53]. La physiologie de l'ostéopathie s'établit pour l'instant sur des bases neurologiques, prémisses aux données étiopathogéniques ainsi qu'aux hypothèses concernant les modes d'action du geste thérapeutique.

Curieusement, il semble que Still autant que Sutherland, bien au fait du rôle et de l'importance du système nerveux, - l'élève davantage que le maître, époque oblige - , conçoivent avant tout l'ostéopathie comme ressortissant au domaine de l'ingénierie. Pour ces deux pionniers, si les voies nerveuses sont effectivement et fréquemment impliquées dans les phénomènes lésionnels, il s'agit d'abord pour le praticien de lever l'obstacle qui perturbe la libre circulation de l'influx nerveux.

L'approche du corps sous l'angle de l'anatomie et de la biomécanique constitue la spécificité de la médecine ostéopathique [15]. Avec la tenségrité, nous retournons en quelque sorte à la source en proposant un modèle mécanique préexistant et servant de "toile de fond" à de nombreux phénomènes physiologiques. Présenter à la profession un concept redonnant à la biomécanique une place de choix s'inscrit totalement dans la ligne de conduite souhaitée par les pionniers et les maîtres de l'ostéopathie.

Le principe de tenségrité, s'appliquant à tous les plans d'organisation du vivant, de la cellule au corps dans son ensemble [43,62], méritait largement d'être étudié dans le cadre d'un mémoire, afin d'examiner de quelle façon il renouvelle le regard porté sur la biomécanique, et éclaire ainsi certains concepts théoriques et pratiques de l'ostéopathie.

- La première partie est consacrée à la tenségrité en tant que concept architectural et mécanique. Après une esquisse historique, nous aborderons, à travers l'évolution du concept dans le domaine architectural, les problèmes de définition et de classification, actuellement sources de controverses. La notion centrale d'autocontrainte sera développée avant d'examiner les propriétés et le comportement mécaniques des structures. En final, l'exemple des nouvelles grilles de tenségrité sera l'occasion d'aborder les principes d'assemblage.
- L'application majeure de la tenségrité en biologie concerne la cellule, de nombreux chercheurs travaillant sur cette question. La deuxième partie traite de cette application à l'échelle microscopique. Nous envisagerons tout d'abord les structures impliquées dans la mécanique cellulaire. L'analogie entre le comportement mécanique de la cellule et les modèles théoriques sera examinée. Nous décrirons, à l'aide d'exemples, les liens unissant les processus mécaniques et les phénomènes biochimiques, et montrerons comment la tenségrité constitue un principe orchestrant la vie cellulaire. En final, seront abordés quelques liens essentiels entre tenségrité et ostéopathie.
- L'échelle macroscopique, celle des organes et du corps dans sa totalité, forme le troisième temps de notre travail. Nous soulignerons les limites des concepts biomécanique classiques et nous verrons comment la tenségrité apporte un éclairage nouveau sur la question. Différents modèles applicables aux structures anatomiques seront exposés. La notion de hiérarchie nous ouvrira à celle d'interaction entre les plans d'organisation du vivant. En final, nous montrerons que l'hypothèse d'un fonctionnement du corps selon le principe de tenségrité mérite d'être examinée.
- La quatrième partie concerne plus spécifiquement les rapports entre la tenségrité et l'ostéopathie. Les relations unissant autocontrainte, gravité et posture, feront l'objet d'un premier développement. L' "omnidirectionalité", propriété majeure du champ de tension, et ses conséquences, seront ensuite examinées. Quelques applications dans les domaines techniques - tests et thérapeutique - suivront, avant de montrer comment, à travers ses aspects vibratoires, la tenségrité peut rendre compte du mouvement respiratoire primaire.