

L'histoire de ce film commence il y a une vingtaine d'années . Nous faisons alors dans un Laboratoire agréé de recherche expérimentale des transferts de tendons vascularisés chez la dinde et dès cet apprentissage ,nous avons été impressionnés par la richesse de la vascularisation des tendons .

Par la suite , l' école chinoise de chirurgie plastique nous a fait découvrir la notion de lambeau en îlot rétrograde et nous avons commencé à mettre au point une technique de transferts tendineux vascularisés en îlot sur le pédicule cubital.

Peu à peu, s'est développée une vision anatomique des rapports entre tendons , gaines de glissement et les vaisseaux qui nous a incité à pousser les barrières de la doctrine classique.

En effet, lors des revascularisations après lâchage du garrot, nous constatons que non seulement les extrémités tendineuses saignaient, avec une vascularisation longitudinale et périphérique d'allure circulaire, ce qui contredisait le caractère avasculaire accepté à l' époque , mais qu'il existait aussi une réelle continuité tissulaire entre les gaines et le tendon, ininterrompue malgré les mouvements d'éloignement lors du glissement . Il était évident , par ailleurs , à l' observation du comportement des vaisseaux de la gaine commune carpienne lors de la flexion ou de l'extension que les explications mécanistiques un peu simplistes ne pouvaient plus donner les bonnes réponses et que cette apparente inorganisation et irrégularité des formes devaient témoigner d' une complexité encore mal explorée.

Pour tenter une explication nous commençâmes à étudier la répartition et mobilité vasculaire en détail sous microscope et in vivo grâce à une caméra vidéo grossissant 25 fois.

Pour aborder ce problème , nous avons été aidé par une image vasculaire originale pouvant faire évoquer une pompe à essence avec sa structure verticale rappelant le corps de pompe, puis le tuyau et enfin le vaisseau avoisinant avec lequel elle est en connexion comme une voiture faisant le plein. On s'aperçoit que ce tuyau s'étend quand la voiture s'éloigne ou se plie quand elle s'approche. Si nous analysons les déplacements dans cette séquence, nous observons qu'un gros vaisseau Numéro 3 passe progressivement derrière le vaisseau No2, la pompe à essence, lors de la flexion, puis la dépasse tout en se rapprochant d'un autre vaisseau No 1 qui est en fait le vaisseau-voiture dont la pompe s'éloigne lentement puisque le tuyau se détend vers l'extension maxima. En fin de course le vaisseau N° 3 a dépassé le vaisseau N° 2, et s'est rapproché du vaisseau N° 1 qui lui-même s'est éloigné du vaisseau N° 2.

Il semblait donc exister au sein d' une matière vivante homogène plusieurs types de vitesse et de progression. D' abord influencé par notre perception réductionniste et linéaire, nous avons pensé que la seule explication rationnelle pouvait être l' existence de plusieurs couches conjonctives coaxiales de diamètre dégressif, armant les structures vasculaires. La plus proche du tendon allant la plus vite et la plus éloignée allant plus lentement.

Mais cette notion de couches annulaires coulissant entre elles faisait appel à une répartition hiérarchique histologique . Or , l'observation in vivo la rendait inacceptable .

On se trouvait alors confronté à cette nécessité incontournable , de poser le problème en terme de dynamique globale , de matière continue , d'introduire le concept de continuité tissulaire, s'opposant radicalement aux descriptions traditionnelles du glissement à savoir une stratification et un espace virtuel.

L' observation in vivo ou au microscope électronique après déshydratation a montré que ce tissu tramé collagénique est effectivement une matière continue constituée de milliards de vacuoles de forme inorganisées apparemment en disposition fractale , pseudopolygonale mais avec une dynamique bien particulière, dégageant un volume constitué de glycolicane et dont l' armature est faite de fibrille de collagène de type 1 ou 3ou 4 et 6 avec des tailles excessivement variables en fonction de la localisation anatomique et du rôle fonctionnel à assumer .. Aucune régularité

**géométrique n' est observée . Ce monde est d' expression chaotique voire fractale mais aucunement linéaire .**

**Ce système , qui va s' avérer être ce que nous connaissons sous le terme de tissu conjonctif ou de remplissage, nous l'appellerons le Système Collagénique Multimicrovacuolaire d'absorption dynamique .**

**Nous avons pensé qu' il s' agissait d' un système élastique caoutchouteux car il doit éviter tout effet de résistance en plateau et la fracture du constituant collagénique .**

**Il doit permettre au tendon d' avoir toute sa mobilité sans propager le mouvement aux tissus avoisinants.**

**Nous avons imaginé que le comportement biomécanique de ce système d' amortissage pourrait s' expliquer selon la théorie des tiroirs, avec lors de la progression du tendon , la première vacuole en traction immédiate arrivant à un point rupture élastique qui dès lors sollicite la 2 ème vacuole puis la 3 ème , la dernière vacuole n' étant pratiquement pas sollicitée. Le même processus mais en faisant appel à des répartitions de pression au sein même des vacuoles fût notre deuxième hypothèse . Mais nous étions toujours en 2 Dimensions et pauvrement linéaires.**

**Seuls quelques faits nous semblaient sûrs, la continuité tissulaire , l' existence de structures basiques de type vacuolaire et la présence d' un mécanisme d' amortissage permettant l' interdépendance des organes.**

**Il fallait passer en 3 dimensions pour mieux comprendre.**

**Les images de synthèse nous permirent de bien progresser . Elles ont été traitées par le principe d' introduction dans un système déformable continu, de deux frontières rigides , l' une externe fixe et l' autre interne totalement mobile.**

**Une architecture réticulée à maille losangique incluant les microvacuoles et en recherchant la répartition fractale fut introduite.**

**L' approche scientifique et le modèle graphique se rapprochèrent de l' apparente réalité, illustrant le système de glissement, reproduisant à la fois la brillance du liquide intravacuolaire, l' armature de la fibrille collagénique , respectant nos hypothèses concernant les tractions et sollicitations intravacuolaires.**

**Mais cette réponse schématique à l' explication du glissement tendineux mettait alors en exergue l' interdépendance des mouvements des tendons entre eux et par l' introduction d' autres organes, ouvrait ce système à un mode de répartition plus dense , plus généralisé à l' organisme.**

**Nous percevions alors la globalité de ce système Collagénique Multimicrovacuolaire d' Absorption Dynamique.**

**Effectivement ce tissu de glissement se retrouve partout au moindre recoins de notre organisme que ce soit au niveau des autres tendons comme les extenseurs mais aussi au niveau de la paroi abdominale près des muscles Grand Droit , au contact du thorax près du Grand Dorsal , au niveau de l' œil dans le sillon rétro-conjonctival et au niveau des structures musculaires dont elle constitue, semble t'il à la fois le lien avec les autres muscles et tendons mais peut être aussi la trame fondatrice . Même des structures appelées à peu de mobilité telles que le nerf et le périoste sont constituées de ce système tissulaire fibrillaire mais avec des différences de constitutions dans la trame et dans taille.**

**Cette apparente organisation globalisante , véritable charpente mésoscopique de la matière vivante incitait à une perception plus holistique.. Nous décidions d' étendre nos observations aux structures cutanées et sous cutanées, structures qui dans cet univers de mobilité semblaient être des frontières plus stables, de notre permanence structurelle .**

**Par sa structure et par sa fonction de porteuse des autres organes des sens, la peau est plus qu'un organe, c'est un ensemble d'organes différents introduisant parfaitement à la notion de complexité anatomique, physiologique, culturelle et par là psychique.**

**De tous les sens, le toucher est le plus vital, on peut vivre sans odorat, aveugle, privé de goût mais pas sans la peau.**

**Ses fonctions de renseignements sont permanentes. La peau ne se ferme pas, ne se bouche pas, la peau ne dort jamais.**

**Elle a une odeur, un grain, elle respire, sécrète, élimine.**

**Elle assure les échanges de signaux avec le monde extérieur ainsi, la surface du corps est une machine communicante autant qu'une membrane protectrice.**

**Elle se modifie par sa couleur, sa texture, sa forme et conserve des marques plus ou moins visibles et durables de ces états agressifs comme le soleil, les cicatrices, la maladie.**

**Alors qu'à la naissance, elle est parfaitement tendue, prête à la vie, les structures lentement, prennent une allure plissée, ridée, et s'affaissent.**

**Mais que ce soit chez un nouveau né, un adolescent ou un adulte, la peau n'est en fait jamais plane, jamais lisse.**

**Au travers de poils, on remarque des structures pseudogéométriques séparés par des lignes de force qui permettent de répondre à des sollicitations dans toutes les dimensions de l'espace. Ces structures triangulaires, pyramidales, ont des mouvements les uns par rapports aux autres.**

**Dès que le mouvement intervient, elles s'orientent immédiatement dans le sens de la traction et toutes les images antérieures disparaissent pour adopter une forme nouvelle; puis, comme un effet de mémoire, reviennent au schéma antérieur. Dans la vie de tous les jours, la peau subit ce type de mouvements de translation, traction, d'étirement et pourtant en dehors de tout traumatisme générant une plaie, cette peau revient à la position initiale.**

**Il y a là bien sûr, une observation connue depuis toujours et qui est dite élasticité de la peau, mais comment cette élasticité est-elle en rapport avec l'univers sous cutané?**

**Grâce à un video-endoscope, nous avons poursuivi notre balade sous la peau pour essayer de comprendre, ce monde apparemment simple de glissement, de mobilité, assurant sans aucun à-coup des mouvements rapides, violents mais aussi doux et minutieux.**

**La dissection chirurgicale permet de constater qu'il n'y a que des connections tissulaires, une véritable continuité histologique sans séparations nettes que ce soit entre la peau, le derme, l'hypoderme, les vaisseaux, l'aponévrose et le muscle.**

**Comment cette continuité tissulaire peut-elle être souple? Comment cette cohésion permet-elle le glissement?**

**Dès que l'observation se veut un peu curieuse, on découvre juste après avoir franchi le derme et hypoderme un tissu très mobile, plan, totalement globalisant, réparti sur toute la surface des structures et s'infiltrant dans chaque plan dit de décollement. Si on saisit et tracte ce tissu avec des pinces, on retrouve tout de suite cette organisation vacuolaire surprenante car sans apparente harmonie, et sa traction vive provoque des mouvements étranges qui sont l'éclatement des vacuoles à la pression atmosphérique, mettant en évidence, des systèmes hydrauliques sous pression différente.**

**Un véritable spectacle de structures fibrillaires à formes pseudo-géométriques existant entre le muscle, la peau, la graisse, ce spectacle occupe l'intégralité de la scène.**

**Mais quelles sont ces structures, que font-elles? à quoi servent-elles?**

**Immergeons nous dans ce monde de fibrilles.**

**A la première observation, on remarque soit des surfaces assez larges, réfringentes comme des lames d'acier, surfaces diaphanes d'apparence proche, soit des fibrilles longitudinales, terriblement semblables, élancées, fines, longues ou courtes, renflées ou cylindriques. La diversité est partout et la variété totale.**

**Architecture de plume d'oiseau, de tige creuse de roseau, fagots de jonc, minces fétus d'épis de blé dont la résistance à la traction est considérable . Filins , mâtures, attaches, avec des anneaux diaphragmés raidisseurs renforçant la solidité comme la tige articulée d'un bambou, voiles transparents , gouttes de rosées...**

**La continuité tissulaire est donc totale, le mélange est homogène et l'organisation complètement irrégulière, désordonnée fractale , à savoir, que l'on trouve entre les grandes fibrilles d'autres plus petites de même nature et ainsi de suite..**

**Il s'agit là d'un véritable chaos fibrillaire.**

**Le corps humain semble donc être un seul et même tissu qui s'est différencié fonctionnellement au gré du temps, mais dont l'organisation basique est stéréotypée**

**Cette trame organisationnelle, support de vie , en équilibre , cependant ne peut pas être sans règles de fonctionnement.**

**Comment ces structures sont-elles maintenues ? Comment est organisée leur résorption, leur mobilité, quel est leur rôle ?**

**Selon les termes de la mécanique physique , leur organisation semble être celle d'un système dit complexe, stable en recherche d'équilibre, système doté d'une grande capacité de résistance et d'adaptabilité aux changements. Il n'existe pas pour les physiciens et médecins un ensemble offrant une telle cacophonie de mouvements à contre temps sur des échelles allant du microscopique au macroscopique : mouvements de muscles , de fluides, de fibrilles , et de cellules. Nous sommes au contact de la pierre de touche de toute approche de la complexité**

**Le système est nous venons de le voir défini en termes de structures par des fibrilles de collagène baignées dans l'atmosphère de glycolicane avec des réservoirs de microlobules graisseux dans lesquels sont stockés les énergies , informations et matériaux avec enfin un réseau de communications grâce bien sûr aux nerfs, veines, artères et globules progressant dans le torrent sanguin. On note aussi des mouvements hydriques de pression encore mal explorés mais surprenants quand on aperçoit ces images de goutte sur un filament , de leur progression le long d'une tige fibrillaire indubitablement creuse.**

**Ce système Multimicrovacuolaire qui nous avait semblé chaotique et complexe d'emblée est un ensemble d'éléments, à haute densité d'interconnexions non linéaire, organisés en fonction d'une seule finalité garante de l'indispensable : favoriser la vie , se diviser , se multiplier dans un ensemble de constantes prédéterminées comme la teneur en oxygène , la température du corps ou la composition du plasma. Il faut maintenir les équilibres internes de la structure.**

**Mais un autre aspect est capital . C'est le maintien de l'équilibre de la structure en termes d'assises mécaniques et non plus en termes de flux ou de transmetteurs. Pour transmettre la structure doit résister, s'adapter aux sollicitations basiques de l'environnement et maintenir son architecture .**

**La plupart des séquences mettent en évidence des formes pseudogéométriques qui reflètent une répartition polygonale. Cette impression visuelle trouve sa traduction élémentaire dans la microvacuole qui est l'élément basique associant un cadre fibrillaire polyédrique avec un gel à l'intérieur .. Nous l'avons vu à propos du système péri-tendineux.**

**Elle a des différences de constitution en fonction du rôle dynamique.**

**Son comportement doit respecter le principe essentiel qui est d'assurer la progression totale du mobile voulu sans que rien ne bouge autour . C'est à dire un rôle dynamique absolu et d'amortissage total . Deux rôles dynamiquement contraires combinés avec une mémoire de retour et une efficacité thermodynamique sans perte inutile d'énergie .**

**La relation rhéologique , c'est à dire la relation locale existant entre la contrainte et la déformation, pourrait être un comportement élastique caoutchouteux , suggéré par le fait que les fibres collagéniques ne peuvent pas s'étirer indéfiniment .**

**D'autres pensent que cela pourrait être un mécanisme par adaptation de concentrations ioniques. Ce problème n'est pas résolu mais à notre avis pourrait être approché en faisant appel à la notion de contrainte transmise combinée, c'est à dire que chaque élément de fibre est connecté au voisin par un lien précontraint.. Quand ce lien est mis sous tension, l'élément suivant est soumis à une tension légèrement décroissante jusqu'à la réalisation de la déformation créée.**

**Mais les séquences d'entrelacs, d'enchevêtrements de structures fibrillaires par le pouvoir récursif de mouvements à l'intérieur de mouvements se trouvent hors de portée de l'approche analytique standard, et font appel à des règles physiques basées sur des mathématiques non linéaires .**

**Dés lors pour essayer de comprendre ces phénomènes mécaniques, nous nous sommes intéressés aux théories sur le chaos, aux répartitions fractales et à leurs rapports avec la science traditionnelle. Les pistes sont nombreuses et les aspects purement théoriques et leurs conclusions métaphysiques sont à surveiller. Nous serons vigilants . Plusieurs articles scientifiques sérieux évoquent le principe de tenségrité.**

**L'étude du concept de tenségrité fut incontestablement celle qui me permit de progresser dans la compréhension du glissement des organes.**

**Buckminster Fuller, architecte et Kenneth Nelson, sculpteur, américains ont travaillé sur des structures macroscopiques et mis au point des bâtiments ou sculptures qui ont des caractéristiques communes. Les structures sont faites de longues tiges articulées reliées par des câbles élastiques précontraints déjà en traction.**

**Le principe est un système architectural dans lequel la stabilité est obtenue par un équilibre entre des forces opposées de compression et de tension ce qui permet de conserver forme , solidité adaptabilité multidirectionnelle et indépendance vis à vis de la force de gravitation . Les structures établies par la tenségrité ,ne sont pas stabilisées par la résistance des constituants individuels comme une colonne à la gravité mais par une répartition et un équilibre des contraintes mécaniques dans la totalité de la trame.**

**Toutes les forces sont soumises à tous les éléments structuraux ce qui fait que la moindre tension accrue sur l'un des éléments est transmise à tous les éléments même éloignés .**

**Les formes retenues pour l'application pratique sont souvent géométriques, quadra, pentagonales ou tout au moins d'approche icosaédrique.**

**La forme icosaédrique semble être la manière préférée pour séparer et remplir l'espace à la recherche de surface d'aire dites minimales dans l'arrangement .**

**Il semblerait et cela semble fondamental, que pour remplir l'espace les structures vivantes respectent aussi des forces qui incitent à sélectionner des formes .**

**La nature fait souvent appel à des règles d'auto-assemblage sous la forme de motifs naturels triangulaires , polygonaux ou spiralés plus ou moins répétés.**

**Au niveau moléculaire par exemple comme dans la molécule de collagène , des travaux récents ont montré que les longues chaînes d'acides aminés se replient en hélice, se stabilisent du fait d'équilibre entre les forces d'attraction des liaisons Hydrogène et les forces qui permettent aux protéines de résister à la compression puis apparaissent des séquences qui se comportent comme des articulations flexibles.**

**Au niveau cellulaire , le Dr Ingber a découvert une armature intracellulaire , un maillage interne faits d' éléments fibrillaires à répartition chaotique mais assurant les rôles fondamentaux de restauration de la forme dès que la pression est supprimée.**

**Cette tendance pseudo polygonale interroge car, elle existe à toutes les échelles de la matière vivante, animale ou végétale et semble être sûrement, au travers d'une influence plus importante des forces physiques telle que en autres, osmotique et électromagnétique le système de construction privilégié de la nature sélectionné au cours de l' Evolution**

**Alors , il faut rendre hommage à D' Arcy Thompson, biologiste humaniste Ecossais du XIX éme siècle.**

**Il pensait que la téléologie adaptationniste de Darwin devait être aussi complétée par la cause physique et mécanique.**

**Convaincu que ni le hasard , ni la finalité ne pouvaient expliquer la stupéfiante universalité des formes biologiques, l' indéniable unité des organismes, le nombre limité des formes vivantes , le premier, il introduisit les forces physiques dans une tentative d' explication de la multiplicité des formes.**

**Son intuition a été de penser que les forces qui façonnent la vie sont proches et il souhaitait que la biologie associe aussi les mécanismes physiques pour contrôler à la fois la forme et la croissance et ne se concentre pas exclusivement sur le projet téléologique .Le Darwinisme ou Néodarwinisme ne semblent pas pouvoir ,en effet, expliquer la morphogénèse originelle.**

**J' ai commencé alors à faire le rapprochement entre cette théorie de la tension-compression basée sur les formes icosaédriques et les structures fibrillaires observées sous la peau , polyédriques et dont l'unité , la microvacuole est très proche en forme et volume d' un icosaèdron**

**Hautement efficaces, associant haute résistance mécanique et économie de matière, ces architectures fibrillaires flexibles, précontraintes sont sans doute avantageuses par la capacité à prendre diverses formes, plus stables, plus adaptées au glissement entre elles, permettant un exercice meilleur au métabolisme et donc prolongeant la durée de la vie. Cette notion de précontrainte, nous la sentons quand nous opérons , les berges incisées s' écartent spontanément , nous la remarquons quand en fin d' intervention nos points doivent être vigoureusement ancrés pour rapprocher les structures. Elle nous est si familière que nous finissons par l' oublier.**

**Malgré cette semblante harmonie dégagée par la théorie de la tenségrité, nous ne faisons qu'entrevoir la complexité du mécanisme et résumer les glissements à une adaptation entre filins et matures, le tout sous un ordre prédéfini par les mathématiques même fractales , nous semble insuffisant pour tout expliquer.**

**D' autres facteurs ne sont pas à négliger.**

**Il semblerait tout d' abord que, les fibres possèdent en elles , par leur organisation moléculaire une capacité à la distension ou à la rétraction intrinsèques. Une étude attentionnée permet de conclure à des superpositions annelées intra fibrillaires qui se distraquent avant le mouvement plus global . Cette réaction pourrait être la première étape pour faire face à la sollicitation.**

**Pour répondre à l' orientation de la contrainte , la biomécanique de la microvacuole est supplée aussi par une capacité supplémentaire de la fibre à migrer autour d' un point nodal le long d' une autre fibre comme une sorte de charnière mobile, avec distorsion angulaire créée par une force supplémentaire de cisaillement .**

**Enfin, il existe cette capacité à la scission-soudure du collagène surtout IV, VI à se dissocier en plusieurs parties comme les hydres de l' Antiquité, puis à se recomposer immédiatement ad integrum, répondant à toutes les sollicitations mécaniques de l' espace . Cette capacité de la matière et son organisation spatiale offre des potentiels de mouvements infinis.**

**Mais l' armature collagénique n' est qu' un des acteurs de ce ballet chorégraphique .**

**La lubrification permanente par les GlycoAminoGlycanes à travers ces voiles ou ces gouttes rappelant la rosée, est retrouvée dans toutes les circonstances ainsi que ces migrations de liquide à l'intérieur même des fibres qui font supposer que des mécanismes hydrauliques doivent avoir un**

**rôle déterminant. L'apparition de bulles et d'éclatements lors de la mise à l'atmosphère et lors de traction mettent en évidence des équilibres de pression. La nature de ces glycoaminoglycanes dont les dosages font apparaître des différences en fonction des zones d'action n'est pas à négliger.**

**Quoiqu'il en soit, le mode de fonctionnement de cette souplesse tissulaire est un mécanisme dont un des principes fondamentaux peut être voisin de celui de la tenségrité mais la tenségrité, seule, ne peut pas le résumer.**

**Ce système de glissement, maintien et mobilité des structures, système complexe, va donc se modifier au gré des circonstances et sera soumis aux lois naturelles de changement qualitatifs au travers soit de la surcharge graisseuse comme dans l'obésité dans laquelle la vacuole est dilatée par les adipocytes ou dans l'usure comme dans cette ténosynovite ou les fibres sont rompues, dilacérées et effilochées. Mais cela peut être aussi le cas comme dans la flétrissure cutanée de l'amaigrissement ou du vieillissement.**

**Cet affaissement de notre matrice collagénique se fait à un rythme variable, propre mais inévitable s'abandonnant contraint à la mère de toutes les forces, la gravité. La tension fibrillaire perd alors la partie.**

**L'entropie inexorable une fois de plus est là victorieuse.**

**Quoiqu'il en soit, connaître les caractéristiques mécaniques, bio moléculaires de ce tissu de souplesse et de communication permettra un jour de mieux appréhender la connaissance de la cicatrisation, les moyens de reconstruire les structures vivantes et peut être aussi de répondre au rêve éternel de l'Homme, ralentir les effets du temps.**