

HOMOFASCIATICUS GLOBALIS

Pendant plus de 20 ans , j' ai essayé de montrer le comportement de la matière dont sont constitués les humains . Je l'ai fait un peu différemment de ce qu'il s'était fait auparavant car je l'ai étudié chez l'humain vivant et cela lors d'interventions chirurgicales. Cette exploration a été servie par l'apparition de nouvelles technologies comme les caméras Haute Définition , l'imagerie numérique et les logiciels de montage mais elle reste facilement réalisable par tout chirurgien , accessible à tout observateur et donc aisément vérifiable .

Ces dernières années à travers 7 films et 3 livres, nous avons montré et tenté d' expliquer que la peau n' est pas une simple moquette , que le muscle n' est pas que cellules contractiles , que les tendons ne sont pas des cordes mal vascularisées, que le système de glissement n'est pas qu' espaces virtuels et que les cellules ne remplissent pas tout le corps.

Après ainsi avoir tenté de montrer le spectacle du vivant humain, je vais dans ce nouveau film, vous montrer les acteurs en coulisse en tentant de prendre un peu de hauteur et d'élargir de terrain de la réflexion . En effet depuis au moins 40 ans , les choses ont changé, des portes se sont entre-ouvertes au sein même de domaines comme les mathématiques , la physique , la cosmologie, la météorologie, les statistiques, les systèmes financiers et autres engageant un dialogue avec la nature plutôt qu' une tentative de la maîtriser .

Souvent on a une idée assez simpliste du corps , on le voit comme constitué d' organes assurant des fonctions reliés les uns aux autres par un tissu conjonctif et des cellules partout remplissant au maximum l'espace et assurant tous les rôles

Mais j'ai peur que tout cela soit un peu sommaire et même faux. L'anatomie décrite par Vésale et nos aînés doit être reconsidérée à l'aune de la science actuelle qui intègre non seulement les sciences du vivant mais également la physique moderne et les mathématiques nouvelles.

Voyons tout d' abord les facteurs physiques.

Ils sont souvent oubliés car tellement banaux et pourtant ce sont les forces physiques qui résident en nous , comme par exemple la pression artérielle quand on voit une telle puissance si permanente en nous , quand on voit les berges de la peau s' éloigner dès l' incision , quand on coupe une aponévrose et que les berges s' écartent avec force , la précontrainte, la tension tissulaire des tissus est évidente, . A cela il faut rajouter les gradients électriques de l' électrocardiogramme , les concentrations gazeuses, la température avec ces gouttelettes de vapeur sur l' optique de l' endoscope , l' éclatement de bulles à la légère traction, les sursauts du nerf , dès qu' on le touche et sans oublier les forces moins visibles de Van der Waals, la pression osmotique, la densité des fluides, le pH, et autres qui ont un degré d' instabilité réduit, déterminant le cahier des charges de la vie biologique .

Ce sont ces forces essentielles basiques que D'Arcy Thomson biologiste et mathématicien écossais du XIX éme siècle avait rappelé sans succès, emporté par la vague évolutionniste. On ne peut négliger ces forces organisatrices, ni les ignorer et tout concept doit inévitablement les intégrer et les respecter sinon ce sera l'échec comme ce fût le cas pour les tentatives de compréhension de la matière vivante à travers la cybernétique ou même la génomique .

Mais pourriez vous me dire que nous apporte en fait de plus de considérer l'anatomie sous l'angle de la microanatomie ? Où et comment se situe la nouveauté unique offerte par l'observation du vivant?

En premier lieu , c'est la continuité des structures . L' architecture fibrillaire trame le corps tout entier de la surface de la peau jusqu'à l' intérieur de la cellule et se continue par les molécules de protéines diverses ,atomes et autres. C' est un continuum.

La Forme au sens Aristotelien, Kantien ou Spinoziste avec un grand F peut maintenant donc être décrite, c' est à dire que les relations physiques spatiales , de simple contiguïté sont définies au sein de la matière et déterminent une forme résultante structurée, continue qui peut être représentée, dessinée,schématisée. On rejoint ainsi l' idée de Matrice. La continuité physique est donc totale rendant les notions d'espace virtuel ,de plans libres et autres séparations obsolètes.

Mais ce lacis fibrillaire appelé classiquement tissu conjonctif qui ne peut plus être négligé va par simple logique nous inciter à tirer une conséquence essentielle :

Puisque ce tramage fibrillaire irrégulier se retrouve dans tous les types de tissu ,muscle, os, périoste, tendon , graisse, en continuité avec le cytosquelette comme l' a montré le biologiste Américain Donald Ingber, mais aussi présent partout dans le corps , que ce soit au niveau de l' abdomen , tendon, pied, cuir chevelu, thorax comme là entre le sein et le grand pectoral ou dans le dos entre le grand dorsal et le grand dentelé avec ce déploiement fibrillaire majestueux. Alors vient cette question : ce tissu conjonctif est il uniquement conjonctif , ne faisant que relier des organes séparés ,éloignés ou est il constitutif , avec une architecture dans laquelle les cellules accomplissent leurs rôles spécifiques ?

Ce serait alors un changement de paradigme fondamental . Dès lors l' anatomie ne peut plus se percevoir que dans la globalité et la continuité , il n' y a plus de couches ,de strates, de plans mais un seul et même réseau fibrillaire habité de cellules avec des densités diverses et différentes. Par exemple une coupe de jambe peut ainsi se décrire avec ses corollaires d' adaptation et de résistance aux contraintes alors que nos manuels décrivent l'anatomie stratifiée à loisir, en mille feuilles, depuis André Vésale au XVIème siècle.

La description anatomique en serait renouvelée profondément. Le passage d'une conception du vivant discontinu à un vivant continu serait aussi fondamental que le passage d'une physique classique, où les grandeurs évoluent de façon continue, à la théorie des quanta où les grandeurs propres à l'atome évoluent d'une manière discontinue.

Mais je n' étais pas au bout de mes surprises car alors et tout aussi logiquement une autre question surgissait.

Pourquoi cette architecture fibrillaire ,qui semble optimalement cohérente, est elle un chaos fibrillaire continu , un apparent embrouillamini de fibres, un entremêlement confus expliquant en partie ce désintérêt par nos aînés anatomistes ?

En effet et c'est vraiment perturbant ,ce tramage de fibres constitutif dans tous les azimuts n' a aucune symétrie, aucune régularité , on ne retrouve aucune forme dite Euclidienne connue ,pas de verticale, de parallèle , d' horizontale , de losange, ni de cercles, c'est un fouillis, un buisson de fibres, un méli-mélo et disons le carrément un chaos . Il n' y a pas de début ni de fin , c'est un tout globalisant irrégulier.

Cette continuité irrégulière , qui est l'évidence de l'observation, trouble car elle n' est pas la base de l'enseignement académique qui nous a préparé à une vision d'une machine humaine bien huilée, organisée, rationnelle répondant aux principes de la physique classique. Accepter que l'architecture du système de glissement, auquel on doit l'harmonie

du mouvement dans le corps, soit totalement irrégulière et apparemment chaotique trouble les tenants du principe de causalité linéaire .Et pourtant...

Comment alors concilier ces observations incontournables et les connaissances apprises à l'Université? Comment associer ce chaos apparent à une efficacité mécanique ?

Poursuivons donc la réflexion.

Tous ces mouvements de fibres que nous avons observé, ont ,clairement ,une finalité fonctionnelle qui est la mobilité. et cette mobilité peut là aussi se décrire, se représenter par un mécanisme fait de fibres qui s'étirent ,glissent, se divisent , et le tout en cohérence dans les 3 dimensions de l'espace . Nous avons déjà traité de ce comportement dans les films précédents .

Mais si on approfondit un peu plus , on s'aperçoit que le mécanisme observé est très étonnant sur le plan purement mécanique . Tout d'abord, il est capable d'absorber la force en la diffusant dans le réseau permettant l'interdépendance et la transmission optimale de la force . Mais regardons encore de plus près cet ensemble de mouvements . C'est un système mécanique en recherche d'équilibre constant. Toute contrainte a sa solution immédiate. C'est un mécanisme inédit. qui semble ne jamais pouvoir se terminer , souple , sans cisaillement , interactif, façonnant des solutions inattendues , certainement très économe en énergie, apparemment inépuisable..

Ce comportement biomécanique ne serait il pas un exemple représentatif d'une structure dissipative irréversible décrite dans les travaux d'Ilya Prigogine Prix Nobel de chimie en 1977 ? C'est à dire une structure qui fonctionne à l'inverse du 2ème principe de la thermodynamique , principe qui ,je le rappelle, affirme que pour un système isolé la perte d'énergie est inexorable et croissante. C'est ce qui s'appelle l'entropie et en physique traditionnelle, l'entropie est associée au désordre et à une perte d'information.

Déjà en 1948 le prix Nobel de physique Erwin Schrödinger dans son ouvrage « Qu'est que la vie ? » avait conclu que le vivant est un système ouvert qui diffère la progression de l'entropie.

Mais Prigogine va plus loin. Il formule qu'un système ouvert et thermodynamiquement hors équilibre n'évolue pas forcément vers une entropie maximale désorganisatrice mais au contraire est capable à partir d'une perturbation comme par exemple une élévation de température dans un liquide, de transformer de l'énergie perdue, « dissipée » vers la création d'un nouveau projet organisé ,plus complexe permettant une adaptation de la structure à sa fonction. Prigogine en a conclu donc que le vivant ne subit pas la tyrannie du 2-ème principe de la thermodynamique et que le propre de la vie est d'inverser ce processus d'entropie par des structures dissipatives qui, par un d'accroissement de complexité, ouvrent le champ des possibles .

.Alors que moi , je recherchais une explication cohérente traditionnelle en faisant appel à des montages dignes de machine à vapeur , cette explication par les travaux de Prigogine me permettait de penser que le chaos apparent fibrillaire observé pouvait être effectivement efficace . Ainsi rassuré, je pouvais comprendre de façon soutenable tous les mouvements dans l'espace effectués par la mécanique humaine . flexion , extension, rotation , élévation , tout était plausible dans les 3 dimensions de l'espace sans peu de perte d'énergie, avec une entropie minimale.

En même temps que Prigogine introduisait la nature dissipative du système , il y rajoutait la notion d'irréversibilité dans le temps, c'est à dire caractérisés par un temps n'allant que dans une direction. Cette notion me parlait car j' avais constaté que toutes les fibres ne fonctionnaient pas de la même façon . Certaines étaient fixes , stables , donc déterminées à comportement prévisible, d' autres apparemment moins comme pour cette fibre qui s' étend avec des anneaux d'élastine associés au collagène. dans les 2 dimensions. Mais cela n' est pas toujours le cas . Regardez ces mouvements de fibres , elles vont en haut et en bas , en haut et en bas ,se divisant , se recollant, on ne peut rien anticiper. Le comportement est non prédictible, totalement ouvertes à toutes les sollicitations mécaniques internes ou externes. Une imprévisibilité notoire du mouvement ,de la trajectoire, un non déterminisme dans un chaos de fibres , une non réversibilité, voilà de quoi vous dérouter surtout si on l' imagine au niveau moléculaire.

Car si on réfléchit , la combinaison de tous ces mouvements dans un temps et espace précis ne se renouvellera jamais plus . Je vous laisse regarder ces quelques mouvements pour faire comprendre l' aspect indéterministe de ces comportements qui tous associés donneront des combinaisons incalculables, mathématiquement non résolubles et feront que chacun de nos mouvement seront non reproductibles à la fois dans l' espace et dans le temps. Le geste est donc unique. un univers non déterministe créatif permettant l' apparition de solutions multiples, la nouveauté.

Mais comment cela est il possible quand on sait que la mémoire tissulaire est absolue . Jamais un patient ne revient le lendemain d'une séance de massage avec la peau qui reste déformée..... L'irréversibilité dans le temps supposée par Prigogine doit donc s'accompagner cependant d'un retour immédiat au déterminisme de forme et cela se fait grâce à la prétension tissulaire .

La perception de toute cette incertitude inévitablement m'orientait vers la physique quantique et cela d' autant plus que nous voguions à des échelles voisines du micron qui peuvent être dominées soit par la physique Newtonienne soit par la physique quantique ou les deux associées.

Il fallait résolument , devant ce désordre apparent porteur de sens, capable de nouveautés , devant ce mélange de physique quantique et Newtonienne agrémenté d' une dose de physique thermodynamique que je change ma méthode de penser. . Il fallait que je sorte de mon univers académique traditionnel pour m'intéresser à une science récente pour moi mais en ébullition depuis plus de 50 ans, celle des systèmes complexes, chaotiques et non linéaires.

C' est ce que l' on appelle la théorie du Chaos , oui , vous avez bien entendu, du Chaos, mais cela ne veut pas dire un n'importe quoi mais un Chaos tel qu' il est décrit au sens de la physique moderne actuelle, celle des récents Prix Nobel et autres Hautes distinctions .

En effet ,les systèmes complexes chaotiques non linéaires permettent d' aborder des phénomènes naturels complexes instables non maitrisables par les mathématiques et la physique classiques comme par exemple les écosystèmes. En effet ,les écosystèmes ne s'expriment pas avec les formes de la géométrie classique qui sont des droites, des plans , des cercles, des sphères, des triangles et des cônes.

Les mesures Euclidiennes , la longueur , la largeur et la hauteur ne parviennent pas à saisir l' essence des formes irrégulières comme les mouvement des planètes, des nuages , des vagues, la turbulence d'un torrent , la répartition des branches dans un arbre , et

globalement les formes propres au vivant . Les nuages ne sont pas des sphères, les montagnes des cônes et les éclairs des lignes droite. La géométrie de la nature qui nous entoure est celle de l'entrelacé, de l'enchevêtré, du tordu . les dunes, le mouvement des vagues, une simple pomme de terre, une coupe de salade ou un delta fluvial sont là pour nous rappeler que la nature n'a pas une organisation respectant les règles classiques de la linéarité. Pour comprendre la complexité , la puissante abstraction de la réalité au travers le modèle linéaire classique de l'harmonie Platonicienne, s'avère être une abstraction inadéquate privilégiant l'ordre et la stabilité.

Déjà en 1795 par Laplace, le maître du déterminisme, dans son ouvrage intitulé *Essai philosophique sur les probabilités* déclare que l'ordre est le fruit d'événements aléatoires,

... Déjà d'autres disciplines avaient abordé ce problème et cherché à trouver des solutions , sociologie, mécanique céleste, informatique, ingénierie, économie, philosophie et bien sûr en biologie. Mais que sont en réalité ces systèmes chaotiques ?

Ces systèmes sont dits chaotiques et complexes non linéaires à cause de l'explosion du nombre de possibilités d'événements en interaction créant des agitations , de la turbulence et donc du désordre qui instillent de l'imprédictibilité et de l'instabilité. Henri Poincaré mathématicien, physicien et philosophe de la fin du XIX ème siècle fut le précurseur de cette théorie du Chaos . Il affirmait que les lois de la nature ne traitent plus de certitudes mais de possibilités. Le futur n'est plus donné, il est en devenir.

Le météorologue et mathématicien Edwards Lorenz, Prix Crafoord 1983 fût celui qui , par sa découverte des attracteurs étranges, donna ses lettres de noblesse à la théorie du Chaos, Il va montrer que cet apparent désordre est gouverné par un ordre dynamique sous jacent capable d'expliquer ces phénomènes naturels, ces écosystèmes jusqu'à présent incompréhensibles.

En 1963 ,Lorenz modélisa les mouvements d'air et d'eau par des équations simples assistée par ordinateur et basée sur la mécanique des fluides. Il découvrit à sa grande surprise que deux modèles météorologiques calculés à partir de conditions initiales presque identiques donnaient lieu à deux courbes divergentes au fur et à mesure que le temps passe.

Lorenz met ainsi en évidence le caractère chaotique de la météorologie. C'est lui qui déclara qu'un battement d'aile de papillon dans la forêt amazonienne peut provoquer un ouragan à Washington. L'effet n'est donc pas proportionnel à la cause . C'est la non linéarité.

Mais en plus ,il constata qu'à long terme, l'ensemble des trajectoires occupées par les molécules de l'atmosphère évolue irréversiblement en absence de perturbations vers un attracteur dit étrange et de dimensions fractales. Et là on rejoint la théorie de l'information décrite par Claude Shannon. Pour Shannon qui est à l'origine des bits de mémoire informatique ,les systèmes complexes engendrent de l'information, la stockent au sein même de la structure, et l'apparition de la phase chaotique serait un transfert d'information des petites échelles moléculaires vers les grandes. Cela se ferait grace l'attracteur étrange, créateur d'imprédictibilité, d'entropie, véhiculant un apparent désordre ordonné et qui en fait est déterministe et structuré concentrant de l'information d'échelles en échelles.

Pour moi , chirurgien rationaliste, cette période fut un remue-ménage neuronal, un bouleversement de ma pensée et à cette période , je ressentis que tout ce que j'avais appris n'était peut être pas faux mais pourrait être parfaitement incomplet.

Tout devait être repensé dans cette nouvelle perspective des systèmes chaotiques non linéaires..

J'avais abordé les fibres en premier car j'étais à la recherche d'une explication rationnelle du glissement et les fibres semblaient en être les rouages. c' était aussi le plus perceptible.

Mais voilà, maintenant il fallait se confronter aux fluides et aux formes volumétriques . En chirurgie la notion de liquide est omniprésente ; sang ,bile,urine,liquide céphalo-rachidien, liquide articulaire. Tous les tissus sont toujours humidifiés. Mais quand on incise , l'eau ne coule pas à l' état libre. Certes on perçoit un peu de liquide le long des berges , appelée communément la lymphe mais c'est tout . Donc les fluides qui représentent 85% du poids du corps ,sont organisés, ne s' échappent pas. Oui mais alors comment ?

- A l' endoscopie on voit bien ces miroirs éclatants, ces zones où la lumière se réfléchit et nous avons compris que ces microvolumes étaient en fait le résultat de l' entrecroisement des fibres dans l' espace . La conséquence immédiate avait été qu'il fallait alors percevoir l' anatomie en volume de matière vivante , dans les 3 dimensions de l' espace . Aspect que l'on ne perçoit pas en consultant les livres d' anatomie classique qui sont en 2 dimensions .
- Ces microvolumes ont des formes polyédriques toutes différentes et toutes irrégulières, là encore on retrouve la forme polyédrique irrégulière comme au niveau de la surface cutanée. Leur disposition apparemment chaotique , leurs formes variables, leurs contiguités non systématisées dévoilent cependant un ordre sous jacent . Cette irrégularité n'est pas un hasard, un accident non plus , ces formes ne sont pas des imperfections , elles ont un sens, un degré d' irrégularité permettant une meilleure efficacité à occuper l' espace comparé aux formes Euclidiennes.

Ces microvolumes appelés microvacuoles qui sont une réalité incontournable du vivant observé et que nous avons des difficultés à comprendre, sont en fait un état de phase d' émulsion de gels colloïdaux qui se manifestent sous influence de la pression atmosphérique , apparaissant quelques minutes après l'incision et se maintenant ainsi jusqu'à leur évaporation.

Mais cette observation apporte une information essentielle . En effet cette répartition en subdivisions de la matière permet d' aborder le problème épineux de la disposition des fluides dans la matière et de l' adaptabilité de la matière aux contraintes physiques extérieures . En effet , quand j' appuie sur la peau, l'écrase, ces microvolumes qui ne sont pas hermétiques grâce aux membranes tensio-actives . ont des pressions internes qui vont varier par le simple fait que les fibres essentiellement de collagène bougent et ensuite vont revenir à leur configuration originelle par la contrainte préexistante .

- Par contre le volume global reste constant entretenu par les GAG hydrophylles préservant la Forme

A l' intérieur de ces échafaudages polyédriques changeant, il y a des fluides mais ce n' est pas de l' eau banale telle que nous la voyons tous les jours. Il n' a pas de rivières ou de lacs sous terrains, ce sont des liquides inbibant la matière comme le fait le jus dans la pulpe d' orange. Ce sont des fluides colloïdaux constitués de protéines diverses, de sels minéraux, eau et autres variables présents en permanence à des concentrations variables. De son côté, l'eau biologique dont l'étude est encore balbutiante. semble avoir un rôle dans le phénomène de transport transmembranaire entre les interfaces.

Les macromolécules,elles peuvent par leur cohésion , leur assemblage entre plusieurs points d' accolement . transmettre des forces et influencer le comportement de la viscosité

L'univers de la Rhéologie est encore très méconnu lui aussi .

De manière générale ,grâce à leur petite taille inférieure au micron, les états colloïdaux sont un état « ultra-divisé » de la matière et ont une faculté de dispersion qui génère une formidable surface d'échange ce qui augmente considérablement les interfaces. Par exemple, la surface d'une mousse est beaucoup plus importante que la surface d'une bulle.

Du fait de leurs masses trop légères animées d'un mouvement brownien ils semblent échapper à la gravité, ainsi qu' aux forces de Van der Waals. ., Leur étude valut à Michael Feigenbaum ,Albert Libchaber et Leo Kadanoff de recevoir le Prix Wolf de physique pour avoir mis en évidence que d' infimes modifications de caractéristiques peuvent entraîner à toutes les échelles d' importants changements dans le comportement global appelés turbulences .

Les pathologies locales sont donc des turbulences . .Comme dans cet oedème, ou les liquides sont ralentis voire stagnants, imprégnant toutes les structures. Ou comme dans ce processus inflammatoire où l'augmentation de température fait vibrer les molécules, dilater la matière qui devient discontinue ,et obéit alors aux lois des fluides. Mais ces fluides peuvent aussi disparaître, s'évaporer en quelques minutes à la chaleur des éclairages chirurgicaux. .

Cette capacité d'un état dynamique capable de basculer dans un sens ou dans un autre à grande vitesse s'appelle dans la physique des systèmes complexes chaotiques une transition de phase. Ces transitions de phase, interpénétrées à toutes les échelles obéissent à des mathématiques non linéaires et les prévisions sur le futur état sont dites aléatoires.

Là se situe la physique des matières molles, qui valut un prix Nobel à Pierre-Gilles De Gennes en 1991.

Par contre cette notion de changements d'état qui s'observe dans le vivant humain et est très intéressante pour interpréter des situations anatomiques jusque-là mal expliquées.

Nous savons pour l'avoir observé très souvent que ce réseau fibrillaire peut sous la contrainte d'étirement ou de pressions externes répétées se modifier, se dilacérer et se rétracter. Cette évolution se voit dans les tendinites, les hématomes anciens,et surtout l'hygroma du coude. En s'écartant, les microvolumes se disjoignent, les fibres s'éloignent et apparaît un espace qui n'est pas pathologique mais qui va avoir un comportement physiologique différent et adapté. Dans ces pathologies, le système multifibrillaire-microvacuolaire se transforme en une MEGAVACUOLE. L'évolution est progressive. On peut observer tout d'abord une réaction oedémateuse avec élargissement des microvacuoles et des fibres, présence de nombreuses formations en bulles au sein des fibres, phénomène qui a été observé avant la phase de rupture en laboratoire lors d'expériences sur la physique des parties molles. Puis peu à peu des espaces plus larges non fibrillaires remplis de glycoaminoglycanes (GAGs) s'individualisent.

C'est là une adaptation fonctionnelle avec changement de comportement physiométabolique. Et on le rencontre souvent en anatomie humaine.

C'est le cas au canal carpien ou au niveau des poulies des doigts, où confronté à une pression mécanique répétée lors de la flexion – extension le système de glissement multifibrillaire va avoir la même transition de phase et se transformer en d'appareils canaux carpiens ou digitaux mais qui sont en réalité des variations morphologiques de type megavacuolaire.

Cette conclusion est très importante car elle peut donner aussi une explication à certaines zones observées en anatomie tels que les espaces autour du cœur, avec le péricarde, autour

du poumon, comme la plèvre, même le péritoine . Ils ont tous un point commun : En leur sein, il y a un mouvement permanent, répétitif.

Et on peut alors se laisser à penser que tout au long de la phylogénèse, une formule plus efficace a été développée pour répondre aux exigences mécaniques. tout en cohérence structurelle avec l'organisation architecturale multifibrillaire globale.

Et c' est cette cohérence structurelle, qui est fondamentale car elle permet de décrire le corps constitué partout du même tramage architectural avec 2 composantes essentielles :

–soit une composante mobile avec ou pas des adaptations fonctionnelles par transition de phases . Ce sont les zones de glissement avec essentiellement fibres et des fluides contenant peu de cellules se situant là où une contrainte interne par contraction musculaire ou externe impose une adaptation avec l' absorption de force imposée ..

-Soit une composante opérative avec toujours le tramage fibrillaire mais essentiellement remplie de cellules et peu de fluides. C' est le cas par exemple des lobules graisseux, de la thyroïde , des reins , des surrénales ayant des spécificités diverses.

Dans ces concentrations cellulaires, plus homogènes, l' observation endoscopique nous a montré des . rapports entre les fibres et les cellules un peu inattendus . . Tout d' abord , on ne peut pas dissocier la cellule du maillage fibrillaire. Les cellules sont nichées dans le réseau fibrillaire, elles sont en totale continuité avec le réseau. Maillage fibrillaire et cytosquelette forment ensemble un continuum structurel. Ensuite l'usage des fibres comme de vecteur de migration par les cellules et enfin la 3 éme conclusion est que les cellules n' occupent pas tout l' espace, il y a des zones avec très peu de cellules et en particulier dans les zones de contrainte mécanique.

On peut dire que le monde cellulaire n' assure pas à lui seul le volume du corps .

Mais d'autres évidences anatomiques et structurelles doivent être abordées. Evidences simples dont la première est :

Comment ce volume de matière vivante colloïdal contenant au moins 75% d'eau est-il capable non seulement de résister mais de vaincre lors de sa croissance la plus forte des forces fondamentales de l'Univers, la force de Gravitation ?

La réponse a déjà été abordée dans le film « Architecture d'intérieur » et le projecteur a été braqué sur le concept de tenségrité. Développé par Buckminster Fuller ,architecte Américain, illustré par le sculpteur Kenneth Snelson. Dans le cadre du vivant, la biotenségrité, mot forgé par Stephen Levin chirurgien américain représente une avancée majeure dans notre compréhension de l'organisation des structures anatomiques et autorise à penser comment le réseau multifibrillaire est capable de croître et résister à la gravité.

Ce concept , seul existant capable d' expliquer l'équilibre parfait entre les structures constituantes, est à quelques nuances près parfaitement en adéquation avec nos observations .

La deuxième est l'évidence de la fractalisation . Nous venons de voir maintenant que les fibres peuvent se diviser en sous fibrilles dispersant la force dans toute la structure jusqu'au niveau moléculaire et diminuant le poids de la gravitation et cela à tous les niveaux. Pourquoi cette fractalisation plutôt qu'une stricte homogénéité. C'est un phénomène très répandu en anatomie. Qu'est-ce que la fractalisation ou invariance d'échelle et pourquoi existe t'elle en anatomie ? Une structure fractale a le même aspect qu'on la regarde de près ou de loin : quelle que soit l'échelle sous laquelle on l'examine chaque partie à la même structure que le tout, comme l'imbrication d'une infinité de poupées russes . La dimension fractale permet à ces structures d'augmenter la surface séparant deux milieux différents,

faisant tenir la plus grande surface à l'intérieur du plus petit volume, fournissant ainsi une plus grande surface pour les échanges. C'est le cas des alvéoles pulmonaires mais aussi des villosités intestinales qui sont porteuses de sous villosités puis ensuite chaque sous villosité est divisée en formation comparable mais de taille inférieure. Regardons maintenant un tendon, nous y trouvons les fascicules puis les fibres puis les fibrilles puis les microfibrilles puis les molécules de collagène. Ce comportement a été retenu par la nature car il accroît l'efficacité métabolique et maximise l'exploitation de l'espace.

Dès le début au niveau de la peau, nous avons perçu ce phénomène de fractalisation. C'est grâce aux travaux du mathématicien Benoît Mandelbrot (la plupart d'entre nous connaissent ces dessins informatiques qui ont fait le tour du monde) que la fractalisation peut maintenant s'interpréter de façon lumineuse. Les travaux de Mandelbrot nous font revenir à la théorie du chaos mais conserve une certaine régularité répétitive. Mais dans le cas du tramage fibrillaire, l'irrégularité est apparemment totale. Mais attention contrairement aux dessins de Mandelbrot la Nature nous offre une fractalisation irrégulière, il n'y a pas de formes Euclidiennes dans le vivant humain, il n'y a pas de formes régulières répétitives.

Mais cette fractalisation du vivant en plus n'est pas inerte, elle est aussi dynamique. quelles en sont les implications

Nous avons vu qu'elle permet l'adaptation aux mouvements, , prévient la rupture des molécules de collagène, préserve l'intégrité des microvacuoles et donc de la forme . Elle aide aussi à résister à la gravitation. La biotenségrité nous l'a montré.

Cette capacité à résister à la gravité permet d'éclairer la morphogénèse et l'organogénèse d'un point de vue nouveau. Bien sûr les découvertes concernant les gènes Hox ou gènes homéoboîtes qui régulent l'expression génétique d'autres gènes, apportent des réponses essentielles quant à la localisation du donneur d'ordre mais au niveau de la confection et de la contiguïté spatiale , elles n'en fournissent aucune .

La fractalisation des fibres permet la transition d'une forme stable vers une autre quand une énergie suffisante est disponible. Et c'est le cas avec. L'influence des hormones de croissance, le réseau se multiplie, se développe, croît respectant toujours les fondamentaux du comportement mécanique sans rupture, s'enrichit de cellules La forme polyédrique de base, combinée avec le phénomène de fractalisation dynamique, nous permet de mieux comprendre comment toutes les formes possibles que nous observons dans le corps humain peuvent être créées. Pour cela les logiciels standard de dessin 3D sont très performants. Si, par exemple l'on prend un ensemble de lignes se croisant irrégulièrement tel que nous l'avons défini, il suffit de lui imposer une contrainte longitudinale pour obtenir des structures cylindriques. Les tendons sont des exemples de structures longitudinales. Les septas intermusculaires et certains ligaments articulaires sont aussi longitudinaux, mais leurs fibres sont arrangées différemment dans l'espace. La réalisation d'un rond telles que les vaisseaux sanguins, l'arbre bronchique, les intestins et les canaux excréteurs se fait déjà spontanément et l'obtention d'un canal n'est qu'une continuation de la contrainte imposée dans la même structure

C'est aussi le cas même pour des formes plus complexes comme cette forme en colimaçon que l'on retrouve pour les vaisseaux mais aussi pour les glomérules rénaux ou l'oreille moyenne

Mais allons au-delà, l'os par exemple n'est en fait qu'un renforcement du système fibrillaire avec de l'hydroxyapatite, le système respiratoire ne devient que le résultat de la pénétration de l'air dans un système fibrillaire et une thyroïde finalement n'est que le résultat du remplissage cellulaire du système fibrillaire

Il y a donc là une cohérence globale, à tous les niveaux et cela d'autant plus que le système vasculaire, nerveux, lymphatique et la mobilité sont déjà intégrés dans le modèle proposé comme nous l' avons montré dans le film « Architecture d' intérieur ».

Alors d'autres questions surgissent. Pourquoi tout est-il irrégulier, asymétrique et fractal ? Pourquoi donc ce fouillis de fibres et de mouvements si difficiles à gérer par les ordinateurs les plus puissants ? Pourquoi l'irrégularité est-elle la règle.

Pourquoi n'y a-t-il jamais de similarité parfaite, pourquoi est-elle toujours approximative. En apparence le corps humain semble avoir une symétrie gauche-droite. Mais en fait c'est faux, le cœur est à gauche, le foie à droite, on est droitier ou gauche, les exemples sont nombreux. Pourquoi aussi par exemple l'attraction terrestre a-t-elle une direction privilégiée créant une superbe irrégularité physique ?

C'est là qu'intervient la notion de rupture de symétrie développée par les travaux des Prix Nobel Kobayashi et Maskawa en 2008. Ils nous expliquent que lorsque surgit le Big Bang, l'univers était symétrique et sans structure. Au fur et à mesure qu'il refroidit, l'univers brise une symétrie après l'autre, et autorise ainsi l'apparition d'une structure de plus en plus différenciée permettant l'apparition de la matière et de la lumière dans l'univers du vide quantique. Ainsi ce serait produit le germe de toute la variété des structures actuellement présentes dans l'univers et donc la vie et tous les processus biologiques"

La vie est une rupture de symétrie, la symétrie ne règne que sur un monde immobile, non évolutif, sans passé et sans avenir. Force électromagnétique du noyau terrestre.

Nous approchant de la conclusion, deux réflexions peuvent être abordées. Une est d'ordre plus général. En effet, devant cette trame architecturale humaine polyédrique au niveau des microvacuoles , des cellules , des capillaires, de la surface de la peau, des poumons,

il est difficile d' ignorer le fait que comme la fractalisation, on la retrouve chez toutes les autres espèces vivantes animales , aile de papillon, carapace de tortue ,patte d' oiseau, mais aussi végétale ; feuille de salade, pulpe d' orange , trame d' une courge et tant d' autres qui pourrait nous faire penser voire affirmer que tous les systèmes biologiques utilisent les mêmes mécanismes universels pour l'évolution et la complexification grâce au comportement chaotique déterministe qui est l'une des capacités dynamiques potentielles de la nature.

L'autre touche à notre vie de thérapeute. Il est possible maintenant mais déjà évoqué dans le film « Skin, Scars, Stiffness » de définir, d'expliquer plus facilement des pathologies comme l'œdème qui est un gonflement des microvacuoles sans altérations durables, l'inflammation qui est une dilatation de l'ensemble, vaisseaux compris et altération des fluides. On comprend mieux aussi maintenant pourquoi une cicatrice peut avoir de multiples conséquences à cause de cette disparition de l'harmonie fibrillaire au profit d'une raideur. On peut se représenter mieux l'obésité qui est une surcharge des microvacuoles en cellules graisseuses et qui par son poids finira par ne plus résister à la gravitation, et enfin le vieillissement programmé de tous les éléments qui est le résultat de la revanche de la force de gravitation et qui affaîssera inexorablement nos contours... Le corps humain reste encore à découvrir.

Conclusion

Nous voici arrivés au terme de ce voyage. C'est vrai, c'est compliqué et encore imparfait mais même s'il reste des pans entiers de connaissances scientifiques à acquérir malgré cette

insuffisance de synthèse. Une période de technologies innovantes, performantes, permettent un renouvellement de la pensée dans les sciences et nous impose une vision différente mais prometteuse en anatomie surtout par l'exploration du vivant.

Grâce à ces progrès techniques, la nature lève un nouveau pan de son voile et permet d'observer cet ordre inattendu, cet océan de désordre qui génère l'ordre de la vie. La vie ne peut plus se définir uniquement à partir de la cellule comme à la fin du XXème siècle mais en y associant son milieu extérieur, à savoir l'architecture fibrillaire qui forme une symbiose avec le cytosquelette.

Dès lors il sera difficile de ne pas tenir compte de cette architecture extracellulaire d'intérieur, qui pourrait s'identifier au terme « Fascia », d'organisation continue, irrégulière, mobile, adaptative, fractale, chaotique et non linéaire allant de la surface de la peau jusqu' aux constituants les plus fins de notre structure, vecteur de la plus belle des efficiences optimales, la vie.