Les bases anatomiques et physiologiques de l'acupuncture et de la moxibustion.

Dr Olivier Cuignet.
Novembre 2009

Sommaire

I. Introduction

II. Le système nerveux central et périphérique à la base des effets de l'acupuncture et de la moxibustion

1. Ectoderme, origine embryologique commune à la peau et au système nerveux

2. Les récepteurs périphériques et le point d'acupuncture

3. Les voies nerveuses afférentes périphériques

- A. Types d'afférences
- B. Ganglions rachidiens

4. L'étage spinal

- A. Anatomie de la moelle épinière
- B. Biochimie de la transmission acupuncturale spinale
- C. Mise en évidence des réflexes liés à la métamérisation

5. Le tronc Cérébral

- A. La substance réticulée et noyaux
- B. Le mésencéphale et la substance grise périaqueducale
- C. Le pont et les noyaux du locus coeruleus et du raphé magnus
- D. Le bulbe et les noyaux dorsaux graciles
- E. Le complexe sensitif trigéminal comme équivalence à l'étage spinal pour la tête et le crâne

6. Diencéphale et cortex

- A. Thalamus et intégration des informations sensorielles et émotionnelles
- B. Hypothalamus et effets neuro-humoraux
- C. Système limbique, voies dopaminergiques et circuits de renforcement du plaisir et des émotions
- D. Cortex spécialisé et points spécifiques d'acupuncture

7. Conclusions

III. Grands concepts de l'acupuncture redécouverts à la lumière de la recherche occidentale

1. Points d'acupuncture et méridiens

- A. Hypersensibilisation 1aire et théorie nerveuse
- B. Disjoncteurs électro-magnétiques et théorie électromagnétique
- C. Transducteurs mécaniques et théorie de la tenségrité

2. Qi

- Recherches de la République Populaire de Chine
- Concept multiforme

3. Un nouveau modèle qui réconcilie théories nerveuse , mécanique et électronique : le système de contrôle de croissance

- A. Le système du contrôle de croissance
- B. Point d'acupuncture et modèle du contrôle de croissance
- C. Méridiens et modèle du contrôle de croissance

4. Le Yin et le Yang et systèmes para et orthosympathique

- A. Syndromes somatiques fonctionnels
- B. Psycho-neuro-immunité

I. Introduction

Dès l'introduction de "l'acuponcture chinoise" en France par Soulié de Morant en 1927, les membres du Carrefour de Cos auxquels il se joint n'ont de cesse de tenter de l'expliquer scientifiquement (1). Sous l'impulsion de ce cercle restreint de médecins, l'acupuncture fait non seulement l'objet d'une pratique hospitalière, mais aussi d'un enseignement et de recherche. On l'interroge rapidement dans les laboratoires. A la lumière des acquis anatomo-physiologiques de l'époque, on recherche des preuves matérielles (points, méridiens) et des explications à ses mécanismes. Dans les années'60, les docteurs Chamfrault et Nguyen Van Nghi introduisent des notions de médecine traditionnelle chinoise telles que les 5 éléments et les tableaux pathologiques liés aux Zang Fu (organes et entrailles). Ces nouveaux « traditionalistes » s'opposent alors aux héritiers de Soulié de Morant, qu'ils accusent de réduire l'acupuncture à quelques points-recettes et à de la réflexologie occidentale.

Cette opposition est apparente car elle est liée au contexte politique d'affirmation de l'identité nationale de la République Populaire Chinoise naissante. Ce que ramènent Chamfrault, puis Van Nghi sont des notions réorganisées, formatées selon les normes occidentales à partir de l'héritage culturel pour renforcer la fierté nationale. Les successeurs de Soulié de Morant se méfient de cette multiplication de données qui risque de déconsidérer l'acupuncture. Selon eux, toute donnée doit être soumise à l'expérimentation et non posée comme un dogme, fut-ce par un médecin asiatique. Ainsi Niboyet réalise-t'il une thèse sur la moindre résistance électrique du point d'acupuncture (2). Il sera suivi du professeur Bossy, dont les travaux établissent des correspondances entre acupuncture et réflexothérapie (3).

Entre-temps, les recherches axées sur les mécanismes de base de l'acupuncture se multiplient en République Populaire Chinoise ainsi qu'en ex-URSS, où elle est introduite. La plupart de ces travaux restent cependant inconnus du public occidental, par manque d'intérêt mais aussi par le fait qu'ils ne sont jamais publiés en anglais. Ce n'est qu'au milieu des années'70 que l'occident commence à s'intéresser à l'acupuncture, après que la production d'endorphines in vivo soit proposée comme mécanisme de base de l'acupuncture (4).

Aujourd'hui, la médecine réclame des preuves, indispensables pour recourir à de nouvelles thérapies. Conscients de cette nécessité, les chercheurs s'organisent. L'*International Society of Complementary Medicine Research* est ainsi fondée à Londres en

2003. Il n'est pas non plus rare de lire des articles concernant l'acupuncture dans de prestigieuses revues comme *Science*, *Lancet, New England Journal of Medicine*. Ces études scientifiques sont de deux types : certaines visent à élucider les mécanismes d'action, d'autre visent à prouver l'efficacité de l'acupuncture.

En 2004, l'*Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* - disponible en ligne sur internet - est ainsi créé à Londres (5). Ce journal présente des critères de sélection de la même rigueur que des revues médicales classiques. Des études cliniques, randomisées en double aveugle, se multiplient et débouchent sur des indications reconnues par de prestigieuses institutions. En 1997, le *National Institute of Health* américain reconnaît que l'acupuncture est efficace dans un nombre d'indications qui vont des nausées soit post-opératoires soit lors de la grossesse soit post-chimiothérapies, aux douleurs, migraines, dysménorrhées, en passant par l'asthme, la dépendance aux drogues ou les séquelles d'accident vasculaire cérébral (6).

Les études « mécanistiques », quant à elles, répondent aux paradigmes de chaque époque durant laquelle elles se déroulent. Ainsi dans les années'50, les travaux de Niboyet sur le point d'acupuncture mettent en évidence la chute de la résistivité électrique (2). Dans les années'60, les potentiels évoqués et l'électrophysiologie sont utilisés pour qualifier les relations des points d'acupuncture avec les centres supra-spinaux sur lesquels ils agissent (7). Les années'70 voient les recherches mettre en évidence la chimie des effets de l'acupuncture sur le cerveau avec entre autres, la sécrétion des opioïdes endogènes en réponse à l'acupuncture (4). Il s'ensuivra dans les années'80 à '90 une mise en évidence des effets de l'acupuncture sur un ensemble des neuromédiateurs du système nerveux périphérique et central (8). Enfin, les années 2000 voient l'aboutissement d'un ensemble de travaux débutés dès les années'80, qui se basent sur les techniques d'imagerie médicale dynamique, véritables « films » qui mettent en évidence en temps réel le cheminement de la stimulation acupuncturale dans tout le système nerveux central (9).

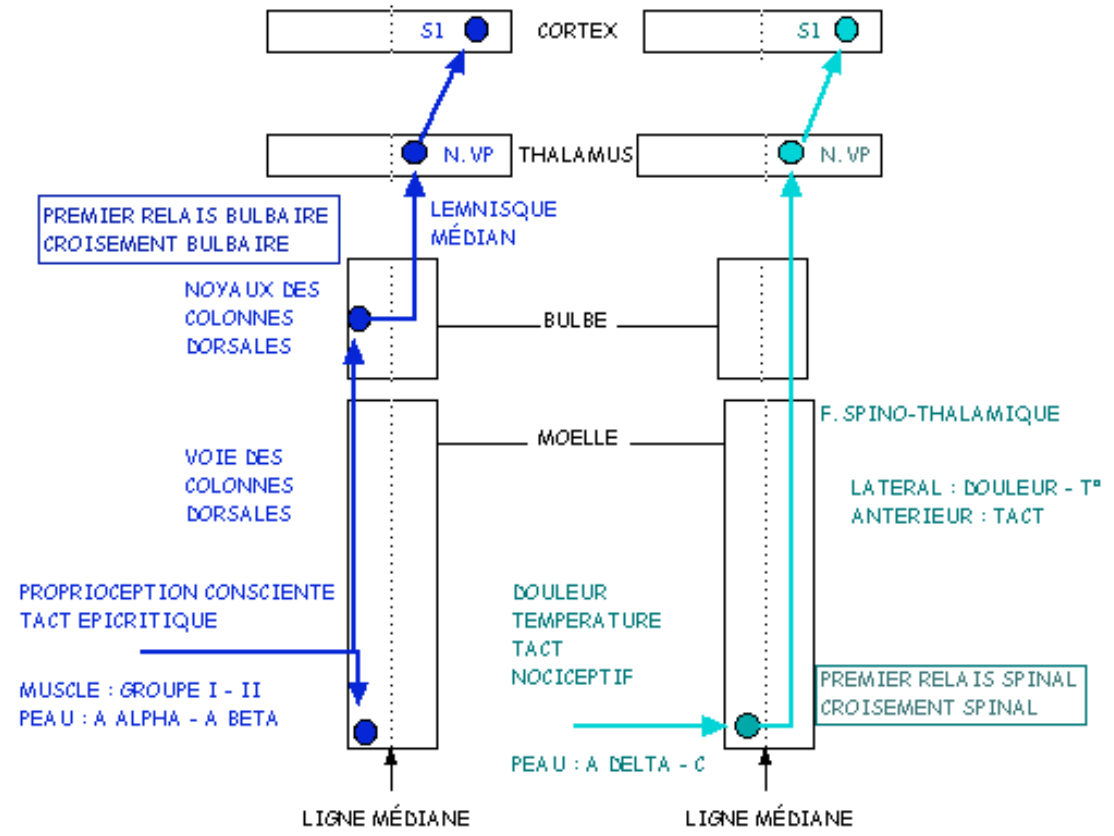
Le but de ce travail n'est pas de passer au crible l'ensemble de ces études. Il tente plutôt d'en faire une synthèse pour tenter d'expliquer scientifiquement, en ce début de XXI^{ème} siècle, les effets d'une médecine vieille de 5000 ans. Nous établirons d'abord les structures anatomiques et physiologiques qui traduisent les effets de la puncture ou du moxa sur les centres nerveux. Nous verrons ensuite comment l'approche de la médecine traditionnelle chinoise -dont fait partie l'acupuncture- est séduisante. Préserver l'harmonie et l'équilibre des énergies responsables de la bonne santé est non seulement séduisant mais aussi rationnel et

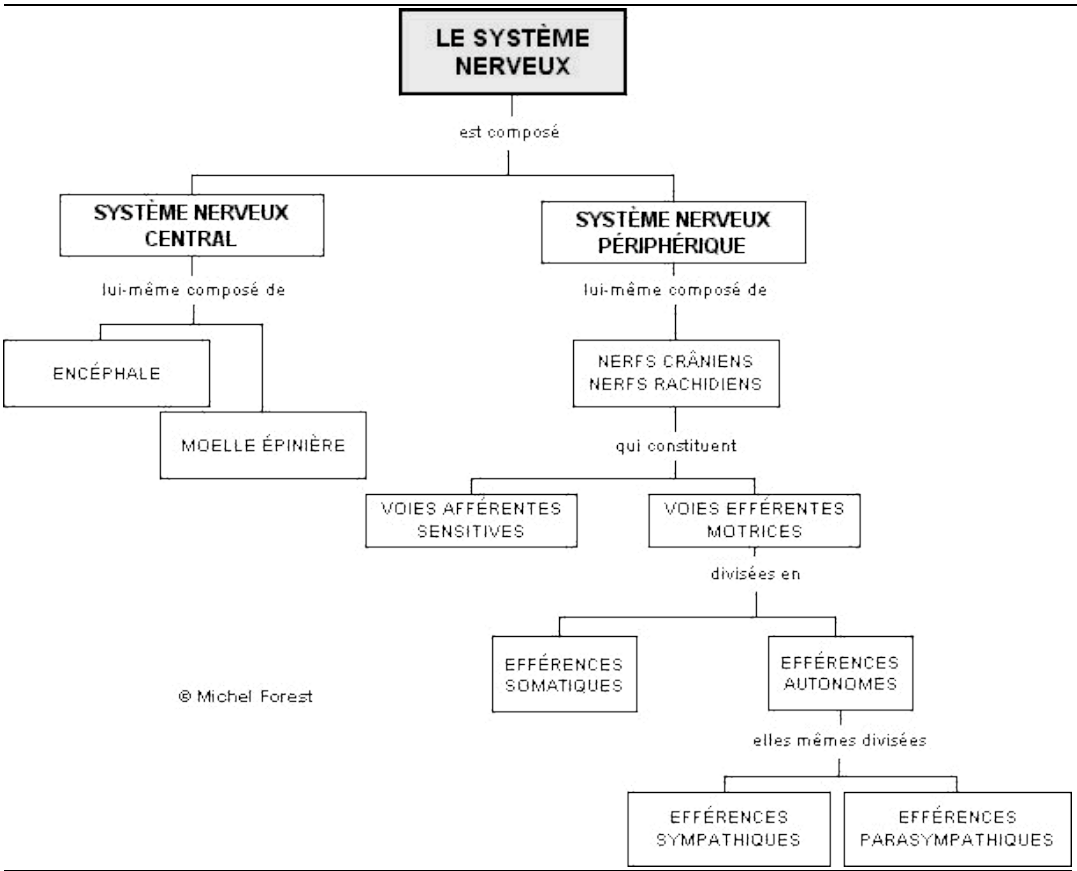
logique, même si les théories auxquelles l'acupuncture se rattache représentent un obstacle considérable pour notre communauté scientifique. L'approche traditionnelle chinoise reste très différente de la démarche médicale occidentale : du point de vue chinois, il ne s'agit pas tant de décortiquer jusqu'à l'infime, de mesurer avec précision les rouages de la physiologie, plutôt que de décrire les relations fonctionnelles entre organes et systèmes pris dans leur globalité. La pensée chinoise est fonctionnelle et globalisante (hollistique) plutôt qu'anatomique et analytique. Le langage chinois est analogique et métaphorique plutôt que déductif et scientifique.

Cependant, la comparaison de ces deux approches peut mettre en évidence des mécanismes physiologiques inattendus et devenir la source d'inspiration pour de nouvelles recherches, promesse de nouveaux progrès. Ainsi, si en Occident l'hypothèse neurophysiologique est la plus communément acceptée pour expliquer les effets de l'acupuncture, certains mettent en avant des mécanismes plus primitifs. La transduction mécanique entre l'aiguille et l'ADN des cellules via le tissu conjonctif ou les courants biologiques que produisent tous les êtres vivants pourraient expliquer la réalité des points d'acupuncture et des méridiens qu'ils constituent. Nous décrirons ainsi ces différentes approches et surtout, nous introduirons un modèle intéressant qui les relie toutes : le système de contrôle de la croissance.

Outre la reconnaissance croissante de l'impact des facteurs de l'environnement sur le corps et la santé, nous verrons enfin comment des notions fondamentales comme le Yin et de Yang s'illustrent dans l'antagonisme apparent des systèmes para- et ortho-sympathiques, aboutissant à de nouvelles théories comme celles de la psycho-neuro-immunologie.

Figure 1. Afférences et efférences du SNC.





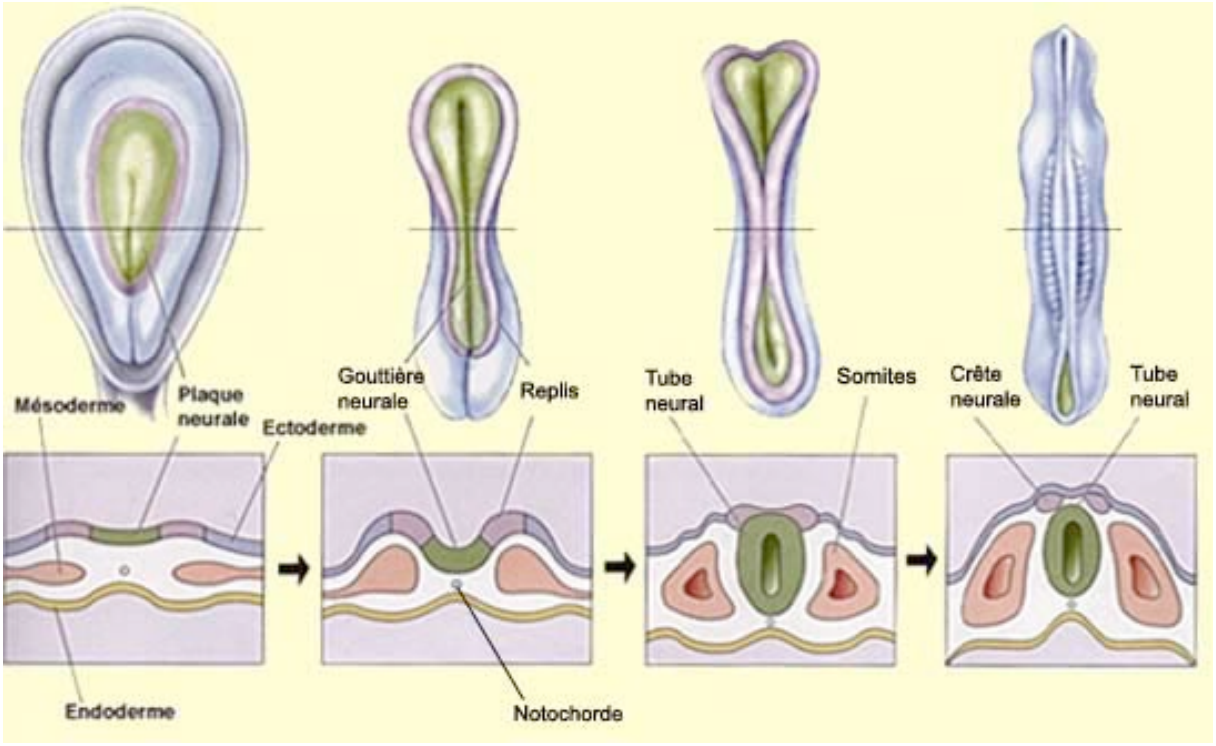
From www.cours-anatomie.info/voies-sensibilite

II. Le système nerveux central et périphérique à la base des effets de l'acupuncture et de la moxibustion

Pour comprendre les effets de l'acupuncture, il faut considérer l'organisme comme un système thermodynamique ouvert qui peut transformer les influences de son environnement et modifier la fonction de ses systèmes en conséquence. L'acupuncture agit comme une de ces influences, et peut amener la restauration fonctionnelle et/ou morphologique plus ou moins complète de l'équilibre dynamique des systèmes somatiques, viscéraux ou émotionnels du corps. Tous les auteurs s'accordent à reconnaître le système nerveux comme le véritable chef d'orchestre de cette régulation. Il est ubiquitaire et est relié aussi bien au monde extérieur par les sens, qu'à tous les systèmes intérieurs constituant l'organisme par ses afférences multiples. Il agit en conséquence sur tous ces systèmes par ses efférences (figure 1). L'acupuncture et la moxibustion interagissent avec le système nerveux par leurs effets sur la périphérie: les structures cutanées, sous-cutanées et musculo-tendineuses. Les racines de cette interaction remontent à l'origine embryologique commune de la périphérie et du système nerveux, que nous aborderons préalablement. Le message acupunctural parcourt différents niveaux nerveux que nous décrirons ensuite, ainsi que les carrefours de type réflexes entre les systèmes somatique, viscéral et émotionnel à chacun de ces niveaux.

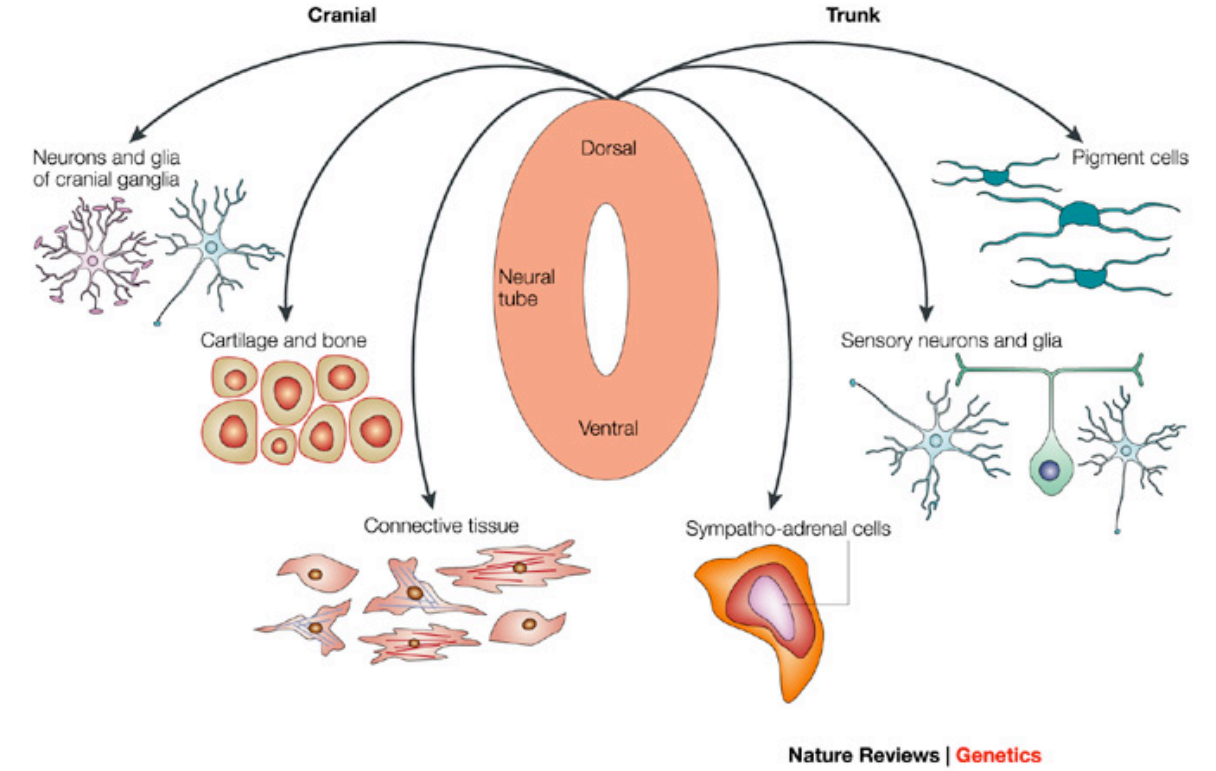
Figure 2. Embryologie commune au système nerveux et à l'enveloppe corporelle.

1. Différenciation sélective du Système nerveux :



From http://lecerveau.mcgill.ca/flash/i/i_09/i_09_cr/i_09_cr_dev/i_09_cr_dev_2a.jpg

2. Produits des cellules des crêtes neurales (neural crests):



From http://www.nature.com/nrg/journal/v3/n6/images/nrg819-i1.jpg

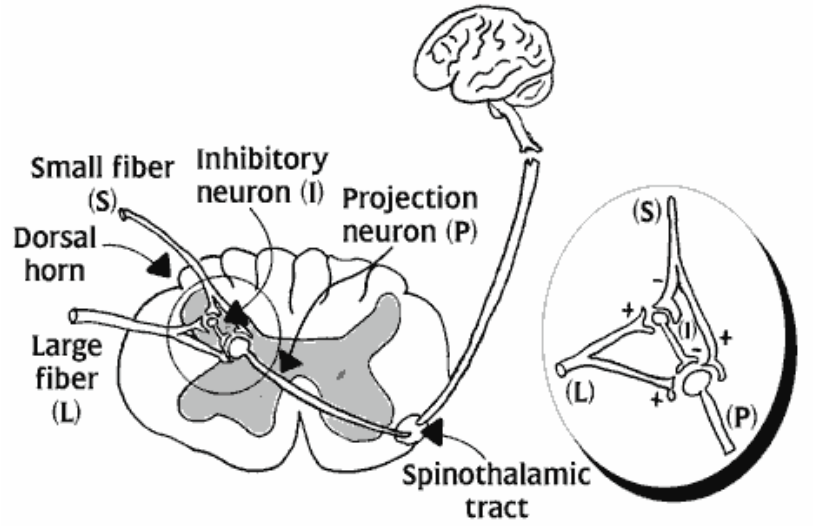
1. Ectoderme, origine embryologique commune à la peau et au système nerveux

Au début de la 3ème semaine de vie, l'embryon se compose de 3 couches : l'endo-, le méso- et l'ectoderme. Dès le 22ème jour, les futurs systèmes nerveux et épithélial vont se différencier à partir de l'ectoderme, dont certaines cellules s'épaississent en une plaque neurale. Cette plaque va successivement s'invaginer, se refermer sur elle-même et former le tube neural dans l'axe vertical de l'embryon. Lors de sa séparation du reste de l'ectoderme, le tube neural entraine avec lui des cellules individualisées en crêtes neurales, qui lui sont parallèles. Ces crêtes neurales sont à l'origine du système nerveux périphérique qui établit le lien entre les futurs centres nerveux d'une part, et l'épithélium, les structures sous-cutanées, musculo-squelettiques, vasculaires ou viscérales d'autre part. Les crêtes neurales sont donc à l'origine embryologique d'une grande part des effets de l'acupuncture sur l'organisme (figure 2). Elles donneront naissance entre-autre :

- aux cellules nerveuses et gliales des ganglions sensoriels (crâniens et spinaux)
- aux cellules nerveuses et gliales des ganglions autonomes (sympatiques, parasympathiques)
- à la médulla de la surrénale
- aux mélanocytes, cellules pigmentées de l'épiderme
- aux cellules neuro-endocrines des voies digestives et respiratoires (APUD)
- aux cellules para-folliculaires de la thyroïde, sécrétrices de calcitonine
- aux cellules de type I du corps carotidien

La différenciation des cellules de l'ectoderme en futurs neurones ou en futurs épithéliocytes dépend d'un jeu complexe d'inhibition et/ ou de stimulation par des facteurs sécrétés par les cellules en fonction de l'expression génétique différente d'un ensemble de cellules à un autre. La migration des cellules vers leur emplacement définitif dépend de réseaux de fibronectine, le long desquels elles glissent avec des affinités différentes, selon notamment l'environnement dans lequel elles se trouvent (10). Nous reviendrons dans la 2° partie de ce travail sur ce système de contrôle de la croissance, formé par des noyaux de cellules organisatrices et les molécules messagères qu'elles sécrètent. Messagères qui s'organisent en gradients le long desquels se constituent le système nerveux, circulatoire et plus largement toutes les structures de l'embryon. Ce système, préalable à tous les systèmes de l'organisme, pourrait être à la base des points d'acupuncture et des méridiens qu'ils constituent (58).

Figure 3 .Gate control theory (Melzack&Wall, 1967)



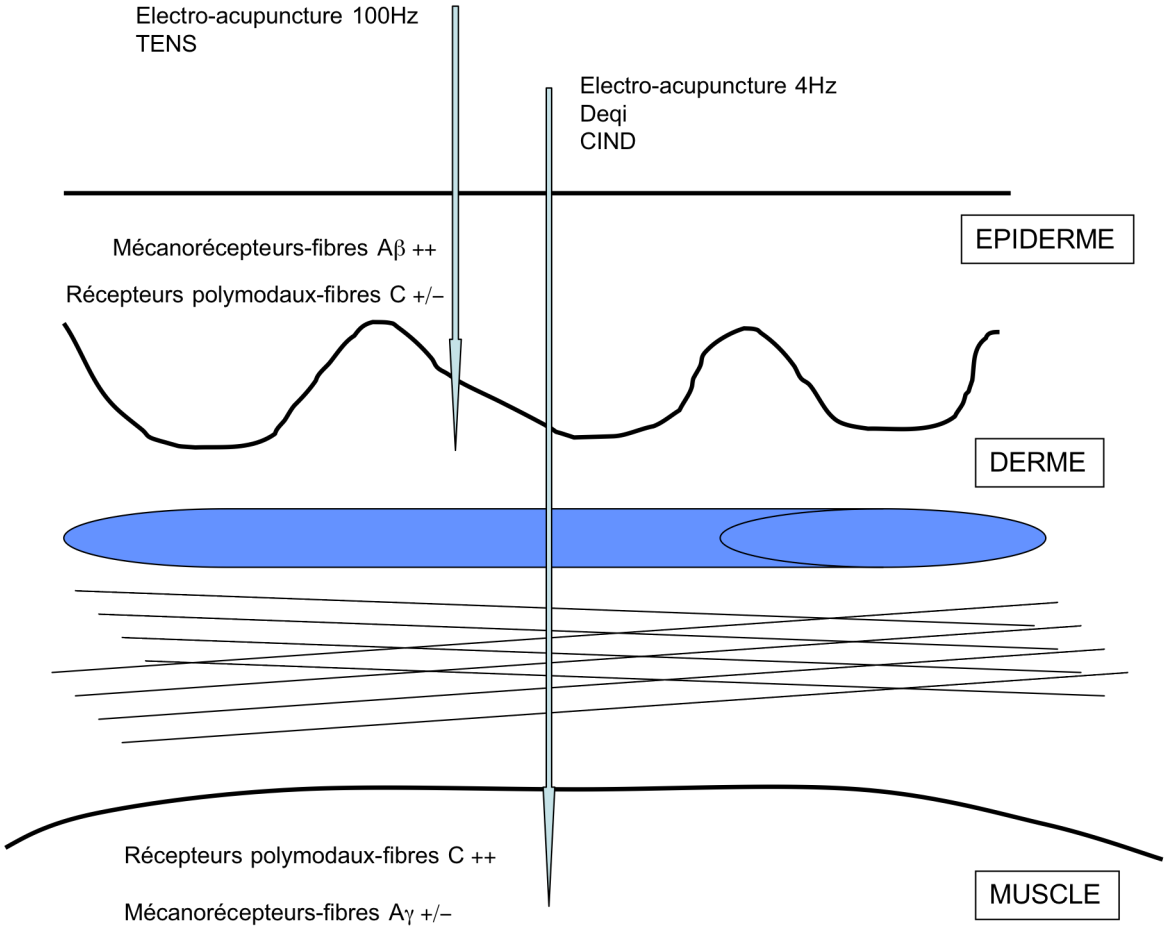
From www.nursece.com/onlinecourses/imagesPain/Fig2.gif

2. Les récepteurs périphériques et le point d'acupuncture

Il est important de commencer la description des mécanismes anatomo-physiologiques de l'acupuncture par l'identification des récepteurs qu'elle active dans le système nerveux. Depuis les travaux de Bossy (3), on sait que les points d'acupuncture se trouvent toujours un élément nerveux, vasculaire ou vasculo-nerveux. Historiquement, ce sont les mécanorécepteurs reliés aux larges fibres Aβ et Aγ qui ont été désignés comme responsables de la stimulation acupuncturale. En effet, les fibres Aβ et Aγ qu'ils activent sont responsables du *gate control* au niveau de la corne dorsale de la moelle épinière. La théorie du *gate control* offrait une explication séduisante aux effets analgésiques de l'acupuncture (11). Dans cette théorie, les larges fibres myélinisées liées aux mécanorécepteurs activent un interneurone inhibiteur de la transmission nociceptive dans la corne dorsale de la moelle épinière. Cet interneurone est par contre inhibé quand les petites fibres transportant l'information douloureuse plus lentement sont seules à être stimulées. On comprend que lorsque les deux types de fibres sont stimulés simultanément, les larges fibres plus rapides activent l'interneurone de la corne dorsale, fermant ainsi l'accès à l'information nociceptive, plus lente (figure 3). Cependant, l'acupuncture ne peut se résumer à ses effets analgésiques et les mécanorécepteurs reliés aux fibres Aβ et Aγ ne sont pas activés par la moxibustion, reconnue de nos jours comme ayant précédé historiquement l'acupuncture dans le développement de la médecine traditionnelle chinoise (12). Les récepteurs spécifiques liés au *gate control* et leurs grosses afférences ne sont donc que partiellement responsables des effets de l'acupuncture.

Dans une étude originale, des auteurs japonais ont mis en avant le rôle des récepteurs polymodaux liés aux fibres Aδ et C dans la stimulation acupuncturale. Ils ont en effet mis en évidence que ces afférences sont responsables de la sensation du *de-qi* , lors de la puncture ou de la moxibustion (13). Le *de-qi* est une sensation sourde d'ankylose, de serrement, de froid ou de chaleur, difficile à définir par le patient. Elle est spécifique du point d'acupuncture. L'acupuncteur cherche donc à l'évoquer, car elle est garante d'une stimulation réussie. Les récepteurs polymodaux sont des canaux ioniques qui se trouvent sur les terminaisons nerveuses libres. Ils sont activés par des stimuli mécaniques, chimiques ou thermiques. Ils sont sensibilisés par la présence de facteurs liés à la réaction inflammatoire comme la bradykinine, les prostaglandines ou l'histamine. Ce qui pourrait expliquer qu'un point d'acupuncture devienne sensible en cas de problème local. Ces

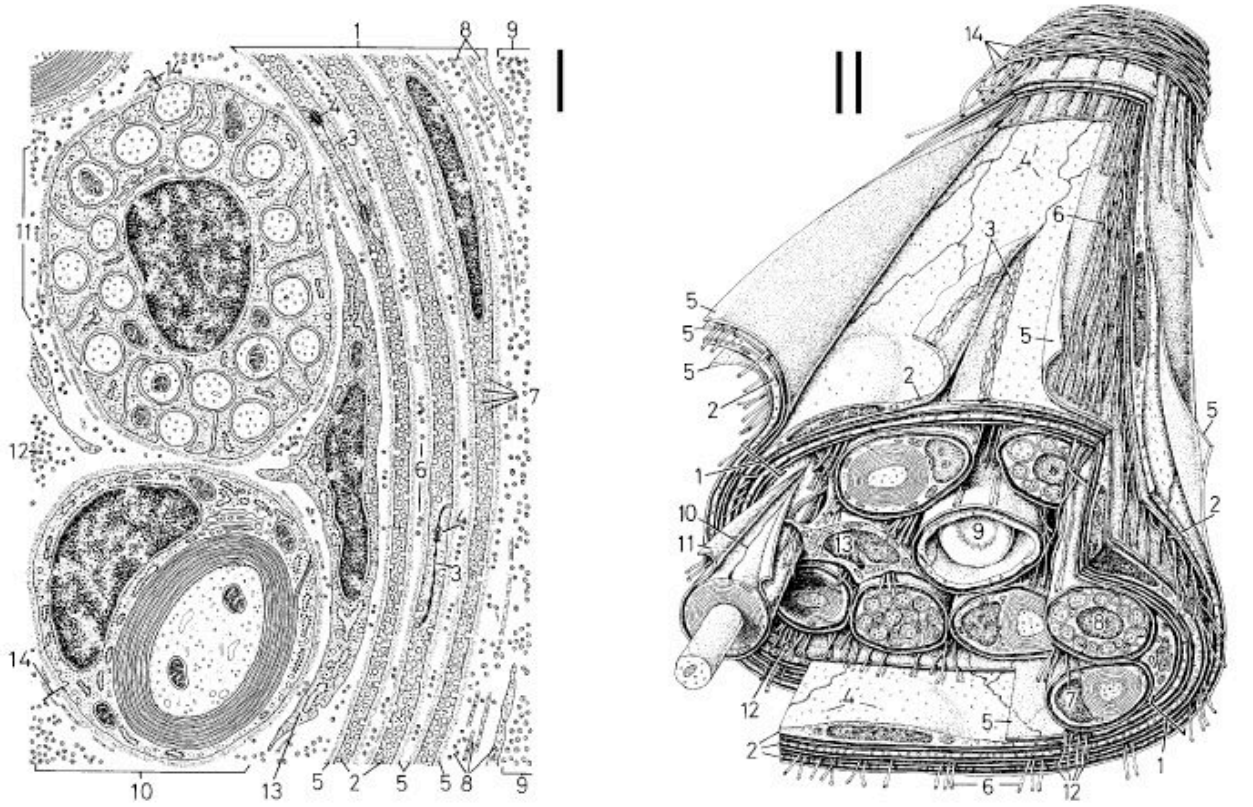
Figure 3b. Types de récepteurs stimulés par différents types d'(électro-) acupuncture.



récepteurs sont capables de sécréter des neuropeptides comme la substance P, le *calcitonin gene-related peptide*, la somatostatine ou le *vaso-active intestinal peptide*. Ces neuropeptides induisent des réponses inflammatoires en agissant sur des récepteurs présents dans les paquets vasculo-nerveux correspondants aux points d'acupuncture. Ceci pourrait expliquer l'apparition occasionnelle d'une papule rouge sensible au point d'acupuncture, de même que les lignes rouges parfois visibles le long du trajet des méridiens. Cette réaction inflammatoire met un certain temps à se dissiper et pourrait contribuer à expliquer les effets prolongés au-delà de la stimulation. Les récepteurs polymodaux, récepteurs non spécialisés, sont de plus retrouvés dans les tissus cutanés, sous-cutanés, les muscles et les viscères du corps entier. Ils sont de bons candidats pour expliquer l'effet de contrôle inhibiteur nociceptif diffus (*CIND*), proposé par Le Bars. Ce *CIND* se réfère à l'inhibition de l'activité des neurones sensitifs convergents à l'étage spinal ou supra-spinal –que nous décrirons plus loin- par des stimuli non-spécifiques appliqués dans des territoires du corps entier, parfois très éloignés des zones douloureuses liées à ces neurones (14). Pour toutes ces raisons, les récepteurs polymodaux sont donc de bons candidats au rôle de premier effecteur activé par l'acupuncture et la moxibustion.

La puncture superficielle activerait surtout les mécanorécepteurs reliés aux fibres rapides Aβ, la puncture profonde activerait surtout les récepteurs polymodaux reliés aux fibres lentes Aδ et C. Nous verrons plus loin que cela aura un impact significatif sur les modes de stimulation électro-acupuncturale, le type d'opioïdes endogènes sécrétés et les effets à court ou long terme (figure 3b).

Figure 4. Nerf mixte (II) qui contient des fibres C amyélinisées (I en haut) et des Aβ, Aγ, Aδ myélinisées (I en bas)



from
http://homepage.mac.com/danielbalas/HISTOLOGIE/HISTGENE/histgen1/histgen7/histgen7.htm

3. Les voies nerveuses afférentes périphériques

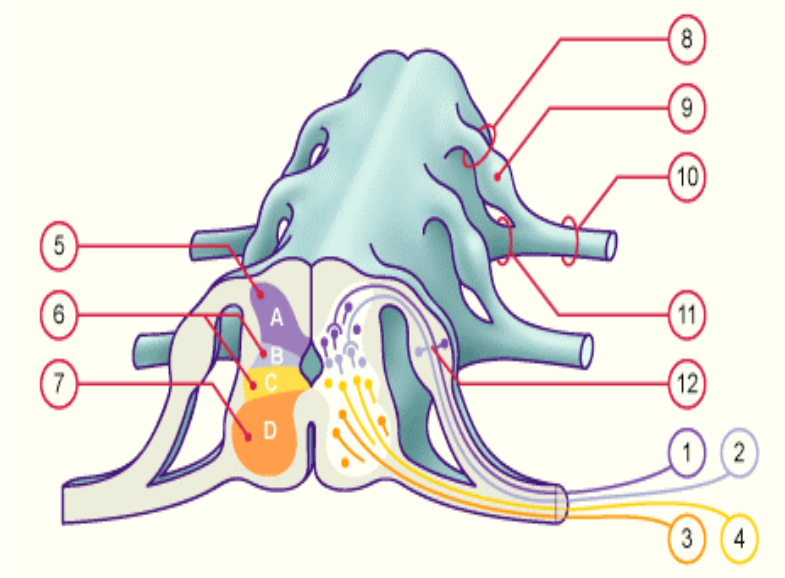
- A. TYPES D'AFFERENCES

L'action de l'acupuncture et de la moxibustion est susceptible d'activer tous les types de sensibilité et tous les types d'afférences somatiques : les fibres Aα, Aβ, Aγ, Aδ et C .

Classification fonctionnelle		Classification de LLOYD	Classification de ERLANGER-GASSER	Calibre	Vitesse
Systèmes sensitifs	**Modalités**				
Système spino - cérebelleux	Sensibilité proprioceptive inconsciente	Fuseaux N.M. : Ia Organes NT : Ib	Aα	++++ 20µ	70 m/s
Système lemniscal	Sensibilité tactile épicritique + Sensibilité proprioceptive consciente (sens articulaire ou sens des positions) + Pallesthésie	II	Aβ	+++	30
Système extra – lemniscal	Sens. tactile protopathique	II	Aγ	++	30
	Sens. thermique Sens. nociceptive	III	Aδ	+	5
	Sens.thermiques Sens. nociceptive	IV	C	+/-	0,5
Système Nerveux Végétatif	Fibres pré-ganglionnaires (myélinisées)		B		
	Fibres post-ganglionnaires (amyéliniques)		C		

Toutes ces fibres se retrouvent souvent dans le même nerf périphérique, même si l'influx nerveux y circule à des vitesses différentes selon l'afférence qui le véhicule (figure 4). Des expériences faisant appel à l'électro-acupuncture montrent que les grosses

Figure 5. Ganglions sensitifs : rachidiens et crâniens.



1.neurone sensitif somatique
2.neurone sensitif viscéral
3.neurone viscéral moteur
4.neurone somatique moteur
5.corne postérieure
6.corne latérale
7.corne antérieure
8.racine dorsale sensitive du nerf spinal
9.ganglion spinal
10.nerf spinal mixte
11.racine ventrale motrice du nerf spinal
12.neurone sensitif bipolaire

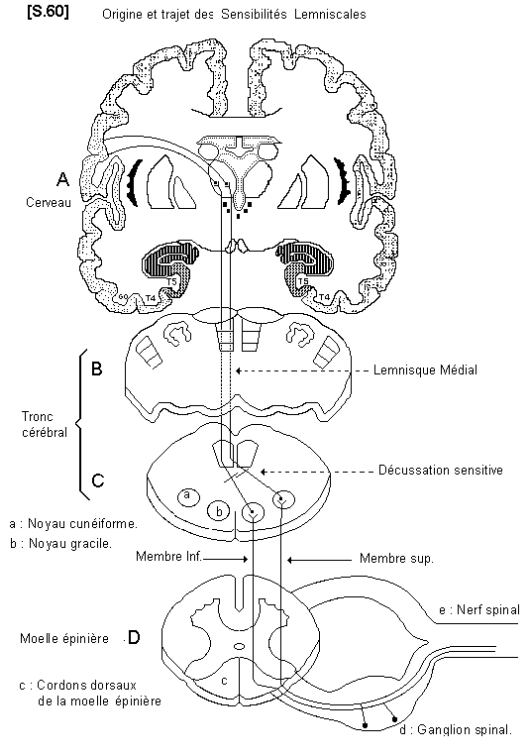
From http://www.embryology.ch/images/vnervous/v05moelle/v5g_organismoelle.gif

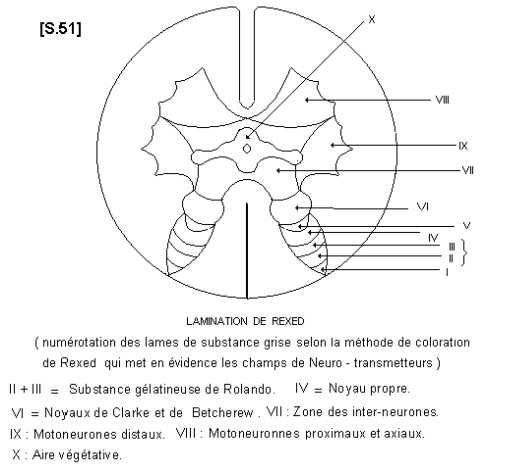
fibres myélinisées sont responsables de la stimulation acupuncturale pour des fréquences au delà de 100 Hz, alors que des fréquences de 4 Hz activent sélectivement les fibres C amyélinisées (figure 3b)(15). Les afférences autonomiques, quoi que beaucoup moins bien décrites, sont constituées de fibres C et peuvent donc être stimulées à ces fréquences. Elles sont responsables de la régulation inconsciente des fonctions de l'organisme, mais ne deviennent sensibles qu'en cas de pathologie. Pourtant leur rôle dans la transmission acupuncturale n'est pas à négliger, ce que déjà Bossy avait suspecté en incriminant les fibres autonomiques des plexus péri-vasculaires dans la sensation de conduction ou les effets vasodilatateurs de l'acupuncture (3). Elles chemineraient le long des nerfs ou des vaisseaux sanguins (*nervi vasorum ou nervorum*). On ne peut s'empêcher d'évoquer le Qi (énergie) et le Xue (sang) qui sont les deux aspects d'une même réalité transportée par les méridiens, avec laquelle la puncture ou le moxa vont interférer (16).

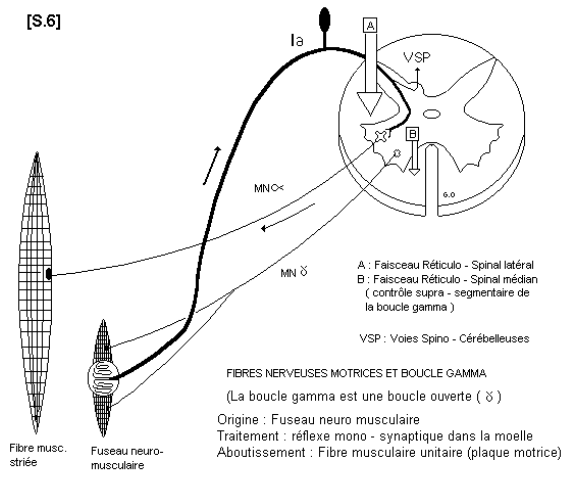
- B. GANGLIONS RACHIDIENS

Les afférences autonomiques et somatiques sont les prolongements sensitifs de neurones situés dans des ganglions rachidiens (figure 5). Ces neurones se sont développés à partir des cellules des crêtes neurales embryonnaires. Ils sont les premiers relais de toute information viscérale et somatique (y compris autonomique liée aux structures pilo-sébacées ou aux *nervi vasorum*). Mis en contact dans les ganglions, ils sont donc un premier carrefour où se croisent les informations somatiques et autonomiques, et où ces informations peuvent agir entre elles. Bien qu'aucune interaction anatomique directe entre les neurones ganglionnaires ne soit reportée dans la littérature, des modifications de l'environnement ionique au passage de l'information de telle ou telle sensibilité influencent les périodes réfractaires des autres neurones du voisinage. La stimulation d'un point d'acupuncture dépendant d'un neurone somatique ganglionnaire situé dans le même ganglion rachidien que le neurone responsable de la transmission nociceptive d'un viscère peut donc interférer avec l'information de ce dernier. Ces interactions, à tout le moins indirectes, offrent donc une autre explication aux effets de l'acupuncture et de la moxibustion sur les troubles somatiques et viscéraux. Au niveau de la tête, ce sont les nerfs crâniens qui jouent le rôle du ganglion rachidien en relayant l'information sensitive dans les ganglions de Gasser (V), géniculé (VII) ou du ganglion supérieur (IX et X).

Figure 6. Voies lemniscales à l'étage spinal, lames de Rexed, rélexe myotatique.







from http://www.anatomie-humaine.com/IMG/gif

4. L'étage spinal

En entrant dans le segment spinal, l'influx acupunctural pénètre pour la 1ère fois dans le système nerveux central. C'est dans ce premier segment qu'une afférence issue d'un niveau précis peut s'amplifier aux segments adjacents. C'est dans ce premier segment que les différentes voies de la sensibilité peuvent interagir les unes sur les autres. C'est dans ce premier segment que les voies de la sensibilité somatiques et viscérales peuvent s'influencer réciproquement. C'est dans ce premier segment enfin, que les deux types d'afférences peuvent influencer leurs efférences respectives ou réciproques. Ces interactions s'expliquent anatomiquement et biochimiquement, s'illustrent par des réflexes qui découlent de la notion de métamérisation, et sont autant de source d'explication aux effets des points d'acupuncture : effets locaux et/ou régionaux et effets sur les aspects sensitif et/ ou fonctionnel somatiques et viscéraux.

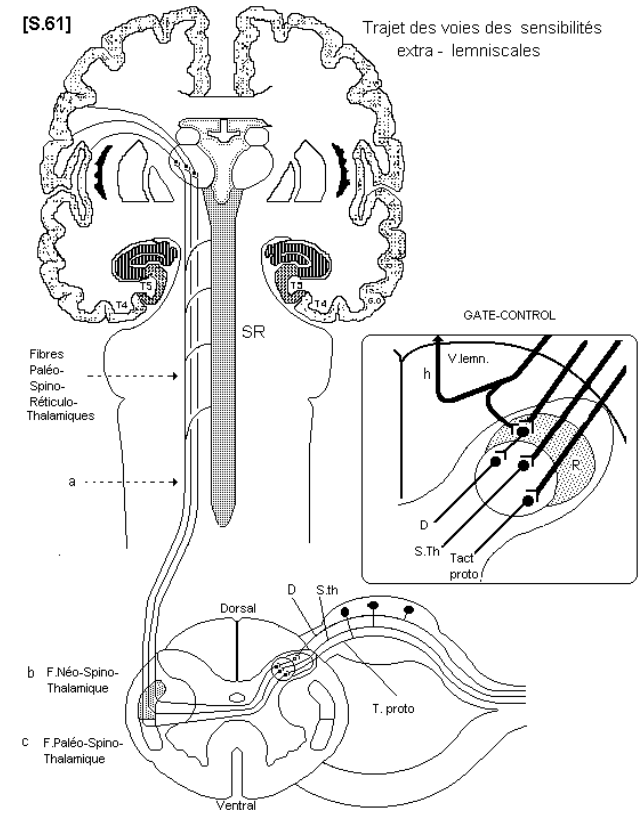
A. ANATOMIE DE LA MOELLE EPINIERE

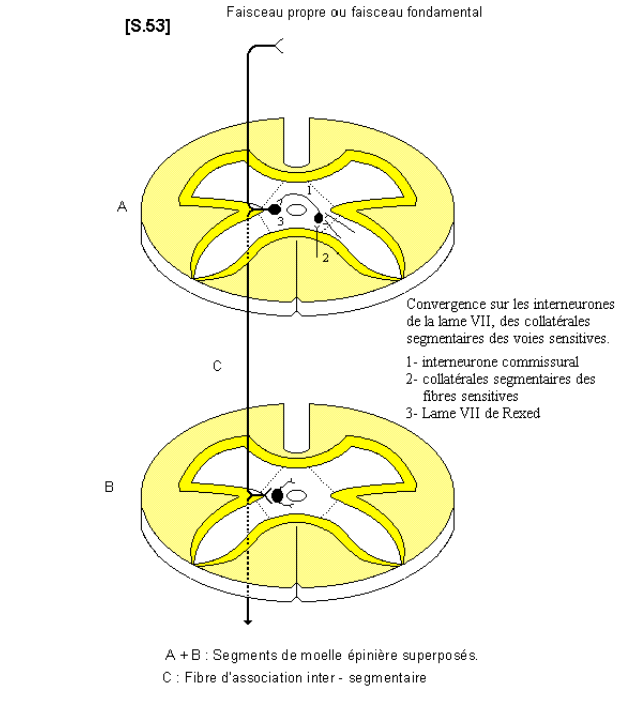
Les voies lemniscales rejoignent les cordons postérieurs de la moelle. Elles véhiculent la sensation de tact fin et la proprioception sans relais neuronal vers le tronc cérébral, dans les noyaux graciles (membre inférieur) et cunéiformes (membre supérieur). Elles envoient des collatérales vers les interneurones des couches 2 et 3 de Rexed (substance gélatineuse de Rolando). Ces collatérales sont à l'origine du *gate control*. Elles transportent également la proprioception inconsciente vers le cervelet et elles seront à la base de réflexes de type myotatique (figure 6).

Les voies extra-lemniscales vont faire relais avec des interneurones dans les lames 2 et 3 de Rexed (figure 7). Ce n'est qu'après ces connexions interneuronales qu'elles véhiculent la sensibilité thermique, nociceptive et protopathique vers le tronc cérébral par les faisceaux situés dans les cordons latéraux de la moelle épinière. Elles envoient des collatérales aux couches 1 des étages sus- et sous-jacentes par le *tractus de Lisshauer*. Ce tractus leur permet d'étendre l'information transmise par une stimulation (comme la stimulation acupuncturale) sur plusieurs niveaux sous- et sus-jacents. Il permet donc de comprendre l'action régionale d'un point d'acupuncture, ou l'action sur un même niveau de plusieurs points d'acupuncture.

Les lames 2 et 3 de Rexed sont appelées la couche gélatineuse de Rolando. C'est là que vont s'exercer d'une part le *gate control*, et d'autre part les influences inhibitrices ou excitatrices des faisceaux descendant des centres supérieurs, par lesquels l'acupuncture

Figure 7. Voies extra-lemniscales à l'étage spinal.





from http://www.anatomie-humaine.com/IMG/gif

peut intervenir, comme nous le verrons plus loin.

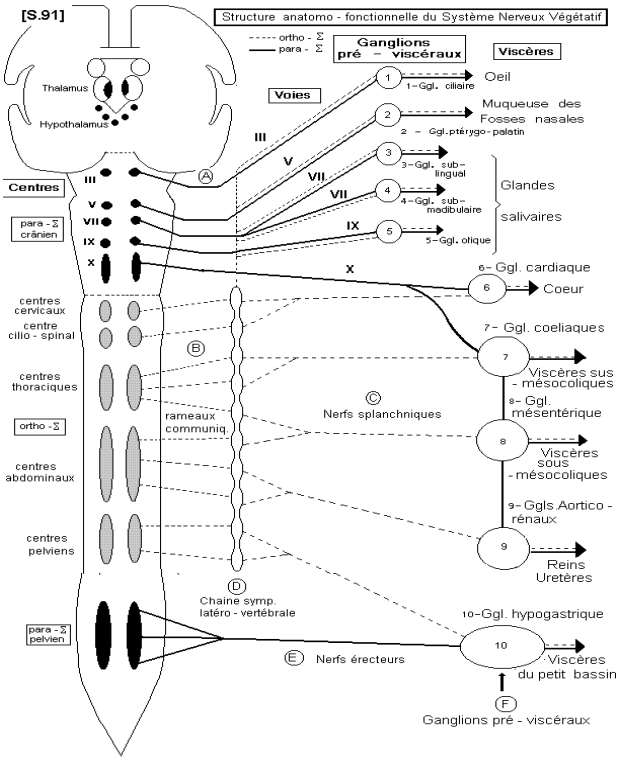
Les interneurones de la lame 4 reçoivent les connexions poly-synaptiques des lames 2 et 3 issues des fibres C et donnent naissance au faisceau *paléo- spinothalamique*. Les interneurones de la lame 5 reçoivent directement les afférences issues des fibres Aδ et donnent naissance au faisceau *néo- spinothalamique* Après avoir croisé la ligne médiane, les deux faisceaux vont transmettre leur information aux centres supérieurs. Le faisceau *néo-spinothalamique* transmet l'information directement aux noyaux postérieurs du thalamus, alors que le *paléo-spinothalamique* fait relais dans les noyaux du tronc cérébral.

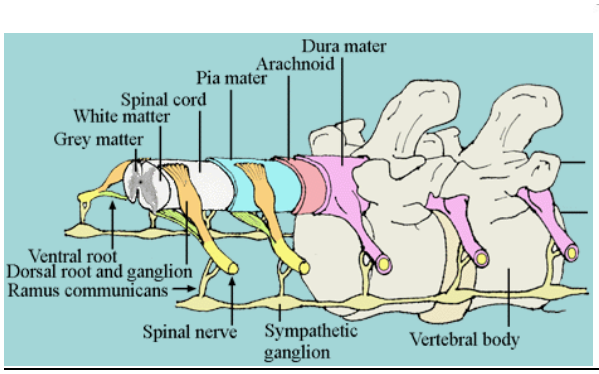
De la couche 7 démarre le faisceau *spino-réticulaire ascendant*, qui reste homolatéral et établit des connexions synaptiques à chacun des étages rencontrés au cours de son ascension vers les noyaux du tronc. Il reçoit ses afférences de collatérales issues des lames 2 et 3 de Rexed. C'est pour cette raison que certains auteurs l'appellent le noyau ascendant. Le message qu'il transmet est lent et de plus en plus diffus, puisqu'il s'intègre à de plus en plus d'autres informations au fur et à mesure qu'il monte d'un étage. A l'inverse, ce message peut aussi influencer les niveaux supérieurs. Cette différence dans le nombre de connexions est peut-être l'explication des effets plus étendus d'un point d'acupuncture situé sur un méridien du membre inférieur par rapport à un point correspondant situé sur le méridien du membre supérieur (VB 41 et TR5 et céphalées temporales). La proximité du faisceau *spino-réticulaire ascendant* avec les voies effectrices autonomiques pourrait aussi contribuer à expliquer les interactions de la stimulation acupuncturale avec les viscères.

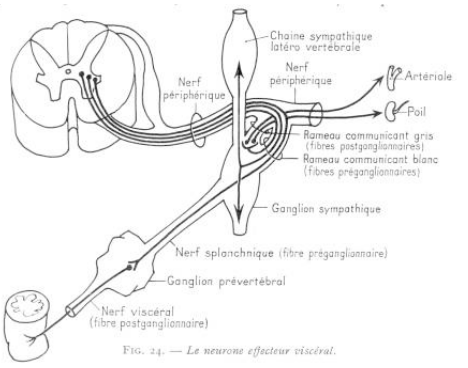
Les afférences autonomiques constituent en effet un faisceau homolatéral poly-synaptique le long de la commissure postérieure de la moelle épinière. Elles font relais dans le tronc cérébral avec les noyaux solitaire et dorsal du vague.

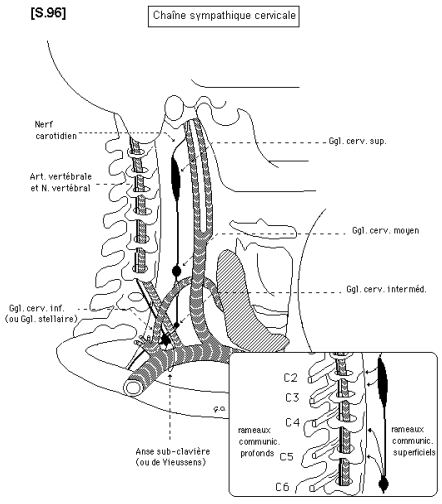
Les efférences somatiques se situent dans la partie ventrale et latérale de la moelle (lames 8 et 9 de Rexed). A chaque niveau segmentaire, les motoneurones auxquels elles se connectent se dirigent vers la périphérie en rejoignant leurs afférences au sein des nerfs issus des racines rachidiennes correspondantes. Certains d'entre eux seront impliqués dans des réflexes plus ou moins compliqués qui provoquent la contraction et/ ou la décontraction de groupes musculaires homolatéraux ou hétérolatéraux.

Figure 8. Voies végétatives.









from http/::www.anatomie-humaine.com:IMG:gif

Les efférences autonomiques ont un trajet plus compliqué qui mérite de s'y attarder car il est sujet à des interactions qui pourront à leur tour être influencées par l'acupuncture (figure 8).

Elles se divisent en deux catégories selon qu'elles assurent la mise en alerte et la mobilisation de l'organisme (orthosympathique), ou qu'elles assurent la mise au repos et la restauration des grandes fonctions de l'organisme (parasympathique). Ces deux catégories d'effets ont des voies séparées, sujettes à des stimulations distinctes par l'acupuncture. Seules les efférences orthosympathiques sont métamériques car elles descendent dans la partie intermédio-latérale de la moelle (lame 10 de Rexed), où elles font relais avec un neurone effecteur à chaque étage, de T1 à L2. Ces neurones envoient des fibres qui forment le rameau communiquant blanc vers un ganglion. Ces ganglions forment la chaîne sympathique latéro-vertébrale. Ils contiennent d'autres neurones effecteurs qui envoient leur fibres via le rameau communiquant gris vers (figure 8) :

- les racines rachidiennes pour se joindre aux nerfs périphériques et assurer l'innervation des glandes sudoripares, la pilo-érection et le le tonus vasculaire dans le métamère correspondant
- les plexus et ganglions pré-viscéraux et innerver le viscère correspondant
- les racines rachidiennes postérieures et innerver les vaisseaux, muscles et les structures articulaires des vertèbres correspondantes
- Les ganglions de la chaîne sus- et sous-jacents.

La proximité à chaque segment des voies effectrices orthosympathiques avec les afférences somatiques permet déjà de comprendre le lien entre stimulation acupuncturale et effets sur la circulation périphérique, la sudation ou la fonction d'un viscère.

La chaîne orthosympathique se continue vers le cou par les ganglions stellaire, cervical moyen et cervical supérieur. Elle se continue aussi vers le bas par la chaîne des ganglions lombo-sacrés. Certains points d'acupuncture peuvent agir directement par proximité sur certains de ces ganglions, comme le fait par exemple le point VB21 sur le ganglion stellaire (figure 8). Les efférences parasympathiques pour la partie supérieure et médiane du corps sont transmises par le nerf vague. Elles sont donc supra-spinales, ce qui explique que, pour un même viscère, l'aspect parasympathique sera stimulé par l'acupuncture selon des mécanismes différents que l'aspect orthosympatique. Seule la partie inférieure du corps et les viscères pelviens reçoivent des efférences parasympathiques issues métamériquement de la partie intermédio-latérale de la moelle sacrée.

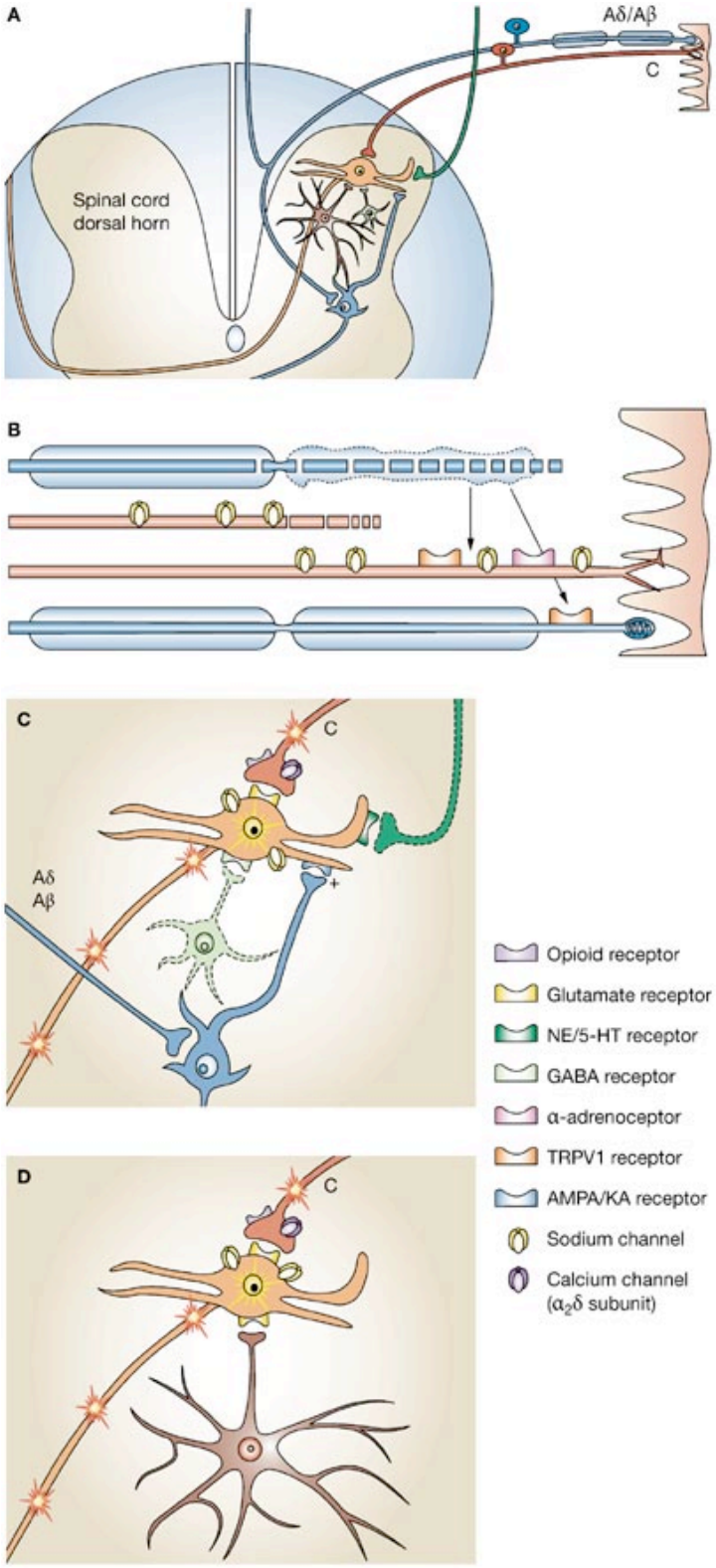
B. BIOCHIMIE DE LA TRANSMISSION ACUPUNCTURALE SPINALE

* En 1976, Pommeranz met en évidence que les effets de l'acupuncture peuvent être antagonisés par la naltrexone (17). Depuis, on a découvert la famille des opioïdes endogènes (enképhalines, dynorphines, endorphines,…) et leurs multiples récepteurs (μ, κ, δ) tant au niveau spinal que supra-spinal. Han et ses collègues ont démontré qu'une partie des effets spinaux de l'acupuncture s'explique par ces substances. Cependant, l'administration sélective d'anticorps contre tel ou tel opioïde endogène (18), l'utilisation de fréquences et d'intensités différentes d'électro-acupuncture (19) montrent qu'ils ne sont pas la seule famille de neuropeptides responsables de l'analgésie acupuncturale. Les centres supérieurs, comme nous le verrons plus loin, vont ainsi envoyer des faisceaux inhibiteurs de la transmission douloureuse par la production de sérotonine et de noradrénaline.

* Bossy avait déjà esquissé les grands principes de la modulation de l'acupuncture sur la transmission sensitive au niveau spinal. Le message spinal peut ainsi être influencé par une action soit sur la connexion, càd de la synapse, entre deux neurones; soit sur le corps du neurone lui-même.

→Han et collègues ont démontré que la stimulation acupuncturale des fibres myélinisées du système lemniscal exerce le *gate control* par la sécrétion d'opioïdes endogènes au niveau de la synapse. Actuellement, les auteurs pensent que ces opioïdes endogènes sont sécrétés à hauteur du tronc cérébral, et qu'ils entraînent la stimulation de voies inhibitrices descendantes indépendantes des opioïdes. Les voies inhibitrices descendantes lient la sérotonine et la noradrénaline à des récepteurs pré-synaptiques à la surface des interneurones nociceptifs. Ces derniers sont connectés aux fibres C par des synapses activées par la substance P (fibres C somatiques) ou par le *vasoactive intestinal peptide* (fibres C viscérales) dans la couche gélatineuse de Rolando (lames 2 et 3 de Rexed). La modulation liée au gate control s'exercerait dans la même couche gélatineuse de Rolando par des inhibitions post-synaptiques. Ainsi, les interneurones de la couche 5 de Rexed, activés par les fibres Aδ vont-ils envoyer des collatérales sécrétant des enképhalines qui se fixent sur des récepteurs post-synaptiques à la surface des interneurones nociceptifs. De la même manière, des collatérales issues des fibres Aβ lemniscales vont exciter des interneurones sécrétant de l'acide -aminobutyrique (GABA). Le GABA va à son tour occuper des récepteurs post-synaptiques à la surface des interneurones nociceptifs (20).

Figure 9. Biochimie de la transmission acupuncturale spinale.



Mechanisms of peripheral and central sensitization in neuropathic pain

(**A**) Primary afferent pathways and their connections in the spinal cord dorsal horn. Nociceptive C-fibers (red) terminate at spinothalamic projection neurons in upper laminae (orange neuron), whereas non-nociceptive myelinated A-fibers (blue) project to deeper laminae. The second-order projection neuron is of the wide dynamic range (WDR) type, that is, it receives direct synaptic input from nociceptive terminals and also multisynaptic input from myelinated A-fibers (non-noxious information, blue neuron system). Gamma-aminobutyric acid (GABA)-releasing interneurons (green neuron) normally exert inhibitory synaptic input on the WDR neuron. Furthermore, descending modulatory systems synapse at the WDR neuron (the green descending terminal represents an inhibitory projection). Spinal cord glial cells (brown cell) also communicate with the WDR neuron. (**B**) Peripheral changes at primary afferent neurons (nociceptive C-fibers, red; non-nociceptive myelinated A-fibers, blue) after partial nerve lesion, leading to peripheral sensitization. Some axons are damaged and degenerate (upper two axons), whereas others (lower two axons) are still intact and connected with the peripheral end organ (skin). The lesion triggers the expression of sodium channels on damaged C-fibers. Furthermore, products such as nerve growth factor that are associated with Wallerian degeneration are released in the vicinity of spared fibers (arrows), triggering channel and receptor expression (sodium channels, TRPV1 receptors, adrenoceptors) on uninjured fibers. (**C**) Spontaneous activity in C-nociceptors induces secondary changes in central sensory processing, leading to spinal cord hyperexcitability (central sensitization of second-order WDR neurons, indicated by star in orange neuron). This causes input from mechanoreceptive A-fibers (light touch and punctate stimuli; blue neuron system) to be perceived as pain (dynamic and punctate mechanical allodynia; '+' indicates gating at synapse via AMPA/KA [-amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxasole propionic acid and kainate] receptors). Several presynaptic (opioid receptors, calcium channels) and postsynaptic molecular structures (glutamate receptors, NE [norepinephrine] receptors, 5-HT [serotonin] receptors, GABA receptors, sodium channels) are involved in central sensitization. Inhibitory interneurons and descending modulatory control systems (green neurons) are dysfunctional after nerve lesions, leading to disinhibition or facilitation of spinal cord dorsal horn neurons and to further central sensitization. (**D**) Peripheral nerve injury activates spinal cord non-neural glial cells (brown cell), which further enhances excitability in WDR neurons by releasing cytokines and increasing glutamate levels. 5-HT, 5-hydroxytryptamine (serotonin); GABA, gamma-aminobutyric acid; NE, norepinephrine.

→ La modulation de la transmission spinale par l'action sur le corps d'un interneurone est spécialisée ou aspécifique, selon qu'il soit excitateur ou inhibiteur, ou l'un et l'autre en fonction des circonstances. Ainsi, un neurone spécialisé exercera son action excitatrice ou inhibitrice à partir du moment où un nombre critique de récepteurs localisés à sa surface seront activés par des stimulations spécifiquement thermiques, chimiques ou mécaniques. Par contre, un neurone aspécifique sera excitateur ou inhibiteur selon que ses récepteurs excitateurs ou inhibiteurs soient en nombre statistiquement plus élevés. La majorité des neurones aspécifiques sont appelés convergents (Wide Dynamic Range, WDR), car ils sont activés par des stimulations mécaniques, chimiques, thermiques, électriques. Ils ont été particulièrement étudiés ces dernières années car ils sont impliqués dans le phénomène de plasticité neuronale (figure 9). La plasticité neuronale permet de comprendre comment le système nerveux s'adapte et évolue fonctionnellement selon les stimulations du monde extérieur auxquelles il est soumis. Ainsi en cas de chronicisation d'une douleur périphérique, les influx répétitifs transmis par les fibres C activent à leur surface des récepteurs qui ne le sont pas en temps normal, dont les récepteurs NMDA ou AMPA/KA. Ces récepteurs vont diminuer le seuil de stimulation des WDR. Ceci aura comme conséquence d'amplifier le message transmis par les récepteurs impliqués par la douleur initiale (NMDA), mais aussi de rendre douloureux le message transmis par les autres voies de la sensibilité. C'est à la hauteur de la connexion synaptique entre les fibres C et les WDR que s'exercent aussi les inhibitions pré- et post-synaptiques que nous avons décrites précédemment.

* Les fibres C transmettent le message nociceptif somatique mais aussi celui des afférences viscérales. Elles sont activées par les récepteurs polymodaux périphériques, sur lesquels agissent la puncture et la moxibustion. Leur action sur les WDR ouvre donc le champ à une manière supplémentaire d'appréhender les effets de l'acupuncture. Cependant, selon l'endroit où ces WDR sont localisés, ils exercent une action amplificatrice ou inhibitrice sur la transmission des afférences spinales. Ainsi, les WDR situés dans la lame 5 de Rexed amplifient la nociception, alors que ceux qui sont présents dans la couche gélatineuse de Rolando l'inhibent. La localisation de ces neurones détermine donc des fonctionnalités différentes, parfois opposées. Selon le type de stimulation, on obtiendra donc des effets parfois opposés, ce qui pourrait être mis en parallèle avec les effets tonifiants ou dispersants d'un même point selon qu'on le stimule différemment.

Figure 10. Dermalgies réflexes de Jarricot, zones de Head, , réflexologie somato-viscérale points SHU et MO.

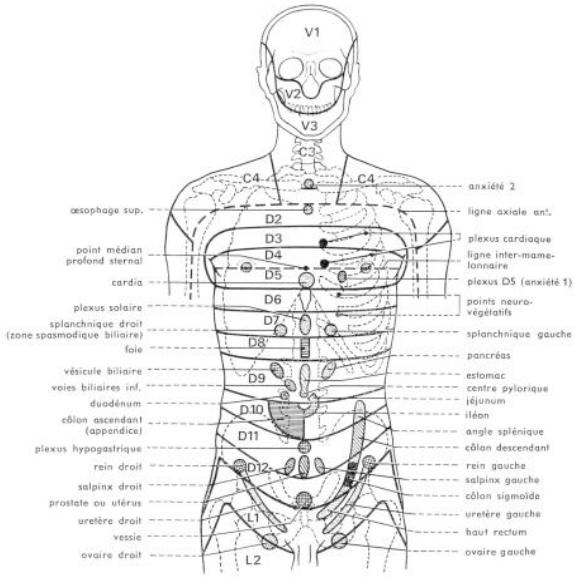


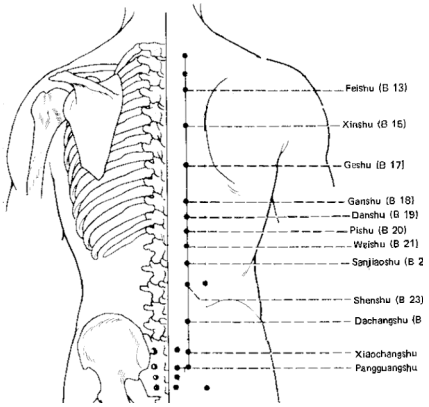
FIG. 44. — *Dermalgies-réflexes thoraco-abdominales*, selon JARRICOT [117].

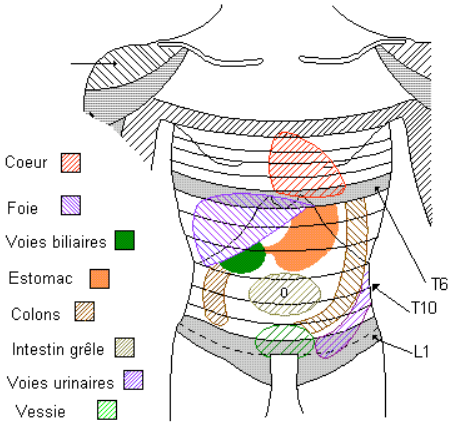
[S.95]

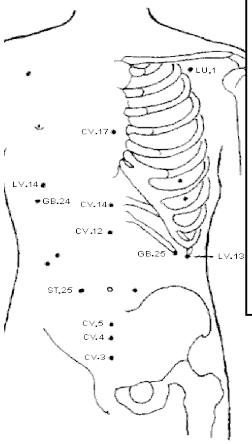
Zones de Head

Correspondances topographiques entre les dermatomes sensitifs et les projections viscérales profondes

Points Shu du

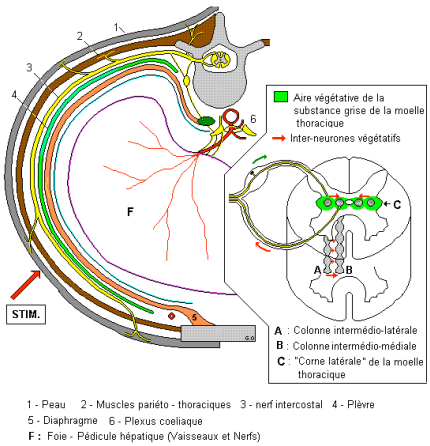






Points MO :
Lu1 : poumon
CV17 : maitre du cœur
Lv 14 : foie
GB25: vésicule biliaire
CV 14 : cœur
CV 12 : estomac
Lv 13 : rate-pancréas
GB 26 : rein
St 25 : gros intestin
CV5 : triple réchauffeur
CV4 : intestin grêle
CV3 : vessie

Reflexe somato - viscéral (Zones de Head)



1 - Peau 2 - Muscles pariéto - thoraciques 3 - nerf intercostal 4 - Plèvre
5 - Diaphragme 6 - Plexus coeliaque
F : Foie - Pédicule hépatique (Vaisseaux et Nerfs)

from http://www.anatomie-humaine.com/IMG/gif

C. MISE EN EVIDENCE DES REFLEXES LIES A LA METAMERISATION

La notion de métamère traduit l'organisation segmentaire de base dans la moelle épinière (figure 10). Chaque niveau spinal comprend deux moitiés symétriques présentant chacune un nerf périphérique qui lui est relié par une racine motrice antérieure et une racine sensitive postérieure. Ce nerf contient tous les types de fibres sensitives, motrices et autonomes. Il se divise en un certain nombre de branches pour les différents éléments : dermatome (cutané et sous-cutané), sclérotome (appareil ostéo-tendineux), myélotome (musculo-squelettique). Le système nerveux autonome annexe schématiquement à chaque métamère un ganglion latéro-vertébral (à destinée somatique) et un ganglion pré-viscéral (à destinée viscérale). Si la métamérisation est assez régulière pour le dermatome, le sclérotome et le myotome, elle l'est beaucoup moins pour le viscérotome. Ceci provient du fait que les connexions se font de la 6° à la 9° semaine embryonnaire, et que les relations du système nerveux (ectoderme) sont plus directes avec l'enveloppe externe en formation (ectoderme) qu'avec les muscles, tendons, ligaments et squelette (mésoderme) ou avec les viscères (endoderme). Comme nous l'avons vu précédemment, chaque segment spinal contient un centre nerveux sensitif assez complexe dans la corne dorsale, un centre moteur somatique pour la musculature striée dans la corne ventrale et un centre autonome situé dans la zone intermédio-latérale. Ces centres sont reliés entre eux par des interneurones (3).

La métamérisation de la moelle épinière est ainsi à la base d'une organisation réflexe, favorable en termes d'évolution darwinienne. En effet, elle permet à l'organisme de répondre immédiatement à des stimuli potentiellement nocifs, sans passer par les centres supérieurs. De nombreuses expérimentations ont démontré l'existence de ces réflexes. Ainsi, des auteurs ont irrité des territoires musculaires, tendineux ou ligamentaires par injection de sérum hypertonique. Ils purent répertorier les métamères desquels ces myotomes et sclérotomes dépendaient en enregistrant les dermatomes dans lesquels des douleurs étaient évoquées (22). A côté de ces réflexes somato-somatiques, existent des réflexes viscéro-somatiques. Ces derniers sont par exemple dépistés par la stimulation du colon descendant avec du baryum, qui entraîne la pâleur d'une zone cutanée dans les dermatomes correspondants aux mêmes racines s'étendant de T12 à T9. De la même manière, l'injection d'adrénaline dans la muqueuse gastrique, vésicale ou dans le fascia de la rate entraîne le flush d'une zone cutanée au centre des dermatomes correspondants aux mêmes métamères T10 à T6 (22). Ces réflexes viscéro-somatiques sont à la base des phénomènes de douleur

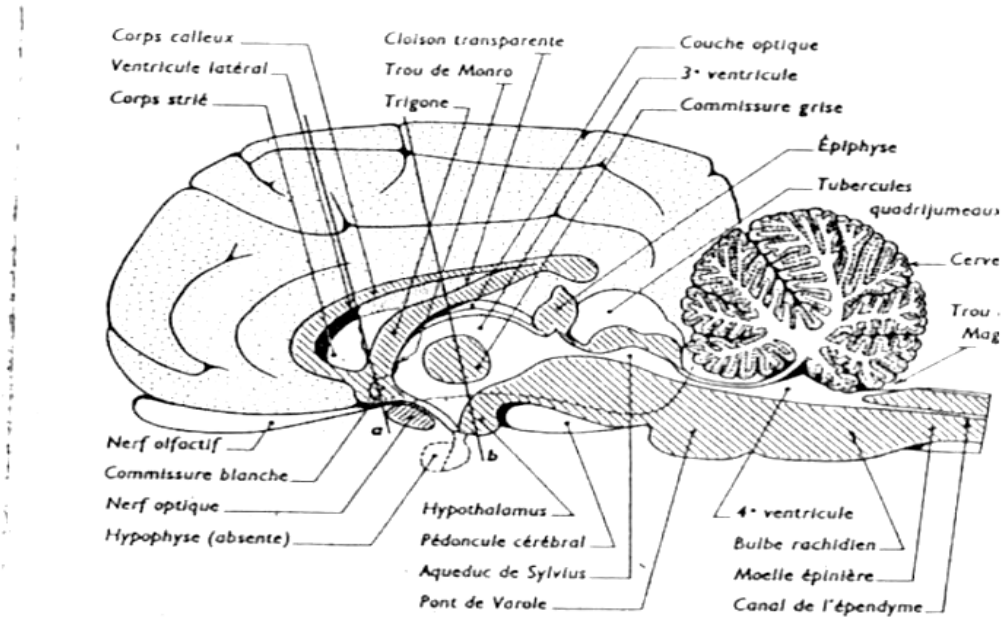
projetée. La douleur de la vésicule biliaire est projetée à l'épaule droite, celle d'ulcères gastriques correspond à la 11ème vertèbre thoracique. La souffrance d'un viscère entraîne ainsi des douleurs dans des territoires cutanés éloignés mais en rapport au niveau métamérique. Ceci fut systématisé par des auteurs comme Jarricot, puis Head, qui décrivirent des zones cutanées douloureuses en réponse à la souffrance d'un viscère particulier (figure 10).

A l'inverse, on peut concevoir que l'irritation d'une zone cutanée influence la fonction de l'organe « lié » métamériquement. L'électro-stimulation du point GI 18 bilatéralement entraîne ainsi l'hypoalgésie qui facilite la thyroïdectomie, tous deux dépendant du métamère à la hauteur de la 3ème vertèbre cervicale (21).

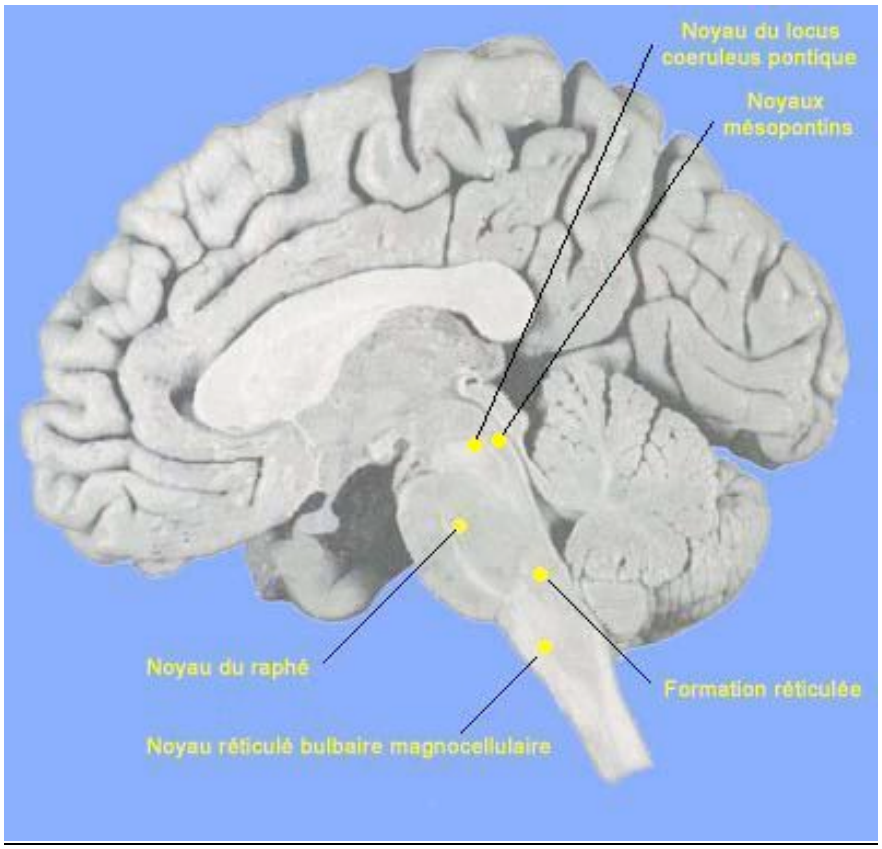
Ces réflexes sont transmis par la chaîne des ganglions orthosympathiques décrite précédemment et sur lesquels l'acupuncteur pourra agir par voie métamérique réflexe en stimulant les afférences somatiques qui y sont liées. La stimulation directe ou indirecte du ganglion autonomique lié au métamère est une autre source de réflexe somato-viscéral. Les algodystrophies du membre supérieur, qui suite à des phénomènes douloureux intenses entraînent des modifications autonomiques parfois très marquées (sudation, vasodilatation, chaleur), en sont l'illustration. Tout comme l'efficacité de traitements utilisant des ganglioplégiques (isméline, réserpine) ou le bloc du ganglion stellaire, à mettre en parallèle avec une des indications du point VB21, proche du ganglion stellaire : « douleur et froid dans le bras, impossibilité de le mobiliser » (23).

Ces phénomènes de convergence viscéro-somatiques sont à la base de l'utilisation millénaire des points SHU et MO en médecine traditionnelle chinoise. Les points MO sont les points d'alarme du viscère auquel se rapporte leur méridien. Ils se sont situés dans les zones systématisées par Head ou Jaricot (figure 10). Les points SHU du dos sont situés le long de la branche interne du méridien de la vessie, et ils régulent la sphère énergétique du viscère auquel se rapporte leur méridien. Ils correspondent également au niveau de métamère commun avec ce viscère.

Figure 11. Tronc cérébral et ses noyaux.



2. — *Coupe longitudinale de l'encéphale du Mouton.*
Les traits *a* et *b* correspondent aux deux demi-coupes de la fig. 3.

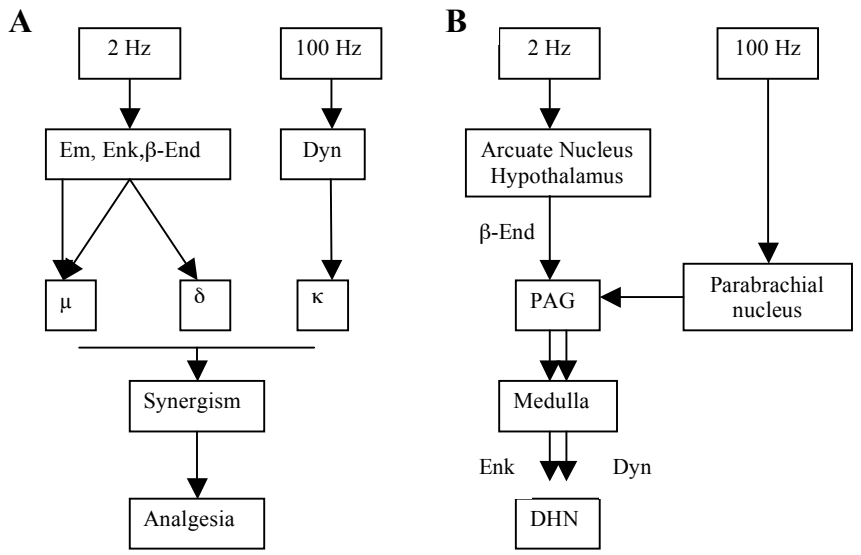


5. Le tronc cérébral

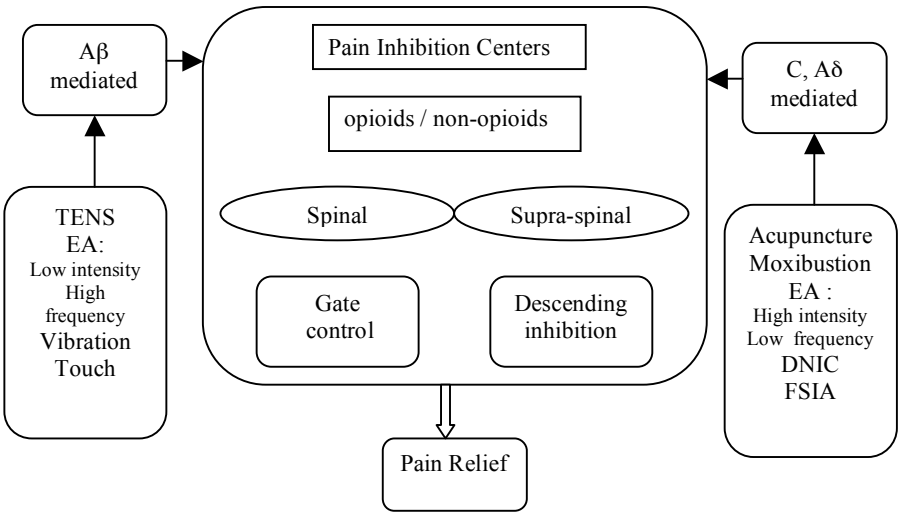
A. LA SUBSTANCE RETICULEE ET SES NOYAUX

Décrite par Bossy comme formée de voies nerveuses et de neurones échelonnés sur tout le tronc cérébral, elle est à la fois voie de conduction et centre, puisqu'elle regroupe des amas de neurones en noyaux (3). Elle est centre d'intégration, car elle reçoit les afférences somatiques, viscérales et sensorielles de la tête et du reste du corps, ainsi que les efférences corticales et thalamiques. Elle est centre de régulation car elle module l'information, agit sur le centre respiratoire, cardio-vasculaire, sur le degré de vigilance, le thalamus, le système limbique et l'hypophyse. La partie bulbo-pontine régule l'activité de ces centres sous-jacents en interagissant d'une part avec les cornes dorsales de la moelle épinière et le complexe sensitif trigéminal (afférences somatiques), et d'autre part avec le tractus solitaire (afférences végétatives). En agissant sur elle, les points d'acupuncture céphaliques et l'auriculothérapie exercent des effets généraux, dont il sera plus facile de comprendre le mécanisme d'action. Les recherches actuelles ont contribué à spécifier le rôle joué plus particulièrement par certains de ses noyaux, que nous allons décrire. Ces recherches font appel à des moyens qu'il serait trop long de décrire ici, mais qui vont du mapping électro-physiologique, à l'utilisation de traceurs axonaux isotopiques, à l'utilisation d'anticorps spécifiques à certains neuropeptides endogènes, ou à des souches de rongeurs génétiquement modifiés.

Figure 12. Rôle des peptides opioïdes endogènes dans l'analgésie électro-acupuncturale.



Electro-Acupuncture Analgesia mediated by different opioids and receptors and their central nervous mechanisms. Two different frequencies of EA (2 Hz and 100 Hz) induce different analgesic actions via four different endogenous opioids and three receptor subtypes (A). The central pathways for analgesic action in the brain (B). Em: endomorphine, Dyn: dynorphin, Enk: enkephalin, β-End: β-endorphin, PAG: periaqueductal grey matter, DHN: dorsal horn neuron. (from ref. 13)

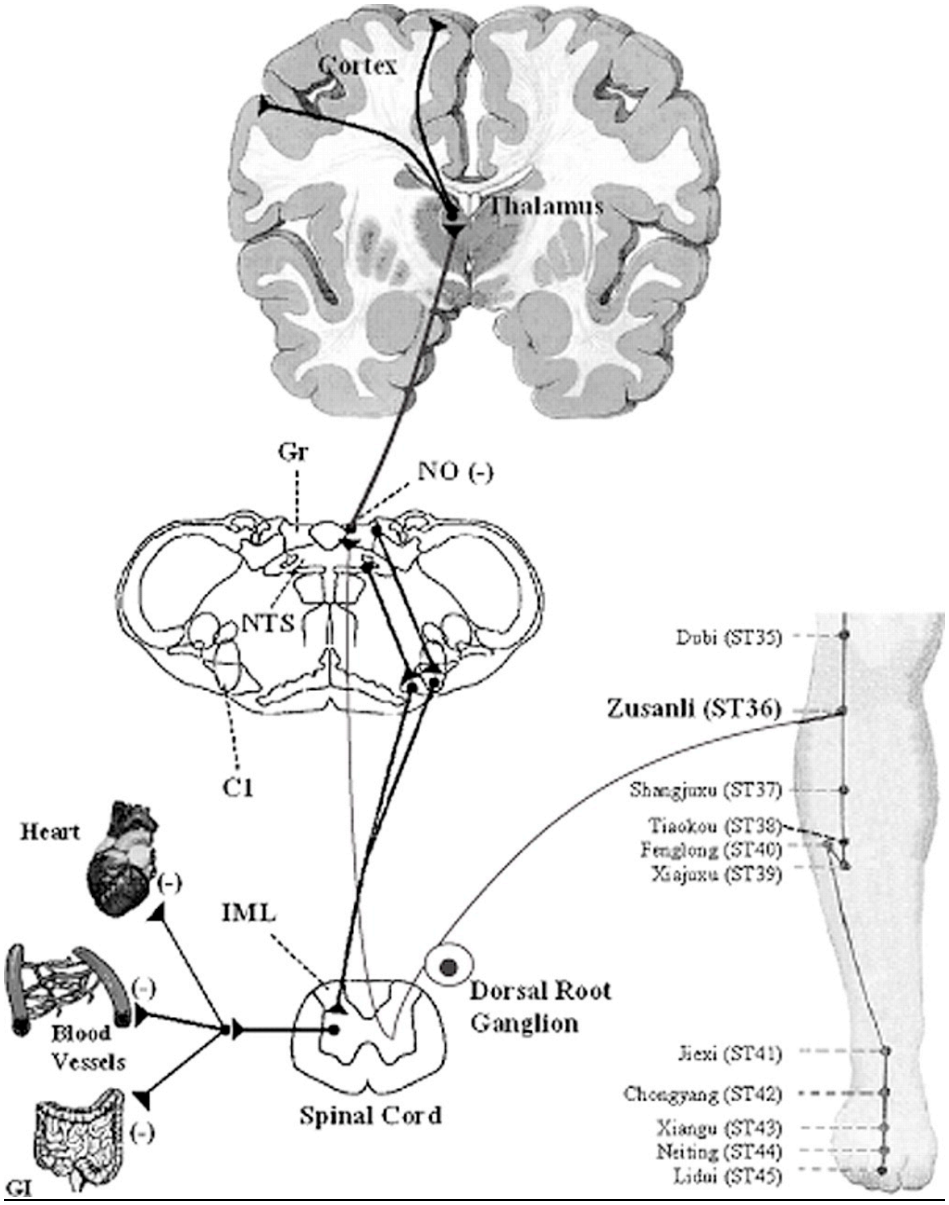


Schematic illustration of two afferent inputs for the activation of the pain inhibition center. Both thin (A-delta and C fibers) and thick (A-beta fibers) afferents induce analgesic effects via different endogenous pain inhibitory systems. EA: electroacupuncture; DNIC: diffuse noxious inhibitory controls; FSIA: foot shock-induced analgesia;
TENS: transcutaneous electrical nerve stimulation (from ref. 13).

B. LE MESENCEPHALE ET LA SUBSTANCE GRISE PERIAQUEDUCALE

Depuis les travaux de Han (19), on sait que les opioïdes endogènes sont une famille de plusieurs peptides, et qu'ils agissent à différents niveaux des voies spino-thalamiques. Un des sites de production est situé dans la substance grise autour de l'aqueduc de Sylvius (PAG, periaqueducal gray), entre le 4ème ventricule et le diencéphale (figure 11). Le faisceau lemniscal issu des cordons postérieurs de la moelle, fait relais dans les noyaux bulbaires gracile et cunéiforme. Après avoir croisé la ligne médiane, il se continue par le ruban de Reil médian qui chemine jusqu'aux noyaux postérieurs du thalamus. Du ruban de Reil partent des collatérales qui vont stimuler la production d'opioïdes endogènes à la hauteur de la PAG. En effet, à des fréquences de 100 Hz, on y enregistre la sécrétion de β-endorphines et d'enképhalines par l'électro-acupuncture (figure 12). Aussi, des anticorps spécifiques de la β-endorphine et de l'enképhaline bloquent l'analgésie entraînée par l'électro-acupuncture. Par ailleurs, il semblerait que le phénomène de tolérance observé lors de séances répétées d'acupuncture soit expliqué par la production concomitante de cholécystokinine (CCK) dans la PAG, comme c'est le cas lors de l'administration répétée de morphinique. L'injection intra-ventriculaire de CCK chez les rats fait disparaître la production d'opioïdes endogènes dans la PAG lorsqu'ils sont stimulés par électro-acupuncture (24). Ce phénomène serait également à la base du phénomène de répondeurs ou de non-répondeurs à l'acupuncture : des rats non-répondeurs qui reçoivent une injection intra-ventriculaire d'anticorps dirigés contre la CCK deviennent répondeurs (25). Selon la fréquence et l'intensité des stimulations, différentes structures issues de l'hypothalamus ou de noyaux thalamiques peuvent également stimuler la production d'opioïdes dans la PAG (figure 12). Comme déjà énoncé précédemment, les effets de l'acupuncture en général et de l'analgésie acupuncturale en particulier ne sont pas limités qu'à l'action des opioïdes endogènes au niveau spinal ou mésencéphalique. Ils passent aussi par la production de peptides différents, sécrétés dans d'autres noyaux du tronc, comme nous allons le voir.

Figure 13. Voies bulbo-thalamiques (NO)



Modified from reference 8.

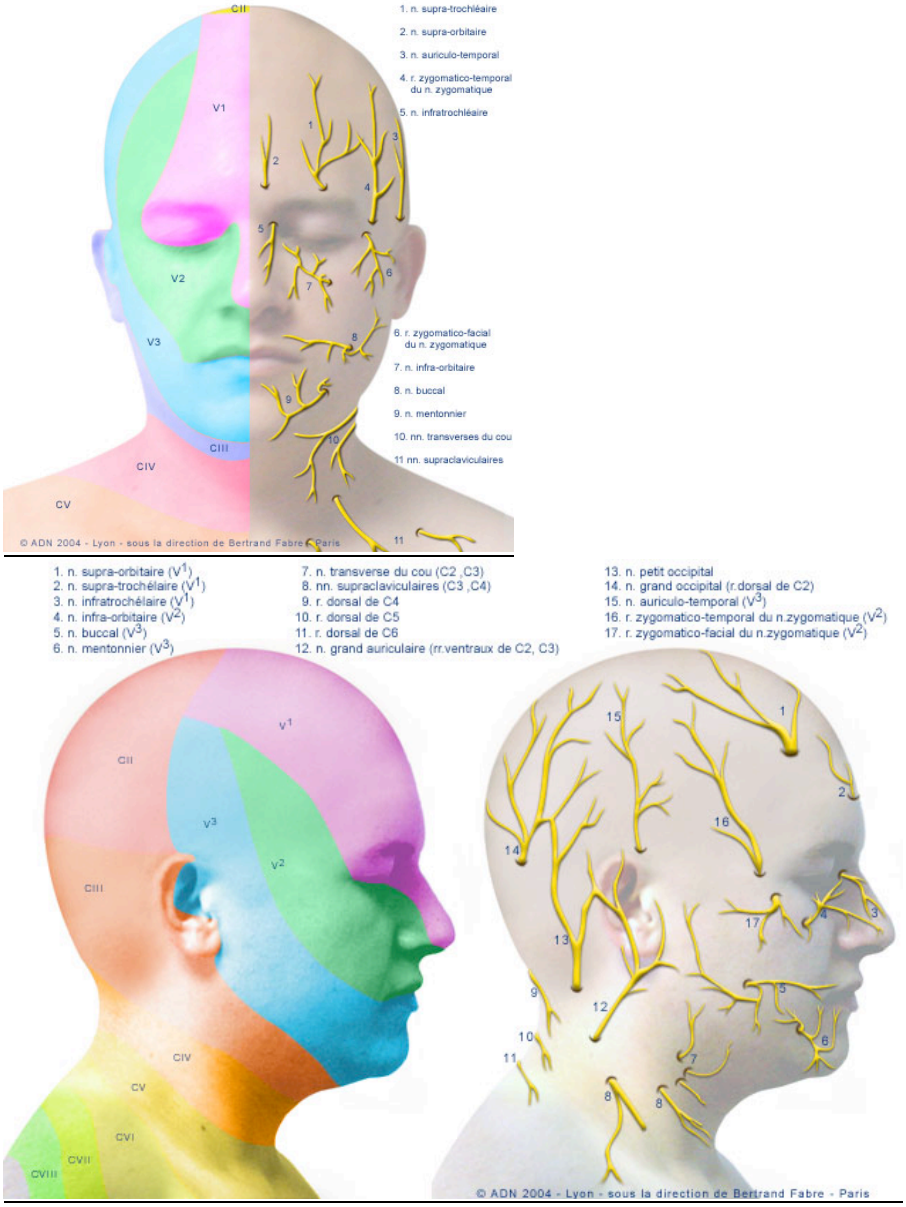
C. LE PONT ET SES NOYAUX DU LOCUS COERULEUS, et RAPHE MAGNUS

Tous les auteurs contemporains s'accordent à reconnaître deux voies de l'analgésie acupuncturale, indépendantes des opioïdes endogènes. Il s'agit des faisceaux inhibiteurs descendants issus d'une part des noyaux du *raphé magnus*, et d'autre part du *locus coeruleus* (figure 11). Les noyaux du *raphé magnus* sont la source majeure des faisceaux sérotoninergiques inhibiteurs qui descendent vers les cornes dorsales de la moelle épinière (couches 2 et 3 de Rexed). Les noyaux du *locus coeruleus* sont à la base de faisceaux noradrénergiques. Ils se font le relais des noyaux bulbaires magnocellulaires ou gigantocellulaires, dépourvus de catécholamines, mais qui initient la stimulation inhibitrice descendante en excitant les noyaux du *locus coeruleus*. Des travaux montrent que les neurones médullaires excités par l'électro-acupuncture envoient aux centres supérieurs de l'information qui active les faisceaux inhibiteurs descendants. Ceux-ci vont inhiber l'expression du gène c-FOS dans les couches 1 et 2 de Rexed (8). Le gène c-FOS est exprimé dans les conditions de douleur chronique ou de douleur d'amputation.

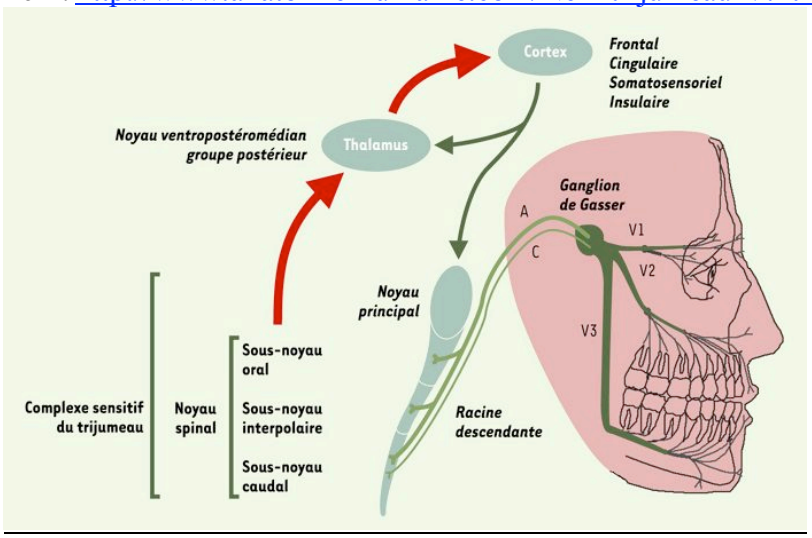
D. LE BULBE ET LES NOYAUX DORSAUX GRACILES

Des études récentes ont démontré que l'électro-acupuncture de points V64 et V65 chez le rat induit la sécrétion de l'enzyme synthétisant l'oxyde nitrique neuronal (n-NOS) dans le noyau gracile bulbaire. Par traceurs isotopiques, on met en évidence un faisceau qui va du noyau gracile au thalamus. L'oxide nitrique (NO) transmet donc une partie des effets de l'acupuncture du bulbe vers le thalamus par un faisceau propre (8). Cette voie est à la base d'effets orthosympathiques généraux qui perdurent après la stimulation. Le noyau gracile a été rapporté comme un noyau intégrateur des sensations somatiques et viscérales, dont il reçoit les afférences distinctes (26). Comme illustré dans la figure 13, la stimulation cutanée du point E36 se projette principalement dans le noyau gracile du bulbe, y induit la production de NO qui active les noyaux du thalamus liés au tonus général orthosympathique (noyau para-ventriculaires et médio-dorsaux). Ceci provoque une inhibition prolongée des réflexes d'augmentation de la tension artérielle et de la fréquence cardiaque en réponse à la douleur, ou à d'autres formes de stress.

Figure 14. Complexe sensitif trigéminal.



from : http://www.anatomie-humaine.com/Nerf-trijumeau-V.html



from http://www.erudit.org/revue/MS/2003/v19/n5/006626ar.html

E. LE COMPLEXE SENSITIF TRIGEMINAL COMME EQUIVALENCE A L'ETAGE SPINAL POUR LA TETE ET LE CRANE

Les points d'acupuncture de la tête (face, crâne et cou) sont situés en majorité dans le territoire cutané du nerf trijumeau, et pour une minorité dans celui des premières racines du plexus cervical (figure 14). L'information acupuncturale suit donc le trajet sensitif de ces nerfs. Après un premier relais dans le ganglion de Gasser, elle arrive dans le complexe sensitif trigéminal, noyau complexe s'étendant du mésencéphale à la moelle cervicale. Ce complexe sensitif trigéminal est composé d'un noyau principal et d'un sous-noyau divisé en oral, intermédiaire et caudal. Ce complexe joue le rôle de la corne dorsale de la moelle épinière dans la discrimination des sensibilités, de leurs interactions mutuelles et des contrôles des centres supérieurs sur l'expression de ces sensibilités (27).

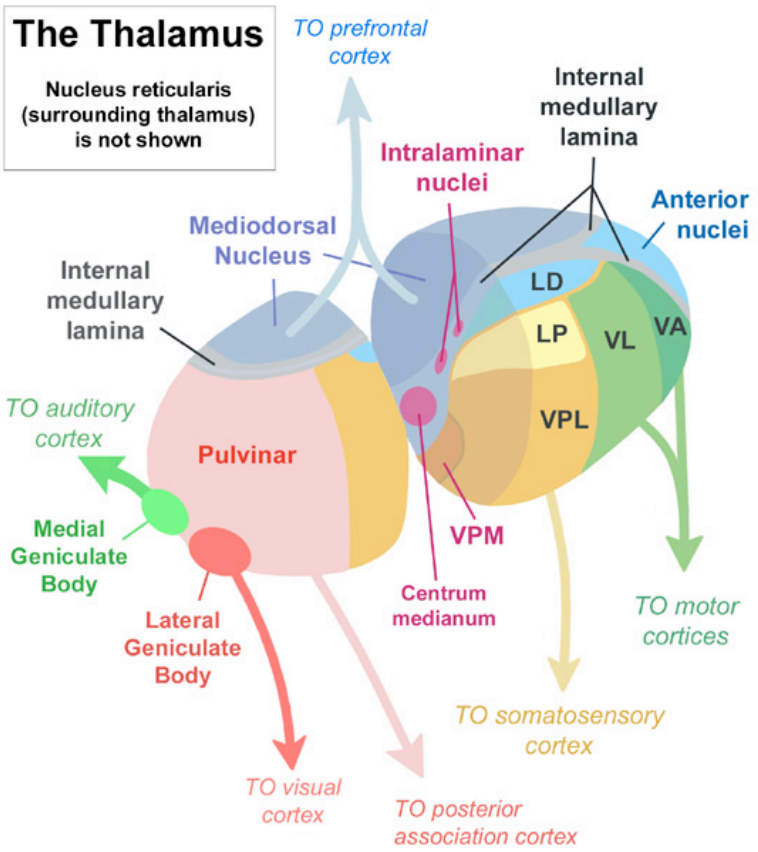
L'information proprioceptive et le tact fin (Aβ) transitent via le noyau sensitif principal et la partie intermédiaire du sous-noyau intermédiaire vers le ruban de Reil médian, qui transporte vers le thalamus ces mêmes informations en provenance des nerfs rachidiens et du reste du corps. Des fibres Aδ qui transportent l'information douloureuse fine et la sensation thermique transitent par des interneurones au centre du sous-noyau caudal et vont rejoindre le faisceau *néo-spino-thalamique* qui transmet l'information similaire issue du reste du corps. Des fibres C transportent l'information nociceptive vers des interneurones en périphérie du sous-noyau caudal. Ceux-ci jouent le rôle des lames 2 et 3 de Rexed dans la corne dorsale de la moelle épinière. Après connexions polysynaptiques, cette information arrive dans les neurones du sous-noyau oral (équivalent aux neurones de la lame 4) et va rejoindre le faisceau *paléo-spino-thalamique*. C'est au niveau du sous-noyau caudal périphérique qu'arrivent les inhibitions des centres supérieurs, et qu'ont lieu des phénomènes de convergence équivalents à ceux du *gate control*. On y retrouve des neurones à récepteurs NMDA (WDR), qui vont moduler le passage de l'information selon le contexte inflammatoire ou la stimulation répétitive, càd tous les phénomènes repris sous le terme de Wind-up. Surtout, c'est après le passage par le complexe sensitif du trijumeau que l'information sensitive de toute la tête est transmise vers les centres thalamiques (discrimination), la substance réticulée (intégration), les noyaux du tractus solitaire et du dorsal du vague (afférences et efférences parasympathiques) et le système limbique (émotions). On comprend aisément pourquoi les points d'acupuncture de la tête ont une si grande importance en médecine traditionnelle chinoise, étant au carrefour de l'information

somato-végétative non seulement de la tête mais aussi du reste du corps (figure 13). En les stimulant, on exerce de plus un effet viscéral uniquement parasympathique, puisqu'ils interagissent avec le tractus solitaire et le dorsal du vague. L'information orthosympathique transite en effet par la chaîne des ganglions orthosympathiques cervicaux issus de T1, qui sera stimulée par d'autres points. On verra dans la deuxième partie de ce travail que si la complémentarité Yin et Yang peut se rapprocher de celle entre l'orthosympathique et le parasympathique, cet effet uniquement parasympathique peut expliquer pourquoi les points de la tête sont tous de type Yang.

6. Diencéphale et cortex

En arrivant à l'étage du diencéphale, l'influx acupunctural transporté par les afférences périphériques aboutit au thalamus. Celui-ci l'intègre et le distribue aux structures diencéphaliques et corticales auxquelles il est relié. Ceci contribue ainsi à étendre le message acupunctural à la sphère cognitive (cortex associatif) et émotionnelle (système limbique). On en comprend donc mieux les effets sur le tonus vasculaire, les réactions végétatives, le métabolisme général, l'humeur, les assuétudes, le stress. Les récents progrès en imagerie fonctionnelle permettent de suivre le trajet de cet influx dans les diverses structures diencéphaliques et corticales de l'être humain. Malheureusement, la complexité des processus déclenchés à ce niveau par la stimulation, les interférences qu'exercent l'expectative d'un traitement ou l'effet placebo sont autant d'obstacles à leur compréhension complète. La détection de facteurs humoraux, hormonaux, protéiques sécrétés chez l'animal, en réponse à la puncture ou la moxibustion, permettent de cartographier indirectement les zones anatomiques impliquées dans certains des effets cités plus haut. Ce travail essaie une fois encore de synthétiser ces différentes approches pour permettre de mieux comprendre le substrat anatomique et physiologique des effets de l'acupuncture.

Figure 15 . Thalamus.



From http://medinfo.ufl.edu/year2/neuro/review/dienc.html

A. THALAMUS ET INTEGRATION DES INFORMATIONS SENSORIELLES ET EMOTIONNELLES

Le thalamus est une structure complexe qui intègre toutes les afférences sensitives et sensorielles (à l'exception de l'odorat) avant de les transmettre au cortex (figure 15). Il a également une influence sur la fonction motrice (via les afférences du cervelet et des ganglions de la base) et sur les fonctions cognitives. Toutes ses fonctions ne sont pas encore bien comprises, malgré son rôle pivot. Seules celles qui sont dévoilées lors de situations pathologiques sont bien documentées.

Ainsi les influx visuels des voies optiques font relais dans le ganglion latéral géniculé avant de partir vers le cortex occipital. Les influx auditifs de chaque oreille, issus du lemnisque latéral, font relais dans le ganglion géniculé médial des deux thalamus, leur information étant transmise bilatéralement. Les afférences somatiques issues du système lemniscal arrivent dans le noyau ventro-postéro-latéral ; celles issues du système extra-lemniscale, dans le noyau ventro-postéro-médian.

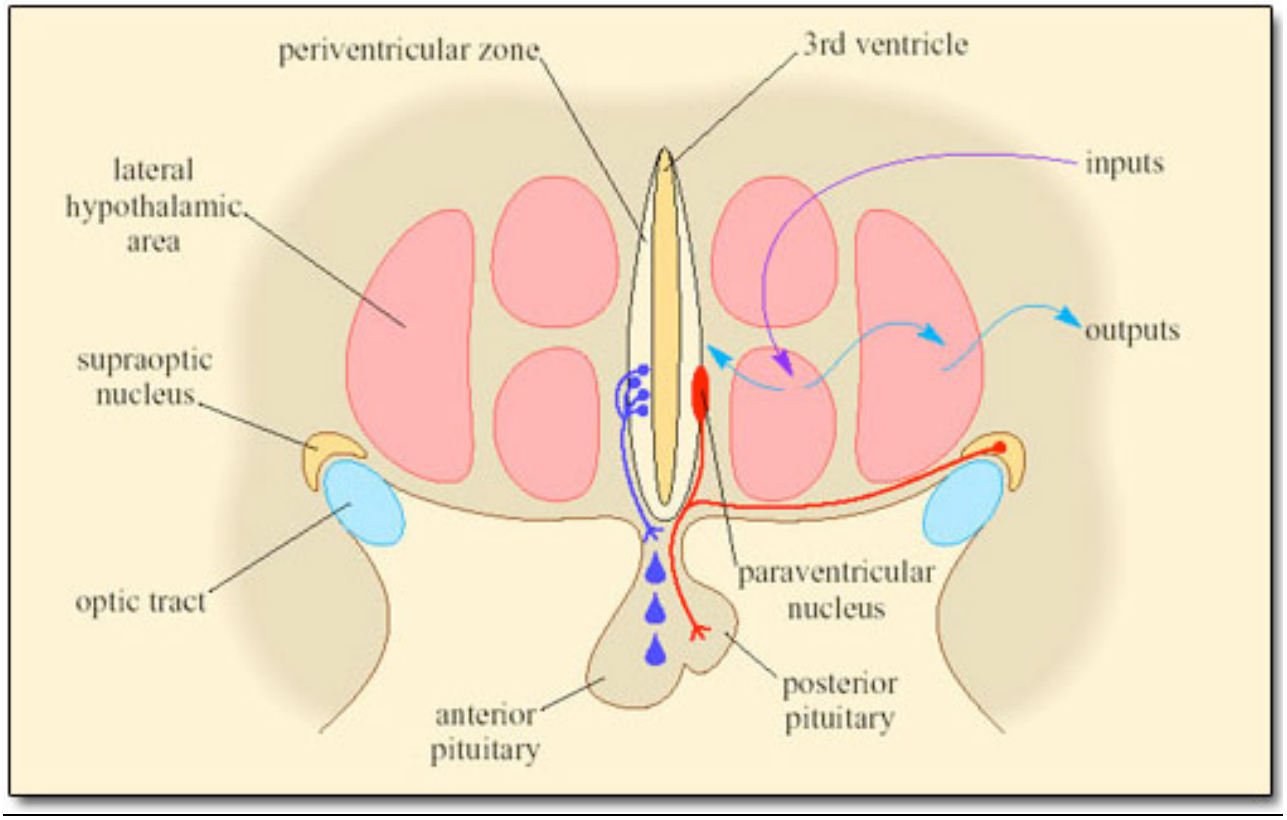
Les afférences du cervelet et des ganglions basaux aboutissent aux noyaux ventro-antérieurs et ventro-latéraux. Leur lésion entrainant respectivement de l'ataxie ou de l'akinésie.

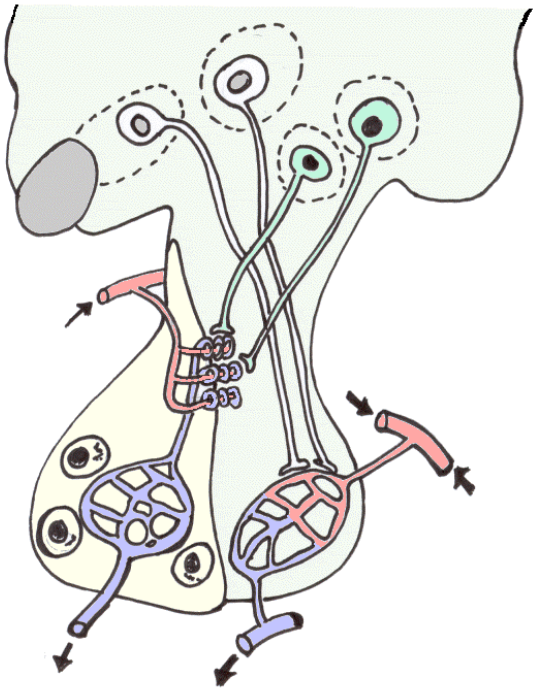
Les noyaux intra-laminaires sont les extensions de la substance réticulée et contribuent à la vigilance. Par leurs relations avec l'amygdale et les corps mamillaires, les noyaux dorso-médiaux et antérieurs participent aux circuits de la mémoire. Les connexions réciproques du thalamus avec le cortex, interviennent dans le langage, l'attention, la vision dans l'espace, entre-autres.

Les effets de l'acupuncture sur le thalamus vont s'exercer par la voie nerveuse – mesurable directement dans les noyaux thalamiques- ou par la voie humorale, glandulaire et sanguine, lorsqu'il transmet l'information à l'hypothalamus.

Ainsi, les travaux de Chang ont-ils montré que la stimulation à basse fréquence de points d'acupuncture généraux (E36) chez le lapin ou le rat entraîne des décharges caractéristiques dans le noyau centro-médian thalamique, qui diminue la transmission des influx nociceptifs dans les noyaux para- et intra-fasciculaires, liés aux voies extralemniscales (28). Une autre étude chez des patients souffrant de douleurs chroniques survenant d'un côté du corps, a mis en évidence une asymétrie de la circulation sanguine au niveau du thalamus. Elle a aussi montré qu'un traitement par acupuncture corrige cette asymétrie (29).

Figure 16. Hypothalamus et axe hypothalamo-hypophysaire.





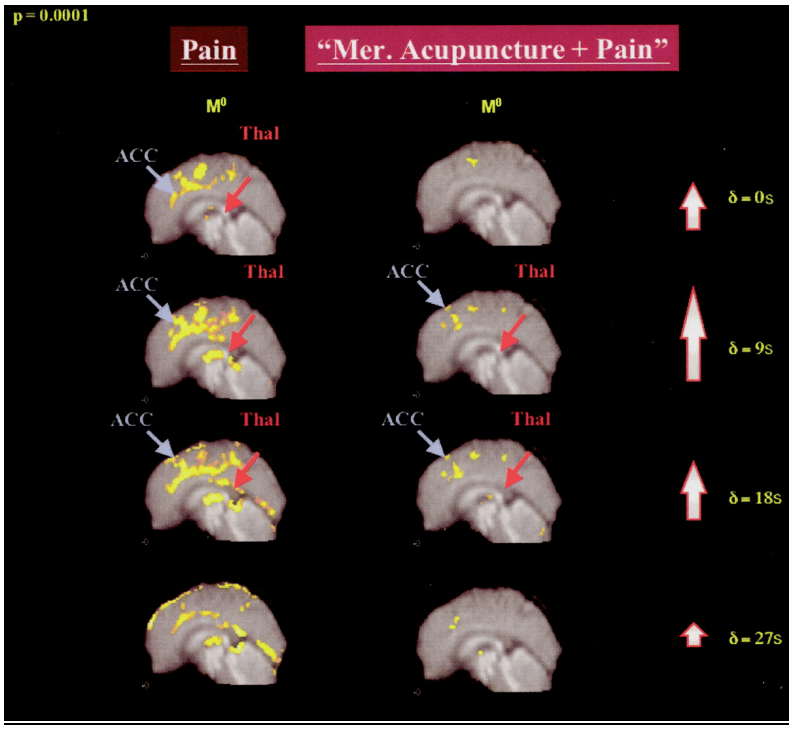
B. HYPOTHALAMUS ET EFFETS NEURO-HUMORAUX

L'hypothalamus est relié à pratiquement toutes les autres zones du cerveau, et reçoit notamment des messages nerveux en provenance des différentes régions de l'organisme (viscères, etc.). Grâce à la relation étroite qu'il possède avec l'ensemble du corps, l'hypothalamus contrôle les fonctions comme la soif, la faim, la régulation de la température interne (par frissons et transpiration), les fonctions respiratoires et cardiaques (rythme cardiaque et constriction des vaisseaux sanguins). Les connexions qui existent entre l'hypothalamus, le cortex cérébral (substance grise du cerveau) et le système limbique (région jouant un rôle dans la régulation et le fonctionnement des différents viscères ainsi que dans celui de la vie émotionnelle) permettent à l'hypotalamus d'influencer les parties du cerveau responsables des changements d'émotions et d'humeur.

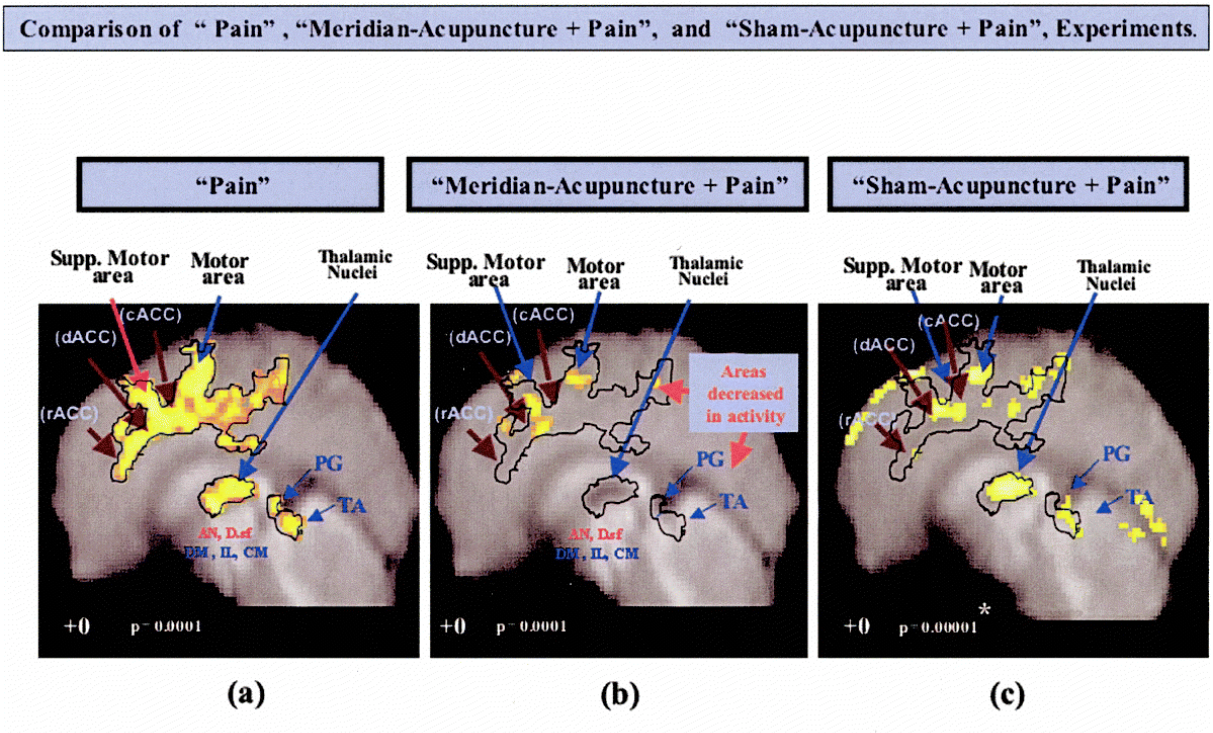
L'hypothalamus sécrète plusieurs hormones susceptibles de donner des ordres à l'hypophyse et en particulier à la partie antérieure de l'hypophyse (l'antéhypophyse), par l'intermédiaire de la tige pituitaire (tige le reliant à l'hypothalamus, par laquelle cheminent les ordres provenant de celui-ci). Il s'agit de: la CRF qui va aboutir à la sécrétion de cortisol par la cortico-surrénale, la GH-RH ou la GH-RIH qui agissent sur la sécrétion ou l'inhibition de l'hormone de croissance, la TRH qui stimule la sécrétion des hormones thyroïdiennes, de dopamine qui contrôle la sécrétion de prolactine et celle des catécholamines (adrénaline, noradrénaline) dont elle est le précurseur, la GNRH ou la LH-RH qui agissent sur la sécrétion des hormones sexuelles. Les hormones sécrétées par l'hypothalamus, à part la dopamine, sont soumises à un phénomène de rétrocontrôle exercé par les hormones hypophysaires correspondantes. Ce rétrocontrôle traduit le passage à l'intérieur du système nerveux de substance provenant des glandes à sécrétion interne. Ce passage se fait par l'intermédiaire d'une circulation sanguine spécifique dont les rameaux ont la caractéristique d'être en relation étroite avec les neurones : le système porte qui relie la glande pituitaire à l'hypothalamus (figure 16).

L'hypothalamus a une grande place dans la vie végétative de l'organisme, c'est-à-dire qu'il agit sur le fonctionnement des viscères en intervenant, entre autres, sur les systèmes respiratoire et cardiaque. Il contrôle également les sensations de faim et de satiété, et par là-même les prises d'aliments. La thermorégulation (ensemble des mécanismes maintenant la température du corps dans les limites normales) est sous la dépendance de l'hypothalamus.

Figure 17. Activation hypothalamo-limbique par l'acupuncture illustée par la résonnance magnétique fonctionnelle.



Side-by-side comparison of two cortical activations (visualized with functional magnetic resonance imaging) seen at the midline sagittal view caused by pain (*left column*) and pain with LI 3 meridian acupuncture (*right column*). ACC = anterior cingulate cortex; δ = response time; M0 = center of midsagittal view slice; Thal = thalamus. From reference 29.

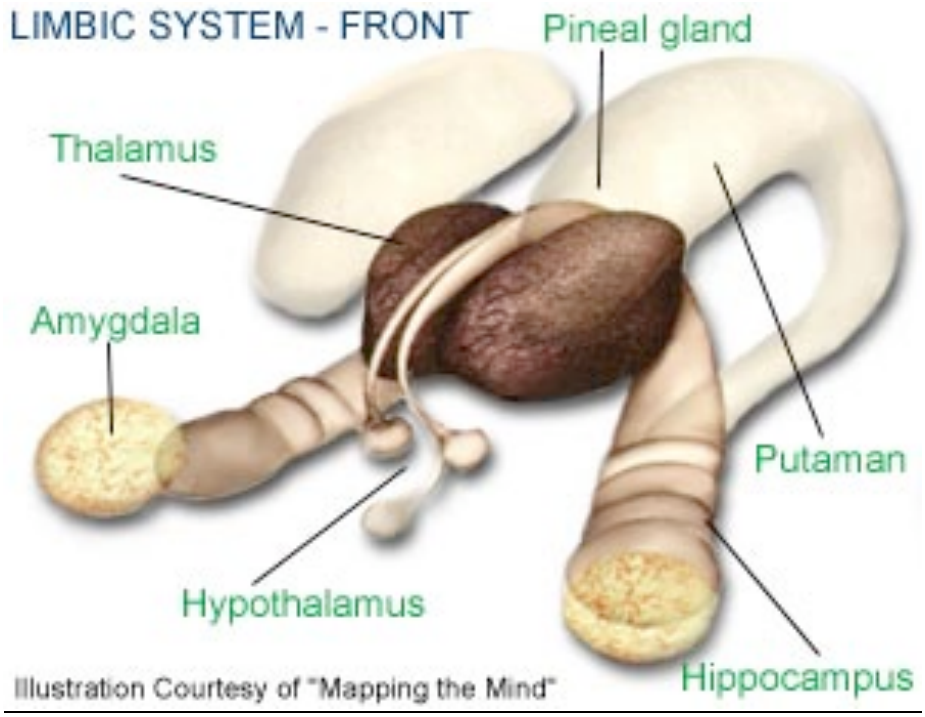


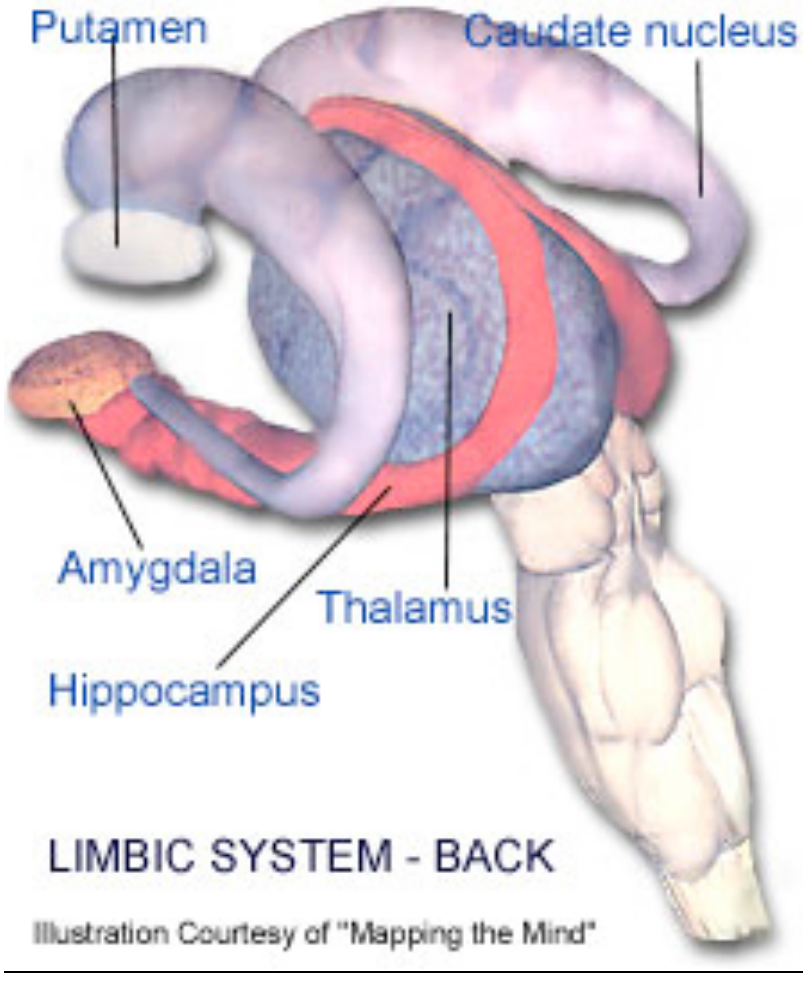
Functional magnetic resonance imaging demonstrating a correlation between activation of specific areas of the brain and corresponding acupoint stimulation predicted by ancient acupuncture literature. A = anterior nucleus; cADD = caudal anterior cingulated cortex; CM = centromedian nucleus; dACC = dorsal anterior cingulate cortex; DM = dosomedial nucleus; DsF = dorsal superficial nucleus; IL = intralaminar nuclei; PG = caudal inferior parietal lobule, area 7a; rACC = rostral anterior cingulate cortex; TA = tectal area. From reference 30

Les effets de l'acupuncture sur l'hypothalamus se traduisent par des modifications rapides et ponctuelles lorsqu'elles sont le résultat d'une action nerveuse, comme le relargage de catécholamines de leurs terminaisons orthosympathiques ou de la médullosurrénale ; et de modifications retardées mais de longue durée, lorsqu'elles sont le résultat d'une sécrétion hormonale. Ceci permet de comprendre pourquoi la stimulation de certains points d'acupuncture produira un effet à long terme. Les effets analgésiques et anti-inflammatoires de l'acupuncture sont ainsi en partie expliqués par la stimulation de l'hypothalamus via la production de β-endorphines et d'ACTH. Les interactions de l'hypothalamus avec le système limbique seront également à la base de l'action analgésique de l'acupuncture via une diminution de l'impact émotionnel de la douleur (30). C'est ce qui est illustré par les des études de radiographie dynamiques comme la résonnance magnétique fonctionnelle (fRMN) et le scanner à émission de positrons (petScan). La figure 17 illustre le mécanisme de désactivation corticale par la stimulation du point d'acupuncture F3, dans des conditions de douleur chez le volontaire sain.

L'axe hypothalamo-hypophysaire intervient donc dans la régulation de beaucoup de fonctions de l'organisme, de l'interaction avec le macrocosme par des notions telles que la chronobiologie, et son dérèglement dans le cadre du stress chronique est de plus en plus reconnu. Nous aborderons dans la deuxième partie de ce travail l'action bénéfique de l'acupuncture sur ces dérèglements.

Figure 18. Système limbique.



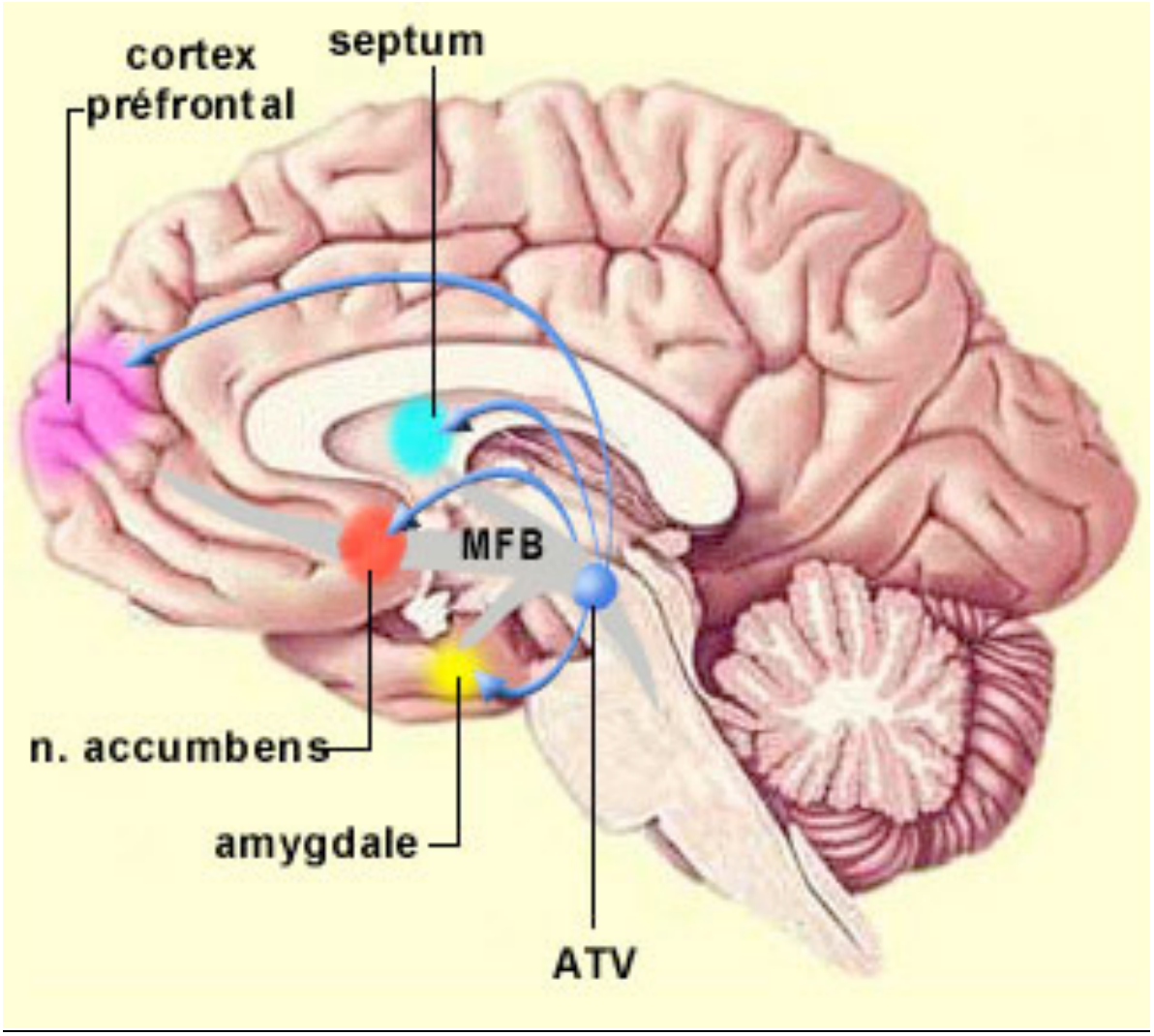


C. LE SYSTEME LIMBIQUE, VOIES DOPAMINERGIQUES ET CIRCUITS DE RENFORCEMENT DU PLAISIR ET DES EMOTIONS

Les structures qui se trouvent en dessous du corps calleux forment le système limbique (figure 18). Cette partie du cerveau est inconsciente. Cependant, elle affecte profondément notre expérience de vie car elle est fortement connectée avec le cortex conscient, qu'elle nourrit constamment d'informations. Le système limbique génère nos émotions de même que les différents comportements adéquats en termes de survie. Ainsi, l'amygdale est l'emplacement où est répercutée la peur, tout comme les autres émotions négatives de tristesse ou de ressentiment. C'est aussi l'emplacement où sont stockés les souvenirs inconscients des traumatismes passés. Le noyau caudé est le lieu d'où émanent les instincts, ces sortes de mémoires génétiques. L'hippocampe est le siège de la mémoire à long terme. Il identifie les informations sensitives qui valent d'être emmagasinées dans la mémoire. La glande pinéale est encore mystérieuse. Elle régule la fonction de toutes les glandes endocrines à travers la mélatonine qu'elle secrète. Elle a souvent été considérée comme le siège du 3ème œil, ou le pont entre réalités physique et spirituelle. Considérée par certains comme responsable de la télépathie mentale, Descartes la considérait comme le siège de la conscience et de l'âme.Le noyau du putamen serait le siège de la mémoire liée aux procédures comme rouler en vélo.

L'acupuncture est utilisée depuis des siècles dans le cadre de désordres mentaux et psychosomatiques variés. Des études ont montré l'efficacité de l'acupuncture et de la moxibustion à induire de la relaxation en régulant l'état émotionnel et en évoquant des sensations plaisantes (13). Chez l'animal, on a isolé les circuits dopaminergiques méso-limbiques et méso-corticaux du système de renforcement et du plaisir (figure 19). Ces circuits prennent naissance dans l'aire tegmentale ventrale (ATV) et se projettent dans le système limbique lié aux émotions (noyau accumbens, amygdale, septum, cortex pré-frontal). La sérotonine, dont les taux baissent en cas de stress psychologique et somatique, influence localement les taux de dopamine et interagit donc avec ces circuits de renforcement. Des expériences chez le rat ont démontré que l'électro-acupuncture aux points V23 et E36 a des effets favorables sur le stress et sur le comportement qu'il induit chez les animaux. La stimulation de ces points permet de limiter la diminution de la concentration en dopamine et en sérotonine dans ces circuits. Une expérience similaire utilisant la moxibustion à hauteur de ces points, auxquels le point VG20 est rajouté, rapporte les

Figure 19. Circuits dopaminergiques de renforcement.



mêmes résultats, quoique après plusieurs séances (31). Le rôle des sensations de renforcement du plaisir par l'acupuncture pourrait également jouer dans le cadre de ses effets analgésiques et de ses autres effets thérapeutiques, mais actuellement très peu d 'études traitent de ce sujet. Outre la diminution de l'affect émotionnel de douleurs chroniques déjà évoquée dans le paragraphe précédent, l'acupuncture peut aider au sevrage de certaines drogues et du tabac. En effet, certaines des zones cérébrales désactivées par l'acupuncture sont stimulées chez les personnes consommant de la cocaïne (32). En outre, l'action de l'acupuncture sur le cerveau limbique explique probablement certains de ses effets sur le stress et les modifications comportementales qui y sont liées (33). Le stress diminue la sécrétion de facteurs neurotrophiques dans de nombreux endroits du cerveau dont l'hippocampe. L'absence de ces facteurs entraîne un taux de mort cellulaire plus important et l'atrophie de l'hippocampe. Ce phénomène est diminué lors de l'électro-acupuncture du point E36 chez le rat stressé expérimentalement. La stimulation de points tels que C7 ou E36 diminue également les comportements anxieux de rats devenus adultes après avoir été séparés de leur mère, en agissant de la même manière au niveau de l'amygdale. L'action de l'acupuncture sur la sécrétion hormonale, le système immunitaire, le système cardio-vasculaire et gastro-intestinal s'explique aussi partiellement par son action sur les rapports entre cortex limbique et hypothalamus. Les taux de cortisol et d'ACTH chutent lors de la stimulation des points E36 et RP6 chez des rats déprimés par un stress chronique. La stimulation des mêmes points associés à VC17, VG20 et MC6 entraîne également la diminution de catécholamines circulantes, associée à une baisse de la tension artérielle et du rythme cardiaque. Le rééquilibrage des fonctions de l'organisme s'effectuerait par l'intermédiaire de la balance entre les systèmes nerveux para- et orthosympathiques, sur laquelle nous reviendrons dans la 2ème partie de ce travail.

D. CORTEX SPECIALISE ET POINTS SPECIFIQUES D'ACUPUNCTURE

En 1998, une étude montre que la stimulation de V67, connu pour traiter des problèmes oculaires, augmentait l'activité dans l'aire visuelle du cortex cérébral. A mentionner que la stimulation d'autres points d'acupuncture comme TR5 ne produit pas les mêmes effets et que l'expérimentation fut reproduite par d'autres équipes. Le même auteur reproduit son expérience et stimule le cortex auditif avec des points d'acupuncture réputés pour leurs effets sur l'audition, ou active des zones de cortex de la parole par des points connus pour intervenir dans le langage comme IG8 ou VG15. Une autre étude parvient également à montrer l'activation par MC6 de zones du cervelet impliquées dans l'apparition de nausées (9).

Cependant, cette démarche a malheureusement ses limites. Pour démontrer qu'un point est spécifique d'une action et de l'activation d'une zone corticale particulière, il faut qu'un autre point d'acupuncture proche n'active pas cette zone et que l'expérience soit reproductible. A ce niveau du système nerveux, beaucoup de zones corticales sont impliquées dans toute stimulation. De plus, l'expectation, le placebo et la stimulation acupuncturale stimulent toutes les mêmes zones, mais à des degrés divers. Il est donc malaisé d'isoler avec certitude un lien évident entre un point et une zone de cortex spécifiquement liée, et de faire fi du contexte. Seuls des logiciels de mapping statistique parviennent à débroussailler le terrain mais chacun à sa manière, ce qui contribue à donner des résultats parfois discordants, ou à tout le moins difficiles à comparer.

7. Conclusions

A l'issue de cette première partie, nous avons suivi la progression de l'influx acupunctural de la périphérie au plus profond du système nerveux central.
L'implication de chaque relais dans cette progression repose sur des expérimentations animales ou humaines. On connaît ainsi les récepteurs stimulés par l'acupuncture et la moxibustion, les afférences qu'elles utilisent pour atteindre la moelle épinière. On comprend une partie des effets de l'acupuncture, expliqués à la lumière de réflexes issus de la métamérisation et qui illustrent les interactions entre systèmes afférents et efférents somato-viscéraux. On perçoit l'impact de l'acupuncture dans la plasticité neuronale à travers son action sur les voies d'amplification de la douleur, sur la sécrétion d'opioïdes endogènes et sur les voies de sa modulation.
On s'explique le lien entre stimulation périphérique et effets viscéraux et vasculaires par cette action spinale au sein du métamère, et par l'action plus générale via la substance réticulée du tronc cérébral et l'axe hypothalamo-hypophysaire. On peut établir le lien anatomique entre des points situés à la tête ou dans le pavillon de l'oreille et certains effets à distance de l'acupuncture, grâce au complexe sensitif trigéminal. On parvient enfin à appréhender objectivement les effets de l'acupuncture sur les émotions ou la dépression.
Ayant ainsi solidement établies les bases scientifiques des effets de l'acupuncture, nous allons aborder dans la deuxième partie de ce travail de grandes notions de la médecine traditionnelle chinoise à la lumière des acquis scientifiques contemporains.

III. Grands concepts de l'acupuncture redécouverts à la lumière de la recherche occidentale

1. Points d'acupuncture et méridiens.

Depuis que l'acupuncture fut introduite en Occident, la question de l'existence physique des méridiens continue de hanter les acupuncteurs. À ce jour, il n'existe aucune preuve de la présence de canaux énergétiques distincts.

Même si des auteurs rapportèrent de telles découvertes, aucun de leurs travaux ne fut reproductible. Citons ainsi de manière anecdotique les travaux de Damas. Celui-ci avait mis en évidence une diffusion du technetium radioactif injecté à hauteur de points d'acupuncture le long du trajet présumé de leurs méridiens (42). On peut encore citer la théorie des corpuscules de Bonghan. Dans les années'60, ce Coréen a décrit des corpuscules contenant des cristaux métalliques, situés aux points d'acupuncture et reliés entre eux par des structures filiformes intravasculaires. Ces structures forment un réseau en profondeur et en superficie de tout l'organisme. Ce réseau accompagne les vaisseaux sanguins et transporte un liquide différent du sang ou de la lymphe et riche en ADN (35). Il faut cependant préciser qu'aucune autre équipe n'est parvenue à reproduire et donc à confirmer cette théorie. Néanmoins, d'autres auteurs ont mis en évidence des corpuscules métalliques aux points d'acupuncture, essentiellement des cristaux de magnétite. Ces cristaux se retrouvent chez les bactéries et permettraient aux organismes vivants de s'orienter dans l'espace et dans le temps (36).

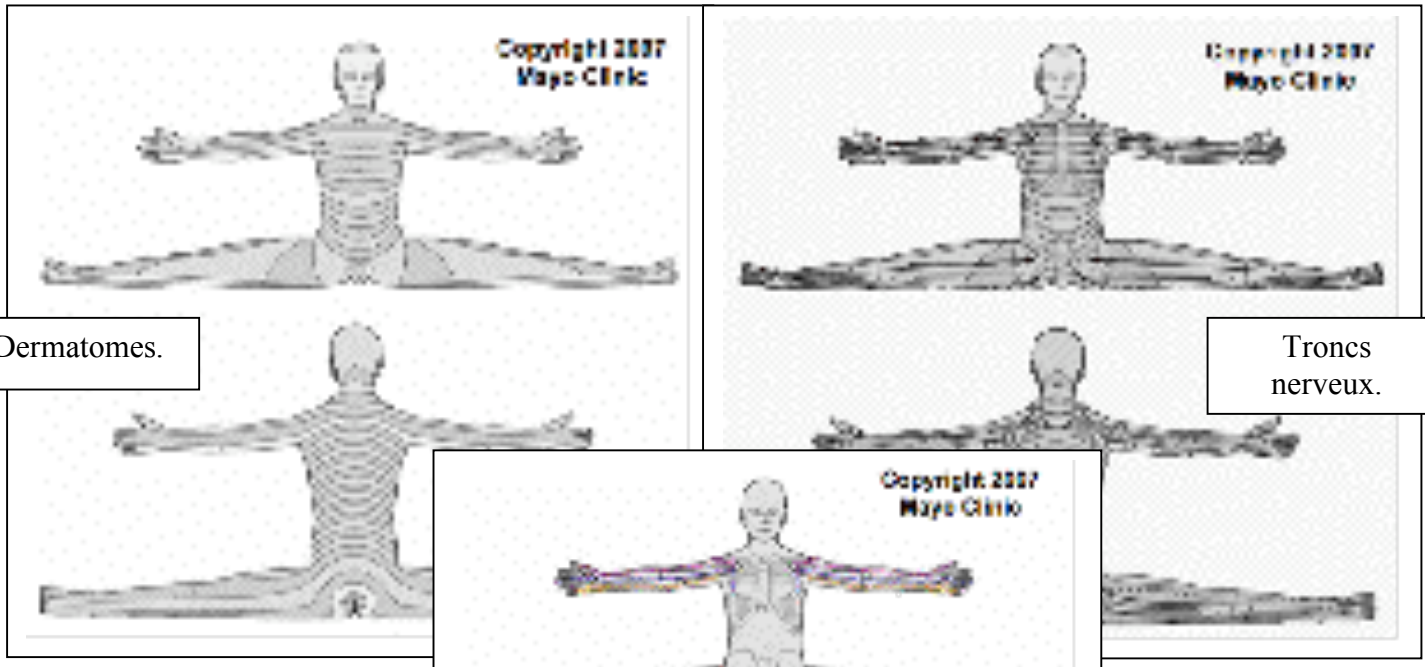
S'il existe, le réseau des méridiens est probablement de nature fonctionnelle. On sait maintenant que le point d'acupuncture se trouve toujours dans le voisinage d'un nerf, d'un élément vasculaire ou d'un paquet vasculo-nerveux. La puncture et la moxibustion peuvent stimuler toutes les afférences présentes dans le tissu cutané et sous-cutané ou ligamentaire et ostéo-tendineux. Des études morphologiques et électrophysiologiques plus poussées ont contribué à préciser ces données. Ainsi, dès les années'50, on met en évidence la plus grande conductivité électrique à hauteur des points d'acupuncture. Cette augmentation de conductivité est à mettre en parallèle avec des modifications de la trame conjonctive en regard du point, et elle est largement influencée par la sécrétion électrolytique des glandes sudoripares, elles-mêmes sous l'influence du système nerveux végétatif. À partir de ces observations,

trois théories se dégagent dans la littérature sur l'origine et la signification des points d'acupuncture et des méridiens qu'ils constituent. Il s'agit d'une part de la théorie nerveuse. Elle considère le point d'acupuncture comme un complexe neuro-musculaire, ou neuro-sensoriel qui agit à distance via le système nerveux central somatique et végétatif, l 'axe hypothalamo-hypophysaire et les neuro-hormones qui en découlent. Le concept de méridien est à mettre en parallèle avec celui de métamère. Cette théorie est la plus communément acceptée dans nos pays et a été explicitée dans la première partie de ce travail.

Il s'agit d'autre part de la théorie du point d'acupuncture considéré comme un connecteur électrique entre le milieu intérieur (le corps) et le milieu extérieur (l'environnement électro-magnétique). Cette théorie existe depuis les années'60 et est surtout rapportée par des auteurs de l'ex-bloc de l'Est et des auteurs japonais.
La mise en évidence que les protéines de l'organisme possèdent des propriétés semi-conductices et qu'elles peuvent donc constituer un réseau de communication électronique à grande vitesse, pourrait faire considérer les méridiens comme de véritables circuits électroniques. C'est la théorie électromagnétique.

Et il s'agit enfin de la théorie mécanique, décrite par Langevin (34), qui considère les points d'acupuncture comme des transducteurs mécaniques agissant via les fibres du tissu conjonctif. Les méridiens seraient des moyens primitifs de communication biologiques. Le tissu conjonctif y servirait de trait d'union entre la stimulation de l'enveloppe externe et la plus infime structure cellulaire : c'est la théorie de la tenségrité.

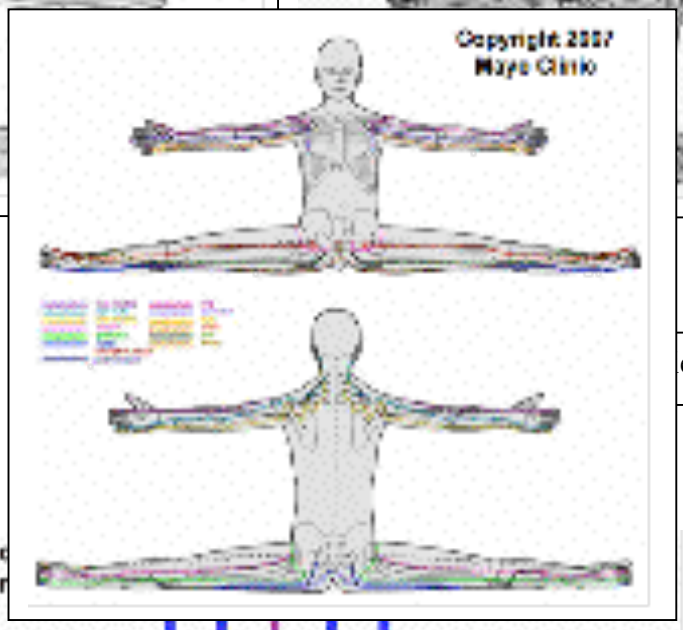
Figure 20. Théorie nerveuse de l'existence fonctionnelle des méridiens.

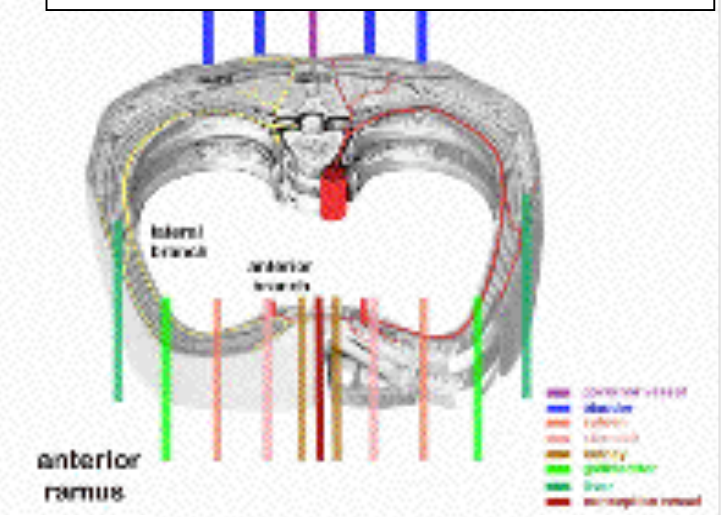


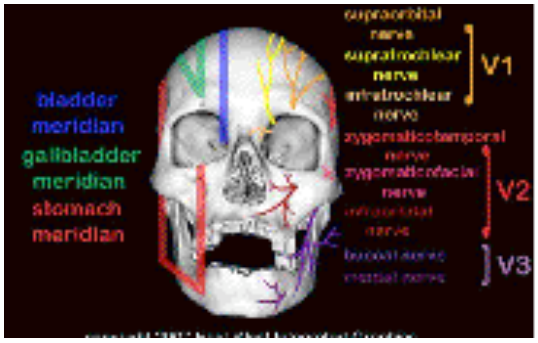
Dermatomes.

Troncs nerveux.

ens.











A. THEORIE NERVEUSE: POINTS GÂCHETTE , HYPERSENSIBILISATION PRIMAIRE

On a vu dans la première partie de ce travail que les récepteurs polymodaux sont de bons candidats comme effecteurs primaires des points d'acupuncture. Ils ont un seuil d'excitation à différentes sources de stimulation qui est bas, d'autant plus bas qu'ils sont soumis à un environnement inflammatoire. Ils sont responsables à leur tour de la sécrétion de facteurs comme la *substance P, le VIP, la CGRP*. Ces facteurs entretiennent la réaction inflammatoire en agissant sur des récepteurs intravasculaires.

Les points gâchettes sont décrits dans les syndromes de douleurs myofasciales. Ils se caractérisent par leur sensibilité exquise à la pression, par la douleur « en boudin », évoquée lors du palper-rouler, et par l'induction de phénomènes de douleurs référées spécifiques, qui reproduisent les douleurs ressenties par le patient lors de ses crises (37). On retrouve une certaine concordance entre la distribution de ces points et celles des points d'acupuncture (38). On peut donc raisonnablement incriminer l'hypersensibilisation primaire liée aux récepteurs polymodaux comme mécanisme commun aux points gâchettes et aux points d'acupuncture.

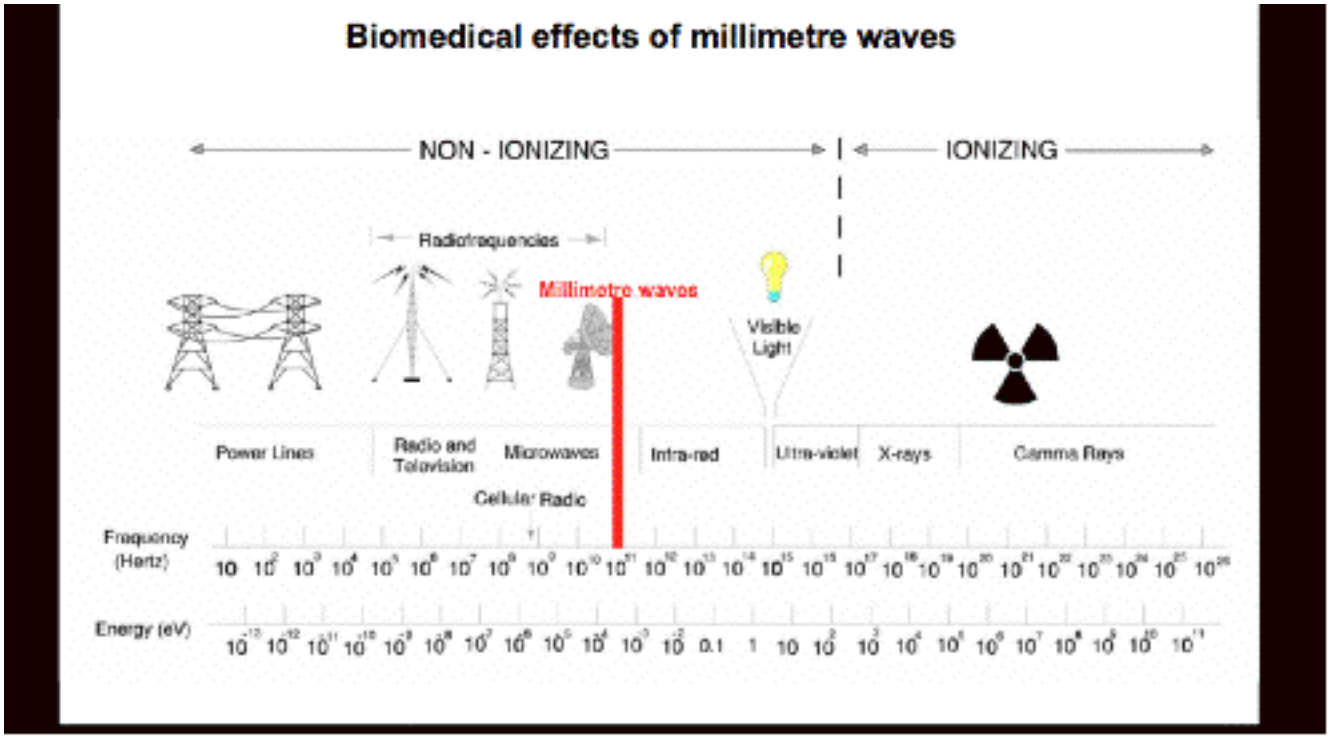
On verra dans le détail les mécanismes physiopathologiques qui expliquent le développement des points gâchette et des douleurs référées qu'ils induisent lors d'un autre cours. On les mettra en parallèle avec les points d'acupuncture qui deviennent sensibles lors des pathologies, ainsi qu'avec les douleurs de méridiens.

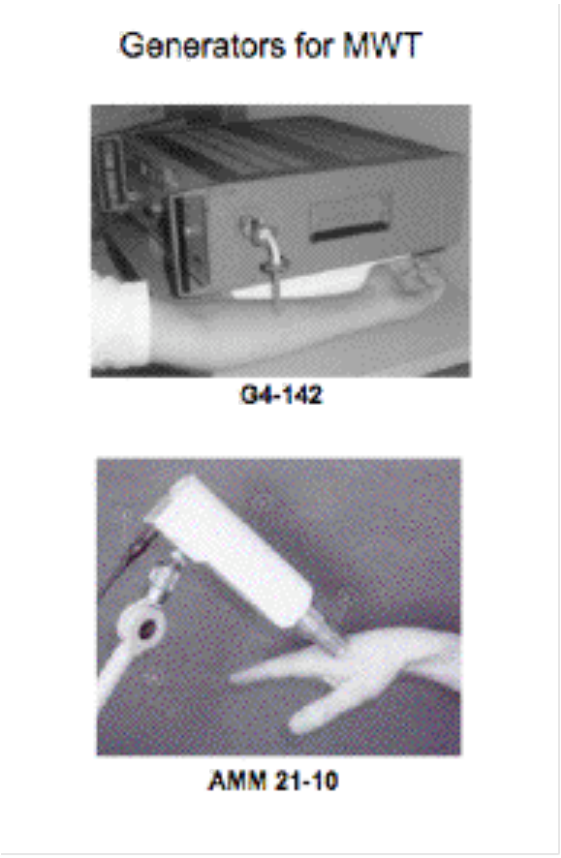
Selon certains auteurs, le trajet des méridiens serait superposable à celui des grands troncs nerveux, ou des vaisseaux sanguins qui ont tous une innervation le long et autour de leur paroi (16). Ainsi, au niveau des extrémités, on retrouve une superposition des principaux méridiens sur le trajet des nerfs périphériques, qui suivent le trajet des dermatomes (figure 20). De plus, les gros troncs nerveux sont accompagnés par des artères. Leurs parois sont parcourues de nerfs appartenant au système nerveux végétatif. On comprend alors qu'en intervenant sur ces troncs nerveux, on peut agir non seulement sur l'aspect somatique, mais aussi sur le sang et sur les viscères. On retrouve ainsi la dualité entre le *xue* et le *qi,,* c'est-à-dire entre l'aspect yin (le sang) et yang (l'énergie) de ce que transportent les méridiens.

Au niveau du tronc, ce sont les éléments vasculo-nerveux spinaux qui assurent la base anatomique des méridiens (figure 20).

Au niveau de la tête, ce sont les branches du nerf trijumeau et des 2ème et 3ème branches du plexus cervical qui en assurent la base (figure 20).

Figure 21. Théorie de l'existence fonctionnelle des méridiens électro-magnétique..





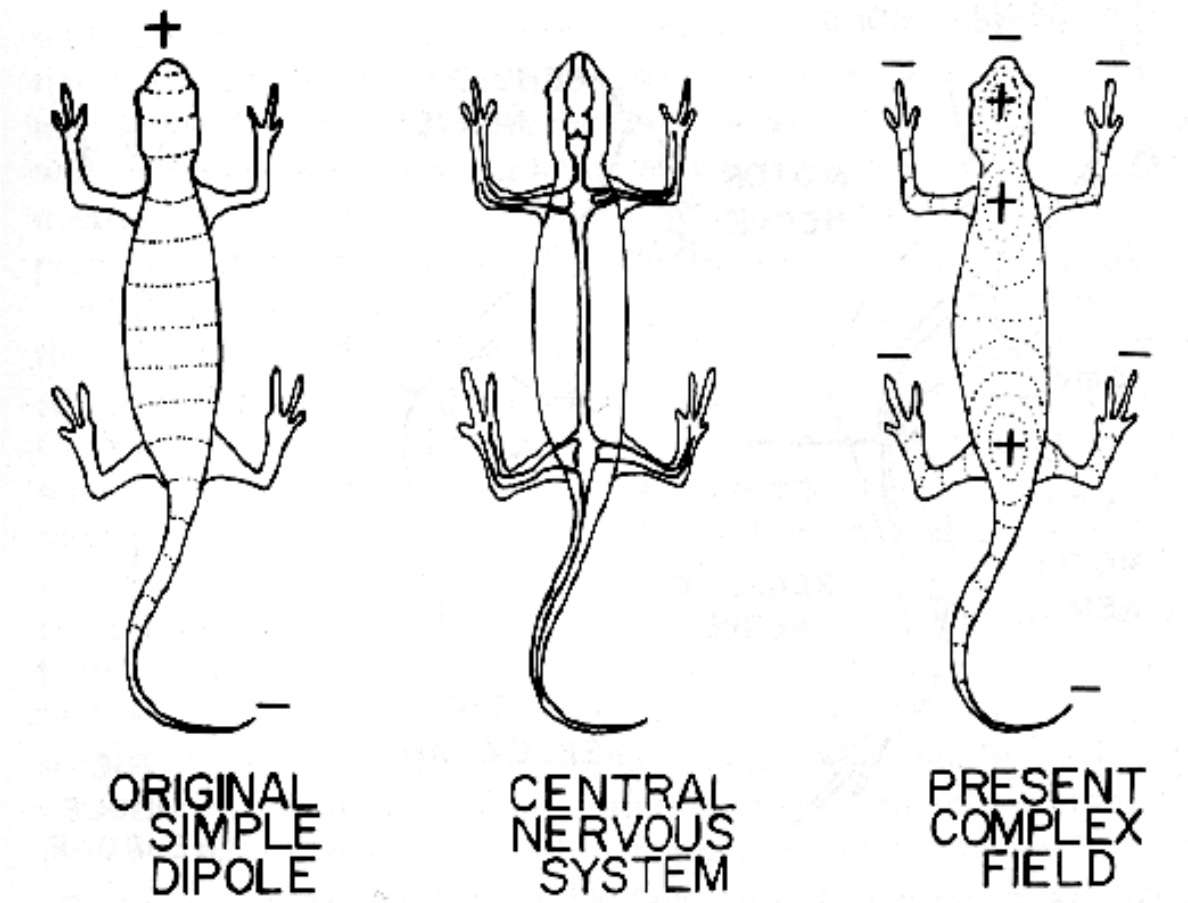
B. THEORIE ELECTRO-MAGNETIQUE: POINTS D'ACUPUNCTURE COMME DISJONCTEURS ELECTROMAGNETIQUES

La découverte des propriétés électriques particulières du point d'acupuncture, dès le milieu des années'50, est à la base de théories sur l'interaction électromagnétique entre le corps et son environnement. Ces théories, peu connues dans le monde occidental, ont été la source de travaux de recherche surtout dans les pays de l'ex-Bloc de l'Est et au Japon. Néanmoins, elles restent la conviction de chercheurs actuels quant au mécanisme d'action de l'acupuncture, comme en témoigne le fait qu'elles font l'objet de communications lors de récents congrès internationaux d'acupuncture (40).

Niboyet fut un des premiers à rapporter la plus grande conductance électrique de l'enveloppe cutanée à hauteur du point d'acupuncture (chute de la résistance électrique cutanée de l'ordre de 10 à 1 selon qu'on s'éloigne du point d'acupuncture, réf 3). Ce phénomène est lié à des processus biologiques. Sa persistance quelques heures après le décès des patients examinés est liée à l'hydratation et à la persistance d'un film sébacé à la surface de la peau. Ce film disparu, on n'enregistre plus de différence de conductivité électrique, comme sur la peau d'un patient vivant lorsqu'on y applique un produit décapant. Ce film cutané est sous la dépendance de la sécrétion des glandes sudoripares et sébacées, elles-mêmes contrôlées par le système neurovégétatif. En se basant sur ces données, des études électrophysiologiques, difficiles à expliciter dans ce travail, mais décrites en référence 21, ont amené à considérer l'existence d'un réseau électrique de surface, à son tour en connexion avec une série de conducteurs transcutanés (les points d'acupuncture), et donc lié à la résistance interne de l'organisme. Ce réseau électrique de surface a les propriétés d'une antenne qui peut participer à la réception et à l'émission de signaux électromagnétiques. Selon qu'une des parties internes de l'organisme est malade, elle va entraîner des modifications du système en cascade qui vont diriger vers l'extérieur les différences de potentiel qui résultent des processus pathologiques, dans les zones de connexion avec ce tissu malade. Ces phénomènes de régulation ne sont plus observables en cas de dénervation, ce qui confirme l'existence d'un contrôle nerveux et humoral.

On a isolé le rôle des ondes millimétriques dans ces phénomènes d'interactions électriques. Ainsi, les oscillations de polarité à la surface des membranes cellulaires en sont une des sources. Le transport de l'énergie issue des réactions métaboliques le

Figure 22. Théorie électro-magnétique de l'existence fonctionnelle des méridiens.



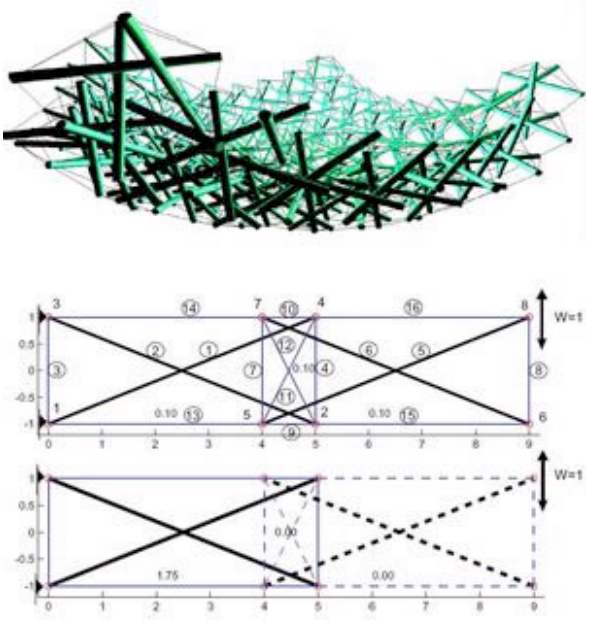
From : D. Bigeon. Méridiens,1990 –N° 91, pp 77-100

long de certaines protéines en sont une autre (40).

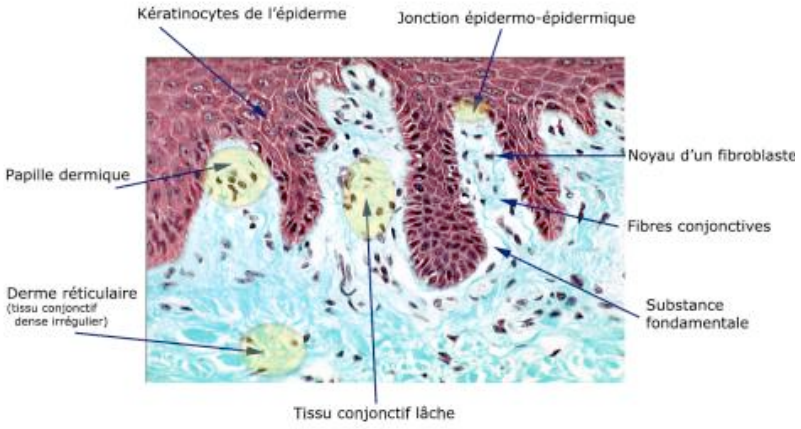
Le milieu extérieur peut à son tour agir sur les points d'acupuncture par l'émission d'ondes électromagnétiques. L'action curative des ondes millimétriques est connue en URSS depuis plus de trente ans. Elle a fait l'objet de plusieurs études, revues récemment (41). Ces ondes, générées par des instruments utilisés en clinique, ont une fréquence de l'ordre de 30 à 70 GHz et une puissance de 10 mW cm^{-2}. Elles correspondent à des longueurs d'onde de 1 à 10 mm. Elles pénètrent le derme sans amener de lésions ni d'échauffement car elles sont non-ionisantes (figure 21). Elles ont été utilisées dans le cadre de douleurs aiguës ou chroniques, post-opératoires ou cancéreuses, dans le cadre de céphalées ou de douleurs arthrosiques. Appliquées à hauteur de points d'acupuncture, elles entraînent un soulagement de degré et de cinétique similaires à ceux observés lors de séances d'acupuncture.

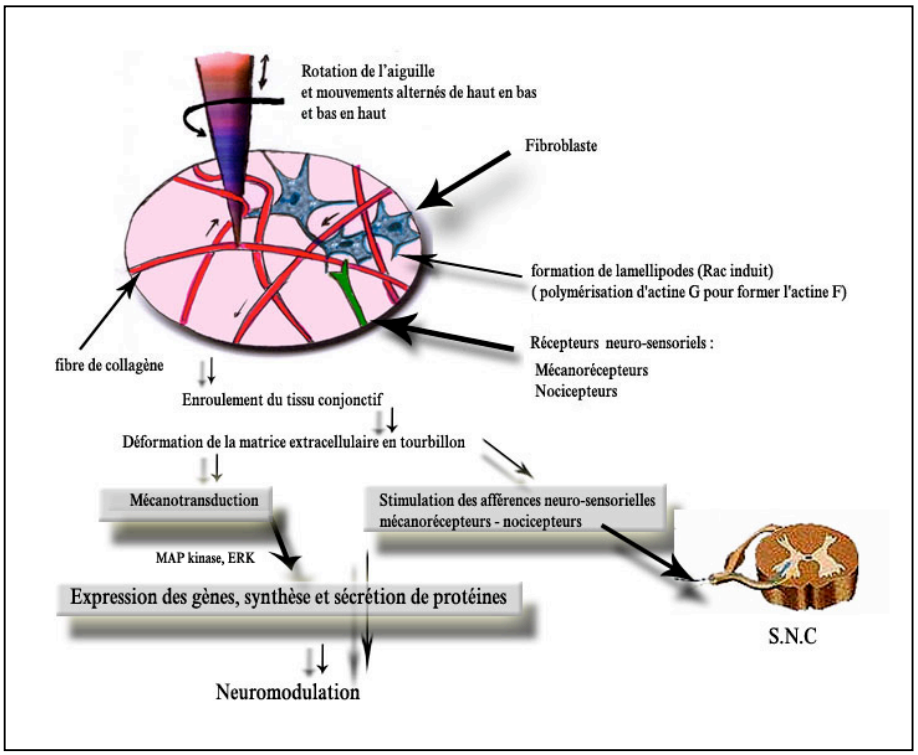
Des études électro-physiologiques ont enregistré l'augmentation de conductance des points situés sur un méridien donné, lorsqu'on stimule le point d'origine de ce méridien (27). Les expériences de Becker contribuèrent à considérer les méridiens comme des conducteurs électriques de surface. Ces expériences mettent en évidence un courant continu longitudinal le long de l'axe corporel de la salamandre. Ce courant négatif situé sur la partie médiane antérieure correspond au trajet du merveilleux vaisseau *Ren Mo*. De la même manière, l'auteur enregistre un courant positif sur la ligne médiane postérieure qui correspond au merveilleux vaisseau *Dou Mo* (figure 22). Les méridiens seraient alors la carcasse énergétique qui confère une stabilité à l'organisme, semblable à la structure d'un cristal gigantesque.
Pour certains, le tissu conjonctif serait la base d'un système de communication non seulement mécanique mais aussi électronique (45). Les protéines qui le constituent ont des propriétés semi-conductrices. Ces propriétés permettraient au tissu conjonctif de constituer un réseau de communication électronique à grande vitesse reliant les différentes structures de l'organisme entre elles. L'acupuncture pourrait alors influencer le fonctionnement de ces circuits.

Figure 23. Théorie de l'existence fonctionnelle des méridiens : tenségrité.



Top: Tensegrity structures are deformed by actuators that pull cables. Bottom: In a paper in the International Journal of Solids and Structures, UCSD researchers describe the initial (upper) versus the optimal (lower) distribution of the prestress in a tensegrity structure. The dotted lines represent tensegrity elements that are not prestressed.





C. THEORIE DE LA TENSEGRITE

Aujourd'hui on considère la cellule comme une entité constituée d'une membrane active entourant un squelette constitué d'un réseau de microfilaments et de microtubules. Ce cytosquelette est connecté au tissu conjonctif extracellulaire par l'intermédiaire de protéines transmembranaires. Il se prolonge également jusqu'aux chromosomes du noyau cellulaire (43). Le tissu conjonctif établit donc un continuum entre la peau et les structures biologiques les plus infimes, en s'étirant jusqu'à l'ADN des cellules. La théorie de la tenségrité consiste à concevoir que la plus petite modification de la structure du tissu conjonctif entraînera des modifications dans toute la structure, visant à restaurer l'équilibre (figure 23). L'application biologique de cette théorie fut démontrée par l'équipe de Ingber, à l'université de Harvard (44). Etalées en nombre restreint sur une surface, les cellules ont de la place et s'aplatissent, leur cytosquelette étiré active alors le programme génétique de la division cellulaire. En revanche, dans un espace restreint, les cellules s'arrondissent et leur cytosquelette contracté déclenche le programme de mort cellulaire. Cette matrice vivante extra- et intracellulaire constitue donc un système de communication primitif, remontant aux organismes mono- ou paucicellulaires. Elle est antérieure aux systèmes nerveux, vasculaire et hormonal et il n'est donc pas étonnant qu'elle soit prépondérante.

L'équipe de Langevin a étudié l'application de cette théorie à l'acupuncture (34). Leurs travaux établirent un lien bio-mécanique entre la stimulation liée à la manipulation de l'aiguille et ses effets locaux et distants (figure 23). Ils démontrèrent l'enroulement du tissu conjonctif autour de l'aiguille, la mécano-transduction que cela entraîne par des effets sur les fibroblastes, qui engendrent à leur tour une modification du milieu intra- et extracellulaire avec tout son cortège de neuromodulation. Ceci amena les auteurs à considérer les méridiens comme une représentation du réseau formé par le tissu conjonctif interstitiel. Ils enregistrèrent ainsi un couplage biomécanique significativement plus marqué aux points d'acupuncture situés sur le trajet des méridiens. Ils démontrèrent par échographie que les points d'acupuncture se trouvent sur des plans de clivage du tissu conjonctif, contrairement à des non-points. La sensation de « *de qi* » entraînée par la stimulation de points d'acupuncture serait pour eux liée à la stimulation de récepteurs nerveux par la vague de contraction du tissu conjonctif, provoquée par la polymérisation de l'actine des fibroblastes.

2. Le qi

Depuis des années, la République Populaire de Chine consacre des budgets de recherches colossaux pour trouver une base physiologique au *qi* (46). Selon la médecine traditionnelle chinoise, l'ensemble de la matière provient de la condensation d'une composante fondamentale : le *qi*. Le *qi* fait partie de ces concepts difficilement traduisibles en occident. Le plus communément appelé énergie, il représente toutes les formes d'énergies physiques de la science occidentale, auxquelles il faut rajouter l'énergie psychique, dans sa capacité à mettre le corps en mouvement. Ce concept imprécis, né à une époque dépourvue de moyens d'analyse, a le mérite d'aborder la personne en évitant de séparer le corps de l'esprit. Le *qi* est alors le continuum entre corps et esprit, se traduisant tantôt de manière physique, tantôt de manière psychique.

L'équation célèbre de Einstein « $E=m\,c^2$ (l'énergie est équivalente à la masse de matière multipliée par la vitesse de la lumière au carré) fournit une base de réflexion sur la nature du *qi* (47). Elle nous apprend que chaque particule de matière est de l'énergie condensée, que matière et énergie sont interchangeables. Qu'il soit énergie ou matière, le *qi* contient une information. C'est ce qui permettra de comprendre comment la stimulation périphérique par la puncture ou le moxa peut rétablir l'équilibre du système nerveux, activer les aires cérébrales responsables des émotions positives et stimuler nos défenses immunitaires. On comprend à l'inverse qu'une parole réconfortante, le sens attribué à un événement produisent des effets physiologiques qui traduisent la manifestation du *qi*.

Le *qi* n'est sans doute pas une forme d'énergie dont l'existence n'a pas encore été démontrée. Il est probablement un principe regroupant pensées, émotions, actions, influx nerveux, circulation sanguine, communications entre les cellules, réactions chimiques entre les molécules. Comme on l'a vu précédemment, les circuits d 'échanges électroniques à grande vitesse que constituent les méridiens pourraient rendre le *qi* assimilable à la cascade des échanges électroniques qui s'opèrent dans la matière vivante. Lorsqu'il est perturbé ou bloqué, l'information se transmet mal et est responsable de l'affaiblissement du corps, d'un inconfort physique ou d'un stress psychologique.

3. Un nouveau modèle qui réconcilie théorie nerveuse , mécanique et électronique : le système de contrôle de croissance (référence 58).

Certains auteurs soulèvent les limites de la théorie nerveuse communément acceptée dans l'Occident :

➔ La distribution des points d'acupuncture est différente de la distribution des nerfs, des vaisseaux sanguins, lymphatiques ou du tissu conjonctif. Le pavillon de l'oreille est un bon exemple. Il ne possède pas de vaisseaux sanguins ou de nerfs important en termes de physiologie. Son rôle ne dépasse pas l'audition dans la physiologie occidentale. Pourtant, l'OMS lui reconnaît 43 points d'intérêt thérapeutique démontré scientifiquement. Il contient environs 10% de la totalité des points d'acupuncture à sa surface.

➔ La stimulation ponctuelle des points d'acupuncture entraîne des effets qui durent des semaines voire des mois : bien plus longtemps que ne durent les médiateurs du SNC, de la réaction inflammatoire ou du système imunitaire. De plus, les stimulations du SNP ou SNC autres que l'acupuncture requièrent de longues périodes avant d'enregistrer des effets thérapeutiques. Pensons aux inhibiteurs du *reuptake* de la sérotonine, aux opiacés, aux stimulations électriques du plexus sacré ou du nerf vague.

➔ Quelle est la signification ontologique des points d'acupuncture ? Quels bénéfices l'espèce humaine en retire t'elle qui justifient l'existence de points provoquant des effets systémiques aussi variés ? Le fait que la stimulation d'E36 et de MC6 augmente la motilité gastrique du chien n'amène apparemment pas de bénéfices en termes de fuite ou de défense pour sa survie.

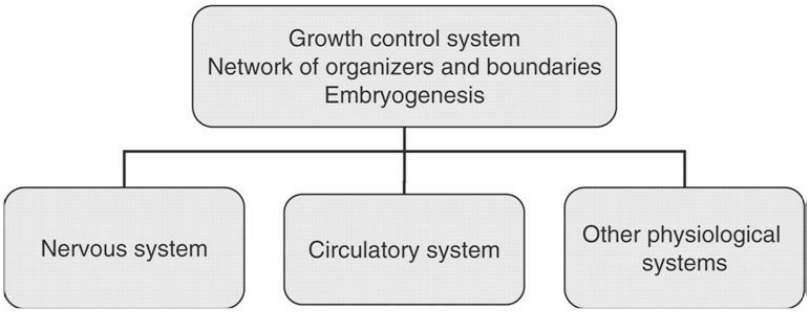
Ces auteurs proposent alors un nouveau modèle qui tient non seulement compte de ces incohérences mais qui permet aussi d'inclure les explications de la théorie mécanique de Langevin, ainsi que ceux de la théorie électro-magnétique des Russes et des Japonais.

A. LE MODELE DU CONTROLE DE CROISSANCE

Lors de l'embryogénèse, le développement de noyaux organisateurs précède celui des autres systèmes physiologiques. Ces noyaux organisateurs sont constitués d'un amas de cellules caractérisées par de nombreuses *gap junctions*, qui favorisent les échanges électrolytiques et sont responsables d'une grande densité de courants biologiques (figure 24). Entre les noyaux organisateurs, des champs électromagnétiques forment des lignes le long desquelles s'organisent des gradients de molécules messagères appelées morphogènes. Ces champs bioélectriques et les gradients qu'ils définissent sont autant de guides pour le développement

Figure 24. Le modèle de contrôle de croissance .

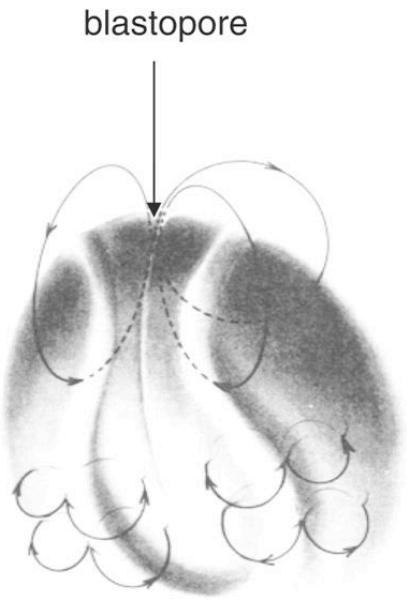
Le rôle du modèle de contrôle de croissance



Shang, C. eCAM 2009 6:31-39; doi:10.1093/ecam/nem122

Copyright restrictions may apply.

Courants électriques traversant l'embryon: Shi and Borgens, Dev Dynamics 1996;202:102



Shang, C. eCAM 2009 6:31-39; doi:10.1093/ecam/nem122

Copyright restrictions may apply.

de cellules de plus en plus spécialisées qui élaborent petit à petit les différents systèmes physiologiques.

Les noyaux organisateurs sont des points de singularité : ils délimitent la transition abrupte d'un état à un autre. Ils sont donc très instable aussi, toute stimulation, quelle que soit sa spécificité et son intensité, est susceptible de produire des effets systémiques importants. Au fil de la genèse embryonnaire, ils se voient ainsi localisés à la limite de différentes zones anatomiques et fonctionnelles de l'organisme : à la surface de groupes musculaires, à la jonction neuromusculaire ou musculo-tendineuse, coïncidant aussi avec les plans de clivage conjonctifs. De plus, les gradients de morphogènes et les lignes du champ électromagnétique le long desquels les structures s'organisent définissent des zones de liaison caractérisées par des cellules riches en *gap junctions*, à fortes conductance électrique et densité bioélectrique. Ces liaisons vont-elles aussi se retrouver à la limite entre des zones anatomo-fonctionnelles. Après la naissance, les organismes multicellulaires maintiennent leur structure et les fonctions qui y sont rattachées en dépit du constant renouvellement de leurs constituants. Sans le système de contrôle de croissance, ce *turnover* continuel est propice à la désintégration de structure et au développement de tumeurs en tous genres. Les noyaux organisateurs et leurs morphogènes maintiennent ainsi leur rôle après la croissance. De tels morphogènes actifs après la naissance ont été identifiés : il s'agit entre-autres de l'acide rétinoïque, des différents facteurs de croissance médullaires, de la protéine Hedgehog, facteur de croissance osseux.

Le système de contrôle de la croissance étant préalable à tous les systèmes physiologiques de l'organisme, il les chevauche et les intègre. La régulation des processus circulatoires, immunitaires ou neurologiques et des désordres qui leur sont associés se fait à travers des mécanismes de contrôle de croissance comme l'hypertrophie, l'hyperplasie, l'atrophie ou l'apoptose. Ces mécanismes présentent des morphogènes communs et différents systèmes de transduction impliquant des gènes contrôlant la croissance comme les proto-oncogènes.

B. PARALLELE AVEC LES POINTS D'ACUPUNCTURE

Les noyaux organisateurs et les points d'acupuncture ont des caractéristiques communes. Ils présentent tous des cellules riches en *gap junctions*, avec une grande conductance électrique et des propriétés bioélectriques spécifiques. Ils se distribuent tous aux points de clivage anatomo-fonctionnels et sont activés par des stimuli variés. Ils sont associés à des champs électro-magnétiques biologiques.

La stimulation des points d'acupuncture a des effets significatifs sur le contrôle de croissance. Elle induit des effets sur les facteurs de croissance de l'endothélium et des fibroblastes en cas d'ischémie cérébrale, la production de facteurs neurotrophiques et l'expression de c-FOS entre-autres proto-oncogènes. Elle module l'apoptose des entérocytes dans les modèles de maladies inflammatoires du tube digestif en régulant l'expression de protéines impliquées dans les mécanismes de régulation de la division cellulaire. Des études cliniques rapportent enfin le bénéfice de l'acupuncture dans des désordres liés à la croissance, comme l'oligospermie ou les lésions de la moelle épinière.

C. PARALLELE AVEC LES MERIDIENS

Les liaisons qui se forment entre les noyaux organisateurs et qui persistent après la naissance le long des zones de clivage anatomo-fonctionnelles partagent également des caractéristiques communes avec les méridiens (densité élevée en gap junctions, bonne conductance électrique). Elles sont toutes de probables itinéraires privilégiés des courants et des champs bioélectriques. Ainsi, méridiens et liaisons entre noyaux organisateurs forment-ils un réseau cellulaire indifférencié qui régule la croissance et la physiologie.

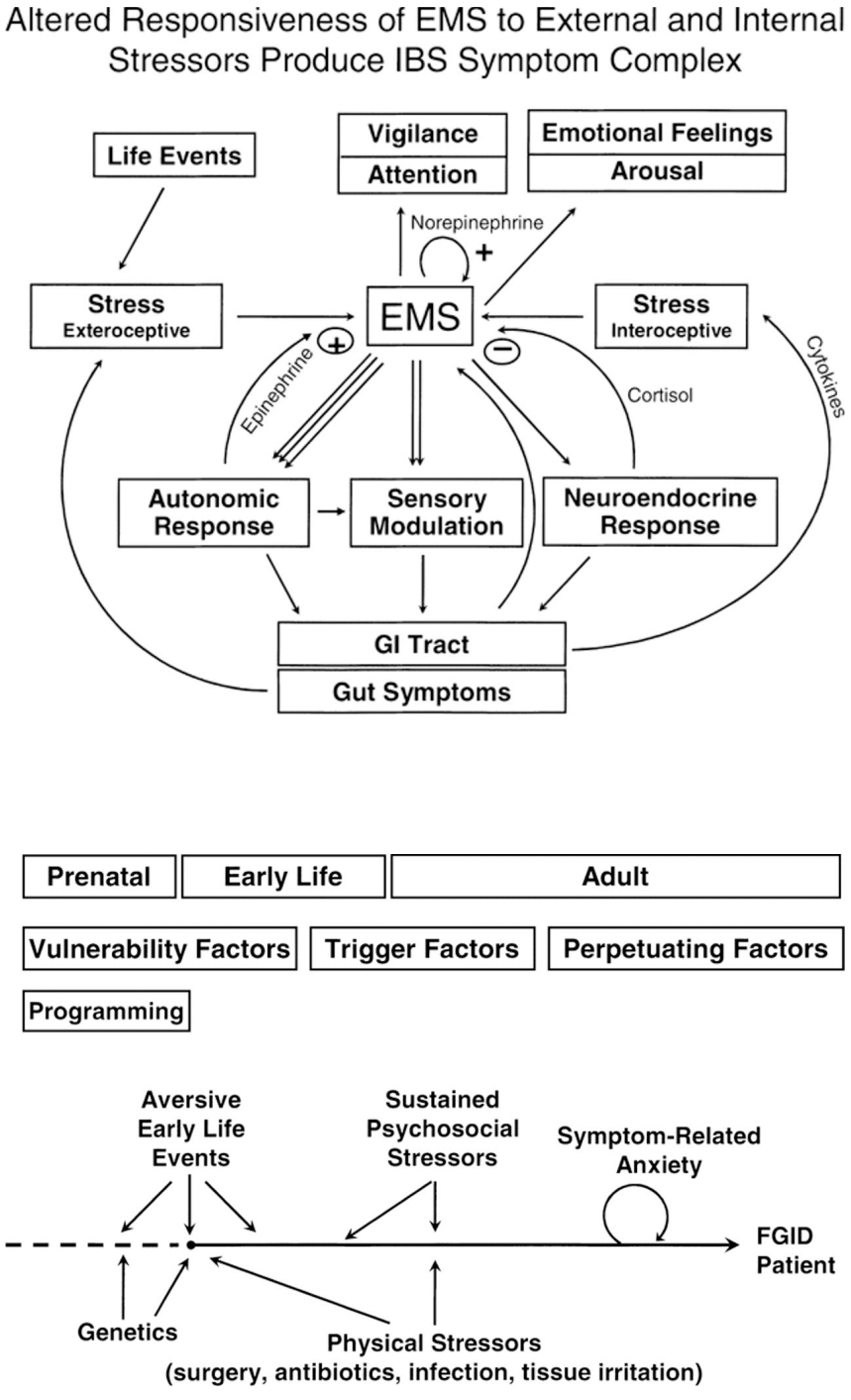
4. Le Yin et le Yang et le système para- et orthosympathique

On a vu dans la première partie de ce travail comment une partie des effets de l'acupuncture s'expliquait par son action sur le système limbique et l'hypothalamus. L'acupuncture influence les systèmes cardio-respiratoire et gastro-intestinal ou même l'immunité en influençant la sécrétion hormonale de l'axe hypothalamo-hypophysaire et en rééquilibrant les systèmes para- et orthosympathiques. Le parasympathique stimule l'organisme à entrer dans une attitude de ralentissement de ses fonctions pour économiser et restaurer ses réserves, alors que l'orthosympathique entraîne l'éveil et la mobilisation des ressources en vue de l'évitement ou du processus de résolution du stimulus déclencheur. C'est ce qui entraîne très logiquement la prédominance du parasympathique la nuit et de l'orthosympathique la journée. Néanmoins, le rééquilibrage permanent entre ces deux aspects du système nerveux végétatif permet le fonctionnement optimal de tous les viscères, et la réponse adéquate de l'organisme aux variations des informations reçues du milieu extérieur.

Ceci n'est pas sans évoquer la dualité entre le *yin* et le *yang*. L'aspect yang de l'énergie est tournée vers l'action, l'extérieur, la mobilisation, l'aspect yin est plus passif, tourné vers l'intérieur et la mise au ralenti. L'énergie circule préférentiellement à l'extérieur (yang) de l'organisme le jour et à l'intérieur (yin) la nuit. Des insuffisances de yin se dévoileront ainsi souvent la nuit (excès relatif de yang qui provoque les sueurs nocturnes dans les vides de yin du rein ou du cœur). La médecine traditionnelle chinoise vise à rééquilibrer constamment la balance entre *yin* et *yang* pour maintenir la bonne santé tant physique que psychologique.

Cette action de la puncture ou du moxa sur l'équilibre délicat du parasympathique (yin) et de l'orthosympathique (yang) explique pourquoi la stimulation d'un même point peut entraîner deux effets opposés, selon la situation préexistante d'un patient. Ainsi, la stimulation de V20 et V21 augmenteront la motilité chez le patient souffrant de retard d'évacuation gastrique, mais calmeront la motilité excessive à l'inverse (48). Nous allons voir deux applications découlant de l'exploitation de ce parallèle entre la dualité para- et orthosympathique et la dualité yin et yang. La première permet de mieux comprendre des *syndromes somatiques fonctionnels*, mal définis par la médecine occidentale. La deuxième application permet de mieux comprendre les interactions entre système nerveux et système immunitaire, pour éventuellement les moduler par l'acupuncture: c'est la *psychoneuroimmunologie*.

Figure 25. Les syndromes somatiques fonctionnels..



From reference 53.

A. SYNDROMES SOMATIQUES FONCTIONNELS

Les syndromes somatiques fonctionnels comprennent des affections comme la fibromyalgie, la spasmophilie, la fatigue chronique ou certaines maladies intestinales comme le colon irritable. Ces syndromes apparemment disparates ont néanmoins des caractéristiques communes. Tous se caractérisent par l'absence de marqueurs biologiques et de signes anatomiques qui permettent de les diagnostiquer ou de suivre leur évolution. Tous impliquent l'atteinte de plusieurs systèmes, même si la plainte initiale du patient est isolée et que les autres symptômes se révèlent à l'anamnèse ou à l'examen clinique. Tous présentent enfin la caractéristique d'avoir une expression clinique majorée par des éléments stressants physiques ou psychologiques (49).

De nouvelles modélisations voient le jour et tentent de fournir les bases scientifiques pour mieux comprendre ces syndromes fonctionnels. L'*allostase* ou la *réponse émotionnelle motrice* se réfèrent ainsi aux processus par lesquels l'organisme maintient l'équilibre en réponse aux modifications de son environnement interne ou externe (50). La modulation de la sécrétion hormonale via l'axe hypothalamo-hypophysaire et surrénalien, l'adaptation des tonus ortho- et parasympathique et la variation des seuils de sensibilité des voies afférentes sont autant de ces processus (figure 25). Face à un stress aigu ou limité dans le temps, ils sont de nature adaptative. Lorsque les éléments stressants perdurent ou en cas de problème chronique, ils deviennent pathologiques. La réponse à un stress chronique provoque ainsi l'emballement du système. La prédominance du tonus orthosympathique aide au départ l'organisme à mobiliser toute son énergie en amenant la médullosurrénale à sécréter l'adrénaline. Par contre, des taux chroniquement élevés d'adrénaline augmentent la tension artérielle, les turbulences du flux sanguin qu'ils provoquent endommagent l'endothélium de vaisseaux vasoconstrictés. Le métabolisme général est entraîné à synthétiser le cholestérol massivement, qui s'infiltre dans les lésions de l'endothélium, débouchant sur les lésions de l'athérosclérose et tout son cortège de manifestations cardiovasculaires. Le cortisol, sécrété sous l'influence de l'axe hypothalamo-hypophysaire, entraîne initialement une série de modifications métaboliques destinées à fournir l'énergie pour affronter les éléments stressants. En plus d'autres effets, il exerce aussi une action anti-inflammatoire bénéfique, car il évite l'emballement de la réponse immunitaire, et notamment la production de radicaux libres dont l'accumulation est délétère pour l'organisme. Cependant, des taux chroniquement élevés de cortisol provoquent l'atrophie des organes lymphoïdes comme la rate, le thymus ou les ganglions. Le système immunitaire est désorganisé et la susceptibilité aux infections

augmente. Parfois, l'emballement de l'axe hypothalamo-hypophysaire entraîne son épuisement et les taux de cortisol chutent brutalement. Les phénomènes inflammatoires s'intensifient, les radicaux libres agressent les tissus, le système immunitaire réagit pour un rien et en vient même à se tourner contre l'organisme lui-même. Le stress chronique apparaît ainsi comme une des causes ou comme l'amplificateur des maladies auto-immunes.

Bien sûr, tout le monde ne réagit pas de manière identique par rapport au stress, de quelque nature qu'il soit. L'esprit ou les afférences végétatives et somatiques vont servir de feed-back et limiter la réponse, illustrant ainsi les interactions corps-esprit. Cependant, des facteurs de vulnérabilité existent, qui altèrent les régulations de la réponse adaptative et entrainent des défauts de résilience au stress (figure 24). Ces facteurs comprennent des facteurs génétiques, des expériences existentielles même très précoces ou des stress d'ordre vitaux (51).

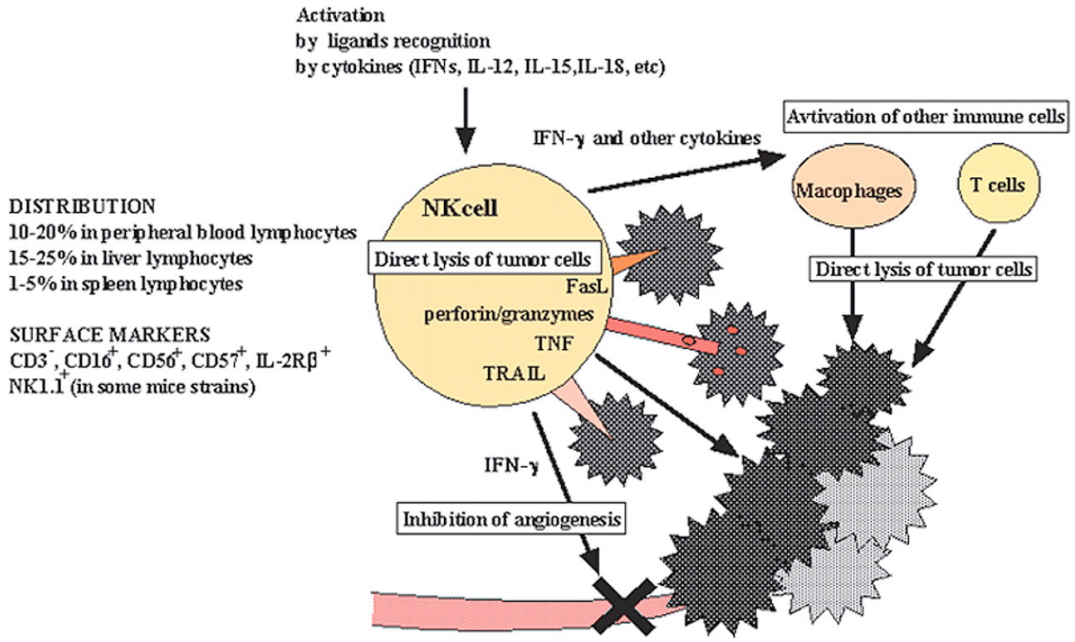
Tout ceci n'est pas sans évoquer certains principes de médecine traditionnelle chinoise (52). La santé y est définie comme le maintien de l'équilibre optimal entre deux processus opposés, le *yin* et le *yang* que nous avons déjà rapprochés du para- et de l'orthosympathique. L'individu a une énergie constitutionnelle, le *jing*, qui reflète sa capacité innée à maintenir ce délicat équilibre. Le *jing* est déterminé par la force des parents (génétique), le mode de vie de la mère pendant la grossesse et les conditions périnatales. Il est renforcé ou affaibli durant l'existence de l'individu, selon le mode de vie adopté, les stress de son environnement et son état émotionnel. La médecine traditionnelle chinoise souligna d'ailleurs très vite que bien-être émotionnel et santé physique étaient inconditionnellement liés. Face à la perturbation, le corps essaie de maintenir l'équilibre par des variations de *qi* (énergie), *xue* (sang) ou de *jing* (essence). Si ces mécanismes échouent, on voit alors apparaître des déséquilibres comme le *vide de yin* ou le *vide de yang*, le *vide* ou la *stase de sang*, qui présentent leurs cortèges de symptômes. Ainsi, à l'instar des modélisations occidentales, en médecine traditionnelle chinoise le débordement de mécanismes d'adaptation entraîne-t'il l'apparition d'un ensemble de symptômes qui font partie d'un pattern plus large repris comme vide ou plénitude, yin ou yang. Un même symptôme (le pyrosis, par exemple) pourra donc être soigné différemment selon chaque patient, car il appartiendra à un pattern de symptômes correspondant aux processus de régulations mis en œuvre par chaque patient face à un élément de stress qui lui est spécifique. Plus encore, l'état constitutionnel du patient avant la rupture de l'allostase / de l'équilibre yin yang détermine le type de réactions qui vont en découler.

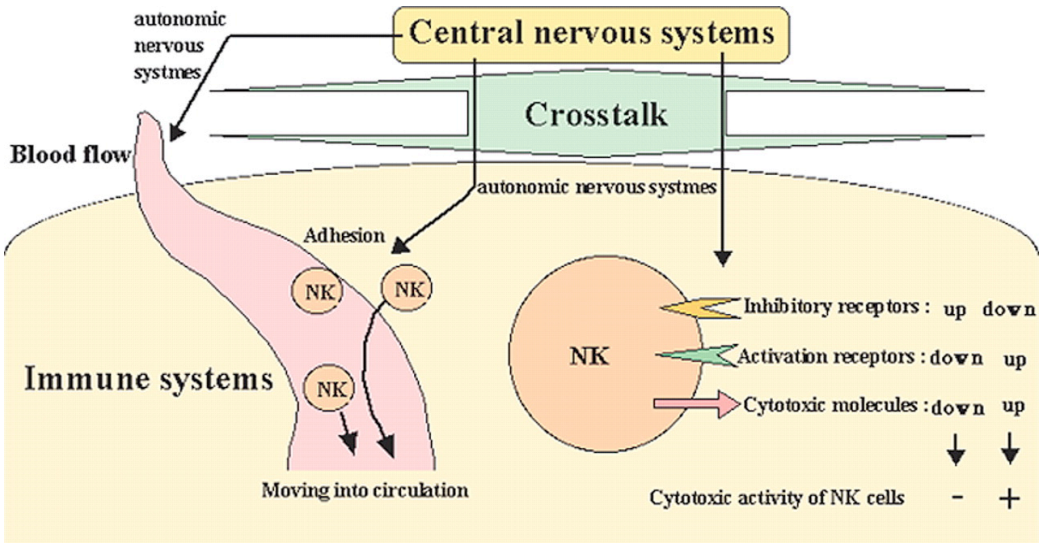
Les patients présentant des syndromes somatiques fonctionnels trainent ainsi un long passé de stress répétés durant lesquels la plupart de leurs symptômes sont quiescents ou

limités dans le temps. Cependant, après un facteur de stress particulièrement intense, ou à l'issue de plusieurs années d'exposition aux stress latents, les symptômes apparaissent subitement et ne régressent plus. Dans les deux conceptions, les mécanismes de compensation initialement mis en œuvre sont subitement dépassés, ce qui entraine l'apparition du syndrome/ déséquilibre yin yang. Plutôt que de traiter un symptôme périphérique, on s'attachera à traiter l'ensemble, responsable de symptômes complexes comme la fatigabilité, l'irritabilité, les troubles du sommeil ou de l'humeur, difficilement expliqués par la dysfonction d'un organe particulier.

Jusqu'à présent, la comparaison entre médecine traditionnelle chinoise et modélisation occidentale reste théorique. Néanmoins, elle offre l'opportunité de tester scientifiquement ces nouvelles théories dans des syndromes fonctionnels spécifiques. Ainsi, des auteurs ont montré que la qualité de vie des patients souffrants de maladie intestinale inflammatoire n'était pas forcément améliorée par la correction médicamenteuse de leurs symptômes digestifs (53). Ces patients présentent souvent des symptômes extra-digestifs qui ne sont pas reconnus par les guidelines internationaux mais qui permettraient de les catégoriser en sous-groupes de type yang (diarrhées prédominantes, hyperactivité, réponses exagérées au stress) ou yin (constipation prédominante, fatigue, résilience faible). Ceci permettrait de tester l'efficacité de traitements selon l'entièreté du tableau clinique, qui constitue la réalité vécue par ces patients.

Figure 26. Les rapports entre système nerveux autonome et l'immunité..





From reference 55

B. NEUROIMMUNOLOGIE

La psychoneuroimmunologie est une théorie mise en avant dès les années ’70 (54). Des auteurs comme Ader, Felten et Davidson ont montré que l’hémisphère gauche est majoritairement activé par les émotions positives, alors que le droit l’était par des émotions négatives. L’hémisphère gauche serait responsable de la régulation du système parasympathique, alors que le droit le serait pour celle de l’orthosympathique. L’hémisphère droit favoriserait l’activation du système immunitaire humoral aux dépens de l’immunité cellulaire, qui serait favorisée par l’hémisphère gauche. Les émotions positives, en activant l’hémisphère gauche, favoriseraient l’immunité cellulaire grâce à la prédominance du système parasympathique. Ceci serait bénéfique en termes de résistance à l’infection et de lutte contre l’apparition de cellules cancéreuses, comme nous allons l’expliciter.

Depuis les années ’50, la théorie de la surveillance de l’apparition de cellules cancéreuses par le système immunitaire fait florès. Les cellules sentinelles responsables de l’élimination de cellules malignes sont des lymphocytes au noyau polygranulé, baptisées NK pour *natural killer*. Elles font partie du groupe de cellules formant l’immunité cellulaire innée. On y trouve des neutrophiles circulants dans la circulation, qui se précipitent sur toute lésion endothéliale pour y détruire les envahisseurs microbiens, des macrophages qui servent de camions poubelles pour éliminer tout débris, des mastocytes et éosinophiles mobilisés spécifiquement en cas d’allergie ou d’invasion parasitaire. Les cellules NK, quant à elles, débusquent toute cellule de l’organisme infectée par un virus ou devenue cancéreuse. Elles les détruisent en les aspergeant de cytokines particulières (figure 26). Ce qui nous protègerait des infections virales au stade précoce en attendant que l’immunité humorale et spécifique soit efficace. Ce qui empêcherait également la croissance des tumeurs cancéreuses et la propagation des métastases. Des études épidémiologiques tendent à confirmer le rôle des NK dans la lutte contre les cellules cancéreuses humaines (55).

Le rôle crucial du système nerveux autonome dans la modulation de la réponse immunitaire au stress est de plus en plus souligné. Et des travaux tendent à montrer que l’acupuncture agit sur le stress en interagissant avec ce système qui n’est pas si autonome qu’ on le pensait. Ainsi, que ce soit après un exercice ou lors de stress d’ordre psychologique, on montre que la partie ventro-médiane de l’hypothalamus s’illumine de la même façon à la RMN que lorsqu’elle est stimulée par l’acupuncture. Ces zones sont responsables de l’innervation autonomique de la rate (56).

Des travaux ont montré que la stimulation acupuncturale augmente l’activité des NK

chez les rongeurs (57). L'action de l'acupuncture sur les NK passe par l'activation du système autonomique. On a mis en évidence l'innervation végétative des organes lymphoïdes comme la rate, le thymus, les ganglions ou les zones intra-muqueuses adénoïdiennes. En y régulant le débit sanguin, le système autonome régule la quantité de cellules immunitaires relarguées dans la circulation et / ou exposées aux antigènes circulants. Des récepteurs spécifiques aux catécholamines sont retrouvés sur la membrane cellulaire des NK. Des déprivations en catécholamines modulent l'activité des NK de manière différente selon qu'elles soient aiguës ou chroniques. Enfin, ces récepteurs influencent l'adhésion des NK à l'endothélium, ce qui fait varier la quantité de NK circulants dans la circulation et joue un rôle important dans la modulation dans le temps de la réaction immunitaire.

Cependant, si des travaux ont clairement montré le lien entre acupuncture et modulation immunitaire par l'intermédiaire du système autonome, cela reste à établir chez l'homme. Néanmoins, c'est un autre argument en faveur des effets généraux bénéfiques qui découlent de l'acupuncture.

Références

1. Guilloux R. Introduction, structuration, intégration de l'acupuncture extrême-orientale dans la médecine française. Acupuncture et Moxibustion 2007 ; 6 (3) : 194-201

2. Niboyet JHE. La moindre résistance à l'électricité de surfaces punctiformes et de trajets cutanés concordants avec les points et méridiens base de l'acupuncture (Thèses de science). Université de Marseille, 1963.

3. Bossy J. Bases morphologiques des réflexothérapies, Paris, Masson, 1975.

4. Sjölund B, Terenius L, Eriksson M. Increased cerebrospinal fluid levels of endorphins after electro-acupuncture.. Acta Physiol Scand. 1977 Jul;100(3):382-4.

5. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine (eCAM), Oxford University Press, http://ecam.oxfordjournals.org.

6. NIH consensus conference, Acupuncture. J Am Med Assoc, 1998 ; 280 : 1518-24.

7. Saletu B, Saletu M, Brown M, Stern J, Sletten I, Ulett G. Hypno-analgesia and acupuncture analgesia: a neurophysiological reality? Neuropsychobiology. 1975;1(4):218-42.

8. Sheng-Xing M. Neurobiology of acupuncture. eCAM 2004; 1(1): 41-47.

9. Lewith GT. Investigating acupuncture using brain imaging techniques: current state of play. eCAM 2005; 2(3): 315-19.

10. T. Sadler. Langman's Medical Embryology. Lippincott Williams & Wilkins, 2003

11. Melzack R. Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. Science, 1967; 155: 108-9

12. Harper D. Early Chinese literature. The Mawangdui medical manuscripts. 1st Ed. London: Kegan Paul Int, 1998

13. Kawakita K. How do acupuncture and moxibustion act ? J Pharmacol Sci 2006; 100: 443 – 459

14. Le Bars D. Diffuse noxious inhibitory controls. Pain1979 ; 6 : 283-304.

15. Kawakita K. Suppression of the jaw-opening reflex by electro-acupuncture in the rat. Exp Neurol. 1982 ; 78 : 461-65.

16. Dorscher P. Acupuncture meridians exist as anatomic structures ICMART 2007, Barcelona.

17. Pomeranz B, Chiu D. Naloxone blockade of acupuncture analgesia: endorphin implicated. Life Sci. 1976;19:1757–1762.

18. Han JS, Xie GX, Zhou ZF, Folkesson R, Terenius L. Acupuncture mechanisms in rabbits

studied with microinjection of antibodies against beta-endorphin, enkephalin and substance P. Neuropharmacology. 1984;23:1–5
19. Han JS. Acupuncture: neuropeptide release produced by electrical stimulation of different frequencies. Trends Neurosci. 2003;26:17–22.
20. Gadsby JG. Acupuncture-like transcutaneous electrical nerve stimulation (ALTENS) within palliative medicine. Complementary Therapies in Medicine. 1997 ; 5 : 13-18.
21. Dimitrescu I.F. Acupuncture scientifique moderne, Paris, Eds Médicales Internationales,1986.
22. Karavis M. Neurosciences, neurophysiology and acupuncture. Lecture at ICMART 1996, VII's world congress, Copenhagen.
23. Deadman. Manuel d'acupuncture, Bruxelles, Ed. SATAS, 2003.
24. Han JS. Cholecystokinin : antagonist to electroacupuncture analgesia. Pain. 1986 ; 27 : 101-115.
25. Tang NM. Cholecystokinin antisense RNA increases the analgesic effects of electroacupuncture : conversion of low-responders rats into high-responders. Pain. 1997 ; 71 : 71-80.
26. Al-Chaer ED, Westlund KN, Willis WD. Nucleus gracilis: an integrator for visceral and somatic information. *J Neurophysiol* 1997; 78: 521-527.
27. Dallel R. Neurobiologie de la douleur trigéminale. Médecine/Sciences. 2003; 19: 567-574.
28. Chang HT. Inhibition of nociceptive discharges of parafascicular neurons by direct electrical stimulation of nucleus centrum medianum. Sci Sin. 1978 Jul-Aug;21(4):533-44.
29. Alavi A. Neuroimaging of acupuncture in patients with chronic pain. J Altern & Compl med. 1997; 3: 547-553.
30. Chernyak G. Perioperative acupuncture and related techniques. Anesthesiology 2005; 102: 1031-49.
31. Fukuda S. Effects of moxibustion on dopaminergic and serotoninergic systems of rat nucleus acumbens. Neurochem Res 2005 ; 30 : 1607-13.
32. Avants SK. Acupuncture for the treatment of cocaine addiction: investigation of a needle puncture control. J Substance Abuse Treatment. 1995; 12: 195-205.
33. Stephan JM. Acupuncture expérimentale, stress, axe neuroendocrinien et système limbique. Acupuncture et Moxibustion. 2005 ; 4(4) : 340-349.
34. Langevin HM. Biomechanical response to acupuncture needling in humans. J. Appl Physiol. 2001; 91 (6): 2471-8
35. Kim B. On the Kyungrak system. Medical Science press, Pyongyang, Korea, 1963.

36. Stephan JM. A la recherche du substratum anatomique du point d'acupuncture. Acupuncture et Moxibustion. 2006 ; 5 (3) : 252-371.
37. Travell JG. Myofascial pain and disfunction. The trigger point manual. Baltimore, Williams and Wilkins ; 1983.
38 Melzack R. Triger points and acupuncture points for pain : correlations and implications. Pain, 1977 ; 3 : 3-23.
39. Shah JP. An in vivo microanalytical technique for measuring the local biochemical milieu of human skeletal muscle. J Appl Physiol. 2005 ; 99 : 1977-84.
40. Usichenko TI. Electromagnetic model of acupuncture meridians. ICMART 2007, Barcelona.
41. Usichenko TI. Low-intensity electromagnetic millimetre waves for pain therapy. eCAM 2006; 3 (2): 201-07.
42. Darras JC. Nuclear medicine and acupuncture: a study on the migration of radioactive tracers after injection at acupoints. Am J Acup. 1992 ;Vol. 20. 3:245-256.
43. Wang JY. Mechanotransduction across the cell surface and trough the cytosqueleton. Science. 1993 ; 260 : 1124-27.
44. Ingber DE. Cellular tensegrity : defining new rules of biological design that govern the cytosqueleton. J Cell Science. 1993 ; 104 : 613-27.
45. Oschman JL. Energy medicine, the scientific basis. Edimburg, Churchill Livingstone, 2000.
46. Flowers J. What is qi ? eCAM 2006 ; 3 (4) : 551-2.
47. Janssen T. La solution intérieure. Paris, Fayard, 2006.
48. Sung JJ. Acupuncture for gastrointestinal disorders: myth or magic. Gut. 2002 Nov; 51 (5):617-9.
49. Barksy AJ. Functional somatic syndromes. Ann Intern Med 1999; 130: 910-21.
50. Mc Ewen BS. Protective and damaging effects of stress mediators. N Engl J Med. 1998; 338 :171-9.
51. Mayer EA.The neurobiology of stress and gastrointestinal disorders. Gut. 2000; 47: 861-9.
52. Maccioca G. Fondations of Chinese Medicine. 2nd Ed. Bruxelles, SATAS, 2005
53. Tan S. Functional Somatic Syndromes: emerging biomedical models and traditional Chinese medicine. eCAM 2004; 1 (1): 35-40.
54. Ader R. Psychoneuroimmunology ; interactions between the nervous system and the immune system. Lancet 1995; 345: 99-103.
55. Imai K. Natural cytotoxic activity of periferal-blood lymphocyts and cancer incidence: an

11 year follow-up study of a general population. Lancet. 2000; 356: 1795-9.
56. Takeda K. CAM and NK cells, a review. eCAM 2004; 1 (1): 17-27.
57. Choi GS. Modulation of natural killer cells affected by acupuncture through lateral hypothalamic area in rats. Neurosci Lett 2002; 329: 1-4.
58. Shang C. Prospective tests on biological models of acupuncture. eCAM 2009; 6 (1): 31-9.
59. Okada K. Analgesic action of acupuncture and moxibustion: a review of unique approaches in Japan. eCAM 2009; § (1): 11-17.

The End.