

---

Marc Piquemal, Patrick Sautreuil, Jean Marc Stéphan

## Sphygmologie moderne et chinoise

**Résumé :** Une analyse par sphygmologie moderne de l'artère radiale gauche à l'aide de tonométrie d'aplanation tente de différencier un état morbide d'un état sain auprès d'une population de 17 personnes. L'analyse spectrographique de l'onde artérielle radiale de deux relevés de courbe pression / temps séparant un repos montre que cela est possible. Des hypothèses de mécanismes faisant intervenir l'impédancemétrie hydraulique du réseau vasculaire soumis au déplacement du volume sanguin sont exposées. La variation des caractéristiques physiques des parois vasculaires artérielles sujettes à des modifications fonctionnelles sous l'action locale du système de régulation orthosympathique serait un point commun entre ces deux méthodologies de diagnostic : la sphygmologie chinoise et la sphygmologie moderne. **Mots clés :** Analyse spectrale - sphygmologie chinoise - tonométrie d'aplanation.

**Abstract :** Is it possible, as TCM does with pulsology, to distinguish between two human health states : Healthy or not Healthy, using tonometry of aplanation on left radial artery ? Results are positive when comparing spectra of two radial artery sphygmometries before and after a 10 minutes rest. Hypothesis of mechanism to explain, in a physical way, how Chinese pulsology or modern sphygmologie are built : They rely on the same concept, despite of there are mobilizing different sensors: natural tactile finger print sensors or human built tonometers. Basic principle is changed in natural impedancemetry of vessel walls due to orthosympathic reaction facing local aggression. **Keywords:** Spectral analysis - Chinese sphygmologie - Tonometry of aplanation.

### Introduction

L'abord diagnostic médical par les pouls n'est pas nouveau. Aussi bien en Chine, depuis la dynastie des Han, attribuée à Bian Que [1,2,3] qu'en occident, Praxagoras à Alexandrie (340 A.J.C), la sphygmologie a intéressé les Maîtres de l'époque en tant qu'outil d'exploration physiopathologique et, par delà, diagnostique. La Chine a consacré à cet abord médical du patient une telle somme d'étude que c'est finalement devenu un des piliers incontournables de l'examen clinique en acupuncture. En raison de sa richesse séméiologique, la sphygmologie orientale n'a pas encore trouvé son équivalent en Occident. Son exploration, bilatérale, évalue la propagation de l'onde sanguine artérielle, le long du trajet de l'artère radiale, sur une zone assez élargie, quoique bien définie, en avant du pli du poignet. Lors de la palpation de l'artère radiale, le praticien exerce deux niveaux de pression (superficielle, profonde), et obtient des informations sur l'état fonctionnel des organes. Selon Wang Chou Houo [3], la différenciation de perception de l'état dynamique du pouls atteindrait 28 formes (voir figure 1). Perçues de manière

bilatérale, sur trois zones de perception et trois niveaux de capture, le long de l'artère radiale, on peut mesurer toute l'importance séméiologique d'un tel examen vasculaire. Cette perception ne reste plus seulement celle de l'hémodynamique cardiaque, telle que nous la concevons sinon celle d'un véritable diagnostic de l'état fonctionnel, énergétique, de certains organes, du fait de la correspondance entre zones, niveaux de pression et fonctions d'organe associés à chacune d'elles. Il s'agit donc d'une perception affinée aux prix d'années de pratique, d'expériences guidées par un Maître avant de garantir éducation fiable du toucher. Selon Georges Soulié de Morant, le côté droit serait le reflet de l'état du *yang*, et le gauche, celui du *yin* [4]. Quoique très performante, il n'est pas possible de chiffrer la valeur de cette information. Elle est du domaine du vécu, pas du mesurable.

Cependant, aussi qualitative et subjective qu'elle soit, la sphygmologie chinoise offre une approche du diagnostic cohérente comme semble le confirmer des analyses statistiques de résultats obtenus par différents experts [5]. La description des pouls chinois n'entre pas dans le propos

de cet article. Il existe de très nombreux ouvrages dédiés à cet important outil diagnostique auquel nous renvoyons le lecteur [5].

Pour sa part, la séméiologie clinique occidentale paraît bien pauvre. En clinique, on recherche la présence du pouls le long de trajet superficiel de certaines artères, généralement en périphérie, pour s'assurer de la perméabilité des voies vasculaires. Tout comme en médecine chinoise, il existe des qualificatifs pour décrire la force, la présence du pouls, mais ils sont loin d'atteindre la finesse et la précision des pouls chinois. Pour compenser cette faiblesse, les ingénieurs sont venus à l'aide des médecins. Des techniques de diagnostic de la sphymologie se sont alors multipliées : doppler vasculaire, échographie vasculaire, la thermographie, mesurant les caractéristiques du lit vasculaire, du flux sanguin...

Parmi toutes celles-ci, il en existe une qui a retenu tout particulièrement notre attention : la tonométrie d'aplanation. Cet examen permet d'étudier la forme de l'onde de pression sanguine qui déforme, au cours de son passage les parois des artères, dans notre cas l'artère radiale. On se retrouve alors, dans les mêmes conditions que celle du praticien en sphymologie chinoise, avec l'avantage de pouvoir observer ce qui se passe sous le doigt en contact avec l'artère et de l'enregistrer pour des analyses réalisées en différé. Une question vient naturellement à l'esprit : muni de cet instrument, serait-il possible de retrouver en partie ou en totalité les informations révélées par un examen de sphymologie chinoise ? Une question bien ambitieuse que nous explorons sous une forme beaucoup plus simplifiée, ne pouvant rivaliser, actuellement avec la somme de connaissances accumulées tout au long de siècles d'histoire et de recherche de la sphymologie chinoise !

Cependant des auteurs Français ont tenté d'étudier la variation du pouls lié à la thérapie acupuncturale. Ainsi Boutouyrie et coll. ont démontré dans deux essais contrôlés randomisés en double aveugle chez dix neuf patients que l'acupuncture réelle était associée à une vasodilatation objective de l'artère radiale chez les patients faisant régulièrement de l'acupuncture par rapport à des sujets n'ayant jamais fait d'acupunctu-

re. Le diamètre de l'artère radiale augmentait suite au traitement acupunctural spécifique de  $7,5 \pm 2,8$  dans le groupe acupuncture véritable versus  $-2,9 \pm 2,7\%$  ( $p < 0,01$ ) dans le groupe d'acupuncture feinte [6].

Le but de notre étude est différent et va essayer de différencier un état morbide d'un état sain auprès d'une population de dix sept personnes et de tirer partie de la variation de la forme d'onde captée dans la gouttière radiale pour différencier, dans une population donnée, les sujets sains des sujets malades.

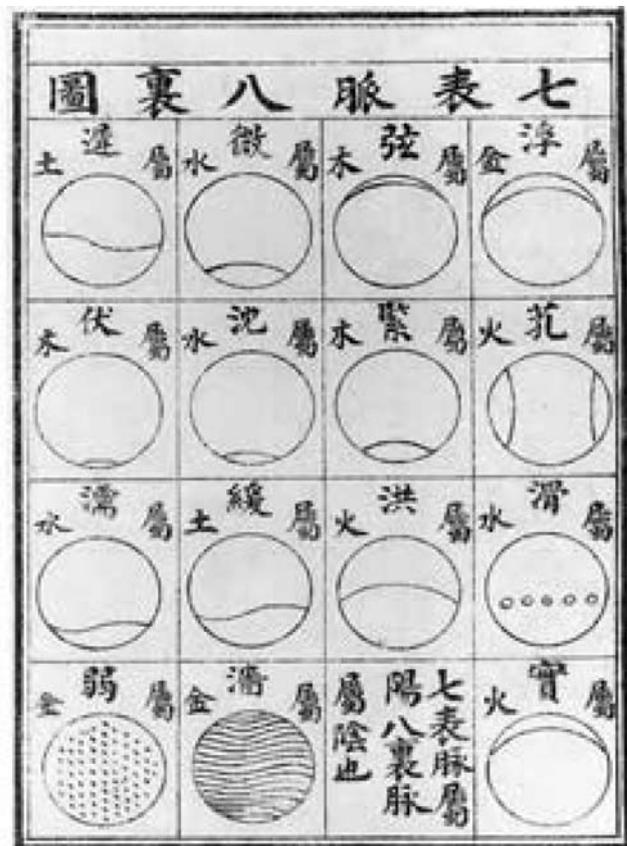


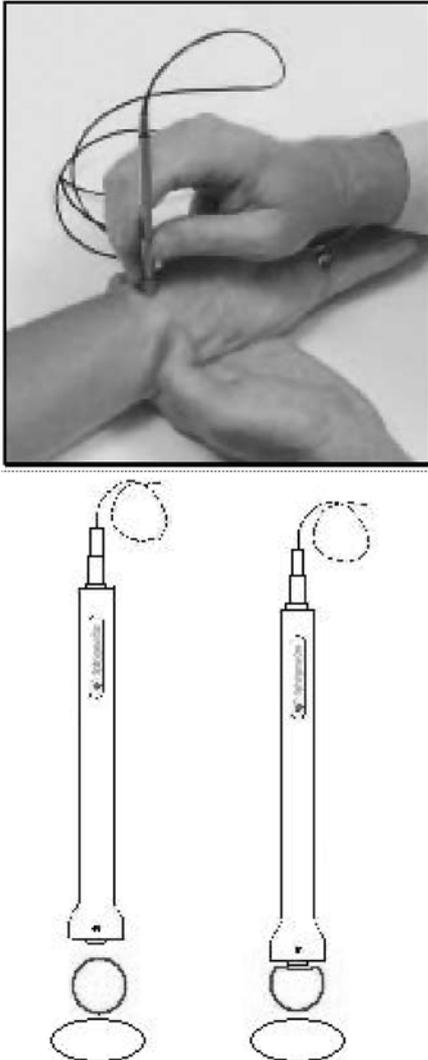
Figure 1. Quelques exemples de représentation de perception de pouls, en sphymologie chinoise [3].

## Matériel et méthode

### Matériel

Nous avons utilisé pour prélever le signal vasculaire de la gouttière radiale un capteur électronique, le Sphymocor Px, de l'entreprise AtcorMedical. Il s'agit d'un tonomètre d'aplanation, c'est-à-dire d'un senseur de pression électro-mécanique de très haute sensibilité. Celui-ci est appliqué perpendiculairement au plan os-

seux sur la portion superficielle de l'artère radiale, sur les parois de celle-ci. Il permet d'enregistrer la déformation de la paroi artérielle, au cours du passage de l'onde vasculaire cardiaque, par rapport au temps (voir figure 2 et 3). S'agissant d'un signal reproductible, il est traité secondairement par un logiciel (Matlab) en vue d'une analyse spectrale [7], dont le but est l'identification des facteurs générateurs du contour de l'onde de pression.



**Figure 2.** Position du capteur de pression sur la paroi de l'artère radiale.

### Méthode

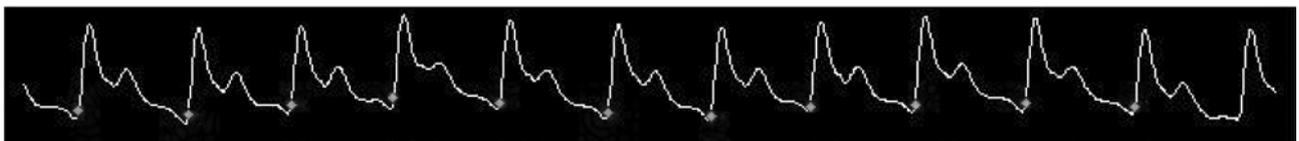
La population statistique se compose de 17 personnes, à prédominance féminine (76%) et d'un âge moyen de  $53 \pm 18$  ans.

Elle se répartit en 10 personnes saines cliniquement et 7 malades (4 carcinomes intestinaux, 2 carcinomes du col utérin, 1 leucémie lymphoïde chronique).

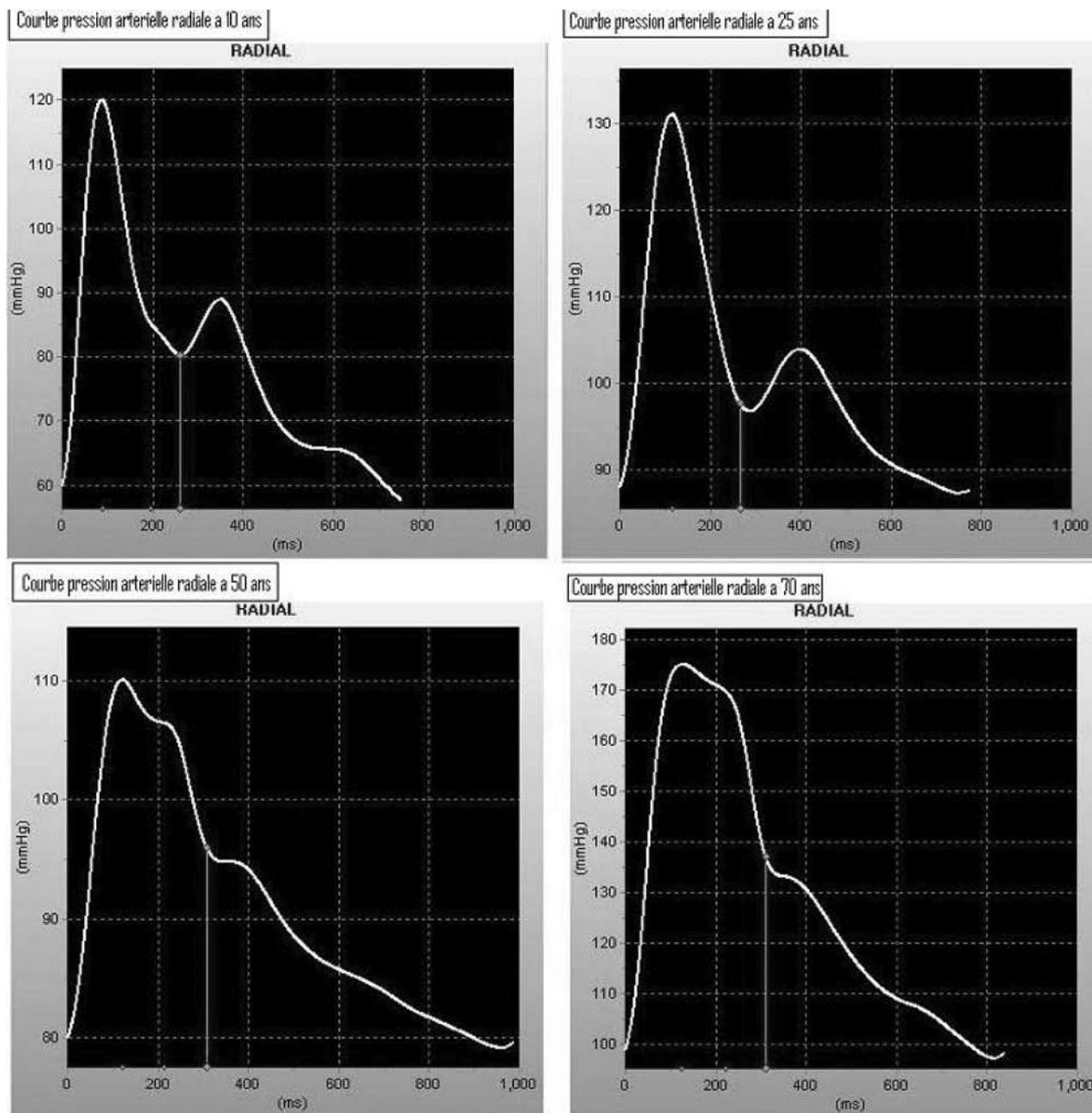
La sphygmologie moderne nous apprend que la courbe de variation de pression artérielle radiale, varie avec l'âge (figure 4), ainsi qu'en fonction d'autres paramètres tels que la rigidité des parois artérielles, artériosclérose, maladies métaboliques...etc. [8].

Devant l'absence de courbe standard, il nous est impossible de comparer la courbe sphygmométrique de chaque patient à une référence, même en fonction de l'âge. Toutes les courbes de pression artérielle radiale ont une allure commune, mais possèdent une individualité qui leur est propre.

La dynamique du tonus de la paroi artérielle est en grande partie due à l'action du système nerveux végétatif, dans son versant orthosympathique. Celui-ci est directement sollicité lors de tout phénomène de stress endogène comme exogène. Il répond par un retentissement vasculaire segmentaire local, loco-régional comme général, en fonction de l'importance de la perturbation. Notre hypothèse de travail est ainsi formulée : si les acupuncteurs, à l'aide de la palpation du pouls radial peuvent détecter une anomalie de fonctionnement d'un organe, il serait donc logique de percevoir une anomalie de la courbe de pression artérielle dans le compartiment circulant. La forme de la courbe de pression artérielle provient de l'interaction d'un liquide sous pression (le sang), en propagation par rapport à son contenant, la paroi vasculaire, dont le tonus est réglé par l'action du système de régulation, le système neurovégétatif. Si le trouble persiste, car non régulé, serait-il alors possible de



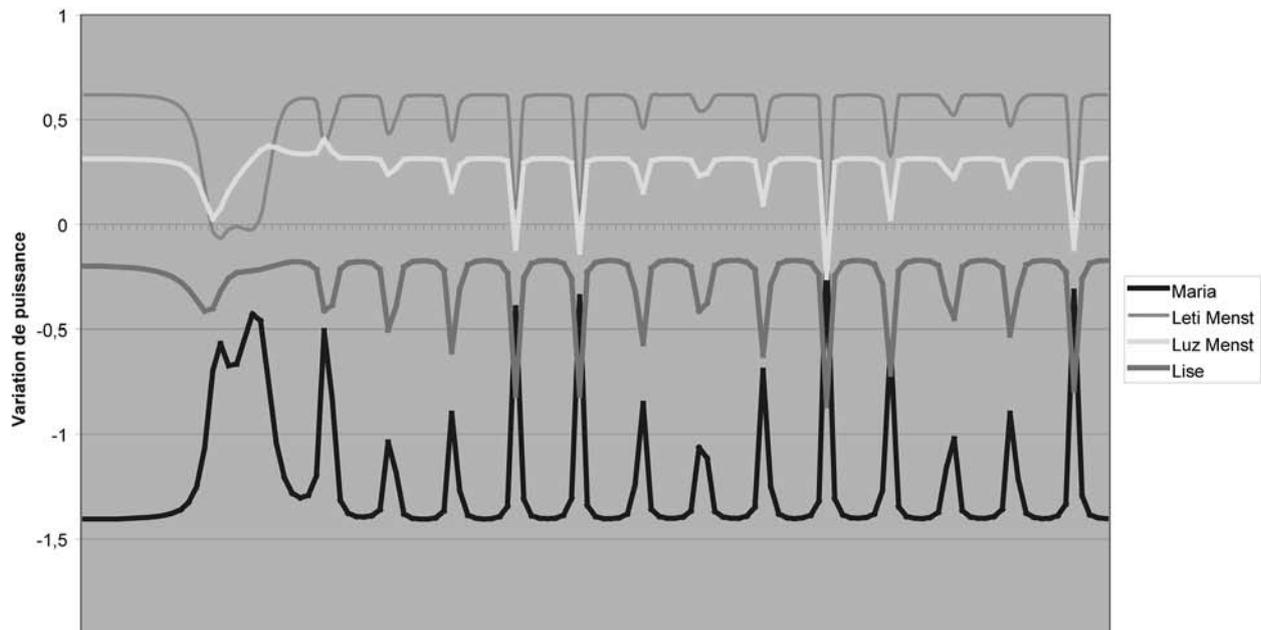
**Figure 3.** Courbe de pression artérielle radiale par rapport au temps.



**Figure 4.** Variation de la courbe de pression artérielle radiale en fonction de l'âge [9].

noter cette perturbation sous la forme d'une variation partielle de la dynamique de cette courbe. Notre étude va donc porter sur la stabilité spectrale de ce signal vasculaire sur un cours laps de temps de repos. L'analyse spectrale devrait nous confirmer l'existence, entre deux mesures, soit d'une stabilité du signal (reproductibilité lors d'une régulation compétente) soit d'une instabilité, lors d'une régulation incompétente, dépassée. Une fois

enregistrée, ces deux courbes sont transformées dans le domaine des fréquences par la transformée de Fourier. Sont donc comparées deux courbes de variation de pression dans un intervalle de temps de dix minutes. À partir de là, chaque signal sphymologique apparaît sous la forme d'une matrice de deux colonnes et 81 lignes. La première colonne représente les fréquences échelonnées de 0 Hz à 40 Hz, la deuxième, les puissances spectra-



**Figure 5.** La variation homogène des puissances associées à chaque fréquence de 0 à 64 Hz chez sujets sains.

les associées à chacune d'entre elles. Une fois obtenues ces matrices de  $2 \times 81$ , les 2 colonnes de puissance sont comparées entre elles, initiale et finale (après 10 minutes de repos). La formule de comparaison utilisée est la suivante :  $[(\text{Puissance initiale} - \text{puissance finale}) / \text{puissance initiale} * 100]$ . Ce pourcentage permet à la fois de quantifier le changement pour chacune des fréquences et d'en connaître de manière individuelle, le sens (augmentation ou réduction) par rapport au stade initial. Si le patient est en bonne santé, il n'existe ainsi pas de variation hétérogène de puissance, après transformée de Fourier.

### Résultats

Notre population comporte dix sept personnes adultes. Le signal capté par le senseur est filtré par un programme qui ne retient comme valable que la courbe de pression / temps lorsqu'elle est reproductible au moins dix fois de suite. Ne peuvent être analysées que les courbes enregistrées selon ce critère de reproductibilité.

Pour l'ensemble de la population, nous observons alors :

a) Pour les sujets sains ( $n=10$ ) :

- Huit d'entre eux ont une variation homogène pour l'ensemble des puissances associées à chaque fréquence (initiales versus finales) dans le même sens (tendance globale à l'augmentation ou à la diminution des puis-

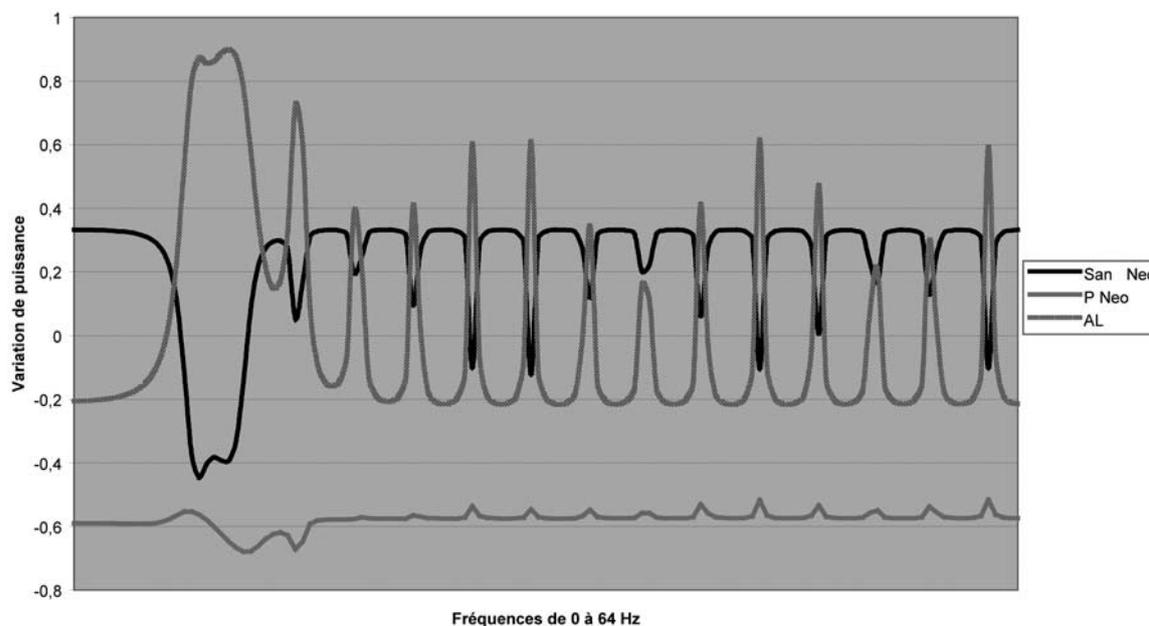
sances respectives, après le repos). La figure 5 représente cette variation homogène chez quatre patients sains.

- Deux d'entre eux présentent une inversion de la tendance pour un groupe de fréquence donnée. Il s'agit de celles s'étendant de 7 Hz à 11 Hz  $\pm 10\%$ . Ces deux patients présentaient une infection urinaire, latente le jour du protocole et révélée quelques jours après.

b) pour les sujets malades en rémission de cancer ou en phase évolutive ( $n=7$ ) :

Pour chacun d'eux, la comparaison entre elles des puissances associées affiche des valeurs assez hétérogènes (voir figure 6). Il existe des plages de fréquence qui montrent des signes différents, contrastant avec l'ensemble des autres valeurs. C'est le cas d'une plage de fréquence étendue, entre 5-15 Hz, marquée par une inversion de signe. L'expérience nous a appris que cette plage de fréquence, issue de l'analyse spectrale du pouls radial, correspond à un phénomène inflammatoire, au sein de l'organisme. Plus elle est étendue et plus nombreux sont les organes impliqués dans ce processus.

Le faible nombre de sujets a cependant permis un pas de plus dans le timide décryptage de la relation fréquence / organe puisque la plage 24-28Hz serait en relation avec les voies urinaires et 30-32 plutôt avec l'utérus.



**Figure 6.** La variation hétérogène des puissances associées à chaque fréquence de 0 à 64 Hz chez trois sujets malades.

En conclusion, après analyse spectrale de la forme du pouls radial, nous pouvons dire qu'il semble exister une relation plage de fréquence versus processus physiopathologique ainsi qu'une autre liant plage de fréquence avec organe.

### Interprétation - discussion

Le tonomètre d'aplanation, capteur de pression, s'applique sur la paroi de l'artère radiale et capte cycliquement sa déformation, au cours du passage de l'onde sanguine. Il ne peut nous fournir un signal que lorsque l'artère se trouve comprimée entre d'une part, un plan osseux, rigide, indéformable et d'autre part, le capteur qui lui peut varier dans un plan vertical. Au cours de ce protocole, il convient de préciser que toutes les captures ont été réalisées sur le pouls radial gauche. La force d'application de l'instrumentation exercée sur l'artère, correspondrait à la capture du pouls profond de la sphygmologie chinoise et la zone de capture à la « barrière ». La transposition sphygmologique du pouls radial entre les deux systèmes médicaux, chinois traditionnel et occidental, reste difficile voire hasardeuse. En effet, il existe en sphygmologie chinoise de nombreuses écoles. La relation de cette zone de prélèvement du signal vasculaire, qui possède en Orient un lien avec un

méridien principal, n'est pas unanime (voir tableau I). À cela s'ajoute le fait que certains auteurs font la différence entre l'homme et la femme, alors que d'autres n'en tiennent pas compte [3].

**Tableau I.** Différentes correspondances de la zone de capture tonométrique selon les auteurs, pouls radial gauche au niveau de la loge « barrière » (selon Borsarello [3]).

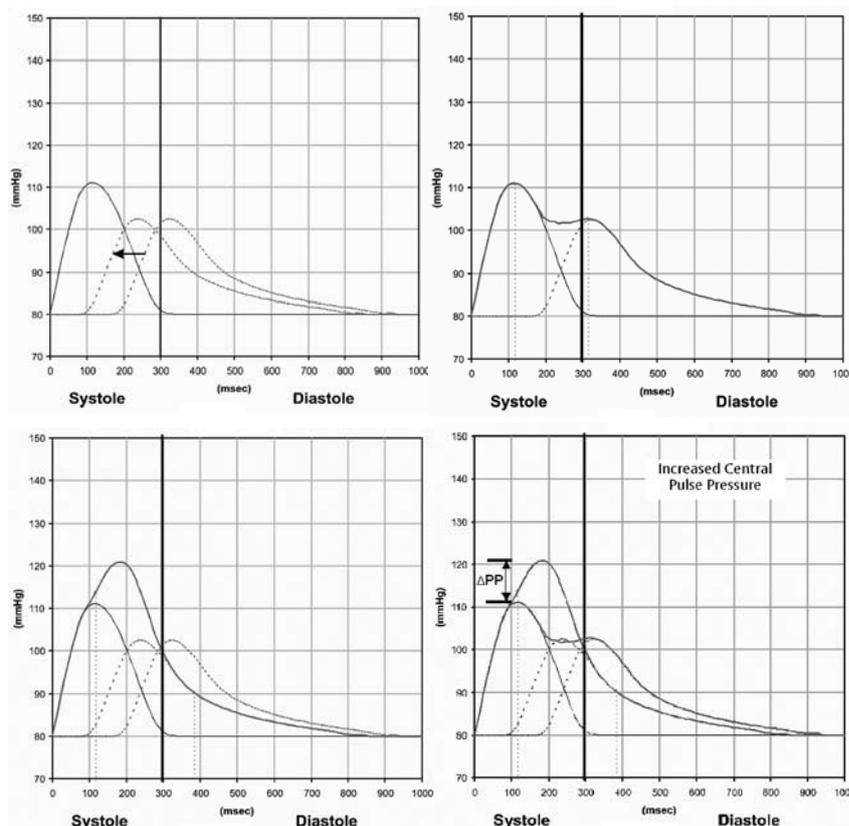
George Soulié de Morant	Foie
Écoles Kuong Fou Tzeu	Rate
Tchou Chang	Foie chez l'homme et Rate chez la femme
So Ouenn ( <i>Su wen</i> )	Diaphragme
Li Tche Tchenn	Foie
Khi Pa	Maitre du Cœur
Tsoei Kia Yen	Foie

Quoi qu'il en soit des interprétations sur le rattachement de cette zone à un méridien précis, cette zone reste, du point de vue énergétique, très intéressante car elle représenterait, selon le *Su wen*, la mutation du *yin* et du *yang*. C'est une zone de transition énergétique, facile d'accès du point de vue anatomique et donc instrumental.

Il est difficile de ramener un système d'information tridimensionnel (chinois traditionnel : trois plans de capture et trois zones de prélèvements, sur deux avant bras) à

un autre de caractéristique monodimensionnelle et partielle (tonométrie d'aplanation : plan profond de capture, barrière, avant bras gauche). Par conséquent, le message contenu dans la forme du pouls radial doit se transformer pour pouvoir livrer son contenu en fonction du système d'exploration utilisé (pulpe digitale ou tonomètre). C'est la raison pour laquelle l'analyse spectrale a été choisie, car au sein d'un signal unique, elle peut apporter une moisson d'informations. La forme du signal définitif, celui perçu par la pulpe digitale, n'est que la résultante appelée enveloppe, de la somme d'une multitude de plages de fréquences dotées de puissances variables dans le temps. Il est donc hors de question de comparer une méthodologie à l'autre, afin de vouloir établir un score de validité ou de performance. Par contre, il n'est pas absurde de penser qu'une partie de l'information captée par la pulpe des doigts de l'acupuncteur appliquée sur l'artère radiale, passe par la perception de ces différentes puissances associées aux plages de fréquence retrouvées, de l'ordre de quelques hertz. Ces plages de fréquences basses (2 - 40Hz) sembleraient être en relation avec la physiologie d'organes spécifiques. Comment peut-on relier les variations de puissance trouvées lors de l'analyse du spectre avec un trouble organique ?

Le tonus de la paroi vasculaire est placé sous le contrôle du système nerveux végétatif ortho-sympathique, mobilisé lors d'agression endogène ou exogène. Toute variation du tonus orthosympathique modifie l'état de tension de la paroi vasculaire. Ceci peut se faire de manière locale ou loco-régionale, en fonction de la pathologie. L'onde de pression hydraulique sanguine qui se meut dans ce circuit vasculaire provoque lors de son déplacement des vibrations, du fait du contact et des frictions entre sang et paroi vasculaire. Si l'onde de pression hy-



**Figure 7.** Onde radiale et ses différents composants (onde systolique + onde de réflexion, au cours d'un cycle circatoire, chez le sujet sain).

draulique trouve son contenant (le vaisseau sanguin) dans un autre état tensionnel que celui rencontré tout au long de son trajet, alors se crée de nouvelles vibrations localement qui s'ajoutent à celles normalement existantes. Elles sont toutes propagées par le flux sanguin. C'est cet ensemble de fréquences qui sont recueillies lors de l'analyse spectrale du pouls radial. La forme d'onde du pouls radial ne provient donc pas seulement de la force contractile du muscle cardiaque qui propulse l'onde sanguine qui déforme sur son passage la paroi musculaire élastique vasculaire. À celles-ci s'ajoutent les ondes de rebonds du déplacement sanguin précédent, générées par les bifurcations artérielles rencontrées, remontant à contre courant. À cet ensemble d'ondes caractérisées chacune par leurs fréquences, s'ajoute maintenant un nouveau groupe d'ondes : ce sont celles que nous venons de décrire, les ondes de rebonds secondaires à l'état tensionnel variable des différentes parois vasculaires, en contact ou voisinage d'organes sains ou pathologiques,

dont le tonus est augmenté ou pas par le système orthosympathique. La forme d'onde radiale, avec sa géométrie particulière n'est qu'une résultante de toutes ces sources vibratoires qui ont leur origine dès le début de l'aorte (figure 7) [9,10].

La variation de pression  $\Delta PP$  correspond à l'accroissement de pression artérielle produite par les ondes de rebonds provenant de la résistance artérielle et des bifurcations de l'arbre vasculaire, lors du passage de flot sanguin propulsé par le muscle cardiaque.

C'est l'ensemble de ces phénomènes décrits qui enrichissent la complexité des fréquences du spectre de l'onde vasculaire, le modifiant par de nouvelles énergies associées, sur certaines plages de fréquences. Ceci, en biophysique, s'appelle la modification de l'impédance d'un milieu (ici le milieu sanguin et son réseau hydraulique, l'appareil circulatoire). La spécificité des caractéristiques impédancémétriques du milieu garantit la spécificité du diagnostic énergétique, qu'il soit capté manuellement sur des zones de résonances majeures (sphygmologie chinoise avec ses plans et zones) ou localement sur une zone par l'intermédiaire du spectre (sphygmologie moderne). Ce que nous retenons de cette étude, c'est que toutes deux sont apparemment basées sur le même phénomène énergétique : la résonance. C'est la variation de l'impédance du contenant, le réseau circulatoire, qui permet le diagnostic sphygmologique traditionnel ou instrumental.

Il est très intéressant de voir comment, au fil du temps, l'être humain a enrichi ses sens afin de décoder les messages de la nature. Il y a quelques milliers d'années avec le seul toucher, aujourd'hui avec une instrumentation, la perception du message sanguin se poursuit. Chacune de ces deux méthodologies semblent être vouée à une certaine pérennité car toutes deux, à partir d'une même source, sont à la recherche d'un message très fortement

intégré, à caractère holistique et répondant à une cohérence informative centrée sur la notion de résonance du milieu.

## Conclusion

Une étude statistique menée sur 17 personnes saines comme malades se propose de savoir si, au moyen de la capture de l'onde du pouls radial il serait possible de différencier une population saine d'une malade. L'analyse spectrale de l'onde sanguine radiale est capturée au moyen d'un tonomètre d'aplanation, appliqué au niveau de la loge « barrière » du pouls radial gauche. Les résultats obtenus confirment cette hypothèse. Ceux-ci amènent à formuler une série de considérations physiques qui permet de mieux comprendre les mécanismes du diagnostic par la sphygmologie chinoise. Ceux-ci seraient communs à ces deux méthodologies de capture du signal vasculaire le long d'un trajet artériel reposant sur un plan dur. Il s'agirait de l'impédance vibratoire tissulaire, spécifique de chaque organe et du trajet vasculaire répondant à cet organe. Par le jeu régulateur du système neurovégétatif, branche orthosympathique, certaines portions vasculaires d'organe impliquées dans une agression pourraient faire varier leur impédance vibratoire à la suite de la variation des caractéristiques physiques (musculo-élastique) de leur paroi [10]. Le résultat de telles modifications d'impédances locales se traduirait dans l'ensemble du système vasculaire sous la forme d'un changement du spectre de propagation d'ondes.

Cet abord énergétique qu'il soit perçu grâce à la finesse des capteurs tactiles humains, et décrypté grâce à un long apprentissage ou qu'il soit analysé par un tonomètre d'aplanation montre que le corps ne cesse d'envoyer des messages dont l'analyse a commencé il y a déjà fort longtemps en Chine !



D<sup>r</sup> Marc Piquemal  
Casilla Correo 2899  
Asuncion Paraguay

✉ : piquemal@gmail.com



D<sup>r</sup> Patrick Sautreuil  
MPR Ministère de la  
Défense  
10 av Val de Fontenay  
94135 Fontenay sous  
Bois France  
Attaché Hôpital  
Rothschild Paris

✉ patrick.sautreuil@gmail.com



D<sup>r</sup> Jean-Marc Stéphane  
Attaché d'enseignement  
à la faculté de médecine  
de Lille

✉ jm.stephan@acupuncture-medicale.org

### Remerciements

Nous tenons à remercier L'ASMAF-EFA (Association Scientifique des Médecins Acupuncteurs de France – École Française d'Acupuncture) qui a subventionné l'acquisition du Tonomètre d'Aplation SphyngoCor PX.). Ce soutien permit de mener à terme ce projet de recherche qui ouvre vers de nouvelles perspectives et qui enrichissent la médecine occidentale et la Médecine Chinoise Traditionnelle.

### Références

1. Duron A. *Suwen*. Paris : Tredaniel;1998.
2. Shi-Ji. Biographie 45. *Zhong-hua*. 1959; 2785-2820.
3. Borsarello J. Les pouls en médecine chinoise. Paris;Masson; 1981.
4. Soulié de Morant G. L'acupuncture chinoise. Paris;Maloine;1985.
5. King E, Cobbin D, Walsh S, Ryan D. The reliable measurement of radial pulse characteristics. *Acupunct Med*. 2002 Dec; 20(4):150-9.
6. Boutouyrie P, Corvisier R, Azizi M, Lemoine D, Laloux B, Halouin M, Laurent S. Effects of acupuncture on radial artery hemodynamics: controlled trials in sensitized and naive subjects. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2001 Feb;280(2):H628-33.
7. Auteur anonyme. Matlab. Logiciel de calcul mathématique, analyse, visualisation, développement, déploiement d'algorithmes. [cité 1 mars 2009]. Available from: URL: [http://www.mathworks.fr/products/tech\\_computing/..](http://www.mathworks.fr/products/tech_computing/)
8. Wilkinson, Ianet al, "Heart Rate Dependency of Pulse Pressure Amplification and Arterial Stiffness" *American Journal of Hypertension*, 2002; 15:24-30
9. Auteur Anonyme. Note technique n°14. Assuring Quality of Pulse Wave Analysis Measurements. Features of the Radial Artery Pressure Waveform that Identify a Good Quality Waveform. DCN 100502 Rev N o. 2 Atcor.
10. Tse Lin Hsu, Pin Tsun Chao, and col. Organ-specific ligation-induced changes in harmonic components of the pulse spectrum and regional vasoconstrictor selectivity in Wistar rats. *Experimental Physiology* 91(1) ;163-170.