

ETUDE DES BRUITS ARTICULAIRES :

QUELLE UTILITE EN MEDECINE MANUELLE ?

J. Y. CORNU *, A. COURTEVILLE**, T. GHARBI**, J. GUYOT***

* Laboratoire de métrologie de la posture - C.H.U. Besançon

** C.E.R.A.H. - Laboratoire d'Optique P.M. Duffieux C.N.R.S. URA 214 - Faculté des Sciences et Techniques - Besançon

*** Laboratoire d'anatomie Biomécanique - C.H.U. Besançon

Nous présentons nos manipulations comme des techniques exclusivement de basse amplitude et haute vitesse. L'amplitude limitée du geste est possible par le positionnement préalable du sujet, et le recrutement précautionneux du niveau. La haute vitesse est donnée à l'impulsion du geste manipulatif. Le bruit articulaire a suscité peu de travaux depuis la publication originale de Roston et coll. en 1947. Nous spéculons sur l'origine articulaire du bruit alors entendu en nous basant sur les travaux fondamentaux de Unsworth et coll. ⁽¹⁾. Les questions qui restent en suspens relativement à ce bruit sont :

- 1) quelle relation a-t-il avec la réussite du geste ?
- 2) quel signal peut être obtenu lorsqu'on cherche à l'objectiver ?
- 3) quel interprétation peut-on tenter sur ce signal et en l'occurrence quel intérêt potentiel présentera son enregistrement à l'avenir ?

1) QUELLE RELATION AVEC LA REUSSITE DU GESTE ?

1-1) MISE AU POINT DE LA BIBLIOGRAPHIE

La nature même du bruit ne fait pas de doute : au sein du film synovial intersurfacique se crée une modification de l'état des gaz intra-articulaires ; cette création puis la rupture des bulles demandent moins de 0,01s mais seule la rupture occasionne le bruit. La séparation de surfaces articulaires, soit par traction soit par pivot/distraktion crée un mouvement du fluide dans des zones de basses pressions ainsi créées. Parallèlement la réduction de pression occasionne la formation de vapeur et de bulles à partir du gaz préalablement dissous. L'ouverture des bulles dans la cavité en formation correspond à une libération d'énergie élevée. Les 20 à 30 minutes nécessaires à la redissolution du gaz (réabsorption) expliquent la latence habituelle pour pouvoir réobserver le phénomène pour un même niveau rachidien. A propos des articulations Métacarpo-Phalangiennes (MCP) les résultats suggèrent une cavitation pour des tractions de 70-150 N et une séparation de 5 mm. Il s'agit de traction régulière avec forte

composante de décoaptation, mais pour laquelle l'écartement doit intégrer une séparation brusque.

Au niveau du rachis le changement d'état d'équilibre mécanique est rapide (impulsionnel) ; le niveau de forces requis a été comparativement étudié pour les sacro-iliaques, le rachis cervical et le rachis thoracique. Les études ont permis de mettre en relation les conditions d'obtention du bruit articulaire dans la MCP et la colonne cervicale (Meal et Scott). Adam et Wood ont instrumenté les gestes de manipulation rachidienne, confortés par un travail de simulation (Triano et Schulz). Conway et Herzog ont publié des travaux mettant en évidence trois étapes : une précharge, une charge impulsive aboutissant à un pic, un retour aux conditions initiales. Les images illustrant leur travail montrent clairement que l'amplitude du gain de force entre précharge et pic post-impulsif conditionne la survenue du bruit de cavitation.

L'enregistrement simultané de l'accélération transmise au corps de gestes directs thoraciques (généralement en niveau T4) d'une part, en procubitus, et de pression exercée entre main et zone para-rachidienne d'autre part a permis de trouver dans 4/5 des cas un décalage entre l'impact maximal de force et le délai nécessaire pour observer une cavitation, celle-ci se produisant généralement avant : les rapports des temps pic à pic sur les

enregistrements sont entre 60 et 80% du délai d'impact maximal ; ce constat est a priori à rapporter à l'effet seuil : mais il n'existe pas de travaux étudiant la relation de la puissance d'impulsion (pente d'installation du pic) ni sur la relation précharge-seuil de cavitation (généralement de survenue aléatoire par rapport à l'impulsion, autrement dit une partie de l'impact suscitée par cette force apparaît excédentaire à ce seuil, mais non préalablement connue !).

Selon les niveaux manipulés, mais que pour les techniques considérées, il apparaît des différences : moindres niveaux de force mais des délais plus rapides sur la colonne cervicale, les niveaux de précharge et de charge impulsionsnelle semblant supérieurs pour la colonne dorsale comparativement aux sacro-iliaques. Toutes ces données sont applicables pour les contraintes des articulations du rachis, mais non pas pour les études en traction des MCP.

1-2) LA RELATION DU GESTE MANIPULATIF AU BRUIT

Tous les bruits ne correspondent pas à des phénomènes de cavitation intra-articulaire. Ainsi des claquements par glissement irrégulier d'un plan sur l'autre sont fréquemment obtenus au genou, à l'épaule, la cheville ou en paramalléolaire par exemple.

Tous les phénomènes intracavitaires ne sont pas localisés au niveau manipulé : les craquements réels mais extérieurs au niveau étudié sont fréquemment observés dans des manipulations dites semi-indirectes ; les insuffisances de techniques donnent alors un niveau que le manipulateur reconnaît comme étranger à la zone significative ; le non effet du geste confirmera souvent cette impression de mauvaise localisation ; différents sont les craquements en chapelet, là

encore propres aux techniques semi-indirectes dont un des leviers de recrutement se fait à distance à travers un sous-ensemble de la chaîne rachidienne. La signification de tels enregistrements méritera une discussion particulière.

Enfin il faut remarquer que la technique implique une impulsivité lors du geste parfois transmise au corps du manipulateur (amorti différemment) : le craquement qu'entend le malade, mais qu'il ne ressentira pas, sera bien perçu par le médecin comme intervenu sur lui-même.

Restent les nombreux cas où malgré l'impulsion aucun phénomène cavitaire est audible : l'effet seuil en est une explication fort intéressante. Mais il peut s'agir aussi d'une insuffisance perceptive ; il peut s'agir encore d'une impossibilité à créer les conditions du bruit dont nous reparlerons dans la discussion, voire d'une cavitation intempestive réalisée quelques instants avant la manipulation, l'impulsion arrivant en quelque sorte dans une phase réfractaire.

La formule de Dowson et coll., applicable à toute articulation assimilable à une interface entre deux sphères, indique que la pression est en relation avec la charge appliquée compte tenu des rayons et de l'angle d'application de la force, et d'un coefficient déterminé par le déplacement relatif des centres de rotation dans un plan, et de l'écartement de surfaces. On constate ainsi que les paramètres dépendent à la fois du geste et de l'articulation qui le reçoit.

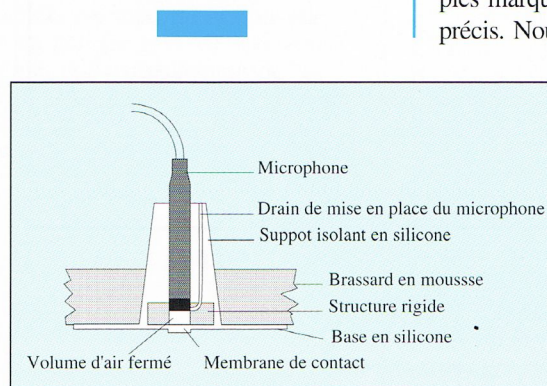


Figure 1. : Principe du capteur : Les vibrations de la peau modulent la pression d'un volume d'air fermé au travers d'une membrane en contact avec la peau.

2) CARACTERISTIQUES DU SIGNAL

2-1) LA NATURE DU SIGNAL

Méthodologie d'enregistrement

Pour enregistrer le phénomène, nous mesurons à la surface de la peau la vibration due au phénomène de cavitation. La propagation du phénomène se fait à travers des tissus de propriétés mécaniques et acoustiques inégales. La localisation de la sonde pour une articulation donnée influe donc sur le signal recueilli. Les plans de recouvrement qui diffèrent d'une articulation à l'autre influent également sur la mesure.

Nous avons développé un capteur basé utilisant un microphone pour mesurer les vibrations à la surface de la peau. Ce capteur fait appel à une technique d'adaptation d'impédance acoustique pour traduire les vibrations de la surface de la peau en terme de pression acoustique, qui est mesurée par le microphone.

Ce principe permet d'atteindre une très grande sensibilité. La figure 1 montre le schéma de principe de la sonde. Cette dernière est maintenue en contact avec la peau au moyen d'un brassard en mousse fermé par un Velcro.

Stabilité du signal

Le signal est triphasique avec des pics marqués permettant un repérage précis. Nous pouvons donc aisément

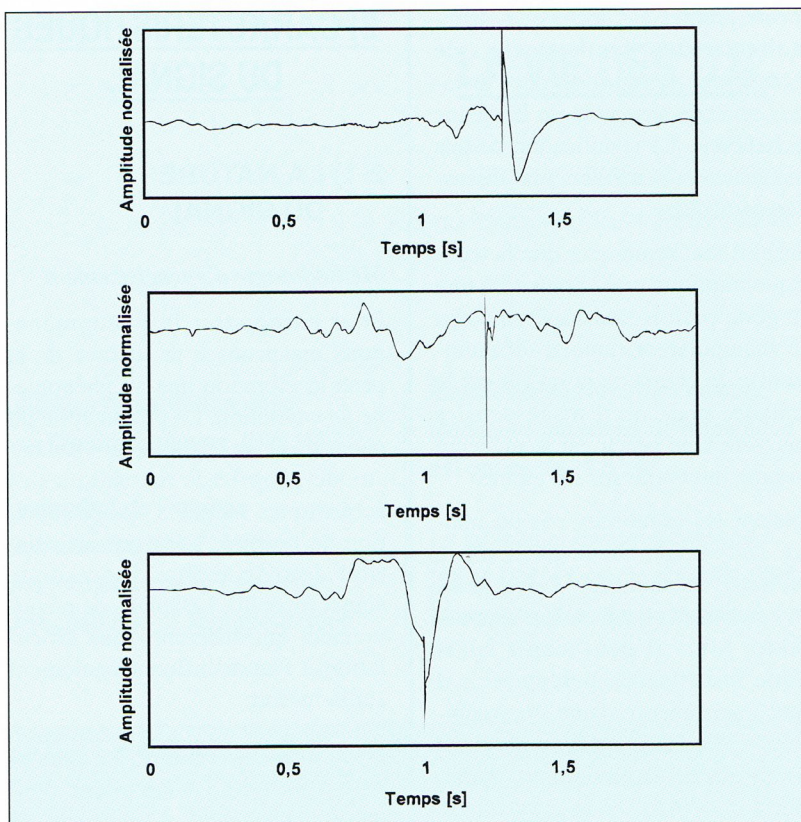


Figure 2. : Exemples d'enregistrements de craquements des MCP.

extraire le signal correspondant au phénomène de cavitation du mécanogramme enregistré qui est en rapport avec le geste manipulatif. Sur nos enregistrements en regard des MCP, nous avons observé les mêmes caractéristiques morphologiques que celles des signaux exposés dans la littérature, qu'il s'agisse de mobilisation des MCP ou de segments rachidiens. Des exemples de signaux enregistrés sont représentés à la Figure 2.

2-2) LES RELATIONS TEMPORELLES DU SIGNAL ET DU GESTE

Délais de survenue

Le signal correspondant à la cavitation survient au sein du mécanogramme qui correspond à la phase impulsive du geste manipulatif. Le délai est technique-dépendant. Il

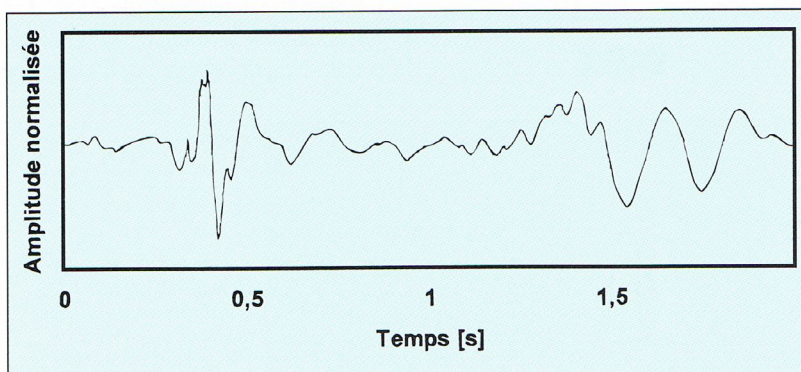


Figure 3. : Exemple de mécanogramme sans craquement

varie dans les exemples de la Figure 2 entre 200 ms et 500 ms. Sa situation au sein du mécanogramme, la durée des phases et les rapports d'amplitude signal-mécanogramme permettent de différencier aisément les signaux triphasiques en rapport avec la cavitation des signaux de variation plus lente dus au mouvement global. Un exemple de ces derniers est donné à la Figure 3.

Caractéristiques fréquentables du signal

Le temps de montée et la durée des pics du signal cavitaire sont beaucoup plus courts que dans le reste du mécanogramme. Le signal cavitaire a donc des composantes de fréquence plus élevées. On peut donc dire que l'énergie efficace est indirectement liée par le phénomène enregistré.

Par rapport à d'autres techniques (accéléromètres etc...), notre sonde a l'avantage de mesurer des vibrations de très faible amplitude (100 nm), avec une bande passante étendue (plus de 1 KHz).

2-3) DISCUSSION SUR LE SIGNAL

Quelle articulation interfacettaire est concernée ?

Celle du côté manipulé ou non ? Cette question n'apparaît pas primordiale si on admet que l'impulsion est transmise à travers un solide indéformable qu'est la vertèbre. En fait la différence est qu'une absorption d'énergie peut se produire dans chacune des trois articulations (arthrodie exposée directement, disque hydrodynamique, arthrodie controlatérale) rendant l'hypothèse cavitaire probable au sein de l'articulation directement concernée, avant l'amortissement discal !

L'enregistrement à distance de la source.

Quelle diffusion du signal à travers les plans de recouvrement ? Quelle

influence de la cellulalgie sur le signal recueilli ? Quel rôle de la morphologie de l'articulation, provoquant un contact en film fin avec bâillement ou au contraire avec roulement-glisement préservant le parallélisme de l'interligne. Notre prochaine étape de travail prévoit

Les enregistrements parallèles

On peut affectuer simultanément des enregistrements avec d'autres moyens : accéléromètres, capteurs de force, ...

3) INTERPRETATION ET L'EXPLOITATION DE CE SIGNAL

3-1) PLAIDOYER POUR UNE ANALYSE QUALITATIVE

Nous avons une possibilité d'exploiter ce signal en tant que reflet de l'énergie apportée au niveau de l'articulation. Néanmoins nous proposons une exploitation qualitative et non quantitative.

En effet plusieurs assimilations successives gênent toute recherche d'une loi de comportement :

- l'effet seuil, la sphéricité approximative des articulations, la nature et la quantité des gaz dissous, le comportement du film articulaire, tous facteurs variables relativement à l'articulation manipulée,
- l'angle d'application, le front impulsionnel de l'impact, et les relations précharge-impact, facteurs variables relativement au manipulateur, et même pour le même opérateur dans le temps.

L'effet seuil résume toutes les autres variables aléatoires, du moins peut-on le supposer tant qu'il n'a pas été établi une loi prévisionnelle du seuil

pour qu'il y ait cavitation. Autrement dit une relation entre un seuil donné et le pic de force n'est ni temporellement, ni proportionnellement établie.

L'appréciation qualitative est intéressante : certains sujets, certains niveaux, certaines techniques facilitent l'apparition de ces bruits. En ce sens les constatations radiographiques sur les congruences ou incongruences articulaires, les suspicions cliniques ou en imagerie d'une hypermobilité pourraient être reprises rétrospectivement avec le seuil de cavitation lors des pratiques de manipulation. La facilité avec laquelle on obtient le craquement, son aptitude à se reproduire, sa survenue sur de simples mobilisations ou lors d'une mise en tension, pourraient traduire la capacité à créer des modifications pressionnelles au sein de l'enceinte articulaire. Il existe ainsi une mise en relation possible avec les conditions de mobilité sur une articulation dégénérative, ou congénitalement mal formée. A l'inverse chez un sujet apte à créer le phénomène, la disparition de celui-ci à un niveau précis mériterait le même type de confrontation.

3-2) LES DEVENIRS DE L'ÉNERGIE

Le geste manipulatif apporte une énergie pour laquelle nous ne voyons que trois issues :

- une énergie mécanique qui sert à contraindre une surface d'appui et à gauchir une forme articulaire, confrontée à la fois aux résistances viscoélastiques et au comportement plastique,
- favorisant un déplacement plan/plan de structures considérées comme non déformables.
- l'énergie peut également être thermique.

Dans la première et plus encore la seconde hypothèse des allonge-

ments de structures interviennent, faisant envisager une voie indirecte de sollicitation des tensorécepteurs.

Mais directement ou indirectement les stimuli destinés aux récepteurs de l'UVF semblent plausibles. Les auteurs qui s'attachent à la douleur comme moyen d'indiquer et de juger les effets des manipulations peuvent alors logiquement construire des hypothèses d'action. Ceux qui privilégient l'effet direct, la douleur n'étant qu'un témoin d'ailleurs infidèle et versatile des dysfonctionnements articulaires, peuvent aussi tenter d'interpréter cet effet.

Toutes ces voies de conversion de l'énergie externe entraînent une modification tensionnelle intra-articulaire suffisante pour obtenir le phénomène à l'origine du bruit. Le principe de la conservation d'énergie entre deux états d'équilibre nous fait envisager trois possibilités :

- des vibrations qui excitent des mécanorécepteurs, et/ou des récepteurs polymodaux,
- une utilisation dans une chaîne physico-chimique aboutissant à un signal chimique intra-articulaire
- la création d'une énergie thermique qui aurait sa propre chaîne de réaction !

Tous ces mécanismes, direct pour le premier, indirect pour les autres sont susceptibles de provoquer des réactions physico-chimiques directes sur l'atmosphère articulaire, indirectes sur les muscles en cas de déplacement suffisant des insertions. Le terme de suffisant recouvre ici autant la puissance que l'amplitude de l'événement.

3-3) LE ROLE DU POSITIONNEMENT ET DU MODE DE RECRUTEMENT

Trois cas de figures sont intéressants :

le bruit semble très important relativement à l'impulsion produite (différence précharge-charge) ou même survient lors de la mise en tension (vitesse plus modérée !) : les conditions intra-articulaires propres à créer des flux sont faciles, et du moins entre les deux états d'équilibre (initial-final) de profonds remaniements intra-articulaire ont eu lieu !

Pour un manipulateur d'une expérience donnée, le fait que certains niveaux soient plus spectaculairement audibles suggère que des contraintes y sont plus faciles à générer. Le peu de mobilité, un appui direct puissant, le changement d'état franc par rapport à l'équilibre initial accentuent le phénomène. Les sacroiliaques montrent bien qu'il ne s'agit pas toujours d'interfaces sphériques.

Dans leur discussion Conway et coll. avaient implicitement cette orientation : ils ont pu observer des cavitations se produisant après le pic de force ; ils en concluaient que le phénomène est alors non lié aux seules forces externes. c'est donc bien l'organisation des rapports au sein de l'articulation et la persistance de phénomènes internes qui peuvent expliquer la cavitation.

3-4) QUELQUES PERSPECTIVES

Les auteurs n'en parlent pas mais on peut remarquer que la mobilité passive affichée dans les articulations est fondamentalement différente ⁽³⁾ ; de même le compromis intra-articulaire de l'Unité Vertébrale Fonctionnelle dont les possibilités sont résumées par le lieu des centres instantanés de rotation. Le recrutement et la mise en tension interviennent ainsi comme le choix temporaire d'un de ces compromis, conditionnant la répartition de l'énergie externe selon les 3 issues possibles, notamment en créant un équilibre plus ou moins stable : tendance cisaillement ou tendance décoaptation ? ⁽⁴⁾.

S'agissant de juger du mode d'action des manipulations, le caractère aléatoire du bruit apparemment indépendant du succès (mais est-il vraiment mesuré ?) ne semble pas plaider pour une relation de cause à effet : nous n'en sommes pas sûrs si nous reprenons l'argumentaire de la réflexion que nous menons depuis plusieurs années relativement aux effets immédiats et différés du geste manipulatif ⁽²⁾.

Les craquements en chapelet nous semblent aussi intéressants : quelle relation temporelle entre impact et localisation des cavitations successives ? Quelle relation avec l'évolution de la compliance locale des tissus mous ?

Enfin une autre question pourrait être abordée par ce biais : les relations d'énergie entre techniques directes, semi-directes, appui contrariant ou appui assitant, etc... Les auteurs canadiens cités ont d'ailleurs imaginé cette technique comme un véritable bio-feedback à usage pédagogique.

CONCLUSION

Phénomène physiquement complexe, la cavitation entretient avec la manipulation des rapports ambigus : "le craquement ne prouve pas que la manipulation ait réussi" ⁽⁴⁾. L'utilisation d'un banc d'enregistrement des bruits articulaires nous a déjà permis d'observer un signal conforme à la littérature mais d'excellente qualité. Le plus important pour l'avenir, nous semble l'appréciation des relations entre le mode de précontrainte de l'articulation (impaction, distraction) la sélectivité de la zone où le signal est recueilli, la relation avec les modifications observées, autant de pistes pour apprécier l'intérêt éventuel de cette méthode.

BIBLIOGRAPHIE

1) Conway P.J., Herzog W., Zhang Y., Hasler E.M., Ladky K.

Forces required to cause cavitation during spinal manipulation of the thoracic spine.
Clin. Biomech 1993 ; 8 : 210-214.

2) Cornu J.Y., Guyot J.

Bases neurophysiologiques et effets des manipulations vertébrales.
Communication au Congrès de la FEMM-Ostéo 93, Lyon Septembre 1993 (non publiée).

3) Cornu J.Y., Gharbi T., Courteville A., Guyot J.

Aufnahme des Lärms eines Gelenks bei einer Bewegungstherapie : ein Beitrag zur Erläuterung der Wirkungsart der manuellen Therapie.
Manuelle Medizin 33 (2) April 1995 p. 62.

4) Maigne J.Y., Guillon F.

Effet des manipulations sur le segment mobile lombaire ; Réflexions sur leur mode d'action, pp 78-84
in les manipulations vertébrales, coll de pathologie locomotrice, 29, Masson, Paris, 1994, 324 p.

5) Maigne R.

Diagnostic et traitement des douleurs communes d'origine rachidienne.
Expansion scientifique, 1989, p. 173.

6) Meal G.M., Scott R.A.

Analysis of the joint crack by simultaneous recording of sound and tension.
J Manip Physiol Ther 1986, 9 : 189-95.

7) Mierau D., Cassidy J.D., Bowen V., Dupuis P., Noftall F.

Manipulation and mobilization of the third metacarpophalangeal joint.
J Man Med 1988, 3 : 135-140.

8) Roston J.B., Haines R.W.

Cracking in the metacarpophalangeal joint.
J. Anat., 81, 1947 : 165.

9) Triano J.J., Schultz A.B.

Cervical spine manipulation : applied loads, motions and myoelectric responses.
Proceedings of the 14th Annual meeting of the ASB, Miami, Florida, 14 : 187-188, 1990.

10) Unsworth A., Dowson D., Wrigh V.

Cracking joints.
Ann Rheum Dis, 1971 : 30, 348-358