

Identifier le chaos au sein d'une activité cardiaque : le bon objectif?

E. Roulin, U. Santos Freitas, & C. Letellier

CORIA UMR 6614 — Université et INSA de Rouen, BP. 12, 76801 Saint-Etienne du Rouvray cedex
roulin@coria.fr

De nombreuses études ont déjà tenté d'extraire le caractère chaotique du rythme cardiaque. La plupart d'entre elles utilisent des critères géométriques tels que les dimensions de corrélation ou les exposants de Lyapunov ([1,2], entre autres). Ces techniques sont cohérentes lorsque le comportement présente un déterminisme sous-jacent clair, mais ne peuvent pas, à elles seules, être concluantes quant à la présence ou non de chaos [3,2]. L'analyse de données supplétives [4] peut être utilisée pour détecter une non-linéarité sous-jacente à la dynamique ou, lorsqu'elle est associée à une technique de modélisation globale, pour détecter un déterminisme sous-jacent [5]. Mais là encore, il est impossible de conclure quant à la présence de chaos au sein de la dynamique étudiée.

Un comportement chaotique se doit d'être décrit comme des "fluctuations produites par des **lois déterministes**, qui néanmoins conduisent à une dynamique irrégulière, et imprévisible à long terme [6]. Ainsi, avant d'affirmer la présence de chaos, il est nécessaire d'identifier clairement un déterminisme sous-jacent à la dynamique étudiée, soit des équations déterministes par exemple. Aucun des articles cités précédemment n'a procédé à cette identification préalable du déterminisme au sein du rythme cardiaque, et les outils d'analyse actuels issus de la théorie des systèmes dynamiques non linéaires ne permettent pas de répondre de façon satisfaisante à cette question, aucun modèle global stable produisant une dynamique plus riche qu'un cycle limite de période 1 n'ayant été obtenu [7].

Un autre aspect, plus simple, de la question est de détecter un processus non linéaire contribuant au développement de la dynamique. À partir d'une analyse sur les ΔRR , permettant de s'affranchir de la variabilité sinusale lente du rythme cardiaque, nous avons procédé à la discrimination de trois catégories de sujets (sains, insuffisants cardiaques ou en fibrillation atriale), et nous avons montré qu'il était fort probable qu'un processus non linéaire sous-jacent intervienne dans la dynamique cardiaque présentée par les sujets sains ou insuffisants cardiaques, tandis que la fibrillation résulterait d'un processus purement stochastique. Nos résultats montrent également une composante déterministe dans le processus d'extra-systole rencontré chez les sujets insuffisants cardiaques. Ainsi, bien qu'un comportement chaotique n'ait été démontré, il est possible d'utiliser la théorie des systèmes dynamiques non linéaires pour distinguer des sujets sains de patients atteint de pathologies cardiaques à partir de la variabilité cardiaque.

Références

1. J.E. SKINNER, C. CARPEGGIANI, C.E. LANDISMAN & K.W.FULTON, Correlation dimension of heart beat intervals is reduced in conscious pigs by myocardial ischemia, *Circulation Research*, **68**, 966-976, 1991.
2. S. Guzzetti, M. G. Signorini, C. Cogliati, S. Mezzetti, A. Porta, S. Cerutti & A. Malliani, Non-linear dynamics and chaotic indices in heart rate variability of normal subjects and heart-transplanted patients, *Cardiovascular Research*, **31**, 441-446, 1996.
3. J. K. Kanters, N.-H. Holstein-Rathlou & E. Agner, Lack of evidence for low-dimensional chaos in heart rate variability, *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, **5**, 591-601, 1994.
4. J. Theiler, A. Logtin, S. Eubank, B. Galdrikian & J. D. Farmer, Testing for nonlinearity in time series : the method of surrogate data, *Physica D*, **58**, 77-94, 1992.
5. M. E. D. Gomes, A. V. P. Souza, H. N. Guimarães & L. A. Aguirre Investigation of determinism in heart rate variability, *Chaos*, **10** (2), 398-410, 2000.
6. L. Glass, Chaos and heart rate variability, *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, **10**, 1358-1360, 1999.
7. C. Letellier, L. A. Aguirre & U. S. Freitas Frequently Asked Questions about global modelling, *Chaos*, submitted.