

Hervé Rix<sup>1</sup>

*Coopération franco-polonaise dans le domaine  
du Biomédical : 12 ans de collaboration  
(1997-2008) entre l'Institut de Biocybernétique  
et Génie Biomédical de Varsovie et le Laboratoire  
d'Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia  
Antipolis*

**1. Le cadre de la collaboration**

La collaboration qui couvre la période 1997-2008, se fait dans le cadre des accords bilatéraux de Recherche Scientifique entre le CNRS et l'Académie Polonaise des Sciences. Elle est animée par M. le Professeur Roman MANIEWSKI, responsable du département « Bio mesures et Bio contrôle » du côté polonais, et M. le Professeur Hervé RIX, responsable du groupe BIOMED, du côté français. Le domaine concerné est principalement l'analyse et le traitement des signaux d'ElectroCardioGraphie (ECG) à Haute Résolution (HR). Récemment, se sont ajoutés les signaux provenant de la mesure de flux sanguins par Laser-Doppler ainsi que de l'imagerie médicale par spectroscopie proche Infrarouge.

**2. Les points marquants de la collaboration**

La première moitié de la période 1997-2008, a été consacrée à l'analyse fine du signal ECG HR sur une dérivation, ou sur le module du vecteur reconstruit à partir des trois dérivations orthogonales, afin de caractériser les irrégularités du signal qui peuvent indiquer un risque de tachycardie ventriculaire. Ces études prolongeaient des travaux sur la détection et la caractérisation des Potentiels Tardifs, en relation avec la prévention de la Mort Subite, qui avaient mobilisé nombre de chercheurs pendant deux décennies. Les

<sup>1</sup> (ndr) Laboratoire d'Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia Antipolis (I3S), UMR 6070, Université de Nice-Sophia Antipolis & CNRS, Sophia Antipolis, France.

résultats ont donné lieu à plusieurs publications communes, dont quatre internationales [1, 2, 3, 4]. Le point le plus marquant est la proposition d'un indice d'irrégularité (Irregularity Factor) [2] qui reflète, pour la première fois de façon quantitative, les variations d'une représentation temps-fréquence par ondelettes et qui soit fortement corrélé à un diagnostic de tachycardie ventriculaire, en particulier après un infarctus du myocarde.

En conservant l'objectif de fournir des outils d'aide au diagnostic pour des patients atteints de pathologies cardiaques, la collaboration s'est centrée sur l'analyse des signaux ECG HR obtenus à partir d'un système à 64 électrodes, dédié à la cartographie à la surface sur corps du potentiel électrique cardiaque (BSPM, pour body surface potential mapping en anglais). L'étude a essentiellement porté sur l'analyse et la classification des formes des ondes ECG. La forme étant le profil de l'onde modulo une translation et un facteur d'échelle sur le temps, la partition d'un ensemble d'ondes en classes de formes différentes a nécessité la définition d'une distance entre formes et d'un procédé de calcul d'un centre de gravité de chaque classe. Le résultat important obtenu concerne la dispersion spatiale des formes d'un type d'onde de l'ECG. En particulier la dispersion de forme de l'onde T est significativement augmentée par la présence d'un infarctus du myocarde, par rapport à un témoin sain [9, 11]. Le phénomène existe, à un moindre degré sur le complexe QRS [8, 10]. Le poster présenté à Prague et illustrant les résultats sur la dispersion spatiale des formes d'onde est joint en annexe.

#### *Retombées de la collaboration :*

\* Thèses de Doctorat (PhD)

Les travaux effectués en collaboration avec les deux équipes ont participé à la réalisation de 3 thèses. Deux du côté polonais : celle de Piotr LEWANDOWSKI (2002) relative à la première partie de la collaboration, et celle de Małgorzata FERENIEC concernant le mapping cardiaque (2008) ; une du côté français : celle de Balkine KHADDOUMI (2005)[11] dont la moitié est constituée par la méthodologie de l'analyse de forme et son application aux données de cartographie cardiaque fournies par l'équipe polonaise.

\* ICB :

Le Centre International de Biocybernétique (ICB en anglais) de Varsovie, qui dépend de l'Académie Polonaise des Sciences, a pour mission principale l'organisation de Séminaires Internationaux regroupant des spécialistes invités sur un sujet relevant du domaine biomédical. Dirigé par son fondateur, M. le Professeur Maciej NAŁĘCZ, il a un Conseil Scientifique international qui se réunit une fois par an. Depuis 2002, M. le Professeur H. RIX fait partie de ce conseil comme représentant de la Faculté des Sciences de Nice. Le 20<sup>e</sup> anniversaire de ce centre a donné lieu à une journée commémorative (mai 2008) et à l'édition d'un livret [12] où sont recensés les 101 séminaires couvrant cette période, des lettres de témoignage (dont une de H. RIX) ainsi que des rapports sur les « Groupes d'Étude », correspondant à des sujets récurrents comme celui qui correspond à notre collaboration « High Resolution ECG and MCG ». De plus, un nouveau thème de séminaire, sur la variabilité des signaux biomédicaux, proposé par l'équipe française, a été accepté. Le premier séminaire a eu lieu en novembre 2008 : des informations sur les thèmes abordés et les conférenciers invités sont disponibles sur le site du laboratoire I3S, [www.i3s.unice.fr](http://www.i3s.unice.fr)

### 3. Perspectives

Un nouveau projet de collaboration est à l'étude, pour démarrer en 2010, principalement orienté vers l'utilisation de techniques optiques comme la spectroscopie proche infrarouge pour l'observation et l'analyse du flux sanguin. Ces techniques récentes, développées notamment à l'Institut de Biocybernétique et Génie Biomédical de Varsovie par l'équipe de M. le Professeur Adam LIEBERT, sont totalement non invasives, ne nécessitant l'absorption d'aucun agent de contraste. Une des applications visées est le contrôle en temps réel de l'oxygénation du sang lors d'une opération du cerveau. L'extraction d'informations à partir du signal recueilli est fondée sur les propriétés de diffusion des photons dans un liquide plus ou moins homogène en relation avec les paramètres physiques du milieu en termes d'absorption et de diffusion. L'équipe française espère apporter sa contribution à la modélisation et au traitement des signaux. Une publication commune sur ce sujet (Laser-Doppler spectrum decomposition applied for estimation of speed distribution

of particles moving in multiple scattering medium) apparaîtra en 2009 dans la revue *Physics in Medicine and Biology*.

## Références

- [1] LEWANDOWSKI P., MESTE O., MANIEWSKI R., RIX H., MROCZKA T., « Analysis of High Resolution ECG signals using Wavelet Transform ». 25<sup>th</sup> International Congress on Electrocardiology, Budapest, Hungary, June 3-6, 1998, p. 46.
- [2] LEWANDOWSKI P., MESTE O., MANIEWSKI R., MROCZKA T., STEINBACH K., RIX H., « Risk evaluation of Ventricular Tachycardia using Wavelet Transform irregularity of the High-Resolution electrocardiogram ». *Med. Biol. Eng. & Comput.*, 2000, Vol. 38, N°6, pp. 666-673.
- [3] MROCZKA T., LEWANDOWSKI P., FERENIEC M., MANIEWSKI R., STEINBACH K., MESTE O., RIX H., « Comparison of various methods of HRECG analysis in discrimination of post-infraction patients prone to ventricular tachycardia and fibrillation ». 10<sup>th</sup> Alpe Adria Cardiology Meeting, Vienna, Austria 2002, pp. 65-66.
- [4] MESTE O., RIX H., MANIEWSKI R., « An alternative to the classical filtering of the ECG signal : a polynomial approach based on shape features », *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 2003, Vol. 23, N°1, pp. 27-39.
- [5] FERENIEC M., KARPIŃSKI G., MANIEWSKI R., OPOLSKI G., RIX H., ZBIEĆ A., « Analysis of T-wave shape variability in HRECG mapping », *Technol. and Health Care*, 2004, 2, pp. 125-126.
- [6] RIX H., KHADDOUMI B., FERENIEC M., MANIEWSKI R., MESTE O., KACPRZAK M., « Spatial variability analysis of the 64 channel ECG recordings : applications to T-wave », *Lecture notes of the ICB, Seminar on High Resolution ECG and MCG Mapping*, Ed. De Ambroggi, T. Katila, R. Maniewski, Warsaw, 2004, pp. 53-61.

- [7] KHADDOUMI B., RIX H., MESTE O., FERENIEC M., MANIEWSKI R., « Measuring spatial variability of P and T wave shapes, through multi channel records ». Internat. Conf. on Signal and Electronic Systems, Poznań, Poland, Sept. 2004, pp. 147-150.
- [8] KHADDOUMI B., RIX H., MESTE O., FERENIEC M., MANIEWSKI R., « Spatial shape variability of ECG waves ». The 3<sup>rd</sup> European Medical and Biological Engineering Conference, EMBEC'05, Prague, Czech Republic, Nov. 20-25, 2005, CD-ROM, 4 pages.
- [9] KHADDOUMI B., RIX H., MESTE O., FERENIEC M., MANIEWSKI R., « Body Surface ECG Signal Shape Dispersion », IEEE Trans. Biomed. Eng., 2006, Vol. 53, No. 12, pp. 2491-2500.
- [10] KHADDOUMI B., RIX H., FERENIEC M., « New mathematical methods in analysis of High Resolution Electrocardiography Mapping », Lecture notes of the ICB, Seminar on High Resolution ECG and MCG Mapping, Warsaw, 2007.
- [11] KHADDOUMI B., « Analyse et modélisation de l'activité électrique du cœur dans le cas de pathologies ventriculaires ». Thèse de Doctorat Sciences, mention « Automatique et Traitement du Signal et des Images », Université de Nice-Sophia Antipolis, juin 2005.
- [12] 20 Years Activities of the International Centre of Biocybernetics, Polish Academy of Sciences, 1988-2008, Publisher EXIT, [www.exit.pl](http://www.exit.pl).