

PREVENTION NEONATALE - Nouveau système de détection des anomalies cardiaques du fœtus dès le cinquième mois de grossesse

Des chercheurs du Gipsa-lab Département Images-Signal (Grenoble, France) et du MIT Division of Health Sciences and Technology (Boston, Etats-Unis) viennent de mettre au point un nouveau système de monitoring capable d'extraire avec une grande précision le rythme et la forme du signal cardiaque du fœtus. Ce système permet un diagnostic prénatal très précis des anomalies cardiaques du fœtus dès le 5^e mois de grossesse et une meilleure prévention des complications à l'accouchement.

Le rythme cardiaque indique l'état de santé du fœtus

L'observation des battements de cœur du fœtus est utile pour détecter les anomalies de son rythme cardiaque qui peuvent être signes de détresse vitale. Si ces anomalies sont détectées suffisamment tôt pendant la grossesse, il est possible de prévenir les complications à l'accouchement et de sauver la vie du bébé. Ces complications peuvent être dues à des malformations cardiaques congénitales (première cause de décès des nouveaux-nés), à certaines infections ou à une baisse d'oxygénation par étouffement par le cordon ombilical.

Or, aujourd'hui, il n'existe aucun moyen pour observer avec précision les faibles battements de cœur du fœtus et détecter d'éventuelles anomalies cardiaques avant l'accouchement.

Quelles sont les techniques disponibles aujourd'hui ?

- L'échographie est un capteur d'ultrasons qui permet de détecter les battements cardiaques du fœtus très tôt dans la grossesse mais il n'est pas assez sensible pour détecter les infimes variations de son rythme cardiaque.
- L'électrocardiographie (ou ECG) enregistre, à l'aide d'électrodes placées sur le ventre de la mère, l'activité électrique du cœur. Or, les signaux cardiaques du fœtus récupérés sont trop faibles par rapport à ceux de la mère et sont parasités par les bruits environnants tels que les signaux électriques de l'activité musculaire.

Le nouveau système développé

Le nouveau système proposé aujourd'hui repose sur les travaux de recherche en traitement du signal(1) de Reza SAMENI, doctorant de Grenoble INP au laboratoire Gipsa-lab* (Grenoble, France). Celui-ci a développé de nouvelles techniques de modélisation et de filtrage des signaux d'ECG du fœtus enregistrés par un réseau d'électrodes placées sur le ventre maternel.

Dès le deuxième trimestre de sa grossesse, la future maman pourra porter une large ceinture autour de son abdomen muni de plusieurs électrodes ECG : le prototype dispose de 32 électrodes actuellement, mais ce nombre devrait être plus faible dans le dispositif final. Les données enregistrées sous des angles différents par les électrodes sont ensuite intégrées à un moniteur et analysées avec le nouvel algorithme, qui, à son tour, sépare les différents signaux. Au final, le praticien obtient une représentation très précise des signaux utiles pour observer les activités cardiaques du fœtus sans craindre de passer à côté d'une anomalie.

L'idée de base derrière ces nouvelles méthodes consiste à utiliser les informations *a priori* des signaux cardiaques, tels que leur quasi-périodicité, afin d'améliorer les performances des méthodes existantes et de concevoir de nouvelles techniques de filtrage qui sont spécifiques aux signaux cardiaques. Les méthodes proposées sont des combinaisons de modèles morphologiques de l'ECG, de techniques de filtrage bayésien *ad hoc* basées sur la théorie de l'estimation et de filtres spatiaux inspirés des techniques de séparation aveugle et semi-aveugle de sources.

D'autres perspectives d'utilisation

Le procédé pourra également être applicable aux signaux ECG multicapteurs chez l'adulte, et être utilisé en temps réel dans les systèmes de surveillance cardiaque.

D'autres modalités de surveillance cardiaque telle que la magnétocardiographie (MCG, morphologiquement similaire à l'ECG) pourront également bénéficier de cette méthode, et être utilisée dans l'extraction des signaux MCG de jumeaux par exemple.

Deux brevets viennent d'être déposés

Deux brevets issus de ces nouvelles méthodes ont été déposés : l'un concerne l'extraction du signal utile de l'ECG du fœtus, l'autre concerne le procédé d'élimination de tous les signaux parasites d'un signal biologique enregistré (qu'il soit issu de l'activité cardiaque ou autres).

Le développement en vue de la commercialisation d'un premier dispositif dédié à l'ECG du fœtus est actuellement assuré par la société américaine MindChild Medical Inc. qui en a acquis les droits d'exploitation.

LES PARTENAIRES

Ce projet de recherche s'est déroulé dans le cadre d'une étroite collaboration scientifique internationale rassemblant plusieurs acteurs et compétences :

- Christian JUTTEN, professeur à l'Université Joseph Fourier, chercheur au laboratoire Gipsa-lab (Grenoble, France), membre de l'Institut Universitaire de France, co-encadrant de la thèse de Reza SAMENI.
- Mohammad B. SHAMSOLLAHI, professeur à l'université de technologie de Sharif (Téhéran, Iran), co-encadrant de la thèse de Reza SAMENI.
- Gari CLIFFORD, chercheur au Laboratory for Computational Physiology au Harvard-MIT Division of Health Sciences (Boston, Etats-Unis)
- Adam WOLFBERG, obstétricien au Tufts University School of Medicine (Boston, Etats-Unis)

Reza SAMENI a bénéficié d'une **Bourse d'excellence EIFFEL** du Ministère des affaires étrangères et européennes du gouvernement français. Destinées à des doctorants de haut niveau, ces bourses d'excellence, extrêmement sélectives, permettent de financer une mobilité de dix mois dans le cadre d'une co-direction de thèse dans le but de former les futurs décideurs étrangers.

Référence :

- (1) *Noninvasive Extraction and Processing of Fetal Cardiac Signals from an Array of Maternal Abdominal Recordings*, Sharif University of Technology - GIPSA-LAB, INPG, 2005-2008.

Under the joint supervision of Dr. M.B Shamsollahi and Prof. C. Jutten

La thèse est consultable sur : <http://tel.archives-ouvertes.fr/>

Contact chercheur : Christian JUTTEN christian.jutten@gipsa-lab.inpg.fr 04 76 57 43 51

Contact Gipsa-lab : Isabelle MAUGIS, isabelle.maugis@gipsa-lab.inpg.fr 04 76 82 62 10

* Gipsa-lab - Grenoble Images Parole Signal Automatique

Gipsa-lab est une unité mixte de recherche du CNRS et des universités de Grenoble (Grenoble INP, univ. Joseph Fourier et univ. Stendhal).

Le laboratoire mène des recherches théoriques et appliquées sur les **signaux et les systèmes** dans le but de fournir des dispositifs de décision, d'action et de communication viables, performants et compatibles avec la réalité physique et humaine. Ses compétences scientifiques s'appuient sur un socle de **théories en traitement de l'information et en contrôle/commande** pour le développement de nouveaux modèles et algorithmes, validés par des implémentations matérielles et logicielles.

De par la nature de ses recherches, GIPSA-lab **maintient un lien constant avec des applications** dans des domaines très variés : la santé, l'environnement, l'énergie, la géophysique, les systèmes embarqués, la mécatronique, les micro et nanosystèmes, les procédés et systèmes industriels, les télécommunications, les réseaux, les transports, la sécurité et la sûreté de fonctionnement, l'interaction homme-machine, l'ingénierie linguistique...

Organisé en 3 départements (Images-Signal, Parole-Cognition et Automatique) et 13 équipes de recherche, Gipsa-lab est un laboratoire de recherche de 300 personnes dont plus d'une centaine de chercheurs et enseignants-chercheurs et une centaine de doctorants.

<http://www.gipsa-lab.fr>