



L'ÉLECTROMAGNÉTISME, 150-1 UNE SCIENCE EN PLEINE ACTION !

Titre (*français*) : **Capteur de rythme respiratoire par une technique de mesure
RADAR CW: réalisation d'un démonstrateur**

Title (*English*): **CW RADAR based Human-breathing sensor: achievement of an
experimental prototype**

Riad Yahiaoui, Jean-Jacques Mbra*, Régis Chantalat**, Marc Jouvet*, Joël Andrieu*, Michèle Lalande**

*XLIM-OSA, 7 rue Jules Vallès, 19100 Brive la Gaillarde, jouvet@brive.unilim.fr

** CISTEME, Parc ESTER, 12 rue Gémini, 8700 Limoges

Mots-clefs: Radar, respiration

Keywords: Radar, human breathing

Résumé

En médecine, il est primordial d'avoir accès à différentes informations, comme la fréquence des mouvements respiratoires. La plupart des techniques de mesure existantes nécessitent le port d'un appareil, ce qui se révèle être invasif pour les patients. Ce problème devient critique lorsque le port de ces appareils est impossible (surveillance des grands brûlés) ou que celui-ci peut gêner ou modifier le comportement de la personne dont on souhaite réaliser la surveillance sanitaire. Pour contourner ces problèmes, nous proposons de réaliser une mesure sans contact en utilisant une mesure Radar. Ceci se traduit pour le patient par la possibilité de vaquer à ces occupations durant la prise de mesures et un confort amélioré.

1. Introduction

Depuis l'avènement des systèmes radars, un grand nombre de chercheurs ont su tirer profit de leur capacité de mesure sans contact, pour la mise en œuvre de systèmes de monitoring permettant de suivre les fonctions vitales de patients dans les milieux hospitaliers. Le radar Doppler, par exemple pour la mesure des mouvements respiratoires et cardiaques, a été introduit vers la fin des années 70, avec les travaux pionniers de J. C. Lin [1]. Depuis, la littérature scientifique fait part de travaux qui ont fortement contribué au développement et à l'essor que connaît de nos jours cette nouvelle génération de biocapteurs [2-14].

Placés au plafond d'une chambre d'hôpital, les systèmes RF biomédicaux ont pour objectif de suivre les rythmes cardiaques ou respiratoires de plusieurs patients en même temps. Il est également possible avec ces systèmes de donner l'alarme rapidement dans le cas d'apnée du sommeil ou du syndrome de mort subite chez les nouveaux nés. Une autre application est la surveillance des fonctions vitales du fœtus dans le ventre d'une mère lors de grossesses critiques. Dans un contexte quelque peu différent, ces systèmes RF biomédicaux sont actuellement étudiés pour une surveillance des zones de haute sécurité ou pour la recherche de survivants lors de séismes ou autre catastrophe. Pour cette dernière application, le système RF doit être capable d'assurer deux fonctions: la détection des signaux vitaux et la localisation d'une cible. Les systèmes radars utilisés peuvent être de nature pulsée ultra large bande, ou-bien à onde continue (CW). Ce dernier permet de mesurer le mouvement et la vitesse des cibles avec précision, ces systèmes sont bien adaptés pour la mesure du déplacement de la poitrine dû au battement de cœur et à la respiration. Pour s'inscrire dans cette dynamique de recherche, nous nous sommes proposés de réaliser un démonstrateur expérimental basé sur un radar mono-statique et monochromatique (fréquence de travail 5.8 GHz), pour la mesure du rythme respiratoire à plus bas coût possible.

2. Principe de mesure

Les mouvements de la cible, qu'ils soient respiratoires ou gestuel, provoquent par effet Doppler un changement de fréquence Δf . Une première approche consiste à multiplier une portion du signal incident par le signal réfléchi par la cible, par le biais du mélangeur. Un filtrage passe-bas permet d'obtenir au niveau du récepteur un signal variable au cours du temps, image des mouvements lents de la cible (voir Fig. 1(a)). Le traitement du signal permettra de distinguer les mouvements répétitifs (respiration) et les mouvements non répétitifs (gestes). Dans un souci d'obtenir un système beaucoup plus compact, nous avons proposé une seconde approche basée sur la détection directe de la réponse de la cible par Diode Gunn (Fig. 1(b)). La détection directe permet d'obtenir une tension continue lentement variable au cours du temps, correspondant à l'image des mouvements de la cible. Le choix de la fréquence de travail 5.8 GHz est bien évidemment poussé par la tendance à miniaturiser le système et l'appartenance à la bande ISM (Industriel, Scientifique, et Médical). En outre, il s'agit d'un standard bien connu avec une PIRE (puissance isotrope rayonnée équivalente) limitée à 200 mW (23dBm), en intérieur.

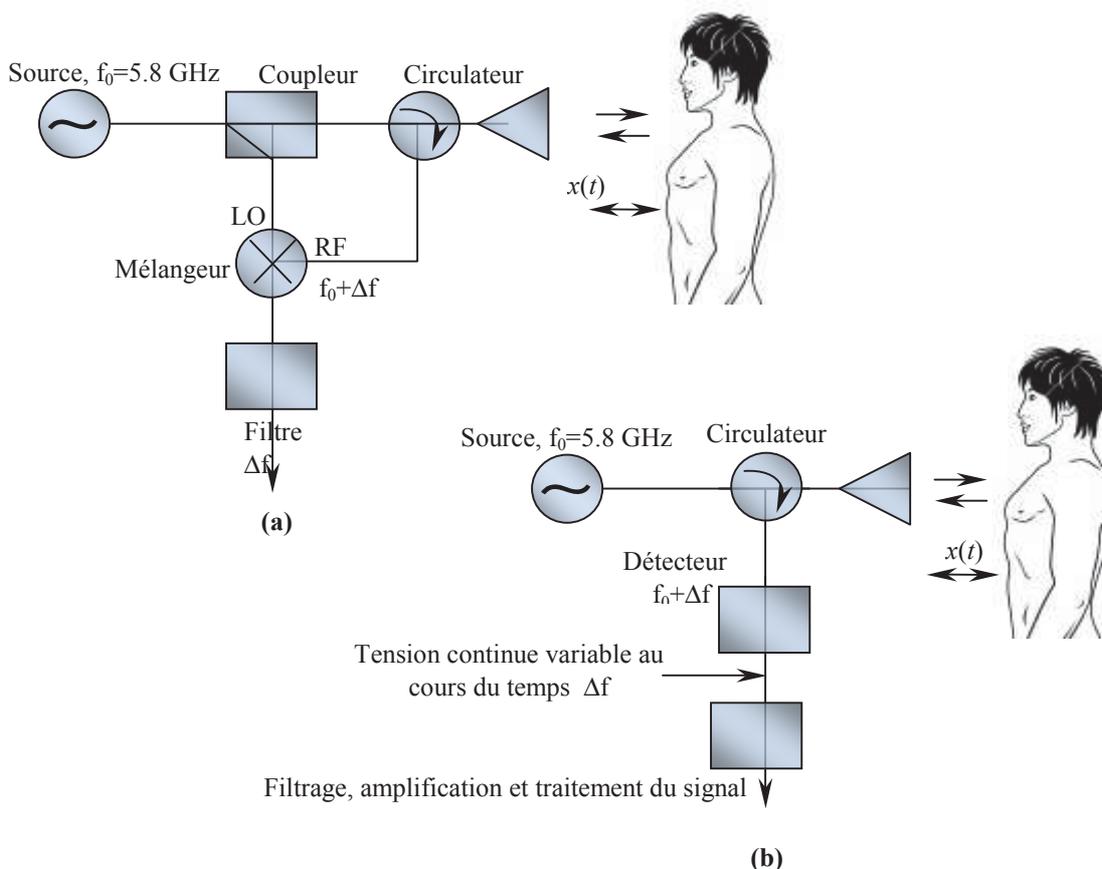


Fig. 1 : (a) Architecture standard du radar Doppler utilisé, (b) approche simplifiée et compacte de notre prototype

3. Exploitation des signaux détectés

Le banc de mesure conçu au laboratoire, comprend un oscilloscope numérique piloté par un ordinateur sous le logiciel Matlab. Ce dernier commande le paramétrage du numériseur, déclenche l'acquisition de la mesure et récupère les données.

Un traitement de signal approprié (transformée de Fourier et algorithme MUSIC) est appliqué sur le signal temporel recueilli quasiment en temps réel. La figure 2(a) présente un enregistrement du signal pendant 10s. La figure 2(b) montre la représentation de son contenu spectral. La durée de l'acquisition est de 10s, ce qui s'avère suffisant pour observer plusieurs cycles respiratoires. La fréquence fondamentale des mouvements respiratoires apparaît clairement dans le spectre.

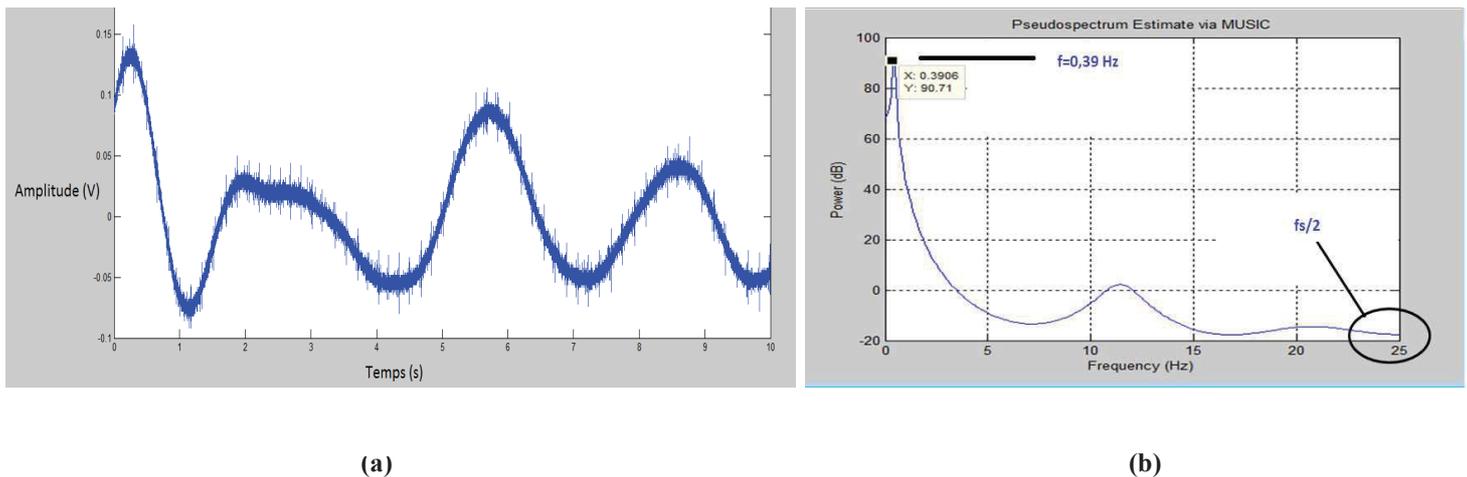


Fig. 2 : (a) signal temporel enregistré sur une fenêtre temporelle de 10 s, (b) contenu spectral du signal enregistré.

4. Conclusion et Perspectives

A ce stade ce démonstrateur est un outil de laboratoire. Les axes de développement futurs sont orientés vers la compacité et la discrétion, en favorisant les technologies d'antennes planaires. Il s'agit également de proposer des solutions technologiques permettant de s'affranchir de l'utilisation d'un ordinateur comme système d'acquisition et de traitement.

5. Remerciements

Ce projet est aidé par la Région Limousin (Projet TICAADOM).

Références bibliographiques

- [1] J. C. Lin, "Non-invasive microwave measurement of respiration," *Proceedings of the IEEE*, vol. 63, no. 10, p. 1530, 1975
- [2] J. C. Lin, E. Dawe, and J. Majcherek, "A noninvasive microwave apnea detector," in *Proceedings of the San Diego Biomedical Symposium*, 1977, pp. 441-443.
- [4] J. C. Lin, J. Kiernicki, M. Kiernicki, and P. B. Wollschlaeger, "Microwave apexcardiography," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol.27, no. 6, pp. 618-620, 1979.
- [5] K.-M. Chen, Y. Huang, J. Zhang, and A. Norman, "Microwave life-detection systems for searching human subjects under earthquake rubble or behind barrier," *IEEE Transactions of Biomedical Engineering*, vol. 47, no. 1, pp.105-114, 2000.
- [6] E. F. Grenaker, "Radar sensing of heartbeat and respiration at a distance with applications of the technology," in *Radar 97 Conference Proceedings*, 1997, pp.150-154.
- [8] J. Seals, S. R. Crowgey, S.M. Sharpe, "Electromagnetic vital signs monitor" Georgia Tech Research Institute Biomedical Division, Atlanta, GA, Final ReportProject A-3529-060, 1986.
- [9] T. Matsui, K. Hagsiawa, T. Ishizuka, B. Takase, M. Ishihara, and M. Kikuchi, "A novel method to prevent secondary exposure of medical and rescue personnel to toxic materials under biochemical hazard conditions using microwave radar and infrared thermography," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 51, no.12, pp. 2184-2188, 2004.
- [10] T. Matsui, H. Hattori, B. Takase, and M. Ishihara, "Non-invasive estimation of arterial blood pH using exhaled CO/CO2 analyzer, microwave radar, and infrared thermography for patients after massive hemorrhage," *Journal of Medical Engineering and Technology*, vol. 20, no. 2, pp. 97-101, 2006.
- [11] O. Boric-Lubecke, G. Atwater, and V. M. Lubecke, "Wireless LAN PC card sensing of vital signs," in *Proceedings of IEEE Topical Conference on Wireless Communications Technology*, 2003, pp. 206-207.
- [12] V. Lubecke, O. Boric-Lubecke, and E. Beck, "A compact low-cost add-on module for Doppler radar sensing of vital signs using a wireless communications terminal," in *The IEEE Microwave Theory and Techniques Symposium Digest*, 2002, pp. 1767-1770.
- [13] I. Y. Immoreev and S. Samkov, "Short-distance ultrawideband radars," *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 20, no. 6, pp. 9-14, 2005.
- [14] G. Ossberger, T. Buchegger, E. Schimback, A. Stetzler, and R. Weigel, "Noninvasive respiratory movement detection and monitoring of hidden humans using ultra wideband pulse radar," in *Proceedings of the International Workshop on Ultrawideband Technologies*, 2004, pp. 395-399.