

Mesurer la fréquence cardiaque du patient de façon non intrusive et non dérangeante

basé sur la thèse de doctorat de Sami M. Nurmi, Ingénieur essais, Murata Electronics Oy

par Joonas Makkonen, Responsable produit, Murata Electronics Oy,

Ulf Meriheinä, spécialiste des applications MEMS, Murata Electronics Oy

et Marika Juppo, directeur du développement commercial, Murata Electronics Oy

Les troubles du sommeil sont un phénomène qui ne cesse de croître dans notre société et qui, s'ils ne sont pas traités, peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'état de santé général et la qualité de vie d'un individu. Si beaucoup de problèmes de sommeil comme le stress au travail ou un deuil familial sont temporaires et avec des causes faciles à identifier, d'autres nécessitent une étude plus poussée du sommeil pour en cerner les origines profondes. La méthode établie pour effectuer une étude du sommeil est le test de polysomnographie (PSG), que l'on pratique de nuit, dans un laboratoire spécialisé en plaçant plusieurs capteurs sur le corps du patient. Médecins et techniciens dûment formés assurent le monitoring du patient et l'analyse des données, puis étudient visuellement le rythme du sommeil à partir des données enregistrées. L'ensemble du processus est à la fois coûteux, intrusif et dérangeant pour le patient. Nous sommes en effet nombreux à avoir des difficultés à dormir dans un lit qui n'est pas le nôtre.

Ces dernières années, une alternative au PSG, moins coûteuse et moins intrusive, a été mise au point. La balistocardiographie (BCG) fonctionne par mesure des efforts mécaniques fournis par le corps pendant le sommeil. Adaptées pour une utilisation à long terme, les données BCG sont collectées par un accéléromètre qui n'a pas besoin d'être physiquement relié au patient. Des essais cliniques récents réalisés par l'Aalto University School of Electrical Engineering en collaboration avec l'université de Turku, en Finlande, ont cherché à confirmer que par rapport à des données PSG standard, les données collectées par un capteur BCG sont suffisamment précises pour servir d'outil d'analyse du sommeil à domicile. Des essais nocturnes ont été effectués dans un laboratoire clinique du sommeil sur un échantillon de 20 personnes (17 hommes et 3 femmes) dans la tranche d'âge 24-

46 ans. Les personnes ayant un problème de sommeil préexistant, grandes consommatrices d'alcool ou de caféine et sous médicaments ont été écartées du test.



Figure 1 – Montage de l'essai clinique avec BCG et PSG

Un nœud de capteurs BCG Murata SCA11H fixé sous le matelas enregistre les mesures (Figure 1a). Deux nœuds ont en fait été utilisés au cours du test ; l'un pour les signes vitaux, et l'autre pour les signaux bruts de l'accéléromètre. En revanche, on note la complexité des capteurs de mesure PSG (Figure 1b). Les mesures sont effectuées par 18 capteurs au total : 6 pour l'activité cérébrale (électroencéphalographie - EEG), plus ceux qui enregistrent le mouvement des yeux (électro-oculographie - EOG), la tension musculaire (électromyographie - EMG), sans oublier la mesure de la fréquence respiratoire à l'aide d'une ceinture thoracique et de pinces nasales. La fonction cardiaque, elle, est enregistrée par électrocardiographie (ECG). Les indicateurs-clés que sont la fréquence cardiaque

(HR) et le rythme respiratoire (RR) sont calculés respectivement à partir de l'ECG et des relevés de la ceinture thoracique.

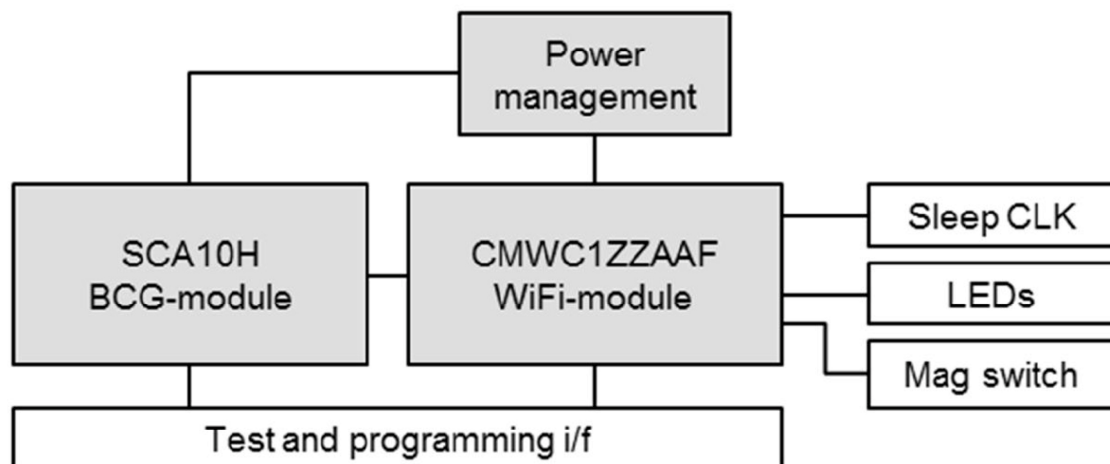


Figure 2 – Le nœud de capteurs BCG Murata SCA11H et son schéma de principe

Le capteur BCG sans contact Murata SCA11H se compose d'un module BCG Murata SCA10H avec accéléromètre à 1 axe, d'un module de communication wifi à la norme IEEE 802.11b/g/n et d'un microprocesseur hôte (voir Figure 2).

L'accéléromètre fonctionne à une fréquence d'échantillonnage de 1 kHz et présente une résolution de détection de 90 μ g. Le signal est traité à l'aide d'un algorithme breveté par Murata et transmet plusieurs paramètres à la seconde, parmi lesquels la fréquence cardiaque (HR), le rythme respiratoire (RR), le débit systolique (SV) et la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV). D'autres paramètres non critiques sont également indiqués, comme le taux d'occupation des lits, la force du signal ou l'horodatage.

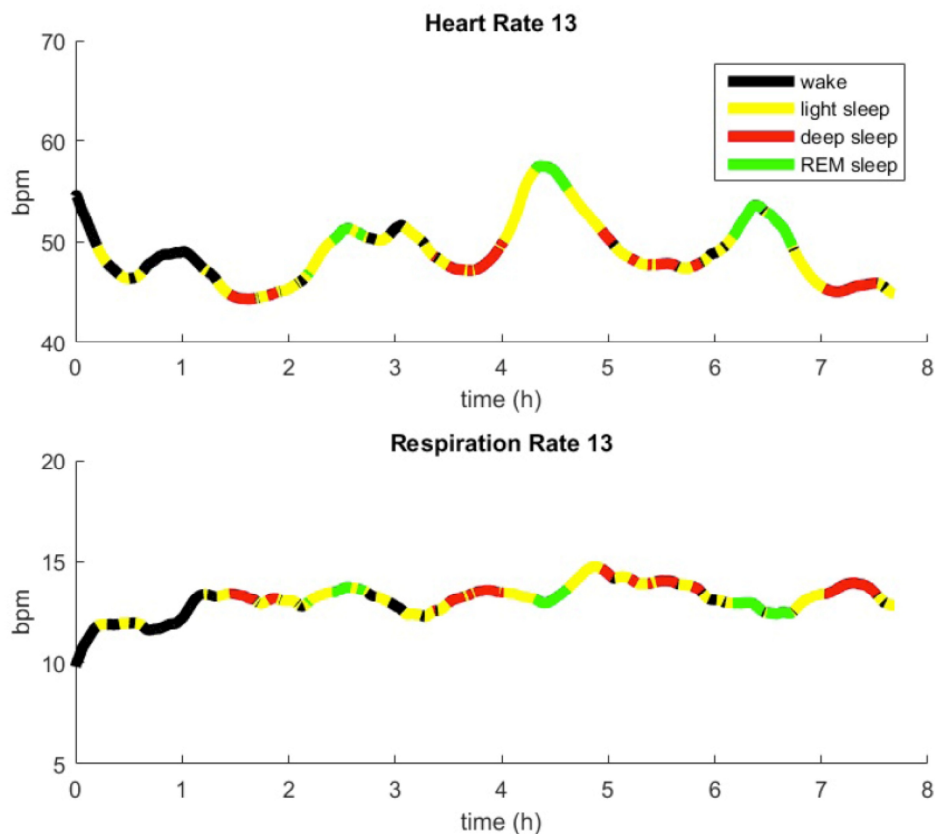


Figure 3 – Exemple de résultats provenant d'un seul test nocturne

Les tests indiquent que les résultats de la BCG sont précis et corrèlent bien avec ceux de la PSG. La Figure 3 montre les HR et RR enregistrés pendant une nuit. Il a été conclu que la BCG était une technique fiable d'analyse du sommeil. La Figure 3 montre que la fréquence cardiaque est élevée à l'état de veille et en phase de sommeil paradoxal par rapport aux sommeils léger et profond. La HRV est maximale en sommeil profond et minimale à l'état de veille et en phase de sommeil paradoxal. Il n'y a pas de réelle différence de RR lors des diverses phases du sommeil et la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) est à son niveau minimum pendant le sommeil profond et augmente durant les phases d'éveil et de sommeil paradoxal. Le capteur BCG a également enregistré les mouvements du patient pendant les mesures, ce qui, avec l'approche PSG, ne peut se faire que par observation visuelle. Les phases de sommeil ont été notées à partir des données PSG enregistrées et classées selon les critères de l'AASM (école américaine de médecine du sommeil).

Mesurant tout juste 83,7 x 40,7 x 17,6 mm, le nœud de capteurs SCA11H est logé dans un boîtier en plastique étanche IP55 avec une alimentation nominale de 9 Vcc. Le progiciel peut être mis à jour à distance (OTA). L'accès au module se fait en local par TCP/IP, et il peut être configuré pour envoyer directement les données au service cloud du client.

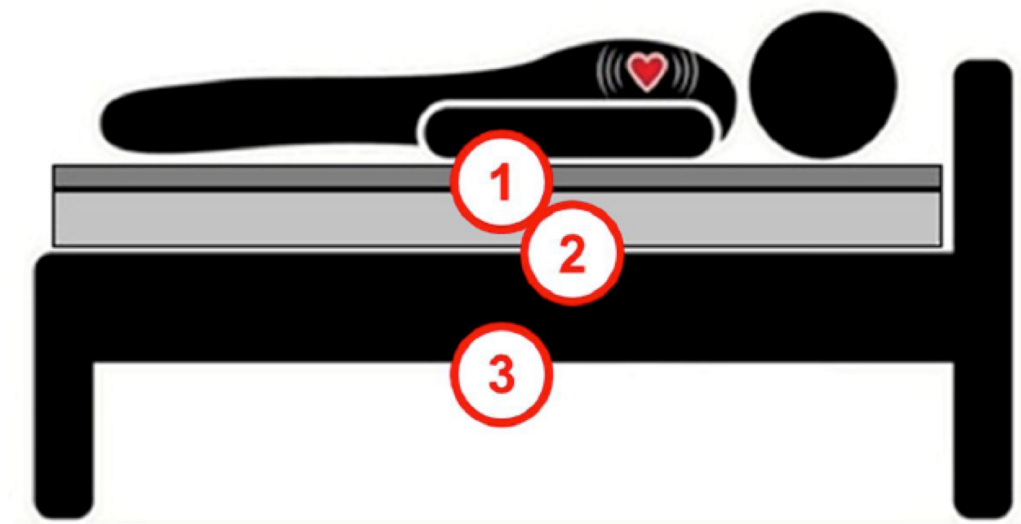


Figure 4 – Possibilités de fixation du BCG

La Figure 4 montre les points de branchement recommandés pour le BCG :

Position 1 : sous le matelas, si possible entre le matelas lui-même et le surmatelas.

Position 2 : haut du cadre de lit ; Position 3 : côté du cadre de lit.

Au cœur du nœud de capteurs SCA11H se trouve le module Murata SCA10H, qui renferme un accéléromètre MEMS à 1 axe. La communication avec le module MEMS s'effectue par une interface UART standard. Une spécification détaillée du protocole binaire précise le format des données et des trames de message

utilisées pour la communication UART. Le nœud SCA11H et le module SCA10H sont disponibles dès à présent. Le SCA11H est destiné aux fabricants de systèmes, alors que le module SCA10H vise des dispositifs plus variés.



Figure 5 – Module Murata SCA10H

Les essais cliniques comparatifs entre les méthodes de mesure de la fréquence cardiaque par PSG et BCG montrent que le BCG est une technique économique et discrète d'analyse du sommeil sur plusieurs nuits, qui peut se pratiquer à domicile, par exemple. Les résultats montrent que la mesure des paramètres HR et HRV par BCG est précise et corrélée aux données PSG. En conclusion, les produits BCG de Murata présentent la fiabilité nécessaire à l'analyse du sommeil.