Capteurs photopléthysmographiques

Chez les personnes sujettes à des risques cardiovasculaires, le suivi de la fréquence cardiaque est essentiel. Dans un contexte sportif, il devient indispensable. Nous nous sommes donc intéressées à l'étude de la Photopléthysmographie (PPG), une méthode optique simple employée pour détecter les variations de volume sanguin. Cette technique non envahissante effectue des mesures sur la surface de la peau, permettant de délivrer aisément ces données à son utilisateur.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe : Missamou Liane, Ongla Lou

Mots clés

Mots clés (en français)

Fréquence cardiaque
Photopléthysmographie
Capteur cardio optique
Ondes
Optique géométrique

Mots clés (en anglais)

Pulse rate
Photoplethysmography
Optical heart rate
Waves
Geometrical optics

Bibliographie commentée

La PPG est une technique qui peut être utilisée pour détecter les changements de volume sanguin dans les vaisseaux périphériques, et donner ainsi accès aux variations de fréquence. La fréquence cardiaque est en lien direct avec le cycle cardiaque. Le cœur étant une pompe, il se contracte à une fréquence bien déterminée, et envoie un certain volume de sang dans le reste du corps, alors l'absorption de la lumière augmente. A l'inverse, une diminution du volume sanguin dans les capillaires entraîne la baisse de l'absorption de la lumière. [1] La forme d'onde PPG mesurée comprend ainsi une forme d'onde physiologique pulsatile ("AC") qui reflète les changements synchrones cardiaques du volume sanguin à chaque battement de cœur, superposée à une ligne de base quasi-statique ("DC") beaucoup plus grande et variant lentement. La composante continue du signal du photopléthysmographe est fonction du flux sanguin sous l'appareil : chaque cycle cardiaque apparaît comme un pic sur le pléthysmogramme. [4]

La PPG repose sur les différences de sensibilité des différentes longueurs d'onde optiques pour le sang et les autres composants des tissus. Une étude de PPG a été réalisée sur des zones intra-abdominales de porcs, pendant des interventions chirurgicales, à différentes longueurs d'ondes [2].

Ainsi, en tant que technique optique, la PPG nécessite une source de lumière et un photodétecteur pour fonctionner. La source lumineuse éclaire le tissu et le photodétecteur détecte les variations d'intensité de la lumière réfléchie ou transmise associées aux changements de perfusion dans le volume de captation.

Un bon émetteur à utiliser dans un photopléthysmographe du flux sanguin cutané se situerait dans la gamme de fréquences de 600 à 700 nm. En effet, la longueur d'onde idéale pour le PPG doit avoir une plus grande absorption pour le sang que les autres composants tissulaires, afin de permettre un suivi précis des changements de volume sanguin dans le lit tissulaire microvasculaire. Les plus courtes longueurs d'ondes sont fortement absorbées par la mélanine, tandis que l'eau absorbe de la lumière dans l'infrarouge (IR). Par conséquent, les longueurs d'onde de l'ordre de 780 à 622 nm ou proche de l'infrarouge sont généralement utilisées comme source de lumière dans les capteurs PPG. [3] Cependant, par rapport à la lumière rouge/infrarouge, la LED verte présente une absorptivité beaucoup plus importante pour l'oxyhémoglobine et la désoxyhémoglobine, ce qui se traduit par un meilleur rapport signal/bruit (SNR) : elle permettait une détection plus précise de la fréquence du pouls que la lumière IR. [4]

Les techniques utilisées et leurs conditions d'application peuvent varier, il s'agit donc de déterminer celles dont l'efficacité sera maximum.

Des études comparatives peuvent être établies entre des sites cutanés sur un sujet ou entre des sujets. En effet, l'estimation de l'alimentation sanguine artérielle peut être influencée par divers facteurs : dissipation de chaleur par la peau, réactivité vasculaire dans diverses zones de peau, couleur de peau, etc. [5]

Problématique retenue

Notre sujet a pour objectif de répondre aux questions suivantes : Comment le capteur cardiaque optique permet-il de mesurer la fréquence cardiaque ? Comment adapter son fonctionnement pour maximiser la fiabilité des mesures ?

Objectifs du TIPE (au maximum 100 mots)

Dans le cadre de ce TIPE, nous nous proposons :

- De réaliser plusieurs expériences de mesure de fréquence cardiaque, et de les comparer, en mesurant leurs incertitudes
- D'étudier la méthode de photopléthysmographie, de réaliser des expériences avec un capteur cardio-optique, et d'en maximiser l'efficacité afin d'obtenir des résultats fiables

Liste de références bibliographiques (5 à 10 références)

[1] <https://en.m.wikipedia.org/wiki/Photoplethysmogram>

[2] López-Silva, Sonnia & Dotor, M.L. & Silveira, J. & Giannetti, Romano & Herrera, Luis. Fotopletismografía por reflexión con LEDs infrarrojos para evaluar órganos y tejidos intra-abdominales : estudio inicial en cerdos. Reflectance photoplethysmography with near infrared LEDs for the evaluation of intra-abdominal organs and tissues: initial study in pigs. *Optica Pura y Aplicada*, (2009).

[3] F. Bousefsaf. Mesure sans contact de l'activité cardiaque par analyse du flux vidéo issu d'une caméra numérique : extraction de paramètres physiologiques et application à l'estimation du stress. *Traitement du signal et de l'image*. Université de Lorraine, 2014.

[4] A. A. R. Kamal, J. B. Harness, G. Irving, A. J. Mearns, "Skin photoplethysmography - a review", *Computer Meth. Prog. Bio.* 28, 257-269 (1989).

[5] Alrick B. Hertzman. The blood supply of various skin areas as estimated by the photoelectric plethysmograph. (1938)