



Université Claude Bernard Lyon 1
INSTITUT DES NANOTECHNOLOGIES DE LYON, UMR CNRS 5270
Equipe Capteurs Biomédicaux

Professeur Norbert NOURY
Université de Lyon
INL, site INSA Lyon
Bât. Léonard de Vinci
Av. Jean Capelle
69621 Villeurbanne

Université de Lorraine
Ecole Doctorale IAEM
Ile du Saulcy
B.P. 80794
57012 Metz cedex 01

Lyon, le lundi 10 novembre 2014

Rapport sur le manuscrit intitulé « **Mesure sans contact de l'activité cardiaque par analyse du flux vidéo issu d'une caméra numérique - Extraction des paramètres physiologiques et application à l'estimation du stress** » présenté par Monsieur Frédéric BOUSEFSAF, pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Lorraine, en spécialité « Génie Informatique, Automatique et Traitement du Signal ».

Les travaux de thèse de Monsieur Frédéric BOUSEFSAF se situent dans le domaine de l'acquisition sans contact de signaux psycho-physiologiques par l'utilisation de webcams bon marché. Ce domaine est fortement investigué par le groupe du Professeur Alain Pruski, au laboratoire de « Conception, Optimisation et Modélisation des Systèmes » de Metz.

Le mémoire présenté par Frédéric BOUSEFSAF, comporte 3 chapitres précédés par une courte introduction et suivis d'une conclusion en forme de synthèse des travaux avec des pistes d'améliorations techniques.

Le premier chapitre est une introduction générale dans laquelle l'auteur situe le challenge et l'intérêt du développement des méthodes de mesure sans contact des signaux physiologiques, utilisant notamment des techniques vidéo, en visant des applications en informatique affective, pour l'évaluation des interactions homme-machine et lors des expérimentations sur le stress. Il

présente ensuite sa contribution personnelle, en termes de réalisations et de publications, pour finir avec l'organisation du manuscrit.

Dans le second chapitre, « **Etat de l'art : quantification du stress basée sur la physiologie** », l'auteur aborde le large éventail des signaux physiologiques utilisés en reconnaissance des émotions, avec à chaque fois les différentes techniques pour les collecter par des techniques avec et sans contact. Il aborde aussi beaucoup de notions physiologiques, pour la plupart liées à la quantification du stress de la personne. Mais cet étalage un peu trop important, souvent superficiel et pas toujours ciblé sur l'objectif de cette thèse, donne une impression de catalogue mal maîtrisé. Toutefois on apprécie l'effort de l'auteur pour aborder et tenter de comprendre les subtilités de ces notions et méthodes toutes très pointues.

Le troisième chapitre, « **Mesure du signal PPG et extraction de paramètres physiologiques** », présente la contribution principale de l'auteur, la mesure par webcam des fréquences instantanées cardiaques et respiratoires. Il présente, avec plus ou moins de détails, les diverses étapes de son algorithme de récupération du signal photopléthysmographique (PPG) à partir du signal vidéo standard (RGB), en s'appuyant successivement sur une détection automatique des zones d'intérêt sur le visage, le contrôle des paramètres de prises de vue face aux conditions d'éclairage variables, un algorithme original pour la détection de la peau, sur lequel repose tout l'édifice, et enfin la formation du signal PPG. Il nous propose ensuite des méthodes de traitement du signal basées sur la transformation en ondelettes continues pour extraire un signal exploitable sur lequel il peut alors directement mesurer la période cardiaque par détection des maximums locaux et la période respiratoire à partir de la modulation de l'arythmie sinusale. Bien que la méthode comporte plusieurs zones d'ombres, avec parfois des choix empiriques qu'il aurait été utile de justifier, une expérimentation menée sur 12 sujets donne des résultats effectivement très encourageants. Une étude de la comparaison des évolutions des amplitudes du signal PPG extraits de la webcam et de ceux acquis par une méthode conventionnelle, semble aussi démontrer une bonne corrélation comme il est constaté sur une expérimentation sur 12 sujets, également en conditions de laboratoire.

Le quatrième chapitre, « **Application à la détection du stress** », propose l'élaboration empirique d'une « courbe de stress » obtenue sur les mesures sans contact, par simple addition de la fréquence cardiaque moyenne et des fluctuations d'amplitudes de la PPG. Cette combinaison

audacieuse est expérimentée sur 12 sujets sains exposés à des inductions de stress, et fait à nouveau apparaître une bonne corrélation de cette courbe de stress avec la courbe de tonus vagal.

La dernière partie, « **Conclusion et perspectives** », présente un résumé des thèmes abordés dans le manuscrit, suivi de pistes intéressantes pour l'amélioration des techniques proposées.

Le document est complété par une importante bibliographie qui s'étend sur tous les domaines abordés dans cette thèse.

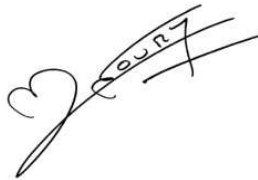
De manière générale le manuscrit est bien rédigé, mais l'adoption d'un système de numérotation comportant un grand nombre de niveaux fait souvent perdre la structure du document.

Monsieur Frédéric BOUSEFSAF démontre de bonnes bases théoriques dans le domaine du traitement des signaux et des images. N'étant pas personnellement spécialiste dans ce domaine, j'ai regretté le manque de détails donnés sur certaines parties de la contribution personnelles de Monsieur BOUSEFSAF, en particulier sur la justification des choix méthodologiques.

On constate néanmoins un très gros investissement de l'auteur dans les nombreux développements, qui ont été nécessaires pour mener à bien ce travail, et dans les mises en œuvre expérimentales qui lui ont permis de valider plusieurs méthodes et de les publier dans des revues scientifiques internationales. En effet, ce travail a déjà fait l'objet de 2 articles de revues internationales ainsi que plusieurs communications dans des conférences internationales et nationales dans le domaine Biomédical.

Pour ces raisons, j'émetts un avis favorable à la soutenance de la thèse de Monsieur Frédéric BOUSEFSAF.

Professeur Norbert NOURY
Université Claude Bernard, Lyon 1
Laboratoire INL

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Noury', with a stylized flourish extending from the end.