



HAL
open science

Mesure de signaux physiologiques et estimation du niveau de stress en utilisant des technologies sans contact : résumé des travaux issus de la recherche doctorale et postdoctorale

Frédéric Bousefsaf

► To cite this version:

Frédéric Bousefsaf. Mesure de signaux physiologiques et estimation du niveau de stress en utilisant des technologies sans contact : résumé des travaux issus de la recherche doctorale et postdoctorale. Colloque Jeunes Chercheurs IFRATH, 2015, Paris, France. hal-03790881

HAL Id: hal-03790881

<https://hal.science/hal-03790881>

Submitted on 28 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Mesure de signaux physiologiques et estimation du niveau de stress en utilisant des technologies sans contact : résumé des travaux issus de la recherche doctorale et postdoctorale

Frédéric Bousefsaf

Université de Lorraine, Metz, France.

frederic.bousefsaf@univ-lorraine.fr

Résumé

Cet article présente une courte synthèse des travaux de recherche que j'ai pu développer le long des quatre dernières années. Les thématiques scientifiques de ce travail transigent autour de l'e-santé, de la télémédecine et de l'informatique affective, avec pour application particulière la reconnaissance du niveau de stress de la personne basée sur les modifications de sa physiologie. Etant ATER depuis septembre 2014, je poursuis actuellement ces travaux au sein de l'université de Lorraine.

1 Introduction

Le sujet des travaux de recherche présentés dans la thèse de doctorat que j'ai soutenue en novembre (Bousefsaf, 2014) concerne la conception et le développement de méthodes de traitement du signal et des images permettant de mesurer des signaux physiologiques d'une personne située à distance du capteur. Les différents procédés proposés dans ce travail sont rattachés au génie biomédical et cherchent à répondre à des besoins particuliers du domaine de l'e-santé, de la télémédecine (télédiagnostic) et de l'informatique affective. Les mesures sans contact de paramètres physiologiques sont utilisables dans de nombreux champs d'application, allant des services d'urgence jusqu'à l'automobile en passant par les sciences du sport, où le rythme cardiaque est surveillé pendant un effort physique intense. Dans le cadre des thérapies basées sur la réalité virtuelle, il est particulièrement intéressant de reconnaître et quantifier l'état émotionnel et le niveau de stress du patient. Les émotions sont la boucle de retour qui permet de réguler l'intensité de l'environnement virtuel (Kukolja et al., 2009). Ces scènes virtuelles sont utilisées pour traiter les personnes atteintes de phobies et de troubles anxieux ou post-traumatiques liés au stress (Rizzo et al., 2009). Certains signaux physiologiques, comme le rythme et la variabilité cardiaque sont reconnus pour être des paramètres fiables dans le domaine de la reconnaissance des émotions (Jerritta et al., 2011).

L'acquisition des signaux physiologiques est traditionnellement réalisée par le biais de capteurs en contact reliés par des fils à un ordinateur ou à une plateforme d'acquisition. Ces capteurs présentent des limites dans certains champs applicatifs où la pose et le contrôle de leur bon fonctionnement nécessitent la présence d'un spécialiste à proximité du patient. Les capteurs peuvent gêner l'utilisateur lors du déroulement d'une activité, comme par exemple en situation de réhabilitation motrice ou pendant l'utilisation de serious games. Ils peuvent aussi devenir un frein si le patient les considère comme intrusifs pour son intimité.

Les caméras numériques et les webcams sont utilisées pour mesurer l'activité cardiaque sur des visages humains afin d'en extraire les rythmes cardiaque et respiratoire (Kranjec et al., 2014). Le principe, basé sur la PhotoPléthysmoGraphie (PPG) consiste à observer les variations de lumière sur la peau du visage pour en extraire le flux sanguin et ainsi délivrer une image de l'activité cardiaque. D'importantes contraintes de mesure comme le mouvement et les fluctuations de lumière détériorent la mesure des paramètres physiologiques. Une majeure partie du travail consiste à proposer et mettre en place des techniques de traitement du signal et des images permettant de filtrer les artefacts afin de rendre le système robuste face aux perturbations engendrées par l'environnement ou l'utilisateur.

2 Résumé des travaux

Les travaux de recherche se déclinent selon deux axes scientifiques distincts : l'objectif premier de la thèse consistait à concevoir une méthode permettant de mesurer avec précision différents signaux physiologiques (figure 1) via une webcam en vue de surveiller des paramètres physiologiques et vitaux à distance (Bousefsaf et al., 2013). Il est actuellement possible de mesurer la fréquence cardiaque moyenne et instantanée, la variabilité de la fréquence cardiaque, la fréquence respiratoire, l'état de vasomotricité des vaisseaux sanguins, la saturation pulsée en oxygène (Tarassenko et al., 2014) et le *Pulse Transit Time* (Shao et al., 2014) : la différence de temps que met l'onde cardiaque à parcourir différents trajets (entre la peau du visage et la peau de la main par exemple).

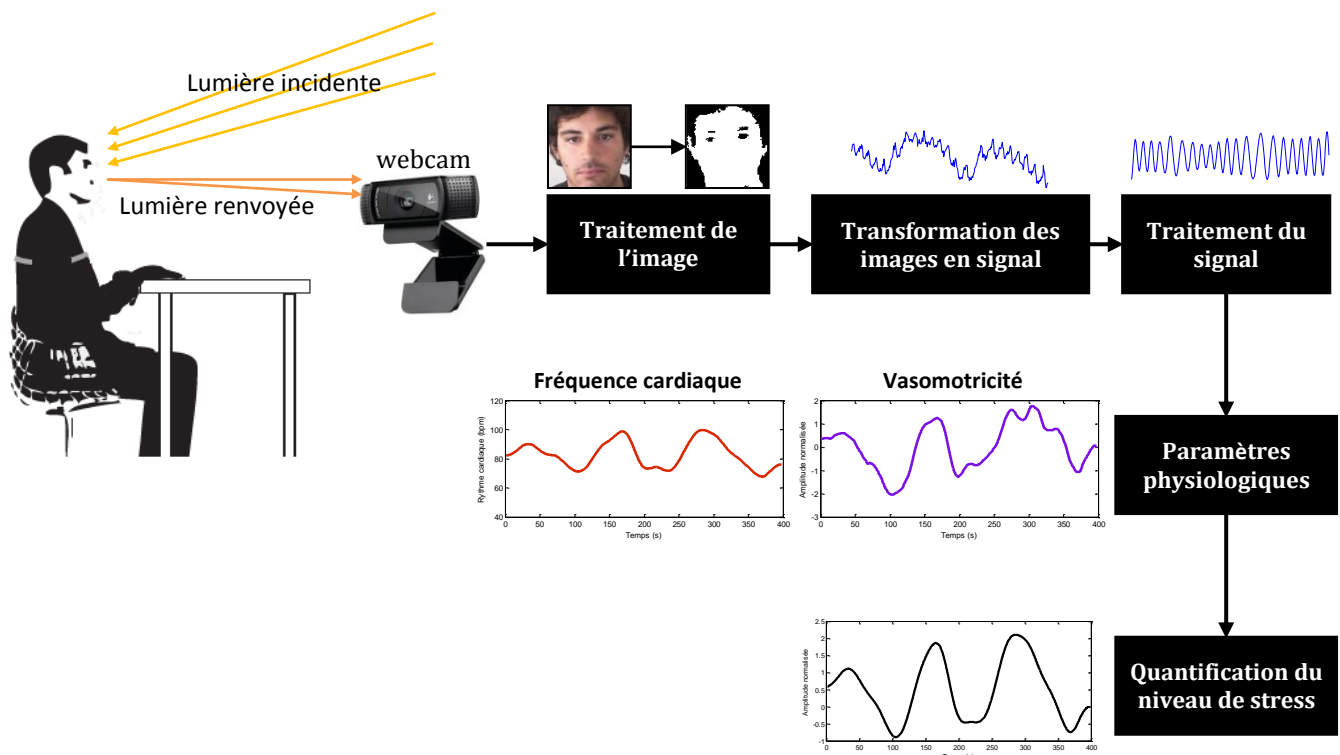


Figure 1: Vue générale des travaux de recherche développés pendant le doctorat.

L'approche développée est basée sur le calcul des signaux photopléthysmographiques obtenus sur des visages humains et enregistrés par une webcam (figure 1). Ces derniers sont ensuite analysés par une transformée en ondelettes continue afin d'en extraire différents paramètres physiologiques. Des opérations de traitement du signal et des images ont été développées pour améliorer la robustesse du système en le rendant moins sensible aux mouvements et aux fluctuations de l'éclairage. La fréquence respiratoire est estimée à partir de la variabilité cardiaque par le phénomène d'arythmie sinusale respiratoire, la variation naturelle de la fréquence cardiaque entraînée par la respiration. Les phénomènes de vasoconstriction et vasodilatation qui modifient les amplitudes du signal PPG sont directement détectés sur le signal filtré. Les performances du système ont été évaluées à partir d'un ensemble de capteurs et sondes de référence en contact sur 12 individus en bonne santé qui ont participé aux expériences. Les résultats montrent que les mesures dérivées de la webcam et des capteurs en contact sont en étroite concordance.

Le second axe de recherche présenté dans la thèse de doctorat consiste à proposer une méthode innovante permettant d'estimer des niveaux de stress (Bousefsaf et al., 2014) à partir des données physiologiques quantifiées par la caméra. Ce travail s'inscrit dans les domaines scientifiques de l'informatique affective, de la psychophysiologie et des sciences comportementales. Les amplitudes du signal PPG et la variabilité de la fréquence cardiaque reflètent l'état du système nerveux autonome et ont été utilisées pour calculer une courbe de stress. L'activité électrodermale (transpiration) a concurremment été mesurée par un capteur en contact pour évaluer la méthode. Une application a spécifiquement été développée en laboratoire pour successivement induire du stress [figure 2 (a)] et relaxer les participants [figure 2 (b)]. Les résultats indiquent que les mesures calculées à partir des données de la webcam [courbes en pointillés sur la figure 2 (c)] sont en étroite corrélation avec l'activité électrodermale [courbes en trait plein sur la figure 2 (c)].

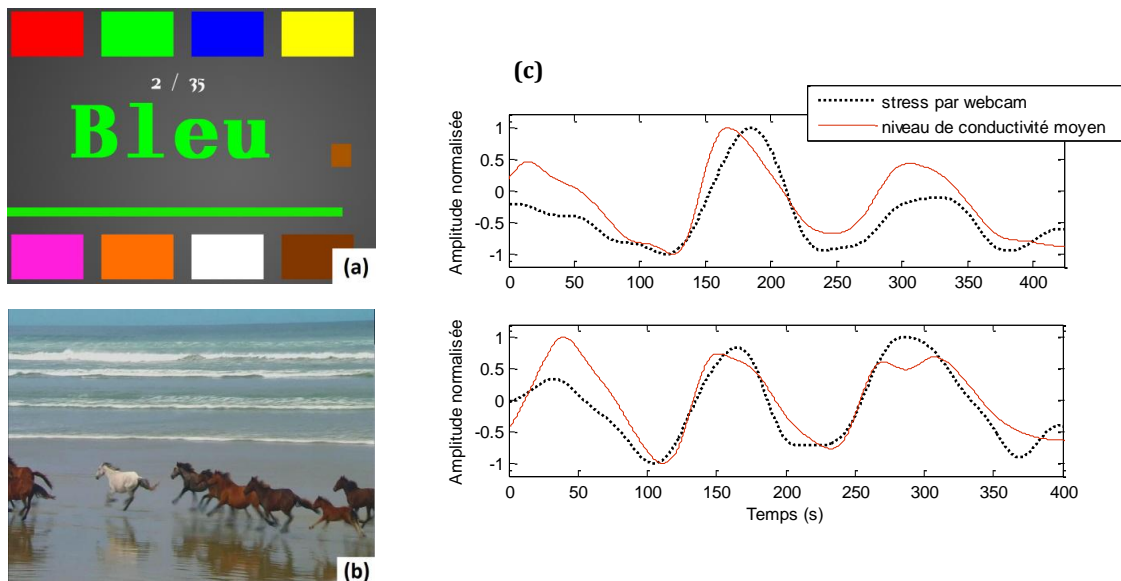


Figure 2: Reconnaissance du stress basée sur une combinaison de paramètres physiologiques quantifiés par la caméra. (a) Mini-jeu interactif permettant d'induire du stress : l'utilisateur doit cliquer avec la souris sur la case correspondant à la couleur du mot affiché au centre de l'écran. (b) Exemple d'une vidéo sur la nature sauvage permettant de favoriser la relaxation. (c) Exemple de résultats pour deux participants différents.

3 Conclusion

L'objectif de ces travaux de recherche consistait à concevoir une méthode permettant de mesurer avec précision différents signaux physiologiques via une webcam. L'utilisation de cette technologie permet de proposer un ensemble matériel et logiciel à très bas cout. Les caméras du marché les plus répandues valent en moyenne entre 15 et 60 €. L'omniprésence des webcams et leur intégration dans un grand nombre de dispositifs informatiques (comme les smartphones ou les ordinateurs portables) rendent les applications indépendantes du matériel : une application informatique sur ordinateur, tablette ou tout autre dispositif équipé d'une webcam suffit à utiliser les logiciels que nous avons développés. Une personne peut par exemple rester à son domicile et discuter avec un médecin par le biais d'une tablette tactile qui transfère simultanément les informations de santé importantes. Le médecin peut ainsi construire un diagnostic médical fiable qui repose sur des mesures objectives. La tablette ou l'outil informatique utilisé par le médecin permet en même temps de consulter et mettre à jour le dossier médical du patient. La méthode présentée dans ces travaux permet de mesurer un ensemble de données physiologiques et estimer l'état de stress d'une personne à l'aide d'une webcam, fournissant ainsi une bonne alternative aux dispositifs conventionnels en contact.

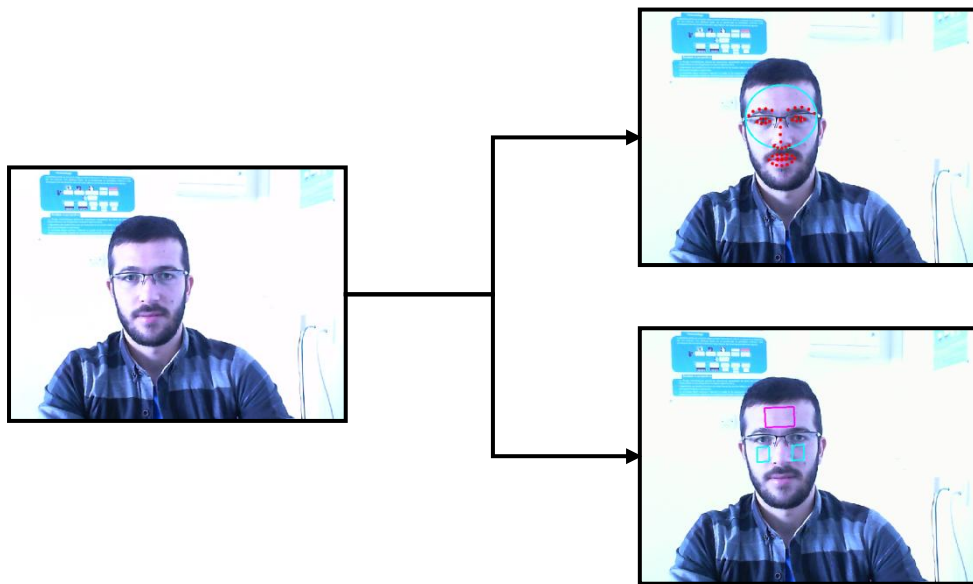


Figure 3: Des détecteurs plus évolués sont utilisables pour analyser des zones plus précises du visage.

4 Perspectives et travaux futurs

Je poursuis actuellement ces travaux en collaboration avec un étudiant en stage de fin d'année de Master, toujours au laboratoire LCOMS de l'université de Lorraine. Nous cherchons à concevoir une méthode robuste permettant d'extraire l'information cardiaque sur certaines parties localisées du visage (Fig. 3) en utilisant des détecteurs récents qui délivrent des informations précises (position des yeux, des sourcils, du nez et de la bouche). L'objectif est de rendre la méthode robuste en situation naturelle, notamment lorsque l'utilisateur discute ou lorsqu'il bouge la tête de manière plus saccadée.

Concernant les activités de recherche liées à l'estimation du niveau de stress, des algorithmes d'apprentissage automatique (séparateurs à vaste marge) ont été couplés à la méthode développée lors de ma thèse pour proposer une classification et un étiquetage concret du niveau de stress. Dans le milieu automobile, cet indicateur pourrait renseigner sur l'état de tension ou de frustration du conducteur. Les vidéos du visage peuvent simultanément être analysées pour déceler des états de fatigue. La frustration peut tout aussi bien se mesurer lorsque l'utilisateur commande une interface mal adaptée en matière d'ergonomie. Enfin, ce travail est tout à fait transposable à des fins de prévention du stress au travail. La principale composante novatrice de la thèse réside dans le fait qu'aucun contact n'est nécessaire pour mesurer les variations de la physiologie engendrée par un stress. L'ensemble des méthodes et algorithmes que nous avons développés seront par la suite portés sur des systèmes d'exploitation mobiles pour smartphones et tablettes tactiles.

References

- Bousefsaf, F. (2014). 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. Université de Lorraine, Metz, France.
- Bousefsaf, F., Maaoui, C., Pruski, A. (2014). Remote detection of mental workload changes using cardiac parameters assessed with a low-cost webcam. *Comput. Biol. Med.* 53, 154–163.
- Bousefsaf, F., Maaoui, C., Pruski, A. (2013). Continuous wavelet filtering on webcam photoplethysmographic signals to remotely assess the instantaneous heart rate. *Biomed. Signal Process. Control* 8, 568–574.
- Jerritta, S., Murugappan, M., Nagarajan, R., Wan, K. (2011). Physiological signals based human emotion Recognition: a review. *IEEE 7th Int. Colloquium Sign. Proc. and its Applic.*, pp. 410–415.
- Kranjec, J., Beguš, S., Geršak, G., Drnovšek, J. (2014). Non-contact heart rate and heart rate variability measurements: A review. *Biomed. Signal Process. Control* 13, 102–112.
- Kukolja, D., Popović, S., Dropuljić et al. (2009). Real-Time Emotional State Estimator for Adaptive Virtual Reality Stimulation, in: *Foundations of Augmented Cognition. Neuroergonomics and Operational Neuroscience*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 175–184.
- Rizzo, A.A., Difede, J., Rothbaum, B.O., et al. (2009). VR PTSD exposure therapy results with active duty OIF/OEF combatants. *Stud. Health Technol. Inform.* 142, 277–282.
- Shao, D., Yang, Y., Liu, C., Tsow, F., Yu, H., Tao, N. (2014). Noncontact Monitoring Breathing Pattern, Exhalation Flow Rate and Pulse Transit Time. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 61, 2760–2767.
- Tarassenko, L., Villarroel, M., Guazzi, et al. (2014). Non-contact video-based vital sign monitoring using ambient light and auto-regressive models. *Physiol. Meas.* 35, 807–831.