

# Conception et validation d'un protocole pour induire du stress et le mesurer dans des signaux physiologiques

Camille Jeunet, Christian Mühl, Fabien Lotte

► **To cite this version:**

Camille Jeunet, Christian Mühl, Fabien Lotte. Conception et validation d'un protocole pour induire du stress et le mesurer dans des signaux physiologiques. 25ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, IHM'13, Nov 2013, Bordeaux, France. hal-00879588

**HAL Id: hal-00879588**

**<https://hal.inria.fr/hal-00879588>**

Submitted on 4 Nov 2013

**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.

# Conception et validation d'un protocole pour induire du stress et le mesurer dans des signaux physiologiques

Camille Jeunet, Christian Mühl, Fabien Lotte

Inria Bordeaux Sud-Ouest / LaBRI

200 avenue de la vieille tour, 33405 Talence Cedex, France

camille.jeunet@inria.fr, christian.muehl@inria.fr, fabien.lotte@inria.fr

## INTRODUCTION

Le stress est un problème majeur pour l'économie et la société, nécessitant de concevoir des outils pour le gérer [3]. En plus de questionnaires psychologiques, il existe des outils mesurant le niveau de stress grâce à des signaux physiologiques comme le rythme cardiaque ou la réponse électrodermale (RED), qui augmentent avec le stress [3]. Ces mesures sont cependant peu robustes car leurs variations ne sont pas nécessairement dues au stress [3]. C'est pourquoi il semble pertinent d'estimer le stress à la source, c'est-à-dire grâce à une analyse temps-réel de l'activité cérébrale, mesurée par ÉlectroEncéphaloGraphie (EEG). Dans ce but, la première étape est de créer un protocole rigoureux pour induire le stress. Ceci permet en effet d'avoir accès à une vérité terrain ainsi qu'aux signaux physiologiques (dont EEG) correspondants. Ce poster présente et valide un tel protocole.

## ÉTAT-DE-L'ART

Le stress peut être défini comme une réponse de l'organisme à une situation environnementale perçue comme négative, qui peut être réelle ou imaginée [3]. Le stress peut être physique (e.g., dû à des températures extrêmes), psychologique (e.g., dû à des tâches cognitives difficiles), ou encore psychosocial (dû à une évaluation sociale, e.g., parler en public) [3].

Différents travaux ont exploré l'impact du stress sur les signaux EEG, tels que [4, 6]. Cependant, ils ont uniquement étudié des mesures moyennes de l'EEG sur une large période de temps, ce qui ne permet pas une estimation temps-réel du niveau de stress. Riera et al. se sont eux intéressés à une mesure du stress en temps-réel [7]. Ils ont ainsi proposé un protocole mesurant les signaux EEG lors d'une tâche stressante ou lors d'une phase de repos. Le problème de ce protocole est que de nombreux paramètres (notamment comportementaux) varient entre ces deux conditions, à cause de tâches différentes, ce qui peut donner lieu à des variations des signaux EEG indépendamment du niveau de stress. Enfin, dans ces différents travaux, un seul type de stress est étudié, ce qui ne permet pas d'identifier une mesure générique du

stress. C'est pourquoi nous avons conçu un protocole dans lequel 1) le seul paramètre changeant d'une condition à l'autre est le niveau de stress, et 2) ce niveau de stress varie selon deux types de stress : psychologique (induit par des tâches cognitives difficiles impliquant différents niveaux de charge mentale) et psychosocial (induit par des tâches de présentation en public, avec évaluation).

## MÉTHODE

14 sujets (dont 4 femmes, âge moyen :  $26.46 \pm 9.75$  ans) participèrent à notre expérience. Lors de celle-ci, différents signaux physiologiques ont été enregistrés, dont l'EEG, le pouls et la RED. Avant l'expérience, les sujets devaient remplir le questionnaire "State-Trait Anxiety Inventory" (STAI) Y-A, qui mesure le niveau d'anxiété [8]. En effet, le score au questionnaire STAI Y-A augmente lors d'une situation de stress psychologique. Ensuite, les capteurs étaient installés, puis l'expérience commençait dans l'un des quatre scénarios possibles, afin de contrebalancer les conditions pour éviter tout effet d'ordre (voir Figure 1). Chaque scénario est composé de deux blocs (un bloc stress et un bloc non-stress, présentés dans un ordre aléatoire), séparés par une mesure du questionnaire STAI Y-A. De même, l'expérience commence aléatoirement par une tâche de charge mentale basse ou élevée. Dans chaque bloc, le sujet effectue 6 fois chaque condition de charge mentale (basse/élevée), avec une courte pause après 6 tâches. Enfin, une fois les 2 blocs complétés, le sujet remplissait une dernière fois le questionnaire STAI Y-A.



Figure 1. Chronologie du protocole expérimental (R=Non-stress (Relaxation); S=Stress; 0= tâche 0-back; 2= tâche 2-back).

Pour induire du stress psychosocial, notre protocole se base sur l'approche validée du "Trier Social Stress Task" [2]. L'induction du stress nécessite la participation d'un comité de personnes présentées comme des experts du langage corporel (et jouant ce rôle) et se déroule comme suit : tout d'abord, un membre du comité demande au sujet de préparer un entretien d'embauche fictif pendant 5 minutes. Ensuite, le comité lui demande de faire cet entretien et de parler de lui pendant 5 minutes. Les membres du

comité informant le sujet qu'il est filmé (pour une analyse comportementale future) et prennent des notes. Le comité doit être sérieux, neutre et non-répondant vis-à-vis du sujet. Enfin, le sujet doit effectuer une tâche arithmétique pendant 5 minutes : il doit compter de 2083 à 0 de 13 en 13 et recommencer à la moindre erreur ou hésitation. À la fin de cette dernière tâche, le comité informe le sujet qu'il sera filmé lors des tâches suivantes (tâches cognitives) et, qu'après celles-ci, il devra faire un autre entretien, plus long, ainsi qu'une auto-évaluation de celui-ci. Ceci permet de maintenir un niveau de stress élevé durant les tâches cognitives. De plus, durant celles-ci, les sujets étaient informés de leur performance à ces tâches. Pendant la condition de stress, ils étaient informés avoir fait une performance de 5 à 10% moins bonne que la réalité, ce qui induit de l'incontrôlabilité, et donc plus de stress [3]. Au début de la condition de non-stress, les sujets étaient invités à se relaxer en se reposant en silence ou en écoutant des musiques qui les apaisaient (de manière subjective) [5].

Pour induire du stress psychologique, nous avons utilisé la tâche de charge mentale "n-back" [1]. Durant cette tâche, 60 lettres blanches apparaissent à l'écran les unes après les autres, sur un fond noir. Parmi ces lettres, 25% sont des cibles. Le sujet doit effectuer un clic gauche lors de l'apparition d'une lettre cible et un clic droit sinon. Pour la tâche "0-back" (charge mentale basse), les cibles sont la lettre "X", tandis que pour la tâche "2-back" (charge mentale élevée), une lettre est une cible si elle est la même que celle affichée 2 lettres auparavant. À la fin de chaque tâche, le sujet devait indiquer la difficulté ressentie ("Rate Scale of Mental Effort" - test RSME) [1].

## RÉSULTATS

Chaque sujet (N=14) a rempli le questionnaire "STAI Y-A" 3 fois : une fois au début de l'expérience (STAI\_Debut), et une fois après chaque condition (stress : STAI\_Stress; non-stress : STAI\_NonStress). Les résultats montrent que le score du STAI\_Stress est significativement plus élevé que celui du STAI\_Debut (test de Wilcoxon,  $p = 0.048$ ). Il n'y a ni différence entre les scores STAI\_Debut et STAI\_NonStress ( $p = 0.247$ ), ni entre les scores STAI\_Stress et STAI\_NonStress ( $p = 0.293$ ), même si le score STAI\_Stress est plus élevé que celui STAI\_NonStress en moyenne. Cela suggère tout de même que notre protocole d'induction du stress est efficace, puisque le niveau de stress subjectif mesuré par le STAI augmente significativement suite à l'induction du stress par rapport au stress initial du sujet, tandis qu'il n'augmente pas significativement lors de la condition de non-stress. Il faut noter que les tâches cognitives impliquant également du stress (stress psychologique), cela peut expliquer le fait qu'il n'y ait pas de différence significative entre STAI\_Stress et STAI\_NonStress.

Un test de Wilcoxon comparant les moyennes des signaux physiologiques entre chaque condition montre une différence significative entre les conditions de stress et de non-stress pour le rythme cardiaque ( $p = 0.05$ ) et une tendance pour la réponse électrodermale ( $p = 0.09$ ). Cela suggère que d'un point de vue physiologique, l'induction du stress a été efficace.

Pour analyser l'influence du stress sur les performances du sujet, nous avons comparé les performances sur les tâches cognitives et le score RSME entre les différentes conditions. Les tests montrent que les performances à la tâche 0-back sont toujours significativement plus élevées que celles à la tâche 2-back (Wilcoxon test, condition stress :  $p < 0.001$ ; condition non-stress :  $p < 0.001$ ). De plus, les scores de RSME (difficulté ressentie) sont toujours significativement plus élevés pour la tâche 2-back que pour celle 0-back (condition stress :  $p < 0.001$ ; condition non-stress :  $p < 0.001$ ). Ces résultats montrent que la tâche 2-back est effectivement plus difficile que la tâche 0-back et donc qu'elle induit bien une charge mentale plus élevée. Enfin, pour la tâche 0-back, on observe une baisse significative de performance ( $p = 0.01$ ) et une augmentation significative du score RSME ( $p = 0.03$ ) lors de la condition stress. Ce n'est pas le cas pour la tâche 2-back, probablement car celle-ci est déjà très difficile. Il pourrait donc y avoir un effet de plafond.

## CONCLUSION

Nous avons proposé un nouveau protocole dans lequel les participants devaient effectuer des tâches cognitives associées à deux niveaux de charge mentale (bas/haut), dans deux conditions (stress/non-stress), durant lesquelles nous avons enregistré des données physiologiques (réponse électrodermale, rythme cardiaque) et des signaux électroencéphalographiques. Une analyse comportementale et physiologique des résultats ont permis de valider notre protocole. À la fois le score du STAI, le rythme cardiaque et la réponse électrodermale ont globalement augmenté après l'induction du stress. De plus, les résultats montrent une baisse des performances sur les tâches cognitives et une augmentation de la difficulté perçue, due au stress, lors de la condition de charge mentale basse. Nous sommes actuellement en train d'analyser les données recueillies sur dix sujets supplémentaires, ce qui devrait nous permettre de confirmer ces premiers résultats. Ce protocole validé, nos travaux futurs vont pouvoir s'intéresser à l'analyse des signaux EEG ainsi recoltés, afin d'y identifier des marqueurs neurophysiologiques robustes du niveau de stress du sujet.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Brouwer AM et al. Estimating workload using eeg spectral power and erps in the n-back task. *J Neur. Eng.* 9 (2012).
2. C Kirschbaum et al. The trier social stress test: a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology* 28 (1993), 76–81.
3. Dickerson, S., and Kemeny, S. Acute stressors and cortisol responses : a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psych. Bul.* 130 (2004), 355–391.
4. Hewig J et al. Associations of the cortisol awakening response (CAR) with cortical activation asymmetry during the course of an exam stress period. *Psychoneuroendocrinology* 33 (2008), 83–9.
5. Krout, R. E. Music listening to facilitate relaxation and promote wellness: Integrated aspects of our neurophysiological response to music. *The Arts in Psychotherapy* 34 (2007), 134–141.
6. Putman, P. Resting state eeg delta-beta coherence in relation to anxiety, behavioral inhibition, and selective attentional processing of threatening stimuli. *Int. J Psychophys.* 80 (2011), 63–68.
7. Riera A et al. Electro-physiological data fusion for stress detection. In *Stud Health Technology Inform* (2012).
8. Spielberger CD et al. *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, 1970.