
Étude de l'Influence du Stress sur la Créativité dans un Scénario en Réalité Virtuelle

Samory Houzangbe

Arts et Metiers Institute of Technology, LAMPA, HESAM Université
Change, F-53810, France
samory.houzangbe@ensam.eu

David Antonio Gómez Jáuregui

Univ. Bordeaux, ESTIA Institute of Technology
Bidart 64210, France

Sylvain Fleury

Arts et Metiers Institute of Technology, LAMPA, HESAM Université
Change, F-53810, France

Loïc Huet

Léo Berdon
Baptiste Manusset
Paul Subert
Jean-Baptiste Pigrée
Arts et Metiers Institute of Technology, LAMPA, HESAM Université

Change, F-53810, France

Nadine Couture
Univ. Bordeaux, ESTIA Institute of Technology
Bidart 64210, France

Simon Richir

Arts et Metiers Institute of Technology, LAMPA, HESAM Université
Change, F-53810, France

Abstract

Whether it is for evolution, competitiveness or problem solving, innovation is necessary to a company's survival. Thus, it is essential to understand this process and what affect them to improve innovation. In this paper we focus on the ideation steps (generating ideas and proposing new concepts). We developed an experimental protocol in Virtual Reality, as it has been demonstrated to be a useful medium for creativity. We conducted the experiment following two conditions, one with an induction of stress and one without, to evaluate the effect of stress on the level of creativity. The levels of stress, creativity and physiological signals have been monitored. Our early results did not show significant differences between the two groups, however, as supported by previous studies, we have successfully used the Empatica E4 physiological wearable in our experimental context and observed a general rise in electro-dermal activity (EDA) among our participants. We suggest that our experiment was able to elicit an emotional response in our participants that is observable in the physiological data. This preliminary study will help us shape the next steps of our research on the understanding of the creativity experience depending on different parameters.

Author Keywords

Réalité Virtuelle, Créativité, Stress.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author. Copyright is held by the owner/author. ERGO'IA 2021, October 6--8, 2021, Bidart, France. ISBN: 978-1-4503-8512-1

CSS Concepts

• **Human-centered computing~User studies;**
Virtual Reality; • Computing

methodologies~Cognitive science; Please use the 2012 Classifiers and see this link to embed them in the text: https://dl.acm.org/ccs/ccs_flat.cfm

Introduction

La capacité d'innovation d'une entreprise est cruciale pour son développement et sa compétitivité. Ses processus d'innovation sont souvent complexes car reposent sur des capacités stratégiques, humaines, techniques, organisationnelles. Dans le cadre de ce projet, nous nous intéressons aux étapes d'idéation de ces processus qui consistent à la génération d'idées et à la proposition de nouveaux concepts. Ces étapes reposent sur des capacités et des activités de créativité. La créativité est généralement définie comme la capacité à proposer de nouveaux concepts adaptés au contexte dans lequel elle est réalisée [22]. Bien que les composantes temporelles, matérielles et humaines soient importantes [3], certains leviers peuvent être de nature à moduler la créativité, comme par exemple en influençant les schémas de raisonnement et de résolution de problèmes [2, 23]. Il a été démontré que de nombreux éléments de l'environnement peuvent influencer la créativité [13, 5].

Les outils de réalité virtuelle ont montré leur pertinence pour stimuler la créativité des utilisateurs dans le cadre de tâches d'idéation, en comparaison à d'autres outils d'esquisses tels que le papier/crayon [35], Photoshop [21] ou encore des outils de conception assistée par ordinateur (CAO) [10]. Mille et al. [24] ont aussi démontré que la génération d'idée par l'esquisse en

réalité virtuelle offre une meilleure expérience utilisateur que la CAO et le papier/ crayon. Les études précédemment citées indiquent que l'activité d'esquisse en réalité virtuelle est propice à l'état de flow, qui conduit les participants à générer des idées plus élaborées.

Plusieurs chercheurs ont étudié la relation entre les états émotionnels et la créativité. En effet, en 2008 de Dreu et al. [9] proposent une voie double à la créativité. Ils présentent les résultats de quatre expériences consécutives. Ils indiquent que la valeur d'excitation stimule la créativité. De plus, ils précisent qu'une excitation positive peut améliorer la performance au travers d'une plus grande flexibilité et inclusivité, tandis que l'excitation négative amène un meilleur niveau de créativité au travers d'une plus grande persévérance et persistance. Ils insistent sur le fait que les effets des états émotionnels ne peuvent être attribués uniquement à la valeur d'excitation, la valence de l'émotion doit aussi être prise en compte en fonction du type de tâches.

Une autre étude par Hao et al. [15] approfondi les études précédentes. Ils essaient d'observer si une adéquation entre l'état émotionnel et la posture amène à une meilleure performance créative. Ils conduisent deux expériences, la première en induisant des émotions négative ou positive aux participants et en leur faisant prendre une posture ouverte ou fermée. Les participants réalisent un test d'usage alternatif (Alternative Uses Task, AUT) [14]. Pour la seconde expérience ils utilisent le même protocole que la première expérience mais les participants réalisent un exercice de résolution de problème réaliste (Realistic Presented Problem, RPP) pour mesurer leur pensée

divergente et potentiel créatif. Ils concluent que la performance créative n'est pas uniquement liée à l'état émotionnel, mais plutôt à une adéquation entre l'émotion et la posture. Ils précisent qu'une association des deux pourrait amener à de meilleurs résultats créatifs.

Selon Lazarus et Folkman [20], le stress est un processus bilatéral : il implique la production d'éléments stressant par l'environnement et la réponse d'un individu sujet à ces facteurs stressant. Plusieurs études ont montré que les données physiologiques, tel que le rythme cardiaque et la variabilité du rythme cardiaque sont liées au stress [31]. De plus, des études ont montré un lien entre l'activité électrodermale et les niveaux de stress [18, 16]. Ces réactions physiologiques peuvent être recoupées avec les études que nous avons présentées plus tôt et donc la question peut poser de l'effet du stress sur la performance créative.

Le stress est présent dans la vie quotidienne et professionnelle notamment, en 1992 Talbot et al. [32] ont donc étudié sa relation avec la créativité. Dans leur recherche ils ont trouvé qu'il existe une forte corrélation négative entre le stress et le climat créatif, provenant principalement des relations aux autres et à la structure organisationnelle. Cependant, Byron et al. [8] ont indiqué que la relation entre le stress et la créativité pourrait ne pas être simplement capturée en la qualifiant comme négative ou positive. Somaz et Tulgan [29] suggèrent que, dans le cadre professionnel, un stress aigu induit une montée d'adrénaline dans le corps, et donc alimentant la performance, augmentant la concentration et servant de catalyseur pour la créativité et l'innovation. De plus, des études [6, 1] ont

démontré qu'un stress aigu semble améliorer la mémoire dans un contexte d'apprentissage.

Cela contraste avec plusieurs études qui suggèrent qu'une exposition répétée au stress ou un stress chronique bloque généralement le traitement d'informations et entraîne des problèmes de mémoire chez des adultes en bonne santé [19]. Ainsi, le stress dans ces cas pourrait inhiber la créativité [27] et avoir un impact négatif [26].

Il existe donc des aspects positifs dû au stress et des aspects négatifs, qui sont dépendant des individus et des situations. Dans le cadre de notre étude nous souhaitons explorer l'influence du stress sur la créativité lors d'un scénario en réalité virtuelle (RV), qui est un outil puissant pour la créativité. Nous émettons l'hypothèse que s'il y a une induction de stress, via un facteur environnemental négatif, le participant est moins créatif et qu'il est possible d'observer des changements physiologiques. Pour vérifier cette hypothèse nous proposons un protocole composé de deux groupes qui vont réaliser la même tâche de créativité en RV. L'un des groupes subira une induction de stress avant l'exercice. Pour essayer de détecter le niveau de stress en nous utilisons des marqueurs physiologiques (rythme cardiaque et micro-sudation) ainsi que des échelles subjectives. Les résultats de cette étude nous donneront des indices sur les effets du stress sur la créativité en RV. Des perspectives sur l'adaptation de l'environnement créatif à l'utilisateur en temps réel pour permettre d'améliorer la qualité de l'expérience créative et des résultats produits pourront être envisageables.

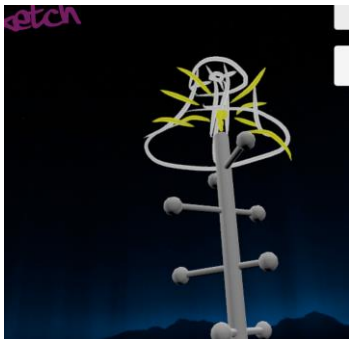


Figure 1 : Exemple d'idées produites par les participants (Un arrosoir, une lampe et un perchoir à oiseau)

Cette étude préliminaire s'inscrit dans le cadre de travaux plus large sur la compréhension des effets de la réalité virtuelle sur l'expérience créative et de l'utilisation des données physiologiques pour la détection et l'anticipation des états créatifs.

Dispositif expérimental

La tâche de créativité en RV se passe dans une application d'esquisse en 3D. Cette application permet à l'utilisateur de dessiner en 3D grâce au système de suivi de mouvements. Dans l'application l'utilisateur peut dessiner grâce aux manettes. Il a le choix entre différentes tailles de pinceaux et de couleurs via une palette de couleurs. Il a aussi l'option d'effacer des parties du dessin, de sélectionner et redimensionner ou encore dessiner des formes symétriques en utilisant un plan de symétrie. L'utilisateur peut sauvegarder un dessin et créer une nouvelle scène pour repartir à zéro.

Nous avons décidé d'utiliser un visiocasque HTC Vive, pour sa qualité d'image et la qualité de son système de suivi de mouvements. Il permet à l'utilisateur de se mouvoir naturellement autour de son dessin. Ce système de RV est associé avec un ordinateur haute performance (Intel Core i7 Coffee Lake, 16GB of RAM, NVIDIA GeForce RTX 2070) pour s'assurer de la fluidité de l'expérience.

Pour mesurer les données physiologiques nous avons décidé d'utiliser le bracelet Empatica E4¹ [12]. Ce bracelet connecté a été designé pour la recherche et permet d'avoir accès aux données brutes, pour la photopléthysmographie, l'intervalle inter-battement, la température de la peau, les données d'accéléromètre et

l'activité électrodermale. Plusieurs études se sont concentrées sur la fiabilité de l'E4 pour la reconnaissance des émotions, le comparant à des outils médicaux. En effet, Ollander et al. [25] compare l'E4 à un outil médical pour la détection du stress dans une situation stationnaire. Dans leur étude ils font passer aux participants le Test de Stress Sociale Trier [7], qui consiste à simuler un entretien d'embauche. Van Lier et al. [33] propose une méthode standardisée de validation de la fiabilité des outils de mesure physiologique connectés. Les participants réalisent une tâche inductrice de stress pour déterminer si l'E4 est capable de détecter les changements physiologiques de manière fiable. Ces auteurs ont conclu que l'E4 est un capteur valide pour détecter les réponses physiologiques aux facteurs de stress.

Protocole expérimental

Dans un premier temps les participants doivent lire et s'il l'accepte, signer un formulaire de consentement stipulant qu'ils acceptent que leurs données physiologiques soient enregistrées et utilisées pour cette étude. Ils remplissent ensuite un questionnaire pré-expérimental renseignant des données démographiques. Les participants complètent le State-Trait Anxiety Index (STAI-Y) [30] pour mesurer leur niveau de stress.

Une fois que les participants ont complété les questionnaires, ils sont équipés de l'Empatica E4 et du visiocasque Vive. Ils réalisent une phase de tutoriel pour se familiariser avec l'application de dessin (apprendre à dessiner, effacer, changer la taille du pinceau et la couleur, enregistrer son dessin et créer une nouvelle scène). La phase de tutoriel dure 3 minutes. Une fois celle-ci terminée, le scénario de créativité est présenté aux participants. La tâche

¹ <https://www.empatica.com/en-eu/research/e4/>

proposée est un exercice de pensée divergente, basée sur les travaux de Guilford (Alternative Uses, GAU) [14]. Le scénario est le suivant, une entreprise de production de porte manteau en a produit trop et l'objectif des participants est d'imaginer autant de manières détournées d'utiliser les portes manteau. Durant cette tâche les participants doivent dessiner autant d'idées que possible en utilisant l'outil 3D. Un modèle 3D du porte manteau est présent dans l'environnement virtuel, il sert de base pour le dessin (voir les figures 1). Une fois qu'un dessin est terminé, les participants l'enregistre et passe à l'idée suivante. La tâche de créativité dure 7 minutes.

Pour cette expérience les participants ont été séparé en deux groupes : un groupe avec induction de stress et un groupe sans induction de stress. Les deux groupes suivent la procédure décrite précédemment. Cependant, pour le groupe avec induction de stress l'expérimentateur introduit aux participants (avant le début de la tâche de créativité) un jury non-répondant, présent dans la pièce. La présence d'un jury a déjà été utilisée avec succès pour induire du stress dans différents scénarios [17]. Le jury ne possède pas de double virtuel présent dans l'environnement. Nous avons pris cette décision car la méthode du jury a déjà démontré son efficacité et que nous ne voulons pas rajouter de facteurs distrayant dans l'environnement virtuel qui pourrait altérer l'exercice créatif. Nous avons décidé d'utiliser un design inter-sujet pour comparer la même tâche de créativité. Proposer deux scénarios de créativité différents pouvant être évalués séparément mais en restant comparable en termes de niveaux de créativité produit par les participants était excessivement complexe dans le cadre de notre étude.

À la fin de la tâche de créativité les participants retirent le visiocasque et l'E4 et il leur est demandé de compléter une fois de plus le questionnaire STAI-Y.

Mesures

Pour mesurer le niveau de stress et l'anxiété générale des participants, nous avons utilisé le STAI-Y. De plus, nous avons mesuré l'activité électrodermale (EDA) des participants, il a été démontré que cette donnée était liée au niveau de stress [31, 18, 16].

Le niveau de créativité est mesuré pour chaque participant en fonction d'un score combiné en utilisant les méthodes de Guilford [14], comme décrites par Fleury et al. [11]. Le GAU permet la création d'une collection d'idées pour chaque participant. Chaque idée est analysée est caractérisée sur la base de 4 critères qui vont constituer un score total. Ces critères sont l'originalité (qui détermine si l'idée du participant est unique comparée aux autres participants), la fluidité (le nombre d'idées ou de caractéristiques générées), la flexibilité (le nombre d'idées provenant de différents domaines ou catégories) et l'élaboration (la quantité de détails ajoutés pour chaque idée).

Participants

Cette expérience a été menée avec 16 étudiants en Master, spécialisé en Réalité Virtuelle, ceux-ci étant donc habitués à l'utilisation du média et des techniques d'interactions. Il y avait 10 hommes et 6 femmes, âgés de 22 à 33 ans (M=23,56). Les participants ont été répartis dans deux groupes de 8 (un groupe avec induction de stress et un sans induction de stress). Le jury non-répondant était un membre récent du laboratoire peu connu par les étudiants.



Figure 2 : Graphiques d'exemple d'évolution du rythme cardiaque de participants (Exemple d'évolution du rythme cardiaque d'un participant du groupe sans induction de stress (BPM/s) ; Exemple d'évolution du rythme cardiaque d'un participant du groupe avec induction de stress (BPM/s)).

Résultats préliminaires et travaux futurs

Pour analyser les niveaux de stress nous avons utilisé des t-tests appariés, le test de normalité de Shapiro-Wilk n'étant pas significatif ($p=0,141$). Une première analyse des résultats n'a pas retourné de différence significative pour le niveau de stress (avant-après) pour le groupe sans induction de stress ($p=0,320$, M-Avant=33,13, M-Après=29,75). Le t-test n'a pas retourné de différence significative pour le niveau de stress (avant-après) pour le groupe avec induction de stress ($p=0,377$, M-Avant=35,63, M-Après=33,13). Nous avons utilisé une analyse ANOVA pour comparer les niveaux de créativité entre les deux groupes. Les résultats n'ont pas retourné de différence significative entre les deux groupes ($p=0,442$, $F=0,627$, M-NoStress=14,13, M-Stress=15,50).

Concernant les données physiologiques nous n'avons pas trouvé de corrélations entre le niveau moyen d'activité électrodermale et le niveau de créativité, ni avec le niveau de stress rapporté par les participants. Nous avons réalisé une analyse qualitative de l'activité électrodermale. Nous n'avons pas trouvé de de changement significatif du niveau d'activité cardiaque chez les participants du groupe avec induction de stress. Le rythme cardiaque est constant tout au long de l'expérience (voir la figure 2). Ces résultats semblent cohérents avec les retours des participants concernant leur niveau de stress perçu. Nous ne relevons que très peu de données aberrantes et aucune déconnexion durant l'expérience. Pour obtenir une représentation visuelle de l'évolution de l'activité électrodermale, nous avons normalisé les données (utilisant un algorithme min-max), calculé la moyenne des données et tracé un graphique des données (voir la figure 3). Nous pouvons observer pour chaque groupe

que l'activité électrodermale augmente tout au long de l'expérience. L'activité électrodermale étant liée à la valeur d'excitation [28], nous pouvons supposer que la tâche de créativité en réalité virtuelle a provoqué une réponse émotionnelle chez nos participants. Ce qui est intéressant car, comme nous l'avons discuté plus tôt, les émotions sont essentielles dans le processus créatif [9].

Nous avons émis l'hypothèse, après notre analyse de la littérature, que l'induction de stress, via un facteur environnemental négatif, a une influence négative sur la performance créative. Au vu des réponses des participants à l'induction de stress nous ne sommes pas en mesure de vérifier cette hypothèse. En effet, les participants n'ont pas rapporté une augmentation du stress qui était différente entre les deux conditions. Nous supposons que le cadre trop familier pour les participants couplé avec l'absence d'un facteur stressant dans l'environnement virtuel, n'ont pas permis de générer un facteur stressant suffisant pour que le comportement des participants en soit altéré.

Cependant, si nos résultats ne présentent pas de différences significatives, cette expérience nous donne des perspectives intéressantes sur l'utilisabilité des objets connectés portables, tel que l'Empatica E4, dans des applications de réalité virtuelle impliquant des mouvements sans pour autant limiter l'expérience. Cette expérience combinée avec les résultats présents dans la littérature valide l'utilisation de l'E4 comme outil de captation de données physiologique durant une tâche de créativité en réalité virtuelle. Si nous sommes en mesure de détecter certains modèles de réponses physiologiques, nous pourrions être en mesure de

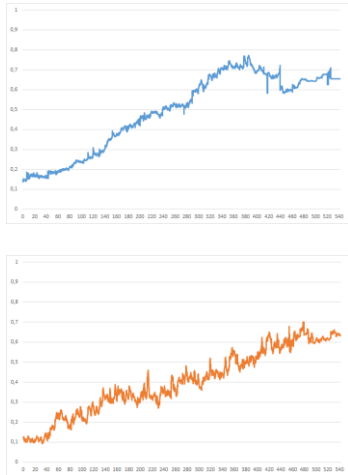


Figure 3 : Graphiques des moyennes normalisées de l'activité électrodermale. (Moyenne normalisée des valeurs d'activité électrodermale pour les participants du groupe sans induction de stress (moyenne normalisée d'EDA/secondes) ; Moyenne normalisée des valeurs d'activité électrodermale pour les participants du groupe avec induction de stress (moyenne normalisée d'EDA/secondes)).

mieux comprendre le processus créatif et adapter l'environnement à la réponse émotionnelle.

Notre prochaine étude se concentrera sur l'analyse des données physiologiques et leur relation avec la créativité. Nous allons étudier le comportement non verbal (posture), comme plusieurs études ont démontré qu'il existe une relation entre la posture et la créativité [34, 4, 15]. De plus, pour corriger les limitations de l'étude présentée nous prévoyons d'enregistrer la personnalité des participants en utilisant des questionnaires.

Remerciements

Nous souhaitons remercier tous les étudiants ayant participé à cette expérience. Nous voulons aussi remercier les ingénieurs de l'équipe AM Valor qui nous ont aidé à mettre en place l'environnement de dessin 3D. Enfin nous voulons remercier Olivier Christmann et Geoffrey Gorisse qui ont coordonné ce projet de recherche et avoir permis le développement de cette étude.

References

- [1] Heather C. Abercrombie, Nicole S. Speck, and Roxanne M. Monticelli. 2006. Endogenous cortisol elevations are related to memory facilitation only in individuals who are emotionally aroused. *Psychoneuroendocrinology* 31, 2 (2006), 187–196. DOI:<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2005.06.008>
- [2] Teresa M Amabile. 1983. The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of personality and social psychology* 45, 2 (1983), 357.

- [3] Teresa M. Amabile and Michael G. Pratt. 2016. The dynamic componential model of creativity and innovation in organizations: Making progress, making meaning. *Research in Organizational Behavior* 36 (2016), 157–183. DOI:<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.riob.2016.10.001>
- [4] Valentina Rita Andolfi, Chiara Di Nuzzo, and Alessandro Antonietti. 2017. Opening the mind through the body: The effects of posture on creative processes. *Thinking Skills and Creativity* 24 (2017), 20–28. DOI:<http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ts.c.2017.02.012>
- [5] Benjamin Baird, Jonathan Smallwood, Michael D. Mrazek, Julia W. Y. Kam, Michael S. Franklin, and Jonathan W. Schooler. 2012. Inspired by Distraction: Mind Wandering Facilitates Creative Incubation. *Psychological Science* 23, 10 (2012), 1117–1122. DOI:<http://dx.doi.org/10.1177/0956797612446024> PMID: 22941876.
- [6] Karel J Bemelmans, Jaap G Goekoop, Roel de Rijk, and Godfried M.J van Kempen. 2003. Recall performance, plasma cortisol and plasma norepinephrine in normal human subjects. *Biological Psychology* 62, 1 (2003), 1–15. DOI:[http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(02\)00089-3](http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/S0301-0511(02)00089-3)
- [7] Melissa A Birkett. 2011. The Trier Social Stress Test protocol for inducing psychological stress. *Journal of visualized experiments: JoVE* 56 (2011).
- [8] K. Byron, Shalini Khazanchi, and Deborah Nazarian. 2010. The relationship between stressors and creativity: a meta-analysis examining competing theoretical models. *The Journal of applied psychology* 95 1 (2010), 201–12.

- [9] Carsten KW De Dreu, Matthijs Baas, and Bernard A Nijstad. 2008. Hedonic tone and activation level in the mood-creativity link: toward a dual pathway to creativity model. *Journal of personality and social psychology* 94, 5 (2008), 739.
- [10] Seth M. Feeman, Landon B. Wright, and John L. Salmon. 2018. Exploration and evaluation of CAD modeling in virtual reality. *Computer-Aided Design and Applications* 15, 6 (2018), 892–904. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/16864360.2018.1462570>
- [11] Sylvain Fleury, Aurélien Agnès, Rishi Vanukuru, Emma Goumillout, Nicolas Delcombel, and Simon Richir. 2020. Studying the effects of visual movement on creativity. *Thinking Skills and Creativity* 36 (2020), 100661. DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100661>
- [12] M. Garbarino, M. Lai, D. Bender, R.W. Picard, and S. Tognetti. 2014. Empatica E3 - A wearable wireless multi-sensor device for real-time computerized biofeedback and data acquisition. In 2014 EAI 4th International Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare (Mobihealth). 39–42. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MOBIHEALTH.2014.7015904>
- [13] Gabriela Goldschmidt and Maria Smolkov. 2006. Variances in the impact of visual stimuli on design problem solving performance. *Design Studies* 27, 5 (2006), 549–569. DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dstud.2006.01.002>
- [14] J. P. Guilford. 1966. Measurement and Creativity. *Theory Into Practice* 5, 4 (1966), 185–189. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00405846609542023>
- [15] Ning Hao, Hua Xue, Huan Yuan, Qing Wang, and Mark A. Runco. 2017. Enhancing creativity: Proper body posture meets proper emotion. *Acta Psychologica* 173 (2017), 32–40. DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2016.12.005>
- [16] A. Islam, J. Ma, T. Gedeon, M. Z. Hossain, and Y. H. Liu. 2019. Measuring User Responses to Driving Simulators: A Galvanic Skin Response Based Study. In 2019 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality (AIVR). 33–337. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/AIVR46125.2019.00015>
- [17] Camille Jeunet, Christian Mühl, and Fabien Lotte. 2013. 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). <https://hal.inria.fr/hal-00879588> Poster.
- [18] Anurag Joshi, Ravi Kiran, and Ash Narayan Sah. 2017. An experimental analysis to monitor and manage stress among engineering students using Galvanic Skin Response meter. *Work* 56, 3 (2017), 409–420.
- [19] Clemens Kirschbaum, O. Wolf, M. May, W. Wippich, and D. Hellhammer. 1996. Stress- and treatment-induced elevations of cortisol levels associated with impaired declarative memory in healthy adults. *Life sciences* 58 17 (1996), 1475–83.
- [20] Richard S Lazarus and Susan Folkman. 1984. *Stress, appraisal, and coping*. Springer publishing company.
- [21] Jee Hyun Lee, Eun Kyoung Yang, and Zhong Yuan Sun. 2019. Design Cognitive Actions Stimulating Creativity in the VR Design Environment. In *Proceedings of the 2019 on Creativity and Cognition (C&C ’19)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 604–611. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3325480.3326575>

- [22] Todd Lubart, Christophe Mouchiroud, Sylvie Tordjman, and Franck Zenasni. 2015. *Psychologie de la créativité-2e édition*. Armand Colin.
- [23] Todd I Lubart and Robert J Sternberg. 1995. An investment approach to creativity: Theory and data. *The creative cognition approach* (1995), 269–302.
- [24] Charles Mille, Olivier Christmann, Sylvain Fleury, and Simon Richir. 2020. Effects of digital tools feature on creativity and communicability of ideas for upstream phase of conception. In *Proceedings of the 4th International Conference on Computer-Human Interaction Research and Applications - CHIRA*. INSTICC, SciTePress.
- [25] S. Ollander, C. Godin, A. Campagne, and S. Charbonnier. 2016. A comparison of wearable and stationary sensors for stress detection. In *2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. 004362–004366. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/SMC.2016.7844917>
- [26] Hans Selye. 1955. Stress and disease. *The Laryngoscope* 65, 7 (1955), 500–514.
- [27] James Shanteau and Geri Dino. 1993. Environmental Stressor Effects on Creativity and Decision Making. 293–308. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4757-6846-6_19
- [28] E. S. Siqueira, T. A. A. Santos, C. D. Castanho, and R. P. Jacobi. 2018. Estimating Player Experience from Arousal and Valence Using Psychophysiological Signals. In *2018 17th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)*. 107–10709. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/SBGAMES.2018.00022>
- [29] H.W. Sormaz and B. Tulgan. 2003. *Performance Under Pressure: Managing Stress in the Workplace*. HRD Press. <https://books.google.fr/books?id=guUc3wbP5PIC>
- [30] Charles D. Spielberger. 2010. State-Trait Anxiety Inventory. *American Cancer Society*, 1–1. DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0943>
- [31] Joachim Taelman, S. Vandeput, A. Spaepen, and S. Van Huffel. 2009. Influence of Mental Stress on Heart Rate and Heart Rate Variability. In *4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering*, Jos Vander Sloten, Pascal Verdonck, Marc Nyssen, and Jens Hauelsen (Eds.). Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1366–1369.
- [32] Reg Talbot, Cary Cooper, and Steve Barrow. 1992. Creativity and Stress. *Creativity and Innovation Management* 1, 4 (1992), 183–193. DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.1992.tb00052.x>
- [33] Hendrika G van Lier, Marcel E Pieterse, Ainara Garde, Marloes G Postel, Hein A de Haan, Miriam MR Vollenbroek-Hutten, Jan Maarten Schraagen, and Matthijs L Noordzij. 2019. A standardized validity assessment protocol for physiological signals from wearable technology: Methodological underpinnings and an application to the E4 biosensor. *Behavior research methods* (2019), 1–23.
- [34] Andrea Stevenson Won, Jeremy N Bailenson, Suzanne C Stathatos, and Wenqing Dai. 2014. Automatically detected nonverbal behavior predicts creativity in collaborating dyads. *Journal of Nonverbal Behavior* 38, 3 (2014), 389–408.
- [35] Xiaozhe Yang, Lin Lin, Pei-Yu Cheng, Xue Yang, Youqun Ren, and Yueh-Min Huang. 2018. Examining creativity through a virtual reality support system. *Educational Technology Research and Development* 66, 5 (2018), 1231–1254.