



**HAL**  
open science

## Effets du stress et de sa régulation sur les processus perceptifs et cognitifs.

Adolphe Bequet, Antonio Hidalgo-Munoz, Fabien Moreau, Christophe Jallais

► **To cite this version:**

Adolphe Bequet, Antonio Hidalgo-Munoz, Fabien Moreau, Christophe Jallais. Effets du stress et de sa régulation sur les processus perceptifs et cognitifs.. 11e colloque EPIQUE 2021, Jul 2021, LILLE, France. pp.241-244. hal-03677944

**HAL Id: hal-03677944**

**<https://hal.science/hal-03677944v1>**

Submitted on 25 May 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.

---

# ÉPIQUE 2021 : Effets du stress et de sa régulation sur les processus perceptifs et cognitifs

**Adolphe J. Béquet**

TS2-LESCOT, Univ Gustave Eiffel, IFSTTAR, Univ Lyon, Lyon, France  
[Adolphe.bequet@univ-eiffel.fr](mailto:Adolphe.bequet@univ-eiffel.fr)

**Antonio R. Hidalgo-Muñoz**

CLLE, UMR 5263, CNRS, University of Toulouse Jean-Jaurès, Toulouse, France  
[antonio.hidalgo-munoz@univ-tlse2.fr](mailto:antonio.hidalgo-munoz@univ-tlse2.fr)

**Fabien Moreau**

TS2-LESCOT, Univ Gustave Eiffel, IFSTTAR, Univ Lyon, Lyon, France  
[fabien.moreau@univ-eiffel.fr](mailto:fabien.moreau@univ-eiffel.fr)

**Christophe Jallais**

TS2-LESCOT, Univ Gustave Eiffel, IFSTTAR, Univ Lyon, Lyon, France  
[Christophe.jallais@univ-eiffel.fr](mailto:Christophe.jallais@univ-eiffel.fr)

**Catégorie de soumission** : communication courte

---

## RÉSUMÉ

Les futurs véhicules permettraient l'alternance entre des phases de conduite autonome et des phases de conduite manuelle. Cette transition est cruciale sur le plan attentionnel et repose sur l'utilisation d'alertes. La littérature a montré que des omissions de perceptions d'alertes sonores peuvent être liées à un niveau élevé d'engagement attentionnel dans une tâche annexe. L'objectif de ce travail en cours est d'investiguer les conditions de création du phénomène d'omission, ainsi que l'efficacité d'une contremesure pour réguler ces états (ici un biofeedback temps-réel du rythme cardiaque). Les participants ont réalisé une double tâche consistant en une détection d'alertes sonores et en un jeu mnésique présentant des variations de difficulté et de stress. Des données physiologiques, subjectives et comportementales ont été collectées. Les premiers résultats montrent un impact des conditions sur les trois dimensions. La poursuite de l'analyse des données devrait nous permettre d'étudier sous divers angles les phénomènes attentionnels et les impacts du biofeedback générés lors de l'expérimentation.

## MOTS-CLÉS

Stress, Charge cognitive, Perception, Régulation émotionnelle, Conduite autonome.

---

## 1 CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

La conduite d'un véhicule autonome de niveau 3 (selon la classification SAE, 2018) peut permettre un désengagement attentionnel du conducteur vis-à-vis de la supervision de l'environnement de conduite : le conducteur peut alors s'intéresser à d'autres activités dans le cockpit, tout en devant être en mesure de reprendre la main sur la conduite si besoin (Pflöging, Rang & Broy, 2016). Ces activités sans lien avec la conduite (*Non-Driving Related Tasks*, NDRT) peuvent être variées (lire un livre, réaliser une tâche professionnelle...). Si l'automatisation compte parmi ses objectifs la réduction du stress du conducteur (Bazilinskyy & de Winter, 2015), la possibilité laissée à l'apparition de NDRT entraîne un paradoxe : une charge cognitive, perceptuelle, ou même un stress peuvent ainsi émerger par le biais des NDRT et entraîner un fort engagement attentionnel de la part du conducteur.

Des études montrent un impact possible des NDRT sur les temps de réaction aux alertes de reprise en main, et sur les performances de conduite (Zhang et al., 2019). Cependant, la question de l'impact de l'engagement dans les NDRT sur les capacités perceptives, et donc sur la phase de détection de l'alerte sonore de reprise en main, n'a que très peu été posée dans le cadre de la conduite d'un véhicule autonome (Van der Heiden et al., 2020). On peut s'attendre à ce que cet engagement dans une tâche annexe entraîne une tunnelisation attentionnelle. Ce phénomène est lié à une allocation de l'attention vers un canal d'information ou vers un but spécifique pour une durée trop importante. Ceci peut avoir un impact délétère en raison de la négligence des autres canaux d'information, menant ainsi à échouer à réaliser ou à considérer d'autres tâches (Wickens, 2005).

En conduite manuelle, une charge perceptuelle élevée semble déjà entraîner l'omission de stimuli sonores pourtant pertinents pour la conduite du véhicule (Murphy & Greene, 2015), mais qu'en est-il en conduite autonome ? Tester l'impact d'activités de type visuel sur un phénomène de réduction de la sensibilité aux signaux auditifs, qui semble présent non seulement en conduite manuelle mais également en conduite autonome (Van der Heiden et al., 2020) semble donc primordial pour assurer un développement sécuritaire du véhicule autonome. Investigué plus largement dans le domaine de l'aéronautique, le phénomène de tunnelisation par lequel un opérateur est susceptible d'omettre un stimulus auditif y est dénommé Surdité Inattentionnelle (SI). La SI peut survenir en cas de forte charge cognitive, perceptuelle, ou encore sous la dépendance du stress (Giraudet, 2015). Ce dernier élément émotionnel peut, à niveau élevé, entraîner l'apparition d'affects négatifs et perturber les ressources cognitives et attentionnelles, notamment en lien avec la flexibilité mentale (Dehais et al., 2020). Procéder à une régulation du stress au sein du cockpit d'un véhicule autonome semble être une piste pertinente à investiguer. Une revue systématique des techniques subtiles de régulation du stress applicables en conduite (Béquet, Hidalgo-Muñoz & Jallais, 2020) pointe notamment la diversité des supports utilisables pour procéder à la régulation du stress mais également l'intérêt de contre-mesures de type biofeedback haptique (Costa et al., 2016).

L'objectif de cette étude est donc double : 1) évaluer la création du phénomène de tunnelisation attentionnelle par la mise en place d'un protocole spécifique ; 2) vérifier l'impact d'un biofeedback sur l'émergence du stress ressenti et ses effets sur la présence de tunnelisation attentionnelle.

## 2 METHODOLOGIE

### 2.1 Participants

Cette expérimentation consiste en une réalisation d'une tâche de détection d'alertes auditives en parallèle d'une tâche de jeu mnésique dont la difficulté et le niveau de stress induits varient. Les participants de cette étude étaient au nombre de 29, âgés de 19 à 60 ans ( $M=34.1$ ,  $SD=10.9$ ), tous droitiers, sans antécédents de maladies cardio-vasculaires ou de troubles neurologiques, et ayant une audition et une vision normale (ou corrigée dans le cas de la vision).

### 2.2 Procédure

Le design et les conditions expérimentales de l'étude sont présentés en Figure 1. L'ordre de passation a été contrebalancé entre les participants.



Figure 1 : Design expérimental et conditions de l'étude

Le nombre d'alertes auditives délivrées par bloc de 8 minutes est de 11, avec un temps inter stimulation de 40 +/- 1 à 15 secondes, une durée de 100ms et une fréquence de 1000Hz. Un bruit de fond (moteur de voiture) était présent en permanence. Les participants avaient pour consigne de répondre le plus rapidement possible via un appui pédalier lorsqu'ils percevaient une alerte.

La tâche de jeu consiste en une rétention mnésique de patterns visuels, inspirée du jeu « *Simon says* » et réalisée sur un support de type *touchpad*. La longueur des patterns varie selon si l'on est dans la condition facile (7 touches max), ou difficile (7 touches minimum, sans limite maximale). L'induction de stress est réalisée selon 3 manipulations simultanées, inspirées de Dedovic et al. (2005) : via une consigne indiquant au participant que sa performance était évaluée, via une jauge présente sur le jeu et induisant une pression temporelle et via une seconde jauge indiquant au participant sa « performance relative aux autres participants de l'étude », et lui donnant un objectif de score à remplir. Cette dernière jauge est en réalité manipulée de manière à ce qu'il soit difficile pour le participant d'y évoluer positivement.

Le biofeedback haptique est délivré via un bracelet porté par le participant qui délivre de légères vibrations au niveau du poignet, avec des intervalles entre les vibrations augmentés de 1.5 fois par rapport aux intervalles entre les battements cardiaques réels.

Nous avons pris en compte des mesures physiologiques (signaux cardiaques, respiratoire et électrodermal). De plus, des mesures comportementales et subjectives ont été enregistrées : indices de performance à un jeu mnésique, nombre de détections correctes d'alertes et temps de réaction associés ; questionnaires de charge cognitive, de stress (respectivement : NASA-TLX; GEW, Geneva Emotion Wheel. De plus, des questionnaires individuels étaient passés avant et après l'expérimentation parmi lesquels : personnalité (Big five), anxiété trait (STAI-trait), niveau de compétitivité (CSAI) et flexibilité mentale (Trail Making Test).

### 3 RESULTATS

Nous avons eu recours au t-test de Student (t) ou au test de Wilcoxon (W) lorsque la normalité n'était pas retrouvée via un test de Shapiro-Wilk. Ces tests appariés étaient effectués sous l'hypothèse alternative que les valeurs de la condition difficile étaient inférieures aux valeurs de la condition stress (one-tailed test).

Au niveau subjectif, on retrouve une augmentation de la charge mentale (calculée via le score global au NASA-TLX) avec l'augmentation du niveau de stress ( $W=.865$ ,  $p<.001$ ,  $r=.894$ ). La moyenne est en effet de 73.2 (SD=16.6) en condition difficile et de 87.7 (SD=13.6) en condition de stress. En outre, un effet de cette condition se retrouve sur l'induction d'émotions négatives mesurée à l'aide du score global d'émotions négatives de la roue des émotions ( $M=2.138$ ,  $SD=.882$  en condition difficile ;  $M=2.533$ ,  $SD=.813$  en condition stress ;  $t=-2.934$ ,  $p<.005$ ,  $d=-0.545$ ).

Au niveau physiologique, nous avons normalisé les variables par la condition facile, considérée comme baseline. On retrouve un effet du stress sur le rythme cardiaque ( $M=.007$ ,  $SD=.069$  en condition difficile ;  $M=.039$ ,  $SD=.081$  en condition stress ;  $W=66$ ,  $p<.005$ ,  $r=-.624$ ), sur le rythme respiratoire ( $M=-.007$ ,  $SD=.061$  en condition difficile ;  $M=.028$ ,  $SD=.073$  en condition stress ;  $W=53$ ,  $p<.05$ ,  $r=-.581$ ), ainsi que sur le nombre de réponses électrodermales ( $M=-.276$ ,  $SD=.384$  en condition difficile ;  $M=-.015$ ,  $SD=.523$  en condition stress ;  $t=-2.863$ ,  $p=.005$ ,  $d=-.625$ ).

D'un point de vue comportemental, on retrouve un effet du stress sur le nombre d'omissions (2 omissions en condition difficile, contre 10 en condition stress ;  $X^2=5.15$ ,  $p<.05$ ).

Concernant le biofeedback, nous avons utilisé une anova à mesures répétées avec inclusion de co-variables en la condition avec stress et la condition stress+biofeedback. Cette analyse ne nous a permis de retrouver qu'un effet de cette condition sur le score global d'émotions négatives, ( $M=2.316$ ,  $SD=.931$  en condition stress+biofeedback ;  $F=4.933$ ,  $p<.05$ ,  $\eta^2=.022$ ). Les co-variables incluses étaient le niveau d'extraversion (mesurée via le Big-five et la flexibilité mentale).

### 4 CONCLUSION

Les premiers résultats que nous sommes en mesure de reporter à ce stade tendent à montrer que notre protocole nous a permis d'une part d'obtenir une induction de stress d'un point de vue subjectif et physiologique, mais également que cette induction a bien entraîné significativement plus d'omissions d'alertes auditives. Or, ceci ne représente qu'environ 3% du nombre total de stimulations

envoyées. Les résultats obtenus avec le biofeedback ne font état que d'un effet faible de ce dernier sur la réduction des affects négatifs. Il est cependant intéressant de relever que cet effet dépend de l'inclusion de co-variables individuelles. Ceci tend à montrer que la perception du biofeedback varie entre les individus, et qu'il sera donc important de tenir compte de ces différences individuelles pour la personnalisation de tels systèmes. Si le biofeedback ne semble pas avoir favorisé une réduction du nombre d'omissions globale, relevons tout de même que sur les 4 participants ayant eu au moins une omission en condition stress et pour qui le biofeedback a été noté comme « efficace » (réduction des affects négatifs), 3 participants n'ont pas eu d'omissions en condition avec biofeedback. Les participants avec omissions étaient donc principalement des participants pour qui le biofeedback était noté comme « non efficace ». Pourrait-il ainsi y avoir eu un effet « stresser » du biofeedback chez certains participant, entraînant ainsi des omissions pour ces personnes (et à contrario, un effet « régulateur » chez d'autres participants entraînant une réduction des omissions) ? Si le nombre de participants concerné est trop faible pour effectuer un test statistique nous permettant de répondre à cette question, ces résultats purement descriptifs nous semblent intéressants à relever et ouvrent une voie d'exploration pour de futures études.

Au travers de la méthodologie développée, les bénéfices de cette étude seront directement liés à l'environnement de conduite autonome et pourraient avoir un impact sur la sécurité de ce type de contexte. Dans le cadre de la thèse, il est prévu de procéder à au moins une étude supplémentaire se déroulant sur un simulateur de conduite afin de se placer dans un cadre plus proche de la réalité, ce qui est indispensable en neuro-ergonomie (Dehais & Ayaz, 2019).

## 5 BIBLIOGRAPHIE

- Bazilinskyy, P., & de Winter, J. (2015). Auditory interfaces in automated driving: an international survey. *PeerJ Computer Science*, 1, e13. doi:10.7717/peerj-cs.13
- Béquet, A. J., Hidalgo-Muñoz, A. R., & Jallais, C. (2020). Towards Mindless Stress Regulation in Advanced Driver Assistance Systems: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, 11. doi:10.3389/fpsyg.2020.609124
- Costa, J., Adams, A. T., Jung, M. F., Guimbretière, F., & Choudhury, T. (2016). "EmotionCheck : Leveraging bodily signals and false feedback to regulate our emotions," in *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, 758-769. doi:10.1145/2971648.2971752
- Dehais, F., & Ayaz, H. (2019). Progress and Direction in Neuroergonomics. *Neuroergonomics*, 3–7. doi:10.1016/b978-0-12-811926-6.00001-4
- Dehais, F., Lafont, A., Roy, R., & Fairclough, S. (2020). A Neuroergonomics Approach to Mental Workload, Engagement and Human Performance. *Frontiers in Neuroscience*, 14. doi:10.3389/fnins.2020.00268
- Giraudet, L. (2015). *Caractérisation de la surdit  inattentionnelle, application   la s curit  a rienne*. Doctoral dissertation, Institut Sup rieur de l'A ronautique et de l'Espace, Toulouse.
- Pfleging, B., Rang, M., & Broy, N. (2016, December). "Investigating user needs for non-driving-related activities during automated driving," in *Proceedings of the 15th international conference on mobile and ubiquitous multimedia*, 91-99. doi:10.1145/3012709.3012735
- SAE International. 2018. Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles (Surface Vehicle Recommended Practice: *Superseding J3016-2016*. (June 2018). [https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_201806/](https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/)
- Van der Heiden, R. M. A., Janssen, C. P., Donker, S. F., & Kenemans, J. L. (2020). The influence of cognitive load on susceptibility to audio. *Acta Psychologica*, 205, 103058. doi:10.1016/j.actpsy.2020.103058
- Wickens, C. D. (2005). Attentional Tunneling and Task Management. *2005 International Symposium on Aviation Psychology*, 812-817. Murphy & Greene, 2015
- Zhang, B., de Winter, J., Varotto, S., Happee, R., & Martens, M. (2019). Determinants of take-over time from automated driving: A meta-analysis of 129 studies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, 285–307. doi:10.1016/j.trf.2019.04.020