

Le *neurofeedback* au service de la maîtrise du stress

Charles Verdonk

DANS **REVUE DÉFENSE NATIONALE** 2023/HS4 (N° HORS-SÉRIE), PAGES 129 À 136

ÉDITIONS **COMITÉ D'ÉTUDES DE DÉFENSE NATIONALE**

ISSN 2105-7508

DOI 10.3917/rdna.hs10.0129

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://www.cairn.info/revue-defense-nationale-2023-HS4-page-129.htm>



Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...

Flashez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



Distribution électronique Cairn.info pour Comité d'études de Défense Nationale.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

Le *neurofeedback* au service de la maîtrise du stress

Charles VERDONK

Médecin principal, chercheur en neurosciences au sein de l'Unité neurophysiologie du stress de l'Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA).

Notes préliminaires

Les positions exprimées dans cet article ne sont que les points de vue de l'auteur et ne doivent pas être considérées comme le point de vue officiel du Service de santé des armées (SSA).

Les figures de l'article ont été conçues avec l'application BioRender.

Introduction

Le *neurofeedback*⁽ⁱ⁾ est une technique qui a pour objectif d'entraîner l'individu à contrôler l'activité de régions spécifiques de son cerveau en utilisant le signal issu de sa propre activité cérébrale⁽¹⁾. Le *neurofeedback* comprend différentes étapes qui sont organisées en boucle fermée dans cet ordre (Figure 1) :

- **Recueil du signal de l'activité cérébrale.** Dans le cadre des applications de *neurofeedback*, l'activité cérébrale est mesurée en recueillant le signal de l'activité électrique générée par les populations de neurones du cerveau, grâce à l'électroencéphalogramme (EEG) placé sur le cuir chevelu ou en intracrânien ; ou bien le signal du niveau d'oxygénation du sang circulant dans les vaisseaux du cerveau, grâce à l'Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf).

- **Traitement et caractérisation du signal cérébral en temps réel.** Le signal de l'activité cérébrale doit être traité par des outils mathématiques pour pouvoir être analysé. L'analyse du signal permet de le caractériser dans le domaine temporel (ex : l'amplitude du signal) ou fréquentiel (ex : la puissance du signal) au moyen de descripteurs.

- **Représentation du signal cérébral.** L'information fournie par les descripteurs du signal est présentée au participant sous une forme visuelle (ex : un graphique à barres) ou auditive (ex : un son). Cette information renseigne le participant sur le niveau d'activité de la région cérébrale ciblée par le *neurofeedback*. Il peut ainsi ajuster la stratégie qu'il met en place (ex : se rappeler un bon souvenir, penser à une musique agréable) pour contrôler l'activité de cette région spécifique de son cerveau⁽ⁱⁱ⁾.

⁽ⁱ⁾ Il n'existe pas de traduction en français du terme anglais « *neurofeedback* ». Nous garderons la nomenclature anglo-saxonne pour éviter tout néologisme qui serait délétère à la compréhension de l'article.

⁽ⁱⁱ⁾ Cette information pourrait être partagée avec une tierce-personne (chercheur, thérapeute, instructeur) dont le rôle serait de conseiller le participant sur la stratégie à adopter pour atteindre l'objectif fixé.

Le neurofeedback au service de la maîtrise du stress

Le *neurofeedback* est un type de *biofeedback*, domaine plus large qui regroupe l'ensemble des techniques utilisant l'analyse d'un signal biologique pour entraîner une fonction spécifique du corps ⁽ⁱⁱⁱ⁾. Le *neurofeedback* est à distinguer des interfaces cerveau-machine qui utilisent le signal de l'activité cérébrale dans l'objectif de contrôler ou communiquer avec un système extérieur au corps humain biologique (ex : une prothèse de membre, un ordinateur) ⁽²⁾.

Les cibles du neurofeedback pour la maîtrise du stress

Dans le cadre du Colloque « Pour une gestion optimale du stress », la question qui se pose est la suivante : le *neurofeedback* est-il un outil efficace pour apprendre à l'individu à maîtriser son stress ?

Le stress est la réponse physiologique et psychologique qui permet de s'adapter aux changements de l'environnement (voir « Stress et santé » dans le présent *Cahier*, p. 15-24). La réponse de stress est caractérisée par un changement dans l'activité de plusieurs régions cérébrales ^(3, 4) (voir « La réponse biologique de stress » dans le présent *Cahier*, p. 25-31), et une dégradation des capacités cognitives (perception, attention, mémoire, prise de décision, etc.) ^(5, 6). Les régions cérébrales dont l'activité est modifiée en situation de stress sont autant de cibles potentielles pour le *neurofeedback* (Figure 2).

Le principe général d'utilisation du *neurofeedback* au service de la maîtrise du stress est d'apprendre à l'individu à contrôler l'activité des régions cérébrales mises en jeu dans la réponse de stress. En particulier, si une région cérébrale est activée en situation de stress, le *neurofeedback* aurait pour objectif d'apprendre à l'individu à diminuer l'activité de cette région ; à l'inverse, si une région cérébrale a une activité diminuée en situation de stress, le *neurofeedback* viserait à apprendre à l'individu à augmenter l'activité de cette région.

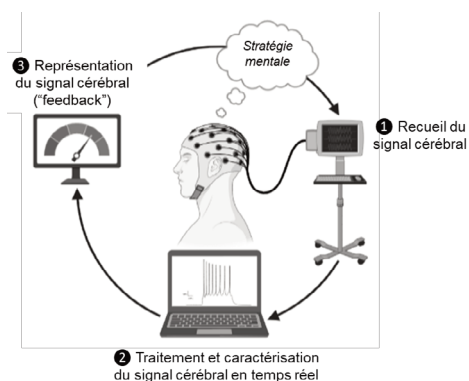


Figure 1 : Le *neurofeedback* comprend différentes étapes qui sont organisées en boucle fermée.

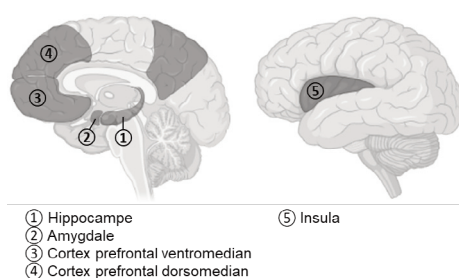


Figure 2 : Régions du cerveau qui voient leur activité modifiée au cours de la réponse de stress et qui sont autant de cibles potentielles pour le *neurofeedback*.

⁽ⁱⁱⁱ⁾ Par exemple, le *cardiofeedback* est un type de *biofeedback* qui utilise le signal de la fréquence cardiaque pour entraîner l'individu à se relaxer au cours d'une séance de méditation.

À ce jour, peu d'études scientifiques ont évalué l'efficacité du *neurofeedback* pour le contrôle de l'activité des régions cérébrales impliquées dans la réponse de stress. Dans le cadre de cet article, nous choisissons de décrire deux études dont les résultats pourraient présenter un intérêt pour une application biomédicale du *neurofeedback* dans les armées.

Améliorer la régulation des émotions en ciblant l'amygdale et le cortex préfrontal ventromédian

Cette étude a été réalisée au profit de la population militaire israélienne avec le soutien financier du département de la Défense des États-Unis (*DoD*). Dans un premier travail, les chercheurs ont identifié un descripteur (une caractéristique) de l'activité électrique cérébrale^(iv) qui renseignait sur le niveau d'activité de l'amygdale⁽⁷⁾. L'activité de l'amygdale est augmentée au cours de la réponse de stress^(3, 4). Par conséquent, l'objectif du *neurofeedback* était d'entraîner les militaires à diminuer l'activité de leur amygdale afin de réduire leur réponse de stress.

Le protocole de *neurofeedback* était composé de six sessions de 15 minutes réparties sur 4 semaines (avec une à deux sessions par semaine). Chaque session consistait à observer sur ordinateur une scène virtuelle correspondant à la salle d'attente des urgences d'un hôpital, avec des personnes assises et des personnes debout dont certaines protestaient au comptoir d'accueil^(v). Pendant le *neurofeedback*, les militaires avaient pour consigne d'adopter un état mental qui permette de diminuer le nombre de personnes debout et le volume de la voix des personnes qui protestaient.

Avant et après le protocole de *neurofeedback*, les participants ont effectué des tests permettant d'évaluer leur capacité à réguler leurs émotions^(vi). Les résultats obtenus montrent que le *neurofeedback* améliore la régulation des émotions et s'associe à une diminution de l'activité de l'amygdale⁽⁸⁾ au niveau cérébral^(vii).

Malgré des résultats prometteurs, à notre connaissance ce protocole de *neurofeedback* n'est pas implémenté à grande échelle dans l'armée israélienne.

Diminuer l'intensité de la réponse de stress en ciblant le locus coeruleus et le cortex cingulaire antérieur

Cette étude a été menée par une équipe de chercheurs civils américains avec le soutien financier du *DoD*. Dans ce travail, les chercheurs ont développé un protocole de *neurofeedback* visant à diminuer le risque de survenue d'une situation accidentogène en aéronautique : les Oscillations induites par le pilote (OIP). Très brièvement, en vol

^(iv) Le descripteur était une carte temps-fréquence du signal EEG recueilli au niveau de l'électrode Pz, incluant toutes les bandes de fréquences et une fenêtre temporelle de 12 secondes (voir la Figure 1 de l'article de référence⁽⁷⁾).

^(v) Voir la Figure 1b de l'article de référence⁽⁸⁾.

^(vi) Les tests incluaient une tâche de Stroop émotionnelle, une auto-évaluation de l'alexithymie, et une imagerie cérébrale par IRMf pour évaluer le niveau d'activation de l'amygdale.

^(vii) Les données d'IRMf montrent que le *neurofeedback* améliore aussi la connectivité entre l'amygdale et le cortex préfrontal ventromédian qui joue un rôle important dans la régulation de l'activité de l'amygdale.

un avion a des oscillations spontanées ; si le pilote tend à surcompenser ces oscillations, celles-ci peuvent augmenter en amplitude et conduire au crash. Les situations de stress, par exemple les situations de surcharge cognitive, favorisent le risque de survenue d'OIP^(9, 10).

Au niveau cérébral, le mécanisme du comportement associé aux OIP serait un dysfonctionnement du Cortex cingulaire antérieur (CCA) qui joue un rôle important dans la supervision de l'action et le contrôle de l'erreur^(11, 12). Ce dysfonctionnement du CCA serait la conséquence de l'hyperactivation du *locus coeruleus*^(viii), région cérébrale profonde localisée dans le tronc cérébral, pendant la réponse de stress⁽¹³⁾.

L'objectif du *neurofeedback* était d'entraîner les participants à diminuer l'activité de leur *locus coeruleus* en adoptant une stratégie mentale qui permettait de diminuer leur niveau de stress. Mis en place dans un simulateur de vol, le protocole de *neurofeedback* comprenait une tâche génératrice de stress^(ix), la détection des situations à risque de PIO par l'analyse du signal cérébral EEG^(x), et l'information du participant au moyen d'un son dont il devait diminuer le volume en adoptant une stratégie mentale pour réduire son niveau de stress. Les résultats de l'étude montrent que le *neurofeedback* permet de diminuer l'activité du *locus coeruleus* et le niveau de stress dans les situations à risque de PIO⁽¹⁴⁾.

Les défis scientifiques et techniques du *neurofeedback*

La « personnalisation » du *neurofeedback*

Bien que l'efficacité du *neurofeedback* soit démontrée sur la base d'analyses statistiques réalisées à l'échelle d'un groupe d'individus, son efficacité semble varier entre les individus. Ainsi, au sein d'un groupe, près de 30 à 50 % des individus ne voient pas d'amélioration de leur performance après le *neurofeedback*⁽¹⁵⁾. Cette variabilité interindividuelle de l'efficacité du *neurofeedback* constitue un défi majeur pour son implémentation à grande échelle dans la population militaire.

Afin de répondre à ce défi, le protocole de *neurofeedback* pourrait comporter une identification préalable des individus non-répondeurs, dans l'objectif de leur proposer des (contre-)mesures personnalisées pour améliorer l'efficacité de l'entraînement. Deux facteurs ont été identifiés comme influençant l'efficacité du *neurofeedback* : les capacités attentionnelles et le niveau de motivation de l'individu⁽¹⁶⁾. Le *neurofeedback* est d'autant plus efficace que le participant est attentif et motivé tout au long de l'entraînement.

^(viii) Au cours de la réponse de stress le *locus coeruleus* sécrète de la noradrénaline qui peut avoir un effet toxique sur les neurones du CCA si elle est sécrétée en trop grande quantité.

^(ix) Dans la tâche « *Boundary avoidance task* » le participant doit suivre une trajectoire de vol difficile qui passe dans des « boîtes » dont l'épaisseur augmente au cours du vol (voir la Figure 1 de Saproo *et al.* (2016)⁽¹³⁾).

^(x) Les situations à risque de PIO étaient identifiées à partir de l'analyse de la puissance du signal EEG dans la bande de fréquence thêta en région fronto-centrale et gamma en région occipitale.

Dans le cadre d'un projet de recherche mené à l'IRBA ^(xi), nous étudions la conscience corporelle comme troisième facteur qui pourrait déterminer l'efficacité du *neurofeedback*. La conscience corporelle réfère à la capacité d'un individu à détecter des changements de son information corporelle ⁽¹⁷⁾. Un haut niveau de conscience corporelle pourrait constituer pour l'individu un support à l'apprentissage du contrôle de sa propre activité cérébrale. À l'inverse, les individus non-répondeurs pourraient être caractérisés par un bas niveau de conscience corporelle. De manière intéressante, le niveau de conscience corporelle peut être amélioré par la pratique de la méditation de pleine conscience (ou *Mindfulness*) ⁽¹⁸⁾. Le recours à une telle intervention (ex : un programme *Mindfulness-Based Stress Reduction* ⁽¹⁹⁾) pourrait constituer une contre-mesure intéressante pour optimiser l'efficacité du *neurofeedback* via une amélioration de la conscience corporelle, chez les individus identifiés comme non-répondeurs.

Les questions inhérentes à une approche scientifique

Le développement d'un protocole de *neurofeedback* implique de définir un certain nombre de paramètres selon une approche scientifique rigoureuse afin de prévenir tout risque de biais lors de son évaluation.

Tout d'abord, il convient d'identifier un biomarqueur pertinent, c'est-à-dire un descripteur du signal de l'activité cérébrale qui permette de quantifier la performance de la fonction cérébrale à entraîner. Ce biomarqueur doit être (i) valide : la relation entre le biomarqueur et la fonction cérébrale à entraîner doit être démontrée ; (ii) entraînable : l'entraînement doit modifier la valeur du biomarqueur ; et (iii) transférable : la modification du biomarqueur doit être associée à un changement du comportement de l'individu ^(20, 21).

Les caractéristiques du protocole de *neurofeedback* doivent être sélectionnées de manière optimale ⁽²⁰⁾. De façon non exhaustive, cela concerne :

- Le nombre de sessions, leur fréquence et leur durée.
- Les instructions à donner au participant afin qu'il adopte la stratégie ou l'état mental souhaité.
- Le type de *feedback* (son, image, etc.), son caractère uni/multi-modal.
- La nature de la condition contrôle qui permet d'évaluer de manière non biaisée l'efficacité du *neurofeedback*.

L'enjeu que représente la définition claire et précise du protocole de *neurofeedback* est de permettre sa standardisation et donc son implémentation à grande échelle au sein de la population militaire.

Le déploiement d'un protocole de *neurofeedback* au profit des armées implique de répondre à la question suivante : à quel moment proposer l'entraînement par *neurofeedback* au combattant ?

^(xi) Projet BIOMEDEF, « Entraînement par *neurofeedback* et optimisation des capacités attentionnelles » mené par M. Michael Quiquempoix (PhD ; Unité Fatigue et vigilance).

- Pendant la préparation opérationnelle ? Le *neurofeedback* pourrait être une activité d'entraînement spécifique destinée à améliorer les capacités d'autorégulation du combattant. Il pourrait aussi être intégré dans les exercices de simulation qui permettent un entraînement réaliste et contrôlé, ou bien dans les activités visant à entraîner le combattant à opérer avec les nouvelles technologies⁽²²⁾.

- Avant le déploiement en opération extérieure (Opex), par exemple pendant la mise en condition avant projection quand l'anxiété anticipatrice est maximale⁽²³⁾ ? La disponibilité du combattant pendant cette période est probablement très limitée du fait de ses activités opérationnelles.

- Au cours de la projection sur le théâtre d'Opex ? Cette modalité pose la question de la capacité des dispositifs de *neurofeedback* à être déployés sur le terrain et à résister aux fortes contraintes environnementales (chaleur, humidité, poussière, etc.) qui caractérisent les théâtres d'Opex.

- Au retour de l'Opex, lors du sas de décompression par exemple ? Ce format pourrait être intéressant d'un point de vue organisationnel, mais il présente le désavantage d'être mis en place après l'exposition au stress de la mission et, de fait, pourrait perdre de son intérêt pour la prévention des maladies liées au stress.

La réponse à cette question devra être basée sur les connaissances scientifiques, les avancées technologiques et les échanges entre les chercheurs et les autorités compétentes des différentes armées.

Enfin, même si le développement d'un outil de *neurofeedback* ne nécessite pas d'en comprendre les mécanismes neurobiologiques, leur connaissance pourrait apporter des informations intéressantes pour expliquer des résultats négatifs (inefficacité du *neurofeedback*) ou mitigés (efficacité variable entre les individus). Il s'agit d'une particularité de l'approche scientifique qu'il convient de ne pas occulter dans les futurs travaux sur le *neurofeedback*.

Les défis techniques autour du développement du neurofeedback

Le développement d'un outil de *neurofeedback* comporte plusieurs défis techniques qui peuvent être catégorisés en fonction des étapes qui composent la boucle du *neurofeedback* (Figure 1).

- Il est nécessaire de disposer d'outils informatiques avec des ressources de calcul importantes. Le traitement du signal cérébral répond aux critères de traitement de données massives (*Big Data*). Le dispositif doit être en mesure de traiter un grand volume de données qui arrivent à un débit important durant la session de *neurofeedback*.

- Des compétences de haut niveau sont requises pour le développement des algorithmes permettant le traitement du signal cérébral en temps réel. La mise en place des binômes chercheur-ingénieur est primordiale au sein des équipes de recherche menant de tels projets.

- L'utilisation du *neurofeedback* au profit de la population militaire implique de développer des outils qui puissent être déployés sur le terrain. Les applications présentées *supra* (voir « Les cibles du *neurofeedback* pour la maîtrise du stress », p. 130) ont été développées au sein de laboratoires. Il est indispensable de réfléchir aux adaptations matérielles qui sont nécessaires pour transférer les dispositifs de *neurofeedback* sur le terrain.

Conclusion

Le *neurofeedback* est un outil moderne qui fait appel à des technologies de pointe et qui nécessite des ressources matérielles et humaines très spécialisées pour son développement et son fonctionnement. Le *neurofeedback* constitue un outil potentiellement puissant qui doit être exploré et évalué par la recherche biomédicale de défense. Ces travaux pourraient contribuer à l'identification de nouvelles stratégies de prévention et de traitement des effets délétères du stress opérationnel sur le fonctionnement du cerveau du combattant. Au regard des défis techniques et des questions scientifiques qui entourent le développement du *neurofeedback*, il semble raisonnable d'évoquer l'hypothèse que les futurs travaux pourraient aboutir à la conclusion que le *neurofeedback* ne peut pas être déployé dans les forces armées françaises. Ces travaux seront néanmoins d'une importance capitale pour l'établissement d'un conseil éclairé au commandement qui soit basé sur les preuves apportées par la science. Dans cet article, nous avons soulevé un nombre important de questions et de limites à propos des applications biomédicales du *neurofeedback* dans les armées. Cela vaut pour preuve que nous sommes à l'aube d'un nouveau domaine d'intérêt pour la recherche biomédicale de défense. Le *neurofeedback* représente un enjeu de recherche transdisciplinaire pour les chercheurs des différentes armées, et le colloque « Le soldat augmenté : pour une gestion optimale du stress » peut être considéré comme fondateur de ce point de vue.

Éléments de bibliographie

- (1) SITARAM R., ROS T., STOECKEL L., HALLER S., SCHARNOWSKI F., LEWIS-PEACOCK J., *et al.*, « Closed-Loop Brain Training: the Science of Neurofeedback », *Nature Reviews Neuroscience*, **18**(2), 2017, p. 86-100. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.164>.
- (2) LEBEDEV M.A. & NICOLELIS M.A.L., « Brain-Machine Interfaces : From Basic Science to Neuroprostheses and Neurorehabilitation », *Physiological Reviews*, **97**(2), 2017, p. 767-837. <https://doi.org/10.1152/physrev.00027.2016>.
- (3) GODOY L.D., ROSSIGNOLI M.T., DELFINO-PEREIRA P., GARCIA-CAIRASCO N., LIMA UMEOKA (DE) E.H., « A Comprehensive Overview on Stress Neurobiology: Basic Concepts and Clinical Implications », *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, **12**(127), 2018. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00127>.
- (4) MCEWEN B.S., BOWLES N.P., GRAY J.D., HILL M.N., HUNTER R.G., KARATSOREOS I.N. & NASCA C., « Mechanisms of Stress in the Brain », *Nature Neuroscience*, **18**(10), 2015, p. 1353-1363. <https://doi.org/10.1038/nn.4086>.
- (5) SANDI C., « Stress and Cognition », *Wiley Interdisciplinary Reviews Cognitive Science*, **4**(3), 2013, p. 245-261. <https://doi.org/10.1002/wcs.1222>.

Le neurofeedback
au service de la maîtrise du stress

- (6) SAPOLSKY R.M., « Stress and the Brain: Individual Variability and the Inverted-U », *Nature Neuroscience*, 18(10), 2015, p. 1344-1346. <https://doi.org/10.1038/nn.4109>.
- (7) KEYNAN J.N., MEIR-HASSON Y., GILAM G., COHEN A., JACKONT G., KINREICH S., *et al.*, « Limbic Activity Modulation Guided by Functional Magnetic Resonance Imaging-Inspired Electroencephalography Improves Implicit Emotion Regulation », *Biological Psychiatry*, 80(6), 2016, p. 490-496. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.12.024>.
- (8) KEYNAN J.N., COHEN A., JACKONT G., GREEN N., GOLDWAY N., DAVIDOV A., *et al.*, « Electrical Fingerprint of the Amygdala Guides Neurofeedback Training for Stress Resilience », *Nature Human Behaviour*, 3(1), 2019, p. 63-73. <https://doi.org/10.1038/s41562-018-0484-3>.
- (9) HURT JR H.H., *Aerodynamics for Naval Aviators*, Office of the Chief of Naval Operations, Aviation Training Division, 1965, 416 pages (<https://www.faa.gov/>).
- (10) STANDARD M. *Flying Qualities of Piloted Aircraft*, Washington D.C., Department of Defense, 1990, 722 pages (https://engineering.purdue.edu/~andrisan/Courses/AAE490F_S2008/Buffer/mst1797.pdf).
- (11) BOTVINICK M.M., COHEN J.D. & CARTER C.S., « Conflict Monitoring and Anterior Cingulate Cortex: an Update », *Trends In Cognitive Sciences*, 8(12), 2004, p. 539-546. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.10.003>.
- (12) CARTER C.S., BOTVINICK M.M. & COHEN J.D., « The Contribution of the Anterior Cingulate Cortex to Executive Processes in Cognition », *Reviews in the Neurosciences*, 10(1), 1999, p. 49-57. <https://doi.org/10.1515/revneuro.1999.10.1.49>.
- (13) SAPROO S., SHIH V., JANGRAW D.C. & SAJDA P., « Neural Mechanisms Underlying Catastrophic Failure in Human-Machine Interaction During Aerial Navigation », *Journal of Neural Engineering*, 13(6), 2016, 066005. <http://dx.doi.org/10.1088/1741-2560/13/6/066005>.
- (14) FALLER J., CUMMINGS J., SAPROO S. & SAJDA P., « Regulation of Arousal via Online Neurofeedback improves Human Performance in a Demanding Sensory-Motor Task », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(13), 2019, p. 6482-6490. <https://doi.org/10.1073/pnas.1817207116>.
- (15) ALKOBY O, ABU-RMILEH A., SHRIKI O. & TODDER D. « Can We predict Who will respond to Neurofeedback? A Review of the Inefficacy Problem and Existing Predictors for Successful EEG Neurofeedback Learning, *Neuroscience*, 378, 2018, p. 155-164. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.12.050>.
- (16) KADOSH K.C. & STAUNTON G., « A Systematic Review of the Psychological Factors That influence Neurofeedback Learning Outcomes », *Neuroimage*, 185, 2019, p. 545-55. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.10.021>.
- (17) MEHLING W.E., GOPISSETTY V., DAUBENMIER J.J., PRICE C.J., HECHT F.M. & STEWART A., « Body Awareness: Construct and Self-Report Measures », *PLOS One*, 4(5), 2009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005614>.
- (18) TREVES I.N., TELLO L.Y., DAVIDSON R.J. & GOLDBERG S.B., « The Relationship Between Mindfulness and Objective Measures of Body Awareness: A Meta-Analysis », *Scientific Reports*, 9(1), 2019, p. 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53978-6>.
- (19) KABAT-ZINN J., « Mindfulness-Based Stress Reduction (MBSR) », *Constructivism in the Human Sciences*, 8(2), 2003, p. 73-107.
- (20) ENRIQUEZ-GEPPERT S., HUSTER R.J. & HERRMANN C.S., « EEG-Neurofeedback as a Tool to Modulate Cognition and Behavior : A Review Tutorial », *Frontiers in Human Neuroscience*, 11(51), 2017. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00051>.
- (21) FEDE S.J., DEAN S.F., MANUWEERA T. & MOMENAN R., « A Guide to Literature Informed Decisions in the Design of Real Time fMRI Neurofeedback Studies: a Systematic Review », *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 2020, 60. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00060>.
- (22) BILLING D.C., FORDY G.R., FRIEDL K.E. & HASSELSTRØM H., « The Implications of Emerging Technology on Military Human Performance Research Priorities », *Journal of Science And Medicine in Sport*, 24(10), 2021, p. 947-953. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.10.007>.
- (23) VANNEAU T., QUIQUEMPOIX M., TRIGNOL A., VERDONK C, VAN BEERS P, SAUVET F, GOMEZ-MERINO D. & CHENNAOUI M., « Determination of the sleep-Wake Pattern and Feasibility of NREM/REM Discrimination Using the Non-Invasive Piezoelectric System in Rats », *Journal of Sleep Research*, 30(6), 2021, e13373. <https://doi.org/10.1111/jsr.13373>.