

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/301593906>

Le neurofeedback en psychiatrie : Les outils d'imagerie cérébrale et de neurophysiologie au service de la thérapeutique

Article · April 2016

DOI: 10.1684/ipe.2016.1476

CITATION

1

READS

45

3 authors:



[Thomas Fovet](#)

Université du Droit et de la Santé Lille 2

28 PUBLICATIONS 32 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Renaud Jardri](#)

Centre Hospitalier Régional Universitaire d...

103 PUBLICATIONS 1,017 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Jean-Arthur Micoulaud Franchi](#)

Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux

127 PUBLICATIONS 312 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Le neurofeedback en psychiatrie : les outils d'imagerie cérébrale et de neurophysiologie au service de la thérapeutique

Thomas Fovet¹, Renaud Jardri¹, Jean-Arthur Micoulaud-Franchi²

RÉSUMÉ

Le neurofeedback est une méthode thérapeutique non invasive consistant à mesurer l'activité d'une ou de plusieurs régions cérébrales chez un sujet et à lui présenter en temps réel l'enregistrement de cette activité. Grâce à ce dispositif, les participants peuvent apprendre à contrôler l'activité neuronale d'une ou de plusieurs région(s) cérébrale(s) déterminée(s), en se basant sur le feedback en temps réel des mesures d'activité de la cible retenue. Dans cet article de synthèse, nous exposons les principales utilisations thérapeutiques du neurofeedback (utilisant l'électroencéphalographie ou l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) en psychiatrie et nous discutons les perspectives offertes par cette technique.

Mots clés : neurosciences, imagerie cérébrale, électroencéphalogramme, imagerie par résonance magnétique, pathologie psychiatrique, psychothérapie, neurophysiologie, neurofeedback, biofeedback

ABSTRACT

Neurofeedback in psychiatry : brain imaging and neurophysiology – tools used in therapeutic support. Neurofeedback is a non-invasive therapeutic technique which consists of measuring the activity of one or more cerebral regions in a patient and presenting a real-time recording of this activity. With this method, based on the real-time feedback of measurement activity from selected targets, participants can achieve voluntary control of neural activity for one or more cerebral regions. In this review article, the therapeutic uses of neurofeedback in psychiatry (by means of electroencephalography or functional magnetic resonance imaging) are described and perspectives offered by this technique are discussed.

Key words: neuroscience, brain imaging, electroencephalogram, magnetic resonance imaging, psychiatric disorder, psychotherapy, neurophysiology, neurofeedback, biofeedback

¹ Université de Lille, CNRS, UMR-9193, SCA-Lab, équipe psyCHIC et CHU de Lille, Pôle de psychiatrie (CURE), Hôpital Fontan, 59000 Lille, France

<thomas.fovet@chru-lille.fr>

² Université de Bordeaux, CNRS, USR-3413 SANPSY et Service d'explorations fonctionnelles du système nerveux, Clinique du Sommeil, CHU de Bordeaux, 33076 Bordeaux, France

Tirés à part : T. Fovet

RESUMEN

El neurofeedback en psiquiatría : las herramientas de imagerie cerebral y de neurofisiología al servicio de la terapéutica. El neurofeedback es un método terapéutico no invasivo consistente en medir la actividad de una o varias regiones del cerebro en un sujeto y presentarle en tiempo real la grabación de esta actividad. Merced a este dispositivo, los participantes pueden aprender a controlar la actividad neuronal de una o varias regiones cerebrales determinadas, basándose en el feedback en tiempo real de las medidas de actividad de la diana elegida. En este artículo de síntesis, exponemos las principales utilizaciones terapéuticas del neurofeedback (utilizando la electroencefalografía o la imagen por resonancia magnética funcional) en psiquiatría y discutimos las perspectivas que ofrece esta técnica.

Palabras claves : neurociencias, imagerie cerebral, electroencefalograma, imagen por resonancia magnética, patología psiquiátrica, psicoterapia, neurofisiología, neurofeedback, biofeedback

Introduction

Il existe actuellement un regain d'intérêt clinique pour le neurofeedback guidé par électroencéphalographie (EEG) en psychiatrie [1, 2]. Ce nouvel élan coïncide avec le développement des techniques de neurofeedback guidées par imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) qui ont pu voir le jour grâce à l'avènement de l'IRMf en temps réel dans les années 2000 [3, 4].

Dans cet article, nous décrivons en premier lieu le principe général du neurofeedback. Nous présenterons ensuite les résultats actuellement disponibles pour cette technique lorsqu'elle est guidée par EEG ou par IRMf pour la prise en charge des pathologies psychiatriques. Enfin, nous discutons les liens qu'entretient le neurofeedback avec le champ de la remédiation cognitive et des psychothérapies, et nous évoquerons quelques perspectives enthousiasmantes de l'utilisation de cette technique dans la discipline.

Principes généraux

Qu'est-ce que le biofeedback ?

L'ouvrage de référence d'Anne et Antoine Rémond, *Biofeedback principes et applications* [5], propose la définition du biofeedback suivante : « groupe de procédés thérapeutiques qui utilise une instrumentation électronique ou électromécanique. Cette dernière permet de mesurer avec précision, traiter et représenter, sous forme analogique ou numérique, une information aux propriétés renforcées, sur l'activité neuromusculaire ou l'activité autonome (normale ou anormale) des individus au moyen de signaux sonores ou optiques. Ses objectifs – d'autant mieux atteints qu'ils sont effectués sous l'égide d'un professionnel compétent dans le domaine du biofeedback – sont d'aider les individus à développer une meilleure conscience et un contrôle volontaire plus intense de leurs processus physiologiques, processus pratiquement inconscients (c'est-à-dire peu indépendants a priori, ou indépendants d'un contrôle volontaire), ceci en contrôlant d'abord le signal externe, puis finalement en utilisant des moyens psychophysiologiques internes » [5].

Un paramètre mesurant une fonction physiologique est donc « traité » ou objectivé par une interface afin de fournir au sujet une information continue et en temps réel (biofeedback), le plus souvent sous forme visuelle ou auditive (mais toutes les modalités sensorielles sont théoriquement envisageables). Les modifications de la variable ainsi traitée, réalisées dans la direction désirée sont renforcées positivement. Ce procédé permet au sujet de contrôler une activité biologique avec pour objectif de réduire l'intensité de symptômes cibles et donc d'obtenir un effet thérapeutique [6, 7].

Qu'est-ce que le neurofeedback ?

Dans le cas du neurofeedback, qui peut être considéré comme un sous-type particulier de biofeedback, la variable traitée puis modulée par le sujet, est une activité cérébrale. Le neurofeedback est donc une méthode non-invasive qui consiste à mesurer l'activité d'une ou de plusieurs régions cérébrales chez un sujet et à lui présenter en temps réel l'enregistrement de cette activité [8]. Grâce à ce dispositif, les participants peuvent apprendre à contrôler l'activité neuronale d'une ou de plusieurs région(s) cérébrale(s) déterminée(s), en se basant sur le feedback en temps réel des mesures d'activité de la cible retenue [9]. Cet apprentissage peut ou non s'accompagner de modifications comportementales chez le sujet.

L'activité cérébrale peut être mesurée au moyen de différentes techniques. Les plus fréquemment utilisées sont l'EEG et l'IRMf mais d'autres méthodes comme la spectroscopie (*near infrared spectroscopy* : NIRS) ou la magnétoencéphalographie (MEG) peuvent également être utilisées. Le principe général du neurofeedback est présenté en *figure 1*.

Les différentes techniques de neurofeedback : avantages et inconvénients

Bien que le principe général décrit plus haut s'applique quelle que soit la méthode utilisée pour mesurer l'activité cérébrale, chaque technique présente des avantages et des inconvénients. Par exemple, la haute résolution temporelle de l'EEG est souvent mise en avant alors que pour l'IRMf, c'est la haute résolution spatiale qui présente un intérêt

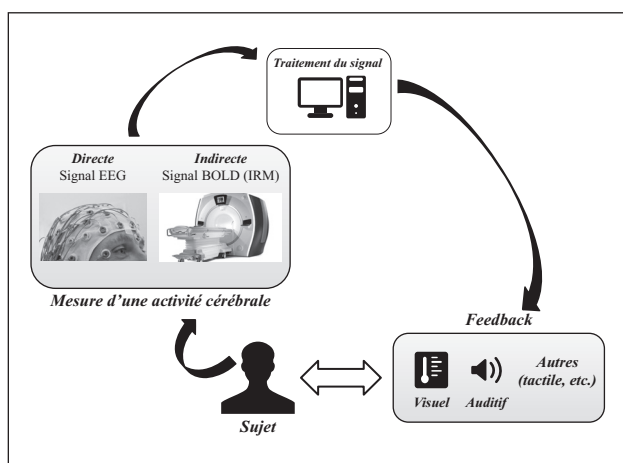


Figure 1. Principe du neurofeedback. Une activité cérébrale est mesurée, soit directement grâce à l’EEG par exemple, soit indirectement via le signal BOLD (*Blood oxygenation level dependent*) qui est un signal hémodynamique que l’on considère corrélé à l’activité cérébrale. Le signal mesuré est traité par une interface informatique puis présenté au sujet via un feedback (le plus fréquemment visuel sous la forme d’une jauge dont le niveau varie selon l’intensité de l’activité mesurée). Le sujet peut alors moduler son activité cérébrale selon le feedback qui lui est renvoyé.

majeur. Plusieurs caractéristiques sont extrêmement importantes à connaître pour la mise en place des protocoles de neurofeedback. Par exemple, le délai hémodynamique de plusieurs secondes avec les techniques d’IRMf implique un délai de 4 à 6 secondes avant l’affichage du feedback. Les patients doivent être informés de ce délai avant les séances. Le *tableau 1* reprend les avantages et inconvénients de l’EEG et de l’IRMf pour les protocoles de neurofeedback. Ces deux techniques sont à l’heure actuelle, les mieux étudiées. Les travaux en MEG et en NIRS restent assez rares mais devraient se développer dans les années futures [10]. L’intérêt de la NIRS est, notamment, son faible coût par rapport à l’IRMf. Enfin, des interfaces combinant plusieurs techniques (EEG et IRMf par exemple) commencent à voir le jour [11].

Tableau 1. Caractéristiques de la technique de neurofeedback selon la technique employée pour recueillir l’activité cérébrale (IRMf ou EEG). Adapté de [12].

	EEG	fMRI
Signal utilisé	Activité électrique des cellules pyramidales perpendiculaires au scalp	Contraste du signal BOLD (signal hémodynamique corrélé à l’activité neuronale)
Résolution temporelle	Millisecondes	Secondes
Résolution spatiale	Centimètres/régions superficielles	Millimètres/régions profondes
Délai du feedback	< 50 millisecondes	4-6 secondes (délai hémodynamique)
Portabilité	Oui	Non
Coût	Modéré	Élevé

Neurofeedback guidé par EEG (EEG-neurofeedback) et troubles psychiatriques

L’EEG a été la première technique de mesure de l’activité cérébrale ayant fait l’objet d’une utilisation de type neurofeedback. Actuellement, on considère qu’il existe trois cibles neurophysiologiques principales (*figure 2*), selon la pathologie psychiatrique ciblée, dans les protocoles d’EEG-neurofeedback :

- la cible est une augmentation de la puissance spectrale dans la bande bêta associée à une diminution de la puissance spectrale dans la bande thêta dans le trouble du déficit de l’attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H) ; l’objectif est d’augmenter l’éveil (« arousal ») qui apparaît fréquemment diminué dans le TDA/H ;
- la cible est une inversion du rapport droite/gauche de la puissance spectrale dans la bande alpha au niveau frontal afin de corriger la dysrégulation de la balance émotionnelle retrouvée dans l’épisode dépressif caractérisé (EDC) ;
- la cible est une augmentation de la puissance spectrale dans la bande alpha (voir dans la bande thêta) afin d’induire un état de relaxation et de diminuer l’hyperveil cortical dans les troubles anxieux et les troubles addictifs.

Les études qui seront présentées ici dans le cadre de l’utilisation du neurofeedback guidé par EEG dans les pathologies psychiatriques sont les travaux présentant une qualité méthodologique satisfaisante (études contrôlées et randomisées, en ouvert ou en aveugle) et une cible neurophysiologique EEG identifiable comme décrit ci-dessus.

Trouble du déficit de l’attention avec ou sans hyperactivité

Trois méta-analyses ont exploré l’efficacité thérapeutique de l’EEG-neurofeedback dans le TDA/H [13, 16, 17]. Les résultats montrent qu’une taille d’effet significativement supérieure au groupe témoin est retrouvée dans les

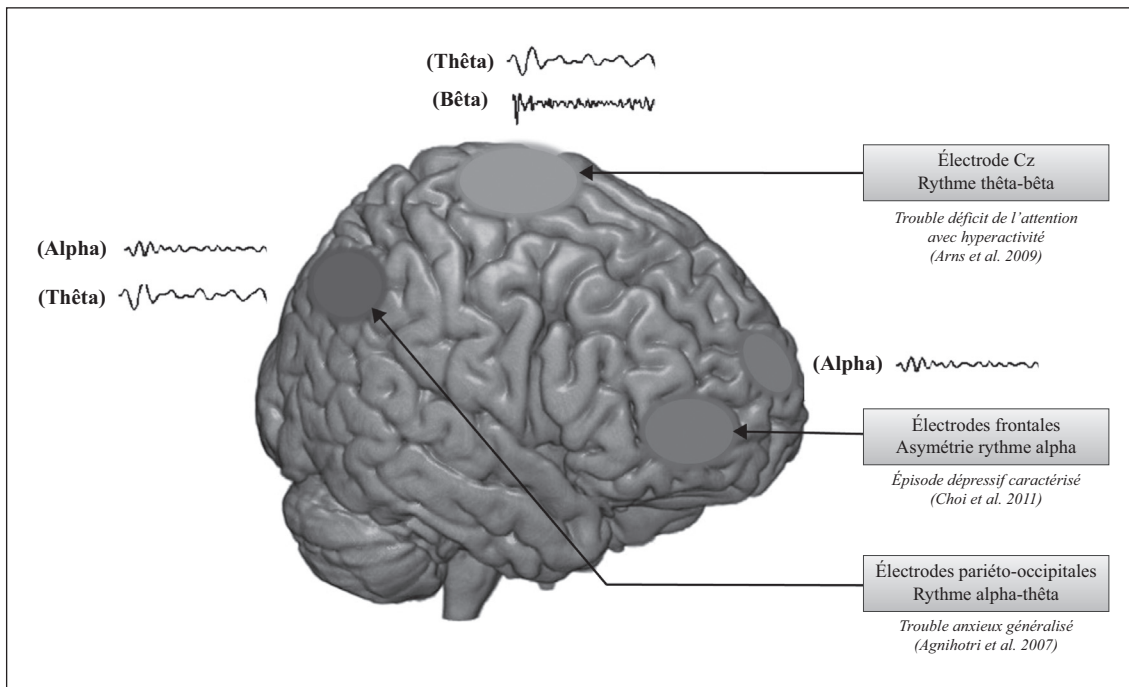


Figure 2. Utilisation du neurofeedback guidé par EEG en psychiatrie [13-15].

études randomisées en ouvert [16]. L'effet thérapeutique apparaît plus important pour la dimension inattention que pour la dimension hyperactivité et l'amélioration pour cette dimension est proportionnelle au nombre de séances de neurofeedback réalisées [13]. Par ailleurs, la taille d'effet reste significative uniquement pour la dimension inattention dans les études randomisées en aveugle [17]. L'effet thérapeutique mis en évidence se maintiendrait dans le temps, au moins 6 mois après la fin de la cure [18].

Enfin, les travaux qui se sont intéressés à l'EEG-neurofeedback pour la prise en charge des troubles du spectre autistique (TSA), semblent indiquer que le neurofeedback n'aurait pas une efficacité sur les signes spécifiques du TSA, mais une efficacité sur les signes de TDA/H présents en comorbidité chez environ 40 à 50 % des sujets [19].

Épisode dépressif caractérisé

Un seul essai randomisé en ouvert a exploré l'efficacité de l'EEG-neurofeedback pour la prise en charge de l'EDC [14]. Cette étude était en faveur d'une efficacité de l'EEG-neurofeedback sur les évaluations cliniques par questionnaire de sévérité de l'EDC (*Beck Depression Inventory II, BDI II*), sur les pensées automatiques négatives et positives (*Automatic Thought Questionnaire-Positive, ATQ-P* et *Automatic Thought Questionnaire-Negative, ATQ-N*) et sur les évaluations neuropsychologiques des

fonctions exécutives [14]. Sur 12 sujets dans le groupe avec neurofeedback, la moitié ($n = 6$) ont été répondeurs (décroissance de 20 % des scores de sévérité sur 75 % des mesures par questionnaires). Il n'y avait aucun répondeur dans le groupe contrôle. Une étude pilote récente chez 9 sujets a également apporté des résultats en faveur d'une spécificité d'effet neurophysiologique de cette thérapeutique [20].

Troubles anxieux et troubles addictifs

Deux essais randomisés en ouvert ont exploré l'efficacité du neurofeedback dans le trouble anxieux généralisé [15, 21] et un essai randomisé a été mené chez des patients souffrant de trouble obsessionnel et compulsif [22]. L'ensemble de ces études apporte des résultats en faveur d'une efficacité de l'EEG-neurofeedback. La place de cette technique dans la prise en charge des troubles anxieux reste toutefois à déterminer. L'efficacité de l'EEG-neurofeedback devra notamment être comparée aux bénéfices établis des thérapies cognitivo-comportementales (TCC). Le neurofeedback pourrait s'imposer comme un outil complémentaire s'intégrant au sein de l'arsenal thérapeutique des TCC [23]. Enfin, comme pour les TSA, l'effet de l'EEG-neurofeedback dans les troubles addictifs pourrait être non spécifique, médié par l'intermédiaire d'un effet sur les comorbidités anxieuses ou TDA/H [24, 25].

Neurofeedback guidé par IRMf (IRMf-neurofeedback) et troubles psychiatriques

L'IRMf est une technique non-invasive, de haute résolution spatiale, permettant d'enregistrer une réponse hémodynamique (signal BOLD : *Blood Oxygenation Level Dependant*), reflet indirect de l'activité neuronale [26]. Aujourd'hui, il est possible d'avoir un accès immédiat aux résultats expérimentaux par l'analyse des données dès leur acquisition : c'est l'IRMf en temps réel [27]. Ces avancées technologiques rendent possible la mise en place de protocoles de neurofeedback en IRMf [28, 29]. L'intérêt majeur est de pouvoir cibler toutes les régions cérébrales (avec, contrairement à l'EEG-neurofeedback, la possibilité de cibler des régions cérébrales profondes). De nombreuses études ont pu mettre en évidence qu'il est tout à fait possible d'apprendre à un sujet sain à réguler l'activité de certaines régions cérébrales comme : l'amygdale, le cortex cingulaire antérieur ou le cortex insulaire par exemple (pour un travail de synthèse, voir [30]).

Dans certains cas, cet apprentissage est associé à des modifications comportementales chez les participants (par exemple, la réponse à des stimuli aversifs après IRMf-neurofeedback ciblé sur le cortex insulaire antérieur [31]).

Dans la continuité de ces travaux, plusieurs études récentes utilisant le IRMf-neurofeedback ont obtenu des résultats prometteurs dans la prise en charge de symptômes subjectifs [32]. Des résultats préliminaires extrêmement encourageants sont d'ores et déjà disponibles sur l'utilisation de cette technique dans la prise en charge, par exemple, des acouphènes [33] ou de la douleur [34].

Les progrès dans le domaine de l'imagerie cérébrale (notamment l'apport de l'IRMf) permettent actuellement une meilleure compréhension de la physiopathologie des troubles mentaux [35]. En identifiant des cibles potentielles pour le IRMf-neurofeedback, ces avancées permettent d'envisager, au moins au niveau théorique, l'utilisation de cette technique à visée thérapeutique dans ces pathologies. Plusieurs résultats expérimentaux ont été publiés ces dernières années (*figure 3*). Toutefois, contrairement aux neurofeedback guidé par EEG, les études explorant le neurofeedback guidé par IRMf contrôlées et randomisées apparaissent excessivement rares.

Épisode dépressif caractérisé

Deux études utilisant l'IRMf-neurofeedback chez des patients souffrant d'EDC sont actuellement disponibles [38, 40] et plusieurs essais sont actuellement en cours [4]. Linden *et al.* ont mis en évidence, dans une étude pilote, une amélioration clinique statistiquement significative chez 8 patients après un protocole de IRMf-neurofeedback. Ce protocole comprenait 4 séances au cours desquelles les patients devaient augmenter l'activité dans des régions céré-

brales préalablement identifiées comme impliquées dans la présentation de stimuli à valence émotionnelle positive (notamment la région préfrontale ventromédiale) [38]. Une autre étude a permis de montrer que les patients souffrant d'EDC sont capables d'apprendre à réguler l'activité de l'amygdale cérébrale gauche au cours de la remémoration de souvenirs autobiographiques positifs et que ceci est associé à une diminution aux scores cliniques d'anxiété [40]. Toutefois, ces résultats restent préliminaires et devront être validés grâce à des études contrôlées randomisées de plus grande ampleur.

Addictions

Des résultats prometteurs ont été publiés dans le domaine des addictions. Hanlon *et al.* ont mis en évidence qu'un protocole d'IRMf-neurofeedback visant à apprendre à décroître l'activité du cortex cingulaire antérieur ventral, permettait de diminuer le *craving* dans la dépendance à la nicotine [39].

Trouble de la personnalité

Dans une étude pilote, Sitaram *et al.* ont proposé d'envisager l'IRMf-neurofeedback comme une piste thérapeutique pour les patients souffrant de trouble de la personnalité type antisocial. Malheureusement, dans ce travail, un seul patient a réalisé les 12 sessions d'entraînement prévues dans le protocole (qui consistait à augmenter l'activité dans le cortex cingulaire antérieur). Toutefois, chez ce participant, l'entraînement était suivi d'une modulation des réponses émotionnelles à des stimuli aversifs. Malgré de nombreuses limites, cette étude ouvre la voie à l'utilisation de l'IRMf-neurofeedback dans le cadre des troubles de la personnalité.

Trouble obsessionnel compulsif

L'IRMf-neurofeedback pourrait également constituer une approche thérapeutique prometteuse dans le trouble obsessionnel compulsif (TOC). Des résultats encourageants ont été publiés, mettant en évidence qu'un protocole entraînant les sujets à réduire l'activité d'une partie du cortex orbito-frontal (une région impliquée dans la physiopathologie du TOC [41]) permettait de réduire l'intensité clinique de l'anxiété de contamination, symptôme fréquent dans le TOC [37].

Discussion : neurofeedback et thérapeutique en psychiatrie

La place du neurofeedback dans le champ des moyens thérapeutiques en psychiatrie reste encore à définir. En effet, le neurofeedback se situe à l'interface de plusieurs disciplines : l'imagerie médicale et la neurophysiologie, les sciences cognitives, et les sciences psychologiques.

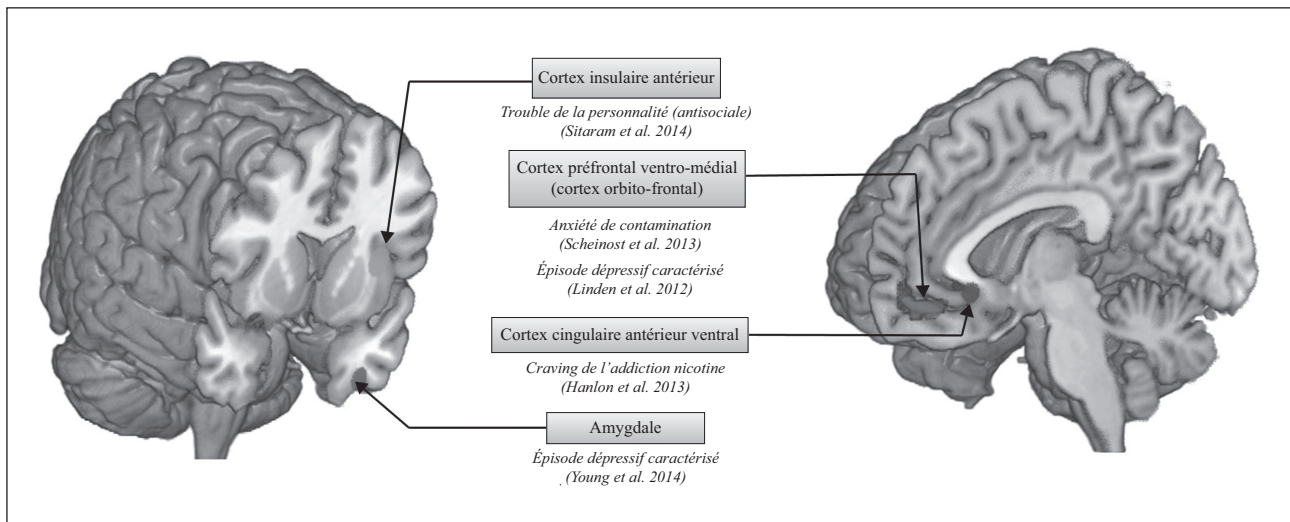


Figure 3. Utilisation du neurofeedback guidé par IRMf en psychiatrie [36-40].

La prise en charge d'un patient par EEG-neurofeedback nécessite en général 25 à 50 séances de 45 à 60 minutes (avec une fréquence d'une à trois séances par semaine). Le nombre élevé de séances permet : l'apprentissage de stratégies efficaces permettant une diminution des symptômes ciblés, le transfert de ces stratégies dans la vie quotidienne, et l'obtention d'un effet sur la neuroplasticité cérébrale permettant le maintien de l'efficacité dans le temps. Ce nombre important de séances implique la nécessité d'une intégration cohérente du neurofeedback au sein des stratégies de prise en charge actuelles des pathologies psychiatriques (psychopharmacologie, électrothérapie, éducation thérapeutique, thérapies cognitivo-comportementales, remédiation cognitive, *self empowerment*).

Le champ de la remédiation cognitive, par l'ancrage du neurofeedback dans les sciences cognitives, et le champ de l'*empowerment*, par l'ancrage du neurofeedback dans les conceptions de la psychologie de la santé [42] nous paraissent deux domaines structurants pour l'intégration du neurofeedback au sein des thérapeutiques psychiatriques.

Remédiation cognitive, apprentissage et neurofeedback

La pratique du neurofeedback peut s'inscrire dans le champ plus global de la remédiation cognitive [43]. À ce titre il conduit à un apprentissage chez le sujet qui utilise la technique [44, 45]. Cependant, les théories classiques du comportementalisme comme le conditionnement opérant ne suffisent pas pour décrire le processus d'apprentissage impliqué dans le neurofeedback. Celui-ci s'avère un effet très complexe et, pour l'heure, peu connu. Il impliquerait à la fois des processus implicites (ou « automatiques ») et

explicites (ou « contrôlés »), ces deux types de processus pouvant survenir de manière séquentielle ou en parallèle. Un modèle d'apprentissage pour le neurofeedback reste donc à construire.

L'objectif d'un protocole de neurofeedback est de conduire au développement de compétences nouvelles chez le sujet souffrant d'un trouble psychiatrique [2]. Cette technique se différencie cependant des méthodes de remédiation cognitive « classique » puisqu'elle ne restreint pas la stratégie cognitive à développer en fournissant au sujet une consigne déterminée (par exemple identifier une cible parmi des distracteurs dans une tâche de détection de cible). La stratégie cognitive développée au cours du neurofeedback est celle pour laquelle le renforcement positif (en lien avec les caractéristiques neurophysiologiques ciblées par le protocole utilisé) est le plus important. Cette spécificité permet à la fois de renforcer le sentiment d'auto-efficacité du sujet, mais également le développement de stratégies cognitives d'autant plus efficaces qu'elles sont spécifiques au sujet.

Pour autant, la place d'un thérapeute formé est essentielle pour expliquer la technique, renforcer l'apprentissage, maintenir la motivation au cours des séances et permettre de suivre l'évolution des performances que ce soit au cours d'une séance donnée, ou au fil des séances successives. Le patient sera ensuite amené à transférer dans la vie quotidienne les compétences acquises.

Ces réflexions autour de l'apprentissage dans le neurofeedback sont essentielles pour des études d'efficacité de qualité. En effet, comme le notait en 1997 Rémond : « Dans beaucoup d'essais d'utilisation du biofeedback qui ne se sont pas montrés satisfaisants, les auteurs de ces essais ont-ils pu ne pas se demander si un apprentissage convenable avait été effectué ? Devant tout nouveau patient, on doit en effet se poser la question suivante : la variable physiologique apparemment en cause est-elle

sensible au biofeedback et, si oui, sa modification s'est-elle effectivement produite dans la population que l'on étudie ? Doubter de l'efficacité d'un traitement par biofeedback d'une variable physiologique lorsque celui-ci est effectué sans essai préalable pour modifier cette variable, revient à douter de l'efficacité d'un médicament dans une maladie, lorsqu'en fait, il n'a pas été absorbé par le patient. » [5]. Ainsi, les premières études ayant testé l'efficacité du neurofeedback dans le TDA/H avaient mis l'accent sur la qualité du protocole et de l'effet d'apprentissage au cours des séances, aux dépens de la construction méthodologique du protocole lui-même (absence de randomisation et de groupe témoin). Paradoxalement, les études plus récentes se sont focalisées sur une méthodologie rigoureuse (avec groupes témoins et évaluations en aveugle) mais bien souvent au détriment de la qualité de l'apprentissage dans le groupe actif.

Il apparaît donc essentiel que les futures études dans le domaine puissent allier la qualité méthodologique des études randomisées contrôlées en aveugle et la qualité des séances de neurofeedback autour du concept d'apprentissage.

Psychologie de la santé, empowerment et neurofeedback

L'empowerment est une notion récente, issue des conceptions de la psychologie de la santé [46] qui désigne l'augmentation de la capacité d'agir d'une personne souffrant de pathologie(s) par le biais du développement de son autonomie. Ces dernières années, ce concept a été largement développé dans le champ de la santé mentale. Parce qu'elles permettent aux patients de renforcer leur sentiment d'auto-efficacité [47] mais pourraient également les amener à retrouver un sentiment de contrôle sur des symptômes souvent envahissants et stigmatisant, il nous apparaît important d'éclairer les techniques de neurofeedback à la lumière de ce concept. Ainsi, le neurofeedback pourrait, dans les années futures, dépasser les conceptions classiques d'apprentissage et de remédiation cognitive pour faire émerger une véritable *psychothérapie guidée par l'imagerie cérébrale*. Les stratégies cognitives développées au cours des protocoles de neurofeedback pourraient être reprises, améliorées et généralisées au cours de séances de psychothérapie « classique ».

Au sein même du cadre théorique du neurofeedback, ce concept s'avère intéressant, tout particulièrement en ce qui concerne la problématique du choix de la cible. En effet, il n'a, pour l'heure, pas pu être déterminé si la meilleure stratégie pour les protocoles de neurofeedback est d'apprendre au sujet à diminuer l'activité des circuits impliqués dans la physiopathologie du trouble ciblé ou de lui permettre d'augmenter l'activité des régions permettant de développer des mécanismes de compensation et de « coping ». La

stratégie optimale pourrait varier d'un sujet à un autre et selon la pathologie, ce que devront déterminer les futurs travaux.

Conclusion

Rémond constatait en 1997, que le développement du biofeedback en France reste « un vaste domaine à cultiver » et soulignait « l'intérêt et les avantages que pourrait apporter le biofeedback aux jeunes médecins, aux spécialistes de nombreuses disciplines, et en particulier, aux jeunes spécialistes de neurophysiologie clinique et à leurs techniciens » [5]. Ce constat semble plus que jamais d'actualité particulièrement dans le champ psychiatrique au sein duquel le neurofeedback pourrait trouver une place de choix à l'interface de la thérapeutique et de la neurophysiologie clinique. Des initiatives ont vu le jour dans cette direction puisque s'est tenue récemment la 1^{re} journée nationale sur le neurofeedback avec pour objectif de structurer la pratique clinique et scientifique du neurofeedback en France dans les années à venir [48].

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt en rapport avec cet article.

Références

1. Arns M, Heinrich H, Strehl U. Evaluation of neurofeedback in ADHD: the long and winding road. *Biol Psychol* 2014 ; 95 : 108-15.
2. Micoulaud-Franchi J-A, McGonigal A, Lopez R, Daudet C, Kotwas I, Bartolomei F. Electroencephalographic neurofeedback: Level of evidence in mental and brain disorders and suggestions for good clinical practice. *Neurophysiol Clin Clin Neurophysiol* 2015 ; 45 : 423-33.
3. Micoulaud-Franchi J-A, Fakra E, Cermolacce M, Vion-Dury J. Towards a new approach of neurophysiology in clinical psychiatry: functional magnetic resonance imaging neurofeedback applied to emotional dysfunctions. *Neurophysiol Clin* 2012 ; 42 : 79-94.
4. Fovet T, Jardri R, Linden D. Current Issues in the Use of fMRI-Based Neurofeedback to Relieve Psychiatric Symptoms. *Curr Pharm Des* 2015 ; 21 : 3384-94.
5. Rémond A, Rémond A. *Biofeedback: principes et applications*. Paris : Masson, 1994.
6. Evans P. Biofeedback for bowel disorders. *Indep Nurse* 2007. Disponible sur: www.magonlinelibrary.com/doi/abs/10.12968/indn.2007.1.6.74962.
7. Kropotov JD. *Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy*. San Diego : Academic Press Elsevier, 2010.
8. deCharms RC. Applications of real-time fMRI. *Nat Rev Neurosci* 2008 ; 9 : 720-9.

9. Sulzer J, Haller S, Scharnowski F, *et al.* Real-time fMRI neurofeedback: progress and challenges. *NeuroImage* 2013 ; 76 : 386-99.
10. Naseer N, Hong K-S. fNIRS-based brain-computer interfaces: a review. *Front Hum Neurosci* 2015 ; 9 : 3.
11. Simoes M, Lima J, Direito B, *et al.* Feature analysis for correlation studies of simultaneous EEG-fMRI data: A proof of concept for neurofeedback approaches. *Conf Proc Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2015 ; 2015 : 4065-8.
12. Thibault RT, Lifshitz M, Raz A. The self-regulating brain and neurofeedback: Experimental science and clinical promise. *Cortex J Devoted Study Nerv Syst Behav* 2015 ; 74 : 247-61.
13. Arns M, de Ridder S, Strehl U, Breteler M, Coenen A. Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. *Clin EEG Neurosci* 2009 ; 40 : 180-9.
14. Choi SW, Chi SE, Chung SY, *et al.* Is alpha wave neurofeedback effective with randomized clinical trials in depression? A pilot study. *Neuropsychobiology* 2011 ; 63 : 43-51.
15. Agnihotri H, Paul M, Sandhu JS. Biofeedback Approach in The Treatment of Generalized Anxiety Disorder. *Iran J Psychiatry* 2007 ; 2 : 90-5.
16. Sonuga-Barke EJS, Brandeis D, Cortese S, *et al.* Nonpharmacological interventions for ADHD: systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of dietary and psychological treatments. *Am J Psychiatry* 2013 ; 170 : 275-89.
17. Micoulaud-Franchi J-A, Geoffroy PA, Fond G, *et al.* EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Hum Neurosci* 2014 ; 8 : 906.
18. Leins U, Goth G, Hinterberger T, *et al.* Neurofeedback for children with ADHD: a comparison of SCP and Theta/Beta protocols. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2007 ; 32 : 73-88.
19. Holtmann M, Steiner S, Hohmann S, *et al.* Neurofeedback in autism spectrum disorders. *Dev Med Child Neurol* 2011 ; 53 : 986-93.
20. Peeters F, Oehlen M, Ronner J, van Os J, Lousberg R. Neurofeedback as a treatment for major depressive disorder—a pilot study. *PloS One* 2014 ; 9 : e91837.
21. Rice KM, Blanchard EB, Purcell M. Biofeedback treatments of generalized anxiety disorder: preliminary results. *Biofeedback Self-Regul* 1993 ; 18 : 93-105.
22. Kopřivová J, Congedo M, Raszka M, *et al.* Prediction of treatment response and the effect of independent component neurofeedback in obsessive-compulsive disorder: a randomized, sham-controlled, double-blind study. *Neuropsychobiology* 2013 ; 67 : 210-23.
23. Servant D, Logier R, Moustier Y, Goudemand M. Heart rate variability. Applications in psychiatry. *L'Encéphale* 2009 ; 35 : 423-8.
24. Peniston EG, Kulkosky PG. Alpha-theta brain wave neurofeedback for Vietnam veterans with combat related post traumatic stress disorder. *Medical Psychotherapy* 1991 ; 4 : 1-14.
25. Scott WC, Kaiser D, Othmer S, Sideroff SI. Effects of an EEG biofeedback protocol on a mixed substance abusing population. *Am J Drug Alcohol Abuse* 2005 ; 31 : 455-69.
26. Boynton GM, Engel SA, Glover GH, Heeger DJ. Linear systems analysis of functional magnetic resonance imaging in human V1. *J Neurosci Off J Soc Neurosci* 1996 ; 16 : 4207-21.
27. LaConte SM. Decoding fMRI brain states in real-time. *NeuroImage* 2011 ; 56 : 440-54.
28. Hinds O, Ghosh S, Thompson TW, *et al.* Computing moment-to-moment BOLD activation for real-time neurofeedback. *NeuroImage* 2011 ; 54 : 361-8.
29. Weiskopf N. Real-time fMRI and its application to neurofeedback. *NeuroImage* 2012 ; 62 : 682-92.
30. Ruiz S, Buyukturkoglu K, Rana M, Birbaumer N, Sitaram R. Real-time fMRI brain computer interfaces: self-regulation of single brain regions to networks. *Biol Psychol* 2014 ; 95 : 4-20.
31. Caria A, Sitaram R, Veit R, Begliomini C, Birbaumer N. Volitional control of anterior insula activity modulates the response to aversive stimuli. A real-time functional magnetic resonance imaging study. *Biol Psychiatry* 2010 ; 68 : 425-32.
32. Sulzer J, Haller S, Scharnowski F, *et al.* Real-time fMRI neurofeedback: progress and challenges. *NeuroImage* 2013 ; 76 : 386-99.
33. Haller S, Birbaumer N, Veit R. Real-time fMRI feedback training may improve chronic tinnitus. *Eur Radiol* 2010 ; 20 : 696-703.
34. deCharms RC, Maeda F, Glover GH, *et al.* Control over brain activation and pain learned by using real-time functional MRI. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2005 ; 102 : 18626-31.
35. Amad A, Fovet T, Geoffroy PA. Keep calm: Psychiatric disorders are organic! The power of words in medicine. *Aust N Z J Psychiatry* 2016 ; 50 : 100-1.
36. Sitaram R, Caria A, Veit R, Gaber T, Ruiz S, Birbaumer N. Volitional control of the anterior insula in criminal psychopaths using real-time fMRI neurofeedback: a pilot study. *Front Behav Neurosci* 2014 ; 8 : 344.
37. Scheinost D, Stoica T, Saksa J, *et al.* Orbitofrontal cortex neurofeedback produces lasting changes in contamination anxiety and resting-state connectivity. *Transl Psychiatry* 2013 ; 3 : e250.
38. Linden DEJ, Habes I, Johnston SJ, *et al.* Real-time self-regulation of emotion networks in patients with depression. *PloS One* 2012 ; 7 : e38115.
39. Hanlon CA, Hartwell KJ, Canterberry M, *et al.* Reduction of cue-induced craving through realtime neurofeedback in nicotine users: the role of region of interest selection and multiple visits. *Psychiatry Res* 2013 ; 213 : 79-81.
40. Young KD, Zotev V, Phillips R, *et al.* Real-time FMRI neurofeedback training of amygdala activity in patients with major depressive disorder. *PloS One* 2014 ; 9 : e88785.

41. Mataix-Cols D, Wooderson S, Lawrence N, *et al.* Distinct neural correlates of washing, checking, and hoarding symptom dimensions in obsessive-compulsive disorder. *Arch Gen Psychiatry* 2004 ; 61 : 564-76.
42. Micoulaud Franchi JA, Pallanca O. Neurofeedback. In: *Neurophysiologie clinique en psychiatrie*. Paris: Elsevier Masson, pp. 185-212.
43. Micoulaud-Franchi JA, Daudet C. Neurofeedback par électroencéphalographie en psychiatrie : remédiation neurophysiologique. *EMC – Psychiatrie* 2015 : 1-7.
44. Strehl U. What learning theories can teach us in designing neurofeedback treatments. *Front Hum Neurosci* 2014 ; 8 : 894.
45. Gevensleben H, Moll GH, Rothenberger A, Heinrich H. Neurofeedback in attention-deficit/hyperactivity disorder – different models, different ways of application. *Front Hum Neurosci* 2014 ; 8 : 846.
46. Micoulaud-Franchi JA, Lancon C. L'inaccessible presque touché. Connaissance minimale en psychologie de la santé à l'usage de l'étudiant en médecine. *Ann Med-Psychol Rev Psychiatr* 2015 ; 173 : 377-83.
47. Linden DEJ. Neurofeedback and networks of depression. *Dialogues Clin Neurosci* 2014 ; 16 : 103-12.
48. NE&T. 1^{re} journée nationale sur le neurofeedback [Internet]. <https://www.youtube.com/watch?v=FvZRv995xtI&list=PLvZCt4kFF1NqIMag6NRtLv6RE5bfDR21N>.



49€

• Février 2014
• 16 x 24 cm / 400 pages
• ISBN : 978-2-7040-1372-2

Pertes de connaissance transitoires et malaises de l'adulte

Évaluez vite et bien

Un guide adapté à la pratique courante pour établir un diagnostic de chaque type de malaise, même le plus rare.

- Répertorie toutes les causes pathologiques possibles par grande typologie
- Apporte une méthodologie opératoire d'aide au diagnostic



Ouvrage disponible sur www.jle.com

doin®

John Libbey
EUROTEXT