
Effet de la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) sur la régulation émotionnelle : prise en compte de l'activité du système grâce au niveau de compétence initiale et à la difficulté de la tâche

Auteur : Goderniaux, Pauline

Promoteur(s) : Hansenne, Michel

Faculté : bŷ Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Education

Diplôme : Master en sciences psychologiques, à finalité spécialisée en neuroscience cognitive et comportementale

Année académique : 2017-2018

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/5716>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



*Faculté de psychologie, logopédie et sciences de l'éducation
Finalité spécialisée en neuroscience cognitive et comportementale*

Effet de la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) sur la régulation émotionnelle : prise en compte de l'activité du système grâce au niveau de compétence initiale et à la difficulté de la tâche

La dépendance à l'état et au trait peut-elle rendre compte des résultats hétérogènes de la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) des régions préfrontales ?

Présenté par GODERNIAUX Pauline en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Sous la direction de Monsieur HANSENNE Michel
Lecteurs : BLAIRY Sylvie et D'ARGEMBEAU Arnaud

Année académique 2017-2018

Table des matières

1.	Introduction	5
2.	L'émotion	6
2.1.	Historique et définition de l'émotion	6
2.1.1.	Un bref historique de l'émotion et de son étude.....	6
2.1.2.	Définition de l'émotion	8
3.	Régulation émotionnelle.....	12
3.1.	Historique, but et définition de la régulation émotionnelle	12
3.2.	Classification de la régulation émotionnelle	14
3.3.	Modèle processuel de Gross (1998)	15
3.4.	De l'importance de la régulation émotionnelle	21
3.5.	Régulation émotionnelle et intelligence émotionnelle	22
4.	La stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS)	23
4.1.	Fonctionnement	23
4.2.	Un large domaine d'application	24
4.3.	tDCS et processus émotionnels	25
4.4.	Hétérogénéité des résultats et climat de méfiance envers la tDCS.....	28
4.4.1.	Effet de la tDCS sur le cortex préfrontal dorso-latéral	29
4.4.2.	Effets physiologiques de la tDCS.....	29
4.4.3.	Effets cognitifs d'une session unique de tDCS	30
4.5.	Résultats hétérogènes : divers facteurs explicatifs potentiels.....	32
4.5.1.	Modèle dépendant de la stimulation - Paramètres de stimulation	33
4.5.2.	Modèle dépendant de l'activité du réseau - Effet de dépendance à l'état.....	34
4.5.3.	Variabilité interindividuelle.....	37
5.	Buts et hypothèses	38
6.	Méthodologie et matériel.....	40
6.1.	Sujets	40
6.2.	Matériel – IAPS et pré-test	40
6.3.	Questionnaires	41
6.3.1.	Mesures relatives à la régulation émotionnelle	41
6.3.2.	BFI-Fr.....	43
6.4.	Fonctions exécutives – flexibilité et inhibition – batterie TAP	43
6.5.	tDCS et paramètres de stimulation	45

6.6.	Tâche	47
6.7.	Analyses statistiques.....	50
7.	Résultats	52
7.1.	Données démographiques.....	52
7.2.	Analyse de l'effet de la stimulation sur la performance de régulation	53
7.2.1.	Sur les différentes conditions de régulation	53
7.2.2.	Sur les scores de différences entre les différentes conditions de régulation.....	54
7.2.3.	Sur les conditions de difficulté	55
7.2.4.	Conclusion.....	55
7.3.	Analyse de l'effet de la stimulation sur la performance de régulation mesurées en score de différence en prenant en compte des facteurs de compétences de base et de personnalité	56
7.3.1.	Compétence de base	57
7.3.2.	Personnalité	60
7.3.3.	Conclusion.....	60
7.4.	Analyse de l'effet de la stimulation sur la performance de régulation selon la difficulté de la tâche en prenant en compte des facteurs de compétences de base et de personnalité	61
7.4.1.	Compétence	62
7.4.2.	Extraversion.....	67
7.4.3.	Régressions linéaires	68
8.	Discussion	70
8.1.	Limites et perspectives futures	75
9.	Conclusion.....	79
10.	Bibliographie.....	80
11.	Annexes.....	92

Résumé

La stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) est une technique de neurostimulation possédant un large champ d'application mais dont les résultats sont difficilement reproductibles. Cette absence de reproduction pourrait être due au fait que l'activité du système cérébral n'est pas prise en compte dans la plupart des études tDCS. Nous nous proposons donc de prendre en compte cette activité par le biais de la difficulté de la tâche et de la compétence initiale pour réaliser une étude portant sur l'effet de la tDCS sur la régulation émotionnelle, étant donné qu'elle est une compétence utile au quotidien dont l'amélioration pourrait être bénéfique.

Pour ce faire, nous avons fait passer une tâche de régulation émotionnelle à 54 sujets où ils devront augmenter, diminuer ou maintenir leur émotion face à des stimuli visuels positifs, négatifs ou neutres alors que leur cortex dorso-latéral préfrontal gauche est stimulé à l'aide de la tDCS. Parmi les stimuli positifs et négatifs, une moitié avait une intensité émotionnelle basse et l'autre moitié, une élevée afin de créer des essais faciles et des essais difficiles. La compétence initiale était grâce au CERQ (*Cognitive Emotion Regulation Questionnaire*) (Garnefski et al., 2001) et à l'ERQ (*Emotion Regulation Questionnaire*) (Gross & John, 2003). Une ANOVAs 2 (Difficulté : difficile, facile) x 3 (Groupes de stimulation : anodale, cathodale, factice) x 2 (Compétence selon le CERQ : basse, élevée) à mesures répétées a mis en évidence une interaction entre la difficulté et le groupe ainsi qu'entre la difficulté et la compétence. Des comparaisons post-hoc corrigées selon Bonferroni ont montré que les individus du groupe de stimulation anodale et de la stimulation factice présentent un score significativement plus élevé dans la condition difficile que dans la condition facile. Par ailleurs, les individus présentant un plus haut score de compétence obtiennent un score plus élevé dans la condition difficile que dans la condition facile.

Les résultats ici trouvés ne nous permettent pas de conclure à un effet fiable de la tDCS sur la régulation émotionnelle. Les facteurs visant à quantifier l'activité du système apportent des éléments intéressants de par l'interaction entre la difficulté et le groupe de stimulation lorsque la compétence initiale est prise en compte mais ne sont pas suffisants pour nous renseigner sur l'effet de la tDCS. Il serait dès utile de prendre en compte d'autres facteurs dans le futur comme notamment, l'effet d'engagement à la tâche.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le promoteur de ce mémoire, Michel Hansenne, pour m'avoir donné la possibilité de travailler sur ce sujet passionnant ainsi que son assistant Romain Dumont pour sa disponibilité et son soutien tout au long de la réalisation de ce projet.

Mes remerciements vont également à mes lecteurs Sylvie Blairy et Arnaud d'Argembeau, pour accepter d'évaluer ce travail et pour l'attention apportée à celui-ci.

Un merci particulier à tous ceux qui ont accepté de participer à cette expérience et sans qui ce travail n'aurait pas pu voir le jour.

Ensuite, un merci à ma famille et à Estelle pour l'aide et les encouragements fournis tout au long de cette année ainsi que pour leur précieuse relecture de ce travail.

Je tiens également à remercier mes proches pour m'avoir soutenu dans ce travail.

1. Introduction

Au cours des dernières années, les résultats hétérogènes des études utilisant la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) trouvés dans la littérature ont soulevé des questions quant à l'efficacité de cette méthode.

Nous avons dès lors voulu chercher à comprendre la raison de cette hétérogénéité. Une explication avancée par plusieurs auteurs est l'effet de dépendance à l'état, lequel postule que toute activité induite par la tDCS se produit dans le cadre d'une activité neurale de base ou un état spécifique (Silvanto & Pascual-Leone, 2008 ; Tremblay et al., 2014) ; ils leur semblent donc important dans le futur d'explorer un potentiel effet dépendant de l'état dans les études utilisant la tDCS (Horvath et al., 2015b ; Santarecchi et al., 2015 ; Tremblay et al., 2004), ce que nous nous proposons dès lors de faire ici en prenant en compte l'activité du système.

Cette prise en compte s'est effectuée lors d'une tâche visant à déterminer l'effet de la stimulation transcrânienne sur une tâche de régulation émotionnelle.

En effet, trouver une méthode d'amélioration de la régulation émotionnelle serait bénéfique étant donné l'étendue de l'impact que celle-ci pour avoir sur différentes sphères de la vie d'un individu.

En effet, les compétences de régulation émotionnelle ont des conséquences sur les relations sociales, la performance professionnelle, le bien-être et encore la santé mentale et physique (pour une synthèse : Mikolajczak, 2009).

L'objectif de ce travail est donc à la fois de réaliser une étude de stimulation transcrânienne en prenant en compte l'activité du système pour évaluer la présence d'un effet dépendant à l'état et à la fois de voir si la tDCS a un impact sur une compétence émotionnelle utile au quotidien, celle de la régulation émotionnelle.

2. L'émotion

2.1. Historique et définition de l'émotion

2.1.1. Un bref historique de l'émotion et de son étude

Afin de définir la régulation émotionnelle et d'évoquer différents aspects de celle-ci, il importe de se pencher sur l'histoire de l'étude des émotions ainsi que de définir ce qu'est une émotion, ce qui peut être fait de plusieurs façons.

Historiquement, les premiers individus à se questionner quant aux émotions sont les philosophes. En effet, dès l'antiquité grecque, sont développées des approches de l'émotion notamment par Platon et Aristote. Ce premier présente l'émotion sous une connotation négative. En effet, selon lui, l'émotion pervertit notre réflexion et l'empêche de se développer correctement. Aristote, quant à lui, a une vision un peu plus optimiste de l'émotion et un des premiers à postuler d'un lien corps-esprit à travers les manifestations biologiques des émotions. Descartes, en 1647, rédige « Les Passions de l'Âme », ouvrage dans lequel il peint les émotions comme un élément perturbateur du jugement rationnel. Il y développe également la notion de tendance à l'action.

Par la suite, Darwin (1872) développe une théorie évolutionniste de l'émotion en comparant les émotions chez diverses espèces. En effet, il fait le lien entre émotion, expressions faciales et organes intervenants. Il postule qu'il existe un nombre limité d'émotions et que celles-ci et leurs manifestations naissent de l'évolution. Selon Darwin, les expressions des émotions montraient quel comportement un individu allait adopter. Par la suite, ces manifestations ayant un impact positif, elles servent de signaux de communication (Darwin, 1872 ; Pinel, 2007).

Les émotions ont commencé à être étudiées sous un angle plus biologique en partie grâce au fameux cas de Phineas Gage en 1848. En effet, suite à l'accident subis par celui-ci et causant des lésions cérébrales, on a pu observer de grands changements chez la personne de Gage ; et ce, notamment au niveau des émotions (Pinel, 2007). Bien des années plus tard, une reconstitution informatique du crâne de Gage a pu montrer que les lobes préfrontaux médians, régions dont on connaît maintenant l'importance dans la planification des émotions, présentaient des lésions (Damasio et al., 1994).

En 1884, James (1890) et Lange (1885) développent une des premières théories physiologiques des émotions. Cette théorie postule que les stimuli de nature émotionnelle sont interprétés au niveau du cortex, lequel déclenche des réactions physiologiques via le système nerveux.

L'originalité de cette théorie réside dans le fait que d'après James et Lange (1884), la perception par le cerveau de ces réactions physiologiques qui va déclencher la sensation émotionnelle.

Par la suite, une théorie alternative fut développée : la théorie de Cannon-Bard. Celle-ci postule que les stimuli émotionnels provoquent *à la fois* les réactions physiologiques provenant du système nerveux et les sensations émotionnelles ; le feedback des réactions physiologiques perdant son rôle d'activateur des sensations émotionnelles.

De nos jours, ces théories ont été revisités et, dans un sens, intégrées ; il est maintenant conçu que ces trois composantes de la réponse émotionnelle impliquées dans ces théories – la perception du stimulus, la réaction physiologique et la sensation émotionnelle – s'influencent chacune l'une l'autre selon un système de feed-back (Pinel, 2007).

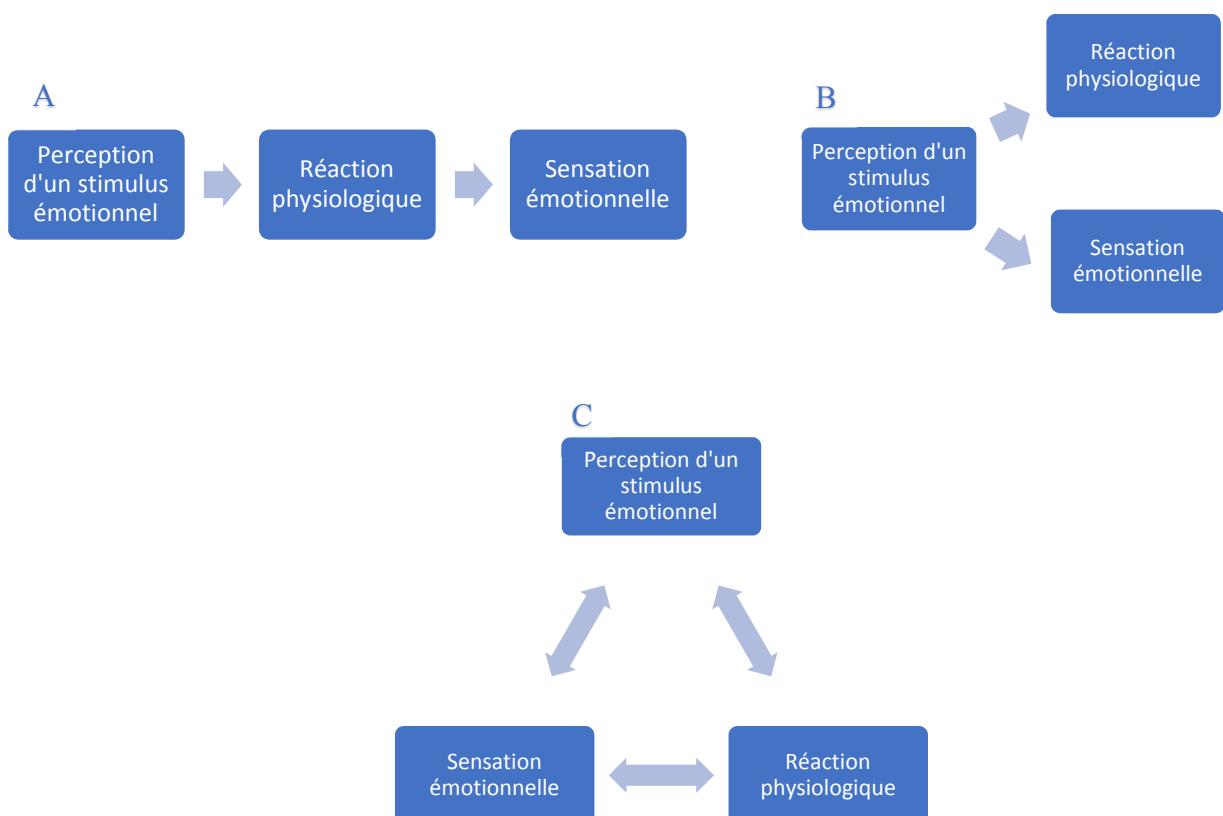


Figure 1 :

A : Conception de James-Lange

B : Conception de Cannon-Bard

C : Conception actuelle

Adapté de Pinel (2007)

2.1.2. Définition de l'émotion

Il existe différentes définitions de l'émotion, évoluant au fil de l'avancée de l'étude de celle-ci.

Tout d'abord, une émotion peut être considérée comme une mesure d'un système qui observe et évalue la différence entre un but et la réalité (Hsee & Abelson, 1991).

William James, dans la lignée des travaux de Darwin et dans le cadre de sa théorie développée avec Lange, conférait aux émotions une fonction évolutionnaire, dans le sens où il conçoit celles-ci comme des réponses adaptatives comportementales et physiologiques – l'émotion étant ici le changement corporel, ce qui permet de moduler notre comportement.

Les émotions peuvent également être définies comme des états brefs provoqués par un stimulus ou une situation spécifique (Luminet, 2002), ce qui les différencie alors des humeurs, qui sont plus prolongées et ne sont pas nécessairement en réaction à un événement spécifique. Elles peuvent être observées à travers l'expression et le comportement ou bien être définies en termes de réactions physiologiques et de feedback du système nerveux périphérique ou encore par le média de l'expression faciale (Niedenthal et al., 2006).

De façon globale, l'émotion est une réponse comportant une certaine valence à des stimuli extérieurs et/ou des représentations internes qui implique ces changements au sein de divers systèmes de réponses.

Néanmoins, il est difficile de trouver une définition claire, précise et universellement acceptée de l'émotion car celle-ci est une entité à plusieurs facettes.

En effet, d'après Scherer (2001), une émotion est un système à multifacettes, qui peut être déclinée en 5 composantes à savoir : les pensées relatives à la situation, les modifications biologiques, la tendance à l'action, les modifications expressives et comportementales ainsi que l'expérience subjective

Scherer définit d'ailleurs l'émotion comme un changement synchronisé et interrelié de ces cinq composantes en réponse à l'évaluation d'un stimulus interne ou externe comme problème potentiel pour l'organisme.

Un certain nombre de modèles inclut une composante cognitive. Cette facette fait dès lors référence au fait que la nature et l'intensité d'une émotion ressentie par un individu va dépendre des pensées, croyances et attentes de celui-ci. C'est d'ailleurs sur cette facette que va venir s'inscrire la technique de régulation émotionnelle de la réévaluation cognitive (cf. *infra*). Ceci est également à mettre en parallèle avec la théorie transactionnelle du stress et du *coping* de Lazarus et Folkman (1984).

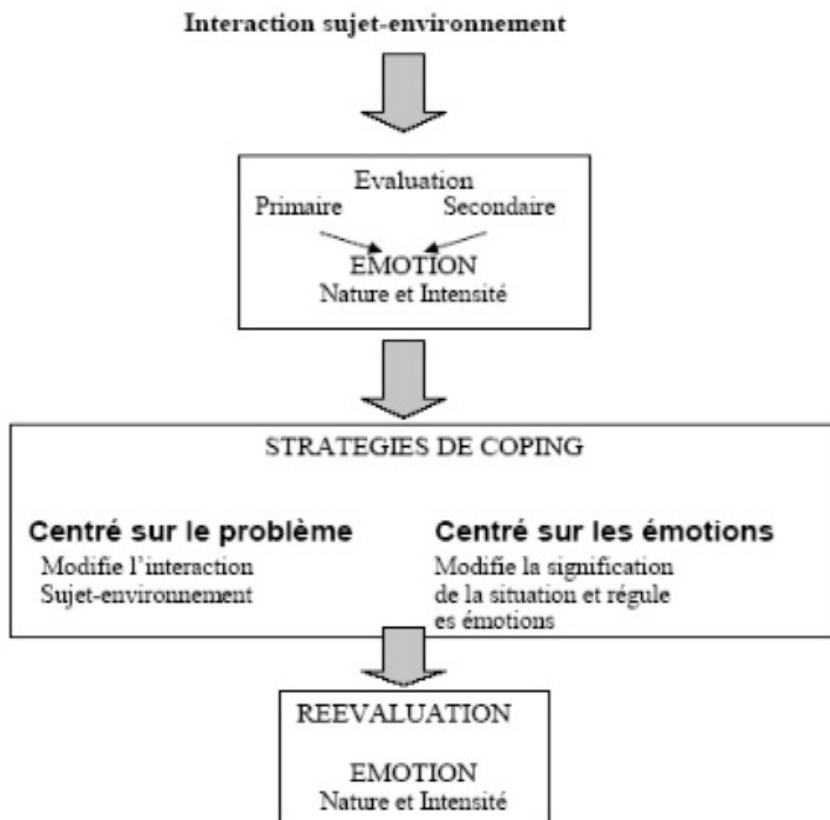


Figure 2 : modèle du stress et du coping de Lazarus et Folkman (1894)

Lazarus et Folkman postulent que l'émotion sur laquelle va se greffer une stratégie de coping a d'abord fait le fruit d'une évaluation primaire – ce qui correspond à une évaluation des événements (sont-ils pertinents, positifs, dangereux, etc.) ainsi qu'à une évaluation secondaire, qui porte sur les ressources de la personne. C'est seulement après cette stratégie de coping que survient la réponse finale. Une fois de plus, ceci rejoint les modèles cognitifs de l'émotion. En effet, on peut constater que, de manière générale, un certain nombre de chercheurs s'accordent maintenant sur le fait que les émotions peuvent en effet être vues comme des séquences de tendance de réponses flexibles qui peuvent être modulées afin de former la réponse émotionnelle finale (pour une synthèse : Gross, 1998).

Les émotions reposent sur des bases neurobiologiques distribuées ; de cela découle le fait que les émotions engendrent des réactions physiologiques. Plusieurs régions cérébrales sont impliquées dans la production et la régulation des émotions.

Par exemple, le cortex préfrontal joue le rôle de principal centre de contrôle ainsi que de centre de traitement de l'information. Il permet donc la reconnaissance de l'émotion ainsi que sa régulation (Huffman, 2007).

Le système limbique est particulièrement important dans les fonctions émotionnelles. Il consiste en un ensemble de régions subcorticales primordiales dans les fonctions émotionnelles. Parmi ces noyaux et faisceaux bordant le thalamus, on peut retrouver l'amygdale, qui joue un rôle particulier. En effet, sa fonction est d'assigner une valeur de récompense ou de punition aux stimuli afférents – ce qui en fait une zone clef dans le déclenchement de la peur (Ledoux, 1998). Elle envoie également un signal à d'autres parties du cerveau, qui à leur tour engendrent une accélération du rythme cardiaque.

On retrouve d'autres structures dans ce système. La plupart d'entre elles sont impliquées dans le circuit des émotions de Papez. En effet, d'après Papez, le message sensoriel concernant les stimuli émotionnels qui arrivent au thalamus est dirigé à la fois vers le cortex sensoriel et vers l'hypothalamus, lequel serait connecté à l'hippocampe ainsi qu'au thalamus antérieur, puis au cortex cingulaire, lequel intégrerait donc le signal de l'hypothalamus et du cortex sensoriel et renverrait un signal à l'hypothalamus en exerçant un contrôle top-down des réponses émotionnelles (Dalgleish, 2004 ; Ledoux, 1996 ; Papez, 1937).

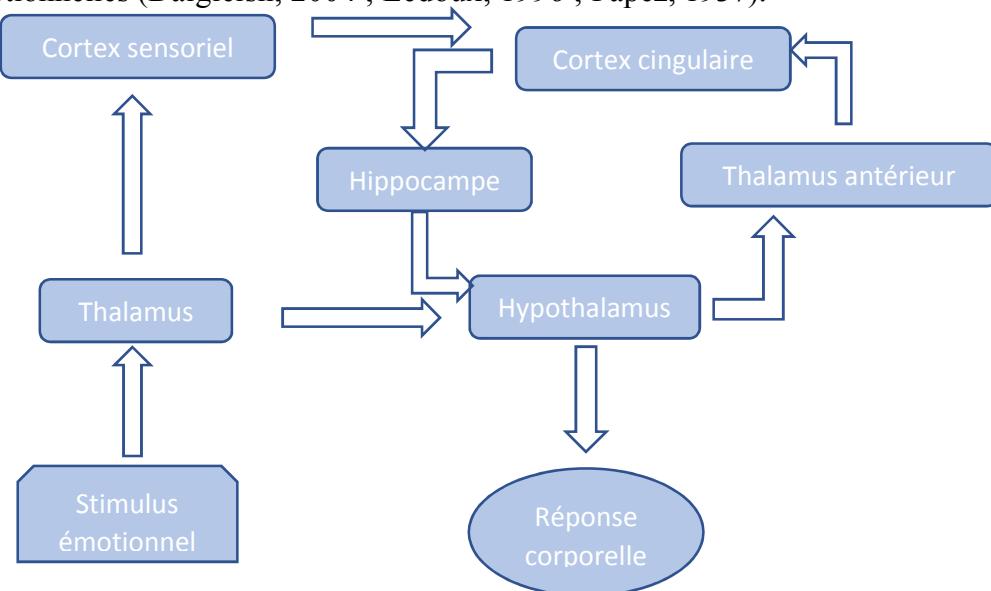


Figure 3 : circuit des émotions de Papez, d'après Ledoux, 1996 ; Papez, 1937 ; conceptualisation inspirée de Dalgleish, 2004

L'émotion s'accompagne donc de réponses physiologiques, qui découlent des actions du circuit cérébral des émotions. D'autres systèmes permettent les manifestations physiologiques de l'émotion, comme le système nerveux autonome – lequel repose sur l'action de l'adrénaline et de la noradrénaline afin de fournir les sensations corporelles accompagnant les émotions – et l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien, qui augmente et distribue l'énergie de l'organisme afin de faire face aux réactions de stress grâce au cortisol.

En parallèle, on peut trouver une tendance à l'action. En effet, grâce à l'émotion, l'organisme se prépare à interagir avec l'environnement. Il s'agit d'une activation, d'une préparation à l'action.

Nos émotions aboutissent aussi à des modifications comportementales. Celles-ci peuvent s'exprimer via différents canaux (expressions faciales émotionnelles, ton, posture etc.). Quel que soit le moyen utilisé, il peut s'agir d'une forme particulièrement efficace de communication de notre état. On peut donc retrouver ici un aspect de la pensée évolutionnaire de Darwin (cf. *supra*). Par ailleurs, celui-ci a également postulé que les expressions faciales émotionnelles sont universelles et donc partagées entre individus de différentes cultures. Plusieurs études empiriques ont été dans ce sens, dont une emblématique réalisée en Nouvelle-Guinée par Ekman et Friesen (1971) au sein d'une tribu n'ayant pas eu de contact avec le monde extérieur auparavant. Par la suite, ces mêmes chercheurs ont établi un atlas des émotions (Ekman & Friesen, 1975). Par ailleurs, la modification comportementale peut également faire référence à la transformation de la tendance à l'action en véritable action.

3. Régulation émotionnelle

3.1. Historique, but et définition de la régulation émotionnelle

Perçues dès l'Antiquité comme susceptibles de freiner la raison, les émotions sont reconnues aujourd'hui comme étant d'une grande utilité dans la vie quotidienne (Mikolajczak, 2009).

En effet, elles peuvent nous aider à mieux communiquer nos états internes et nos attentions comportementales ce qui guide nos interactions sociales (Frifda, 1986 ; Gross & Thompson, 2007), à faciliter l'action (Mikolajczak, 2009) comme par exemple, pour prendre des décisions grâce aux marqueurs somatiques associés (Bechera, Damasio & Damasio, 2000), à diriger notre attention et à améliorer notre mémoire épisodique (Gross & Thompson, 2007) et encore à nous préparer au mieux à répondre aux demandes environnementales. Elles possèdent donc une fonction adaptative (Mikolajczak, 2009 ; Denollet et al., 2008).

Néanmoins, elles peuvent également réduire cette adaptation psychologique (Lazarus, 2006) et devenir contre-productives si elles sont, pour une situation, d'un mauvais type, d'une intensité ou d'une durée non-adéquate (Gross & Thompson, 2007).

En effet, cette configuration pourrait signifier que l'émotion est dysfonctionnelle par rapport aux buts de la personne – ce qui peut dès lors avoir des effets négatifs sur plusieurs sphères de la vie de l'individu (Mikolajczak, 2009) ou par rapport au contexte social et culturel dans lequel l'individu se trouve. En effet, ce contexte établit les normes en matière d'expression des émotions, appelées « règles d'expression émotionnelles » par Ekman et al, (1969).

C'est donc dans ces cas où l'émotion devient dysfonctionnelle et non-adaptative que la régulation émotionnelle est utile. Cette compétence permet de modifier l'émotion notamment, par la modification du type d'émotion ressentie en agissant sur une ou plusieurs composantes de l'émotion - type, durée et intensité (Gross & Thompson, 2007 ; Mikolajczak, 2009).

La régulation émotionnelle peut dès lors être définie comme la modification de l'émotion rencontrée par un individu, lorsque celui-ci la ressent ou l'exprime. L'émotion pouvant être définie comme une tendance de réponse, survenant en réaction à un signal émotionnel qui peut être modulée afin de former la réponse émotionnelle finale (Gross, 1998) ; c'est donc lors de cette modulation qu'a lieu le phénomène de régulation émotionnelle.

Une régulation émotionnelle adéquate permet de préserver les aspects utiles de l'émotion tout en diminuant les aspects destructifs (Denollet et al., 2008).

À l'origine de cette notion se trouve le concept de *coping* (Gross, 1998) qui peut être défini comme « les efforts comportementaux et cognitifs pour gérer les demandes qui sont évaluées comme excédant les ressources » (Lazarus & Folkman, 1984).

Actuellement, la régulation émotionnelle peut être abordée selon l'angle de diverses perspectives psychologiques :

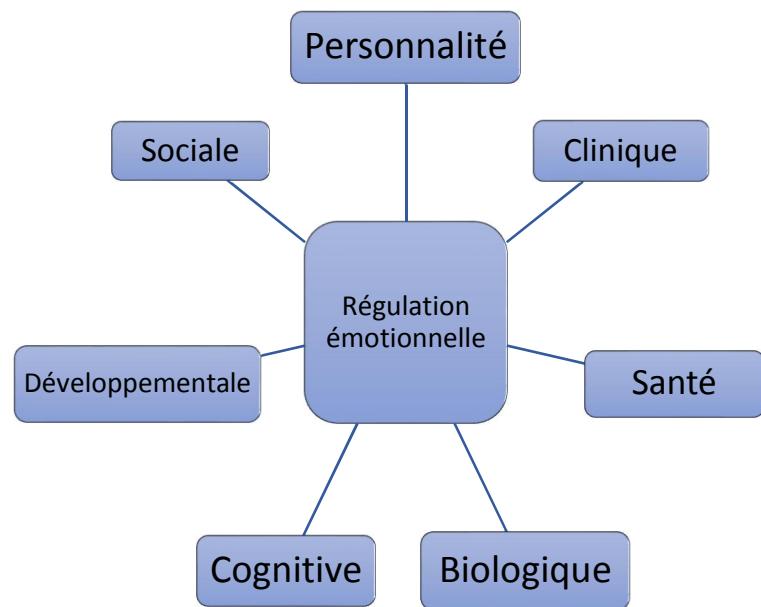


Figure 4 : la régulation émotionnelle et les différentes sous-branches des sciences psychologiques impliquées d'après Gross (1998)

3.2. Classification de la régulation émotionnelle

Il existe différents types de régulations émotionnelles ainsi que différents systèmes de classification pour répertorier ceux-ci.

Tout d'abord, la régulation émotionnelle peut avoir comme objet une émotion d'une valence négative mais aussi une émotion d'une valence positive.

Par ailleurs, contrairement à ce qui était avancé par Lazarus dans le cadre théorique du *coping*, la régulation émotionnelle peut viser à augmenter (*up-regulation*) en plus de pouvoir viser à diminuer (*down-regulation*) des émotions positives ou négatives.

En prenant en compte ces différentes formes de régulation de façon simultanée, on obtient dès lors quatre grands types de régulation émotionnelle (Gross et al., 2008) :

	Diminuer	Augmenter
Émotions positives	Diminution des émotions positives	Augmentation des émotions positives
Émotions négatives	Diminution des émotions négatives	Augmentation des émotions négatives

Figure 5 : les quatre grands types de régulation émotionnelle (Gross et al., 2008)

Parmi ces quatre grands types de régulation, même si la diminution des émotions positives et l'augmentation des émotions négatives sont pratiquées et possèdent une utilité propre, l'augmentation des émotions positives et surtout la diminution des émotions négatives sont les formes de régulation émotionnelles les plus fréquemment utilisées.

De plus, la régulation émotionnelle peut être automatique ou bien consciente (Mikolajczak, 2009) ainsi qu'intrinsèque ou extrinsèque – elle peut influencer nos propres émotions ou celles d'autrui (Gross & Thompson, 2007).

Enfin, les stratégies de régulation émotionnelle peuvent être déclinées en fonction de la composante de l'émotion sur laquelle elles se concentrent. En effet, la régulation émotionnelle peut porter sur les manifestations physiologiques, l'expression de l'émotion ou bien encore l'expérience subjective ressentie (Walden & Smith, 1997). Cette distinction sera reprise par la suite par Gross, lequel l'incorpore à son modèle processuel (Gross, 1998).

3.3. Modèle processuel de Gross (1998)

Gross (1998) propose un modèle processuel comportant deux types de stratégies régulatoires : celles qui ciblent les antécédents de l’émotion et celles qui ciblent l’émotion en elle-même.

Ces stratégies s’articulent le long d’un processus de génération d’émotions particulier, le modèle modal de l’émotion (Gross & Thompson, 2007).

Celui-ci comporte :

- Une situation : la rencontre d’une situation émotionnellement pertinente par un individu donné engendre le début de processus émotionnel tel que présentement conceptualisé
- Les aspects attentionnels : ils représentent l’attention que l’individu va accorder et diriger vers la situation en question
- L’évaluation de la situation : il s’agit de la façon dont l’individu va interpréter la situation et du sens qu’il va lui accorder
- La réponse : la séquence se clôture par la génération d’une réponse émotionnelle, laquelle se manifeste à travers un changement au niveau expressif, cognitif et/ou physiologique

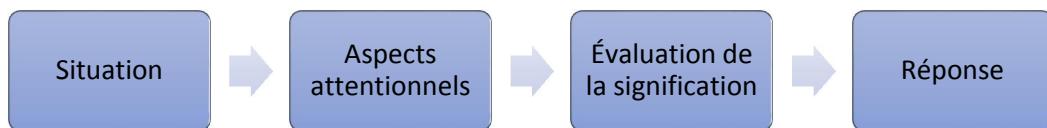


Figure 6 : modèle modal de l’émotion adapté de Gross & Thompson (2007)

Les stratégies visant les antécédents de l’émotion ont lieu avant que l’émotion ne soit entièrement suscitée et ont pour but de modifier l’impact émotionnel d’un objet ou d’un événement. En effet, elles agissent via l’anticipation et le contrôle des situations et des cognitions afin d’éviter les émotions non désirées et d’augmenter celles qui sont, au contraire, recherchées.

Gross (1998) postule alors qu’il existe 4 stratégies au sein de cette catégorie :

- La sélection de la situation
- La modification de la situation
- Le déploiement attentionnel
- La réévaluation cognitive

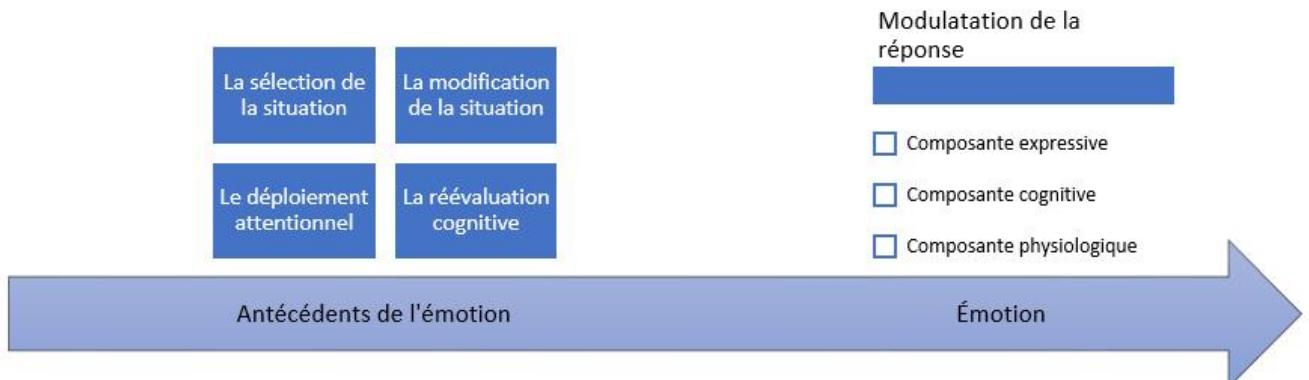


Figure 7 : distinction des cinq familles de régulation émotionnelle comprises dans le modèle processuel de Gross (1998) selon leur cible et leur survenue temporelle

Les stratégies qui ciblent l'émotion apparaissent moins précocement, uniquement lorsque l'émotion a bel et bien été provoquée et ont pour but de modifier différentes composantes de l'émotion, à savoir les composantes expressive, cognitive et physiologique. Cette catégorie est représentée par la stratégie dite de modulation de la réponse, laquelle implique l'inhibition consciente de l'expression présente d'un comportement lié à l'émotion (Denollet et al., 2008).

On observera toutefois que ce modèle et les distinctions qu'il effectue entre les différentes familles de stratégie de régulation ne sont pas à comprendre comme étant rigides ou unidirectionnels, malgré la notion de processus. En effet, il s'agit d'un modèle dynamique et souple.

Tout d'abord, le modèle modal de l'émotion sur lequel se greffe le modèle processuel de la régulation est en lui-même dynamique. Par exemple, la réponse émotionnelle, se situant en fin de séquence, peut dans de nombreux cas avoir une influence sur la situation, point de départ de la séquence.

Ensuite, les frontières entre les différentes classes de stratégie de régulation ne sont immuables. En effet, l'utilisation d'une stratégie peut déboucher sur l'utilisation d'une autre stratégie. Il est également possible d'appliquer plusieurs stratégies pour une seule même situation.

Nous allons maintenant expliquer plus en détails les différentes stratégies comprises dans ce modèle :

- La sélection de la situation

Cette première stratégie fait référence au fait qu'un individu peut choisir d'approcher ou d'éviter certaines situations, lesquelles peuvent ici comprendre des personnes, des endroits, etc. Cette stratégie presuppose une certaine connaissance de l'individu quant à la pertinence émotionnelle de différentes situations ainsi que de la désirabilité et du caractère adapté ou non des émotions qu'elles pourraient engendrer.

Néanmoins, une situation donnée pouvant être complexe et comporter différentes significations émotionnelles pour l'individu, cette connaissance peut s'avérer difficile à acquérir. Il importe dès lors de faire un calcul coût-bénéfice de l'approche ou de l'évitement de la situation, et ce en essayant de prendre en compte les conséquences, tant à court qu'à plus long terme.

Étant donné la difficulté qu'une telle prise de décision peut comporter en cas de situation complexe, il est parfois utile de demander de l'aide à autrui. Cela peut notamment prendre place lors de certaines interventions de type cognitivo-comportementale (Lewinshon et al., 1986 ; Kanfer & Gaelik, 1986).

- La modification de la situation

Une fois la situation sélectionnée, celle-ci peut être transformée. En effet, ce n'est pas parce qu'une situation émotionnellement pertinente est rencontrée qu'elle engendrera systématiquement une émotion. L'individu confronté à une telle situation peut en effet essayer de la modifier afin de diminuer l'impact émotionnel que celle-ci pourrait avoir. Cette stratégie est parfois difficilement distinguable de celle de la sélection de la situation, la modification d'une situation pouvant déboucher sur la création – et donc la sélection – d'une nouvelle situation, alternative.

Il importe de noter que certaines situations ont un plus grand potentiel de modification que d'autres et qu'en parallèle, certaines situations présentent une plus grande complexité que d'autres. Ces deux éléments jouent un rôle clef dans la détermination de la difficulté de la modification de la situation.

Cette stratégie nous permet de faire une fois de dresser un parallèle entre la régulation émotionnelle et la théorie du *coping* de Lazarus & Folkam (1984). En effet, cette stratégie de modification de la situation est à rapprocher du *coping* centré sur les problèmes présenté dans cette théorie (cf. Figure 2 : modèle du stress et du coping de Lazarus et Folkman (1894)).

- Le déploiement attentionnel

Le déploiement attentionnel fait référence à l'orientation de l'attention d'un individu sur un aspect particulier de la situation sur lequel il souhaite se concentrer.

Cette famille de stratégies peut elle-même être comprendre différentes catégories.

- La distraction

La distraction peut s'exprimer de différentes façons. Tout d'abord, elle peut impliquer de concentrer son attention sur les aspects non-émotionnels de la situation rencontrée par l'individu. Une autre forme de distraction consiste au déplacement total de l'attention : plus aucune attention est accordée à la situation. Cela peut s'effectuer en faisant appel à des pensées ou des souvenirs qui sont en contradiction avec l'état émotionnel non désiré (Fraley & Shaver, 1997 ; Josephson et al., 1996). Ce déplacement total de l'attention peut également mener à la sélection d'une nouvelle situation.

- La concentration

Aux antipodes de la distraction se trouve la concentration. En effet, il s'agit de concentrer son attention sur les aspects émotionnels de la situation. Cette technique est donc la plus souvent utilisée pour augmenter le ressenti émotionnel.

Cependant, les stratégies de concentration peuvent être tout autre et, plus en lien avec la distraction, viser à diminuer le ressenti émotionnel : lorsqu'on se concentre sur une autre tâche, on alloue nos ressources cognitives à celle-ci et non à la situation. En effet, une étude réalisée par Erber & Tesser (1992) a montré que, chez des participants à qui on induit une humeur négative, le fait de réaliser une tâche pertinente à l'étude ou difficile améliore l'humeur, contrairement aux participants auxquels on demandait d'accomplir une tâche non pertinente ou plus facile. Ceci illustre l'importance de la concentration attentionnelle et de l'octroiement de ressources cognitives. À noter que la réalisation d'une tâche pertinente peut également avoir comme effet la neutralisation d'une humeur positive préalablement instaurée.

- La rumination

Lors des stratégies dites de rumination, l'attention est dirigée sur le ressenti émotionnel et ses conséquences. Lorsqu'elle est appliquée à des émotions de valence négative, la rumination est généralement interprétée comme étant une stratégie mal adaptative. En effet, diverses études ont montré qu'appliquée de la sorte, cette technique jouerait un rôle dans la durée et l'intensité des symptômes dépressifs. Par ailleurs, elle serait également liée à l'anxiété (Gross & Thompson, 2007).

- La réévaluation cognitive

Après toutes ces modifications régulatoires qu'un individu peut potentiellement appliquer, il demeure toujours possible d'effectuer un changement cognitif visant à modifier la signification associée à la situation. La réévaluation cognitive implique donc de modifier notre perception d'une situation.

En effet, l'émotion nécessite la perception de stimuli émotionnels et, de façon couplée, l'apport d'une signification à ceux-ci. En parallèle, les individus procèdent à une évaluation de leur capacité à faire face à la situation à laquelle ils sont confrontés. Les facteurs cognitifs jouant un rôle important dans la formation d'une émotion, agir sur ceux-ci peut constituer une forme efficace de régulation émotionnelle.

La réévaluation cognitive inclut également des mécanismes de défense tels que le déni, l'isolation et l'intellectualisation. Le déni est à différencier de la distraction dans la mesure où l'existence même du problème n'est pas reconnue lors du déni – de même que ses conséquences potentielles – alors que lors de la distraction, l'existence du problème est reconnue par l'individu qui choisit cependant de prendre de la distance par rapport à ce problème (Mikolajczak, 2009).

On peut aussi retrouver au sein de la famille de la réévaluation cognitive la comparaison sociale : l'individu confronté à une situation émotionnelle à valence négative compare sa situation à celle de quelqu'un rencontrant une situation plus négative afin de diminuer sa propre émotion négative.

Enfin, cette catégorie comprend des stratégies de changements cognitifs lorsque, par exemple, l'individu procède à une mise à jour de ses buts pour se trouver dans une situation de succès, ou encore lorsque l'individu transforme la situation de façon cognitive afin de modifier son impact émotionnel, procédant ainsi à une réévaluation.

- La modulation de la réponse

Une fois que la réponse est en train d'être émise, il est possible de modifier la tendance comportementale ainsi initiée. On peut modifier la réponse à un niveau physiologique, expressif ou encore comportemental. Il s'agit ici de régulation à postériori, à savoir après que les séquences de réponses ont été initiées.

Différents moyens peuvent être utilisés pour modifier ces séquences, mal adaptatifs tout comme adaptatifs. Par exemple, la consommation de médicaments peut aider la personne à modifier sa réponse physiologique.

Parmi les stratégies de modulation de la réponse adaptatives, on peut citer l'exercice physique, la thérapie cognitivo-comportementale ou encore le partage social des émotions. Parmi les stratégies mal-adaptatives, on peut mentionner la consommation de drogues ou d'alcool, la consommation de nourriture ou encore la suppression de l'expression émotionnelle.

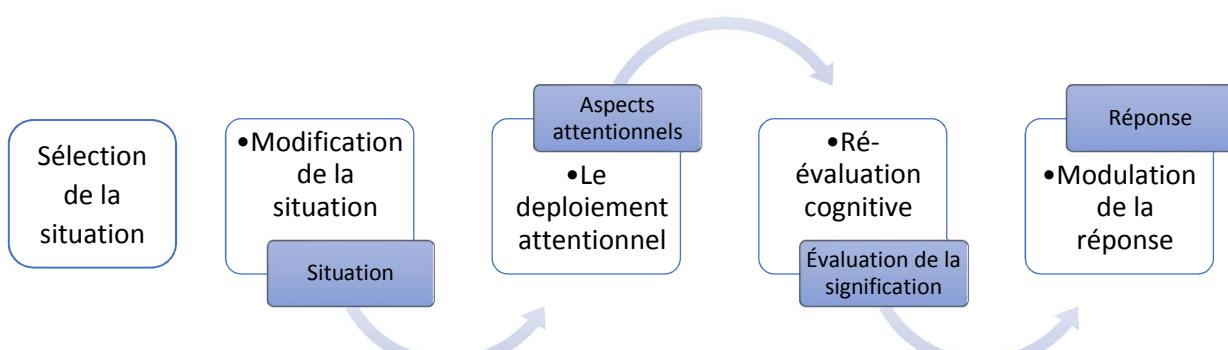


Figure 8: illustration des *ajustements jumelés* de la stratégie de régulation de modèle processuel et les étapes de l'émotion sur lesquelles elles agissent d'après la théorie modale de l'émotion. Adapté de Gross & Thompson (2007)

Alors que la réévaluation cognitive, stratégie visant à agir sur les antécédents de l'émotion, engendre une réponse préfrontale précoce ainsi qu'une diminution de l'activité de l'amygdale et du cortex insulaire, la modulation de la réponse, stratégie visant l'émotion en elle-même, engendre une réponse préfrontale plus tardive ainsi qu'une augmentation de l'activité de l'amygdale et du cortex insulaire, témoignant de la pertinence de cette distinction portant sur la cible et donc le moment de la régulation émotionnelle (Goldin et al., 2008).

3.4. De l'importance de la régulation émotionnelle

Aptitude essentielle, la régulation émotionnelle est particulièrement importante dans le sens où elle permet l'adaptation d'un individu à son environnement et possède donc un impact sur le bien-être de l'individu qui y recourt.

De manière plus précise, cette capacité émotionnelle a un impact sur diverses sphères de la vie d'une personne : les relations sociales, la performance académique ou professionnelle, le bien-être et la prévention des troubles psychologiques, la santé physique ainsi que la gestion des ressources matérielles (Mikolajczak, 2009).

Par ailleurs, la régulation émotionnelle impacte notre bien-être ainsi que notre santé, et donc notre qualité de vie, grâce à des conséquences physiologiques et son impact sur des aspects interpersonnels (Denollet et al., 2008).

On peut observer qu'une bonne capacité de régulation émotionnelle est corrélée avec la quantité et la qualité des relations sociales : les individus parvenant à réguler leurs émotions de façon adaptative ont plus de relations sociales et moins de conflits interpersonnels que leurs homologues régulant moins bien leurs émotions (Lopes et al., 2005 ; Schutte et al., 2001).

Elle joue également un rôle dans la performance académique – les étudiants manifestant une moins bonne capacité de régulation obtiennent aussi des résultats moins bons au long de leur parcours scolaire (Leroy & Grégoire, 2007) – ainsi que dans la performance professionnelle, au niveau de la performance (Grandey, 2003) mais aussi au niveau de l'obtention et du maintien d'un emploi (Mikolajczak et al., 2007a ; Mikolajczak, 2009)

Une des conséquences intéressantes de la régulation émotionnelle est celle sur le bien-être psychologique et la santé mentale. En effet, on peut postuler que, de manière globale, la régulation émotionnelle permet à un individu – si celle-ci est adaptative – de diminuer l'impact que les émotions négatives auraient pu avoir sur notre santé mentale sans l'intervention de cette capacité.

À ce titre, la régulation émotionnelle joue un rôle dans la prévention, le traitement et l'évaluation de la dépression (Gross & Muñoz, 1995) tandis que la présence d'un déficit dans cette capacité joue un rôle dans son développement et son maintien ainsi que plus largement, dans un ensemble de problèmes psychopathologiques (Berking & Wupperman, 2012).

On peut en effet observer que les individus gérant moins leurs émotions sont plus susceptibles de souffrir, entre autres, de dépression, de troubles de l'angoisse, de phobies ou bien encore de burn-out (pour une synthèse : Mikolajczak, 2009).

Par ailleurs, la capacité de la régulation émotionnelle a également un impact sur la santé physique des individus, surtout lorsque celle-ci se manifeste via une difficulté à réguler vers les bas des émotions négatives.

Des études ont effet montré qu'une basse capacité de régulation émotionnelle pouvait constituer un facteur de risque dans le développement ou le maintien de diverses maladies telles que – par exemple – certaines maladies gastro-intestinales ou cardio-vasculaires (Mikolajczak, 2009).

Néanmoins, il se peut aussi que la régulation émotionnelle, lorsqu'elle prend la forme de la modulation de la réponse – c'est-à-dire la suppression de l'expression de l'émotion – peut également avoir des effets délétères sur la santé (Denollet et al., 2008 ; John & Gross, 2004).

Il est donc important pour notre santé physique et plus largement pour notre bien-être de réguler efficacement nos émotions mais il est tout aussi important de réguler nos émotions de façon adaptative.

3.5. Régulation émotionnelle et intelligence émotionnelle

Il importe de souligner que la régulation émotionnelle s'inscrit dans un cadre plus large ; celui de l'intelligence émotionnelle. Ce concept a été développé par Goleman (1995, 2000) et, d'après ce dernier, repose sur la connaissance ainsi que la maîtrise des émotions et reflète le fonctionnement des systèmes émotionnels. De ce concept provient la notion que les émotions positives et négatives nous guident dans nos réponses face aux problèmes.

Elle inclut la capacité de percevoir correctement les émotions, de les comprendre ainsi que de les réguler (Mayer, Salovey, & Caruso, 2004). Il semblerait également que, selon la personnalité d'un individu, l'intelligence émotionnelle module la relation entre son stress et sa santé (Van Heck & Den Oudsten, 2008).

4. La stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS)

4.1. Fonctionnement

La stimulation transcrânienne à courant continu est une technique d'électrostimulation du cerveau où des courants électriques constants de faible intensité (généralement entre 1 et 2 mA) passent à travers deux électrodes (une positive et une négative) et sont ainsi appliqués à la surface du scalp. Cela permet d'investiguer et de moduler la plasticité corticale, combinant un intérêt fondamental et un intérêt appliqué. Un autre de ses avantages réside dans le fait qu'elle est sécurisée, peu chère et simple d'application (Pelletier & Cicchetti, 2015).

L'électrode chargée de la stimulation est placée sur la région d'intérêt tandis que l'autre se retrouve généralement en controlatéral, sur la région homologue ou supraorbitale. D'après l'hypothèse « excitation anodale inhibition cathodale » (cf. 4.5.1.) (*anodale excitation cathodal inhibition ; AeCi*), cette stimulation augmente (stimulation anodale) ou diminue (stimulation cathodale) l'excitabilité corticale et ce, même au-delà de la stimulation. La stimulation anodale induit une dépolarisation de la membrane ce qui a pour effet d'activer les canaux de calcium et de sodium ; la stimulation cathodale provoque le schéma inverse. En effet, en modifiant la polarité de la membrane des neurones, la tDCS permet de modifier le seuil de génération d'un potentiel d'action (Nitsche & Paulus, 2000). Ces courants influent donc sur la décharge des neurones en modifiant le potentiel de la membrane et induisent ainsi une plasticité prenant la forme d'une dépolarisation ou dépression à long terme (Pelletier & Cicchetti, 2015).

Deux paradigmes généraux de stimulation existent : le paradigme « online » où une région cérébrale est stimulée par la tDCS *durant* une tâche spécifique et le paradigme « offline », lequel implique l'application de la tDCS *avant* la réalisation d'une tâche spécifique (Tremblay et al., 2014). Ces deux paradigmes pourraient reposer – du moins partiellement – sur des mécanismes distincts. En effet, le premier paradigme modulerait un réseau spécifique tandis que le second ciblerait davantage l'activité neuronale (Miniussi et al., 2013).

4.2. Un large domaine d'application

Les premières études utilisant la tDCS se sont penchées sur l'effet de cette dernière sur le cortex moteur (Nitsche & Paulus, 2000). En effet, ces études permettent la mesure directe de l'excitabilité corticale à travers des potentiels moteurs évoqués.

Cette technique de stimulation permet en outre d'acquérir une meilleure compréhension des relations entre zones cérébrales et fonctions cognitives ; en effet, contrairement aux méthodes dites corrélationnelles telles que l'imagerie à résonnance magnétique fonctionnelle (IRMf) ou la tomographie par émission des positons (PET Scan), la tDCS permet d'établir des inférences causales sur le rôle d'une région cérébrale dans un comportement (Filmer et al., 2014).

Par ailleurs, la tDCS peut être un outil intéressant en clinique : la tDCS, utilisée de façon parallèle à un entraînement cognitif, permet d'améliorer certaines prises en charge thérapeutiques ou rééducations via l'acquisition de compétences (Martin et al., 2014). De plus, elle permet de réduire les symptômes cliniques de différentes pathologies psychologiques et psychiatriques. En effet, la stimulation du cortex préfrontal dorso-latéral contribuerait à une diminution des symptômes de la dépression majeure ainsi que ceux liés au *craving* et à l'addiction (Lefaucheur et al., 2017).

Même au sein d'une population non-clinique, la tDCS peut être appliquée afin d'augmenter les processus cognitifs chez des personnes saines.

Néanmoins, certaines applications – dont cette dernière – ne sont pas exemptes de considérations éthiques. En effet, l'auto-application de stimulation cérébrale non invasive est une pratique sujette à débats, générant une certaine inquiétude parmi la communauté scientifique (Shirota et al., 2014).

4.3. tDCS et processus émotionnels

Parmi les nombreuses applications possibles de la tDCS, on peut retrouver les compétences émotionnelles. En effet un certain nombre d'études se sont intéressées à l'effet que pourrait avoir celle-ci sur la régulation émotionnelle et différents processus émotionnels. Nous allons ici passer en revue certaines de celles-ci.

Dans une étude visant à évaluer l'effet de la tDCS préfrontale sur l'état émotionnel et le traitement des émotions chez des humains sains, Nitsche et al., (2012) ont stimulé le cortex préfrontal dorsolatéral (*Dorso-lateral prefrontal cortex ; DLPFC*) gauche, région dont l'activation pourrait donner une connotation plus positive aux émotions et aux humeurs, à l'aide d'un courant d'1 mA à travers des électrodes possédant une surface de 35 cm². Une électrode était positionnée en F3 ; l'autre, sur l'orbite controlatérale. Quarante sujets ont participé à la première expérience qui s'intéressait à l'impact de la tDCS sur l'état émotionnel subjectif grâce à un design en cross-over complet. L'état émotionnel était mesuré après la stimulation – de façon offline - grâce à une *Visual Analog Scale*, la SES (*Skala zur Einschätzung der Stimmung*) qui mesure l'émotion au moment présent. De cette première expérience ne ressort d'effet de la tDCS sur l'état émotionnel subjectif. Dans une seconde expérience, les auteurs font passer à 17 sujets, à nouveau en cross-over complet, une tâche de traitement des informations émotionnelles, à savoir une tâche de reconnaissance de visages émotionnels alors qu'ils reçoivent la stimulation. Ils ont trouvé que, grâce à la tDCS anodale, l'identification de visages présentant des émotions positives ou négatives s'effectuait plus rapidement tandis que la tDCS cathodale réduisait ce temps de réaction mais uniquement face aux visages présentant des émotions négatives. On peut donc apprendre de cette étude qu'il y a une dissociation de l'impact de la tDCS sur le traitement d'informations émotionnelles et sur l'état émotionnel subjectif.

Une autre étude utilisant cette méthode de stimulation s'intéresse, elle, au contrôle cognitif face à du matériel émotionnel. Pour ce faire, Vanderhasselt et al., (2013), stimulent le DLPFC gauche de 25 jeunes grâce à des électrodes de 35 cm² de diamètre selon un design cross-over avec un intervalle de 48 heures entre la stimulation véritable et la stimulation factice. L'anode était placée en F3, tandis que la cathode était au-dessus de l'orbite controlatérale. Un courant de 2 mA était appliqué pendant 20 minutes. Pour mesurer le contrôle cognitif une fois la stimulation terminée, les auteurs ont utilisé la *Cued Emotional Control Task (CECT)*. En effet, celle-ci évalue le contrôle cognitif face à du matériel émotionnel, positif ou négatif, ici des

visages émotionnels issus de l'ensemble de données *Karolinska Directed Emotional Faces* (Lundqvist et al., 1998). Un indice indique aux participants s'ils doivent répondre naturellement à l'émotion qui apparaît ensuite ou s'ils doivent répondre de façon opposée à cette émotion. Dans ce dernier cas, le contrôle cognitif nécessaire est plus fort ; les sujets doivent surmonter une réponse habituelle, on trouve d'ailleurs généralement des temps de réaction plus longs dans cette condition. Les auteurs mesurent également le déroulement de l'activité cérébrale grâce à un électroencéphalogramme (EEG) et évaluent l'humeur grâce au questionnaire *PANAS*. Les auteurs peuvent alors observer que la tDCS n'a pas d'effet sur l'humeur. Cependant, concernant le temps de réaction à la tâche *CECT*, plusieurs résultats nous informant sur l'impact de la tDCS apparaissent. Dans la condition de contrôle cognitif, le temps de réaction était plus court lorsque le stimulus émotionnel était positif que lorsqu'il était négatif. Cet effet n'est cependant pas retrouvé dans la condition SHAM. De plus, toujours suivant la stimulation, l'amplitude de la N450 était plus grande pour ces réponses plus rapides que pour celles où le temps de réaction était plus grand ; ce n'était pas le cas après la stimulation factice. Cette onde est un marqueur de contrôle cognitif exercé pour surmonter l'interférence et pourrait être générée par le cortex cingulaire antérieur. On peut donc en déduire qu'il y a un effet de la tDCS sur le contrôle cognitif pour des stimuli positifs mais pas sur l'humeur.

Une autre étude réalisée sur le contrôle cognitif effectuée à nouveau par Vanderhasselt et al., (2017), utilisait une méthodologie présentant des similarités. En effet, ils réalisent une étude où ils stimulent le DLPFC de 35 jeunes grâce à un courant de 2 mA passant par des électrodes de 35 cm² de diamètre selon un design cross-over en simple aveugle comportant un intervalle de minimum une semaine entre la stimulation anodale et la stimulation factice. Une des différences principales réside dans le fait qu'ils ont ici stimulé le côté droit du DLPFC en plaçant l'anode en F4 et la cathode au-dessus de l'orbite controlatérale. L'autre différence est que les auteurs ont inclus une mesure de la rumination grâce à la *Ruminative Response Scale* (*RRS*, Nolen-Hoeksema & Morrow, 1991). Les auteurs ont à nouveau utilisé la *Cued Emotional Control Task* (*CECT*) pour mesurer le contrôle cognitif. Ils peuvent alors constater que, dans la condition de stimulation anodale, les individus présentant fortement le trait de rumination présentent des coûts cognitifs moindres, c'est-à-dire un temps de réaction plus petit à la *CECT*, que les stimuli soient positifs ou négatifs. Ces résultats signifiaient donc que le DLPFC droit est impliqué dans la modulation des processus de contrôle cognitif chez les individus sains qui ont tendance à ruminer. Le DLPFC droit aurait comme rôle d'aider ces individus à se désengager face au matériel émotionnel (Vanderhasselt et al., 2017).

Dans une étude observant directement l'impact de la tDCS sur la régulation émotionnelle, Feeser et al., (2014) font appel à un protocole inter-sujets en double aveugle et stimulent le cortex dorso-latéral préfrontal droit (en F4) de 42 sujets, âgés entre 20 et 47 ans, avec un courant d'une intensité de 1.5 mA grâce à une électrode anodale de 35 cm². Pendant cette stimulation, les participants effectuent une tâche demandant d'appliquer une stratégie de régulation : la réévaluation cognitive. En effet, il était demandé aux sujets d'employer cette technique en visionnant des images issues de l'IAPS (Lang et al., 1999). Il y avait 4 conditions de régulation : diminuer des émotions négatives, augmenter des émotions négatives, maintenir des émotions négatives et enfin maintenir des émotions neutres. Les participants avaient réalisé une séance d'entraînement à ces différentes stratégies quelques jours auparavant. Les auteurs ont, en parallèle, mesuré la conductance de la peau et la direction du regard. On peut alors s'apercevoir, grâce à une interaction entre la stimulation et la condition de régulation, que la tDCS a un effet sur l'éveil émotionnel des participants. En effet, lors de la *down-regulation*, la tDCS anodale conduit à une diminution de l'évaluation de l'éveil alors que lors de l'*up-regulation*, le phénomène inverse se produit. De plus, la tDCS a également un effet sur la conductance de la peau mais pas sur la direction du regard. Il apparaît donc que la tDCS améliore le contrôle cognitif lors de la régulation d'émotions négatives.

Peña-Gomez et al., (2011) réalisent également une étude portant sur l'effet de la tDCS appliquée au cortex dorso-latéral préfrontal gauche lors d'une tâche de régulation émotionnelle. Ils mesurent également l'effet des différences interindividuelles à travers le NEO-FFI. Pour ce faire, ils réalisent deux expériences : la première porte sur 16 femmes et la stimulation est anodale (anode en F3 et cathode en C4) tandis que 9 femmes ont reçu une stimulation cathodale – avec des polarités inverses par rapport à la première expérience – lors de la seconde. Cette stimulation « online » durait 20 minutes et avait une intensité de 1 mA. Les participantes visionnaient des images positives, négatives et neutres issues de l'IAPS. Il était demandé aux sujets d'évaluer la valence de chaque image selon une échelle de Likert à 9 points en fonction de leur perception émotionnelle subjective. Il en résulte que la tDCS anodale réduit le degré perçu de valence émotionnelle pour les stimuli négatifs, d'autant plus si les sujets étaient introvertis et non extravertis.

4.4. Hétérogénéité des résultats et climat de méfiance envers la tDCS

En se examinant sur la littérature se penchant sur l'effet de la tDCS sur divers aspects cognitifs, on peut se rendre compte que le champ d'application de la tDCS est extrêmement large et il semblerait qu'il ait un effet sur virtuellement tous les processus et toutes les pathologies sur lesquels la tDCS fut essayée.

Néanmoins, le corps de littérature est extrêmement hétérogène ; même si beaucoup d'études trouvent un effet, d'autres rapportent une absence d'effet ou même un effet allant dans le sens inverse d'une autre étude. Cette absence de réplication et cette hétérogénéité des résultats ont dès lors apporté des doutes sur les études présentant des résultats significatifs ainsi que sur la fiabilité et l'efficacité de la technique même.

Une autre étude est venue semer le doute sur l'efficacité de la tDCS : Underwood (2016) rapporte que György Buzsáki et Antal Berényi ont stimulé le crâne d'un cadavre alors que des électrodes étaient placées à l'intérieur de la tête de celui-ci. Ces dernières ont enregistré peu d'activité ce qui signifierait qu'une très petite quantité de courant atteindrait en vrai le cerveau.

D'après Vince Clark (Underwood, 2016), cela ne signifie pas nécessairement que la tDCS ne fonctionne pas. Par ailleurs, Opitz et al., (2017) soulignent que l'utilisation d'un cadavre comme modèle pour tester les effets de la neurostimulation comporte des limites. Par ailleurs, Huang et al. (2017) ont, en mesurant *in vivo* les potentiels électriques intracrâniens chez dix patients épileptiques et estimant les champs électriques dans l'entièreté du cerveau, validé les modèles de flux de courant de la tDCS.

Cette disparité des recherches empiriques rend les revues de la littérature et les méta-recherches se penchant sur le sujet particulièrement intéressantes. Nous allons en présenter quelques-unes ici.

Jacobson et al. (2012) réalisent une méta-analyse portant sur des études cherchant à évaluer l'effet de la tDCS sur des aspects cognitifs et moteurs. Ils postulent alors que les résultats obtenus sont influencés par un certain nombre de facteurs dont certains sont inconnus pour le moment. De plus, ils sembleraient que la tDCS aient également des effets imprévisibles sur la cognition (Fertonani & Miniussi, 2017).

Une méta-analyse portant sur l'effet de la tDCS chez des sujets jeunes ainsi que chez des sujets âgés montrent que la stimulation anodale combinée à un entraînement n'est pas plus efficace

qu'une stimulation factice combinée à un même entraînement pour améliorer la performance de mémoire de travail (Nilsson et al., 2017).

4.4.1. Effet de la tDCS sur le cortex préfrontal dorso-latéral

Dans une revue de la littérature portant sur les études cherchant à caractériser l'effet de la tDCS sur le cortex préfrontal dorso-latéral, Tremblay et al., (2014) dressent alors une revue systématique de la littérature portant sur les articles utilisant la tDCS pour stimuler le cortex préfrontal dorso-latéral avec comme cible F3 ou F4 afin d'étudier la cognition chez des sujets sains.

De cette revue ressort qu'une telle stimulation peut avoir une influence sur un grand ensemble de fonctions cognitives. Néanmoins, ces effets sont très variables et pourraient dépendre de la tâche utilisée ainsi que des paramètres de stimulation. De surcroît, des études investiguant la même fonction peuvent amener à des résultats opposés.

Les auteurs soulignent le fait que, étant donné le nombre important de fonctions cognitives qui peuvent être modulées par cette région, il est difficile d'établir des prédictions avec exactitude. En effet, les résultats des études utilisant la tDCS pour stimuler le cortex préfrontal dorso-latéral sont souvent hétérogènes.

Cela serait en partie dû au fait qu'un certain nombres d'études portant sur l'effet de la tDCS sur divers aspects cognitifs manquent de spécificité et de consistance dans les effets modulatoires et les choix des paramètres de stimulation. Se pose également la question de la spécificité intrinsèque de la tDCS : étant donné que la stimulation d'une aire cible peut moduler l'activité plus étendue du cerveau, interpréter les résultats obtenus peut parfois être problématique.

4.4.2. Effets physiologiques de la tDCS

Horvath et al., (2015a) réalisent une revue systématique de la littérature afin d'étudier les effets physiologiques de la tDCS. Ils utilisent 4 modalités pour étudier ces effets : la stimulation magnétique transcrânienne (TMS), les potentiels évoqués (ERPs), l'EEG et l'IRMf. Trente

mesures ont été retenues à travers ces différentes modalités mais seulement une apparaît être un effet significatif et fiable : l'amplitude d'un potentiel évoqué moteur. Cela signifierait que la tDCS ne semble pas générer un effet neurophysiologique fiable.

Néanmoins, cette revue et les conclusions qu'elle tire souffrent du fait que, même si la littérature concernant la tDCS est conséquente, il y a un manque de recherche comparable au vu des différences en termes de paramètres de stimulation et de tâche utilisée d'une étude à l'autre.

De plus, d'après Antal et al., (2015), les conclusions d'Horvath et al., (2015a) pourraient présenter certains problèmes de validité. En effet, l'introduction de cette revue contiendrait des défauts théoriques tandis que la méthodologie comprendrait des problèmes de design, des erreurs ainsi que des données incomplètes. En effet, Horvath et al., (2015a) regroupent des données de différentes études sans prendre en compte des composantes des différents protocoles, des différences anatomiques et physiologiques et enfin, des traitements statistiques différents. Antal et al., (2015) postulent alors que les conclusions tirées dans cette revue ne sont pas justifiées par les données.

4.4.3. Effets cognitifs d'une session unique de tDCS

Horvath et al., (2015b) réalisent ensuite une revue quantitative de la littérature en réalisant 59 analyses à partir de 53 études afin d'évaluer l'effet cognitif d'une session unique de tDCS chez des sujets sains. Pour se faire, ils divisent les études selon leur protocole de stimulation (*online* ou *offline*) et selon 4 catégories regroupant les tâches retrouvées dans la littérature : les fonctions exécutives, le langage, la mémoire ainsi qu'un domaine comportant des tâches évaluant diverses fonctions cognitives. Ils ont également dichotomisé les études selon la densité du courant utilisé : celles utilisant un bas courant (= 0,0286 mA/cm²) et celles utilisant un haut courant (>0,0286 mA/cm²).

En effet, dans leur première analyse, dans laquelle ils utilisent un modèle à effets fixes (*fixed-effect model*), ils comparent des études utilisant la même tâche, la même densité et les sites d'électrodes référencés. Dans leur seconde, ils comparent des études ayant la même mesure des résultats mais pas nécessairement la même densité de courant et le même emplacement d'électrodes en utilisant le modèle de DerSimonian & Laird (1986) pour les effets mixtes, lequel permet de calculer une taille d'effet globale.

À travers ces analyses entre les 4 différents domaines, Horvath et al., (2015b) ne trouvent d'effet significatif ; ils déclarent donc que les données présentées ici ne sont pas favorables à l'idée qu'une seule session de tDCS a un effet fiable sur la cognition des adultes sains. Néanmoins, cette revue souffre également d'un manque de recherches comparables dans la littérature. Par ailleurs, cet article ne nous renseigne pas sur l'effet exercé par de multiples sessions de tDCS.

En outre, Chhatbar & Feng (2015) soulignent deux problèmes avec la façon dont Horvath et al., (2015b) ont calculé la taille d'effet.

En effet, la taille d'effet calculée d'après les résultats post-stimulation ne reflète pas toujours les effets de la stimulation active. Or Horvath et al., (2015b) ne prennent pas en compte les scores de pré-stimulation et utilisent la variabilité des résultats de post-stimulation alors que celle-ci n'est pas représentative de la variabilité des scores de changements.

Ensuite, le regroupement de différentes mesures de résultats comportementales peut créer de la variabilité et donc diminuer l'exactitude de la taille d'effet globale.

Price & Hamilton (2015) identifient également des problèmes par rapport à cette revue, allant de la sélection des données à l'approche statistique en passant par la conception méthodologique. En effet, ils affirment que les mesures comportementales ne sont pas bien sélectionnées. De plus, ils soulignent qu'Horvath et al., (2015b) ont en fait réalisé plusieurs petites méta-analyses : ils ne réalisent jamais une analyse à travers tout un domaine cognitif ou à travers toutes les études ce qui fait donc qu'ils se basent en fait sur un petit échantillon pour calculer la taille d'effet.

Enfin, d'après Santarnechchi et al., (2015), les résultats présentés dans cette revue de Horvath et al., (2015b) pourraient également être expliqués par le fait qu'il y a une faible cohérence entre les études, que les études sélectionnées par les auteurs ne formaient qu'un petit échantillon par domaine cognitif ou encore au fait que ces études ont eu lieu sur des populations différentes.

4.5. Résultats hétérogènes : divers facteurs explicatifs potentiels

Des méta-analyses et synthèses présentées au point précédent, nous pouvons tirer comme conclusion provisoire que, lorsque qu'on prend en compte des études individuelles la tDCS semble avoir un effet sur beaucoup de fonctions cognitives mais lorsqu'on regroupe ces études sous des méta-analyses, cet effet semble disparaître.

En conclure à l'inefficacité totale de la tDCS serait une conclusion hâtive, d'autant plus que certaines de ces analyses comportent des défauts méthodologiques.

Cette absence de résultats globaux provient en grande partie de l'hétérogénéité des résultats. En effet, pour une fonction cognitive donnée, il n'est pas rare de trouver des études expérimentales se contredisant quant à la présence des résultats mais aussi au sens de ceux-ci ; certaines études mettant en lumière des résultats opposés.

Se pose dès lors la question de la raison de cette hétérogénéité problématique des résultats. Nous allons ici présenter divers facteurs explicatifs potentiels et leur implication dans différents modèles conceptuels de la tDCS.

Notons que parmi ces raisons potentiellement impliquées dans l'absence de reproductivité au sein des études utilisant la tDCS se trouve une raison qui est aussi parfois impliquée dans l'explication d'une faible reproductivité dans d'autres études de psychologie et de neurosciences : la présence de pratiques de recherche questionnables au sein de la méthodologie et du traitement statistique des études utilisant la tDCS (Héroux et al., 2017).

4.5.1. Modèle dépendant de la stimulation - Paramètres de stimulation

L'hypothèse « excitation anodale inhibition cathodale » (*anodale excitation cathodal inhibition ; AeCi*) s'inscrit dans un modèle dépendant à la stimulation (*Stimulation-Dependent Model*), lequel considère le cerveau comme un organe passif. Ce modèle postule donc que les résultats obtenus suite à une stimulation viennent uniquement des paramètres de celle-ci ; que les résultats comportementaux proviennent uniquement des changements d'excitabilité induit par la tDCS (Fertonani & Miniussi, 2017).

Or ces paramètres de stimulation constituent une des raisons invoquées quant à la diversité de résultats. En effet, la polarité de la stimulation, l'intensité de la stimulation, la durée de la session, la position de l'électrode ainsi que l'utilisation d'un paradigme « online » ou « offline » sont tous des paramètres qui pourraient avoir une influence sur les effets de la tDCS (Dedoncker et al., 2016 ; Woods et al., 2015).

Une méta-analyse investiguant l'effet de la tDCS sur la mémoire de travail révèle un effet de la densité de la stimulation sur les résultats de la tDCS (Hill et al., 2014). Néanmoins, lors de cette revue, les sujets sains et issus d'une population neuropsychiatrique étaient regroupés. On peut tout de même s'apercevoir que, dans une méta-analyse se penchant sur l'influence de ces paramètres méthodologiques sur l'effet cognitif d'une séance de tDCS chez des participants sains, la densité de stimulation a une influence sur les effets de la tDCS (Dedoncker et al., 2016).

4.5.2. Modèle dépendant de l'activité du réseau - Effet de dépendance à l'état

Toute activité induite par la tDCS se produit dans le cadre d'une activité neurale de base ou un état spécifique (Silvanto & Pascual-Leone, 2008 ; Tremblay et al., 2014). Néanmoins, lorsqu'on sort du milieu cellulaire, on peut s'apercevoir que la relation entre la stimulation et l'effet comportemental est loin d'être aussi simple. Une manière d'améliorer ce modèle est de postuler que l'effet de la stimulation dépend de l'activité du système (Fertonani & Miniussi, 2017) ; modèle à rapprocher du *state-dependent effect* ; concept qui suggère que l'effet d'un stimulus externe sur le cerveau est fortement influencé par l'état du cerveau au moment de la stimulation (Silvanto et al., 2008). Cet effet, d'après certains auteurs pourrait partiellement expliquer les résultats hétérogènes de la tDCS. En effet, comme vu *supra*, Horvath et al., (2015b) tirent comme conclusion de leur méta-analyse que les sessions uniques de tDCS n'apportent pas d'effets cognitifs. Ils avancent néanmoins la dépendance à l'état comme explication pour rendre compte en partie de cette absence d'effet.

Cet effet *state-dependent* a déjà été mis en évidence dans des études utilisant la TMS : son effet dépend de l'état d'activation corticale de la région neurale cible (Silvanto & Pascual-Leone, 2008). La différence entre cet effet retrouvé en TMS et celui dont nous discutons ici en tDCS est que la TMS stimule des neurones inactifs tandis que la tDCS modulerait les neurones qui sont potentiellement engagés dans une tâche (Fertonani & Miniussi, 2017 ; Bikson & Rahman, 2013). L'effet dépendant à l'état en tDCS vient donc se greffer de façon spécifique aux neurones en activité, d'où la prise en compte de l'activité du système.

D'après un certain nombre d'auteurs (Horvath et al., 2005 ; Santarnecchi et al., 2015 ; Tremblay et al., 2004), il serait donc important dans le futur d'explorer un potentiel effet dépendant de l'état.

Certaines études portant sur la tDCS ont pris en compte l'activité du système ; nous allons ici en présenter certaines de façon non-exhaustives.

Tout d'abord, une étude réalisée par Antal et al. (2007) a montré que les effets d'une seule session de tDCS sur l'amplitude de potentiels évoqués moteurs peuvent être modulés par du *priming* ; conclusion suggérant que les changements comportementaux obtenus grâce à la tDCS sont dépendants de l'état cognitif du sujet lors de stimulation.

Une étude portant sur le *craving* de méthamphétamine et l'effet sur celui-ci de la stimulation du *DLPFC* montre un effet dépendant de l'état : alors que la tDCS préfrontale active réduisait fortement le *craving* chez les utilisateurs de méthamphétamine abstinents lors d'une condition de repos, la même stimulation augmentait ce *craving* lors de l'exposition à des indices liés à la méthamphétamine (Shahbabaie et al., 2014).

De plus, des études portant sur la mémoire de travail ou sur le traitement visuel ont trouvé un effet du niveau de base de la performance sur la tDCS.

Par exemple, Learmonth et al., (2015) stimulent avec de la tDCS anodale le cortex pariétal postérieur gauche et droit chez des sujets jeunes et âgés lors d'une tâche de détection visuelle latéralisée. Les auteurs trouvent alors un effet de la performance de base : si celle-ci est faible, la tDCS réduit la performance subséquente tandis que les sujets qui possédaient une ligne de base plus élevée maintenaient une bonne performance.

L'effet de la ligne de base peut cependant prendre une toute autre forme. En effet, dans une étude de Tseng et al., (2012), le cortex pariétal postérieur droit (P4) des sujets est stimulé via de la tDCS anodale afin d'étudier l'effet de cette stimulation sur la mémoire de travail visuelle. On peut alors s'apercevoir que, contrairement à ce qui est trouvé dans l'étude de Learmont et al., (2015), les sujets possédant une performance initiale basse bénéficient d'une amélioration face à la tDCS tandis que ceux ayant à la base un niveau plus élevé ne manifestent pas d'effet de la tDCS. Cela pourrait être dû à un effet plafond.

De plus, on peut trouver une interaction entre ce niveau de base et la difficulté de la tâche. En effet, Jones et al., (2012) stimulent le cortex pariétal postérieur droit (P4) grâce à de la tDCS anodale et cathodale chez des sujets jeunes réalisant une tâche de mémoire de travail. Il apparaît alors que, lorsque le niveau de difficulté est élevé, la stimulation (anodale ou cathodale) améliore la performance chez ceux possédant une performance initiale haute. Ceux ayant un niveau de base plus faible voient au contraire leur performance diminuer. On ne retrouve pas ces effets différents selon la ligne de base quand le niveau de difficulté de la tâche est bas.

Article	Processus étudié	Zone stimulée	Polarité	Ligne de base basse	Ligne de base haute
Learmonth et al., (2015)	Détection visuelle	Cortex pariétal postérieur gauche et droit	Anodale	Diminution de la performance	Maintien de la performance
Tseng et al., (2002)	Mémoire de travail visuelle	Cortex pariétal postérieur droit	Anodale	Augmentation de la performance	Maintien de la performance
Jones et al., (2012)	Mémoire de travail	Cortex pariétal postérieur droit (P4)	Anodale et cathodale	Diminution de la performance*	Augmentation de la performance*

Figure 9 : récapitulatif des études tDCS ayant comme région cible le cortex pariétal postérieur et prenant en compte la ligne de base

* = uniquement si la difficulté est élevée

Cette prise en compte de la ligne de base est également importante lorsqu'on s'intéresse à l'effet de la tDCS chez les personnes âgées. En effet, dans l'étude réalisée par Learmonth et al., (2015) on peut s'apercevoir que ce n'est pas le groupe d'âge qui va venir déterminer l'effet de la tDCS sur la performance cognitive mais bien le niveau de base.

La difficulté de la tâche et la compétence initiale du sujet jouent aussi un rôle dans des études tDCS n'ayant pas trait à la mémoire visuelle et ne stimulant pas le cortex pariétal postérieur.

En effet, une étude portant sur la créativité a montré que, suite à la stimulation anodale du cortex frontopolaire gauche (AFZ), la performance s'améliorait lorsque les individus possédaient un niveau de base élevé *et* que la tâche était difficile (Brunye et al., 2015). Même si la région stimulée et la fonction cognitive cible sont différentes, on peut retrouver une similarité entre les résultats trouvés ici et ceux issus de l'étude de Jones et al. (2012) dans le sens où dans les deux cas, une stimulation anodale entraîne une amélioration de performance chez les individus possédant une compétence de base élevée dans le cas où la difficulté de la tâche est grande. Néanmoins, dans l'étude de Jones et al. (2012), la stimulation cathodale avait des conséquences similaires. L'effet de cette stimulation n'a pas été testé dans l'étude de Brunye et al., (2015).

4.5.3. Variabilité interindividuelle

Enfin, un large ensemble de différences interindividuelles peuvent influencer la réponse d'un individu à une stimulation transcrânienne. Diverses études ont souligné l'importance de surveiller des facteurs individuels tels que le sexe (Boggio et al., 2008), l'âge, l'éducation (Berryhill & Jones, 2012), l'état de santé, la physiologie cérébrale et les polymorphismes génétiques, ainsi que d'autres facteurs ayant un potentiel effet modulatoire de la réponse d'un individu à la tDCS tels que le niveau de satiété, facteurs liés au niveau, à l'humeur et au métabolisme (Krause & Kadosh, 2014 ; Santarnecchi et al., 2015).

L'impact de certaines de ces différences individuelles peut se comprendre selon le modèle de la balance excitation-inhibition (Krause et al., 2013). Ce modèle postule que la tDCS peut induire un changement dans que l'équilibre entre les entrées excitatrices et inhibitrices dans le néocortex en modifiant la manière dont le cerveau traite les informations (Fertonani & Miniussi, 2017 ; Krause et al., 2013). En effet, des études se penchant sur la grande variabilité de l'excitabilité corticale individuelle et de la réponse aux tDCS suggèrent que la stimulation peut affecter les individus différemment, en fonction des niveaux hormonaux et de l'excitabilité régionale préexistante (Krause & Kadosh, 2014). On trouve en effet une influence du niveau de base du GABA (neurotransmetteur inhibiteur) et du glutamate (neurotransmetteur excitateur).

L'état physiologique peut varier d'un individu à l'autre mais il peut également varier au sein d'un même individu. En effet, il a été mis en évidence que le rythme circadien et le niveau de cortisol pouvaient avoir une influence sur l'effet de la tDCS (pour une synthèse : Li et al., 2015).

La taille du cerveau ainsi que sa morphologie peuvent également avoir une influence sur la façon dont le courant électrique va se propager et sur la quantité qui sera reçue par l'individu (Bikson et al., 2012 ; Datta et al., 2012 ; Krause & Kadosh, 2014 ; Li et al., 2015).

L'effet de la tDCS ne dépend pas seulement de l'état mais peut également dépendre de certains traits de personnalité. Par exemple, Sarkar et al., (2014) ont mis en évidence que la tDCS peut avoir des effets comportementaux et physiologiques opposés sur une tâche de décision arithmétique selon le niveau d'anxiété mathématique des individus : la stimulation a réduit le temps de réaction et la concentration de cortisol chez des individus possédant un haut niveau d'anxiété alors qu'elle a augmenté ce temps de réaction et maintenu la concentration de cortisol chez les individus présentant un bas niveau.

5. Buts et hypothèses

Les buts du travail ici présentés peuvent se comprendre comme doubles.

Tout d'abord, il s'agit d'investiguer l'effet de stimulation transcrânienne à courant continu sur la régulation émotionnelle. En effet, peu d'études ont été réalisées sur ce sujet étant donné l'importance que peut revêtir la régulation émotionnelle. En effet, il s'agit d'une compétence utile au quotidien et dont les effets sont conséquents et étendus. La régulation émotionnelle a des conséquences sur le bien-être des individus, sur leurs relations sociales et sur la santé aussi bien mentale que physique (pour une synthèse : Mikolajczak, 2009). Aider des individus à améliorer leurs compétences en termes de régulation émotionnelle pourrait donc signifier augmenter leur bien-être. Nous avons dès lors voulu examiner si cela était réalisable au moyen de la tDCS.

Ensuite, étant donné les résultats hétérogènes présents dans la littérature, nous avons choisi de réaliser une étude portant sur l'approfondissement des problèmes méthodologiques liés à la tDCS

Un nombre conséquent d'études psychologiques utilisant la tDCS se base sur un modèle strictement dépendant à la stimulation, lequel cherche à associer directement l'effet de la stimulation avec un effet comportemental (Fertonani & Miniussi, 2017). Ce modèle est néanmoins fort simple et ne prend pas en compte différents paramètres pouvant avoir des conséquences sur l'activité cérébrale.

Au vu des résultats apportés par les études présentées dans le point 2.5.2., il nous semble pertinent d'adopter le point de vue du modèle dépendant à l'activité. Pour ce faire, la prise en compte de l'état de la personne semble judicieuse.

La conceptualisation de l'état des individus se fera dans la présente étude au moyen de la prise en compte de deux facteurs ayant montré leur importance dans la caractérisation de résultats différentiels suite à la stimulation par tDCS :

- La difficulté de la tâche de régulation

- Les compétences de base des participants en matière de régulation émotionnelle

De plus, au vu des résultats mis en évidence par Peña-Gomez et al., (2001) – plus les sujets sont introvertis, plus ils présentent une amélioration suite à la tDCS – et la théorie d'Eysenck (1967) selon laquelle les individus extravertis présentent une excitation corticale moins importante – l'introversion/extraversion nous semble un trait pertinent à prendre en compte dans le cadre d'une telle étude.

Nous pouvons dès lors émettre les hypothèses suivantes :

1. Les items issus de la condition difficile provoqueront un plus grand effet de la tDCS que les items issus de la condition facile car ceux-ci demanderont un plus grand effort de la part du sujet et entraîneront donc une plus grande activation de cortex préfrontal dorsolatéral.
2. Les participants possédant une ligne de base haute verront leur performance s'améliorer davantage grâce à la tDCS que ceux possédant une ligne de base plus faible.
3. Les individus présentant un score élevé d'introversion au BI-FR seront plus sensibles aux effets de la tDCS sur la régulation émotionnelle que ceux présentant un score élevé d'extraversion, comme observé par le passé (Peña-Gomez et al., 2001).

6. Méthodologie et matériel

6.1. Sujets

54 sujets jeunes (entre 18 et 30 ans) ont participé à cette étude. Les participants souffrant de troubles psychiatriques ou neurologiques ont été exclus de cette étude, de même que ceux présentant une consommation abusive d'alcool ou de drogues ou une prise d'antidépresseurs et de substances psychoactives.

6.2. Matériel – IAPS et pré-test

Les images présentées aux sujets seront extraites de la base de données *International Affective Picture System (IAPS)* (Lang, Bradley, & Cuthbert, 1999) afin d'obtenir des images provoquant un éveil (*arousal*) bas ou un éveil élevé afin de, par la suite, créer des essais où la régulation était facile et d'autres où elle était difficile.

108 images issues de cette batterie ont été sélectionnées en fonction du score d'intensité (*arousal*) fournis en annexe du manuel technique de la batterie (Lang et al., 2008). Ces scores avaient été obtenus grâce à une évaluation des caractéristiques des images de la batterie effectuée par 100 sujets.

Parmi ces 108 images, il y avait :

- 25 images de valence positive et d'intensité haute
- 25 images de valence positive et d'intensité basse
- 25 images de valence négative et d'intensité haute
- 25 images de valence négative et d'intensité basse
- 8 images neutres

Afin de s'assurer que les notes d'éveil issues de ces données correspondent à celles de notre échantillon cible et afin de sélectionner les images les plus adéquates, un pré-test a été réalisé auprès de 10 sujets issus de la même démographie que celles ciblées lors de notre expérience afin de recueillir leurs évaluations scorées de l'intensité des images présélectionnées.

Lors de ce pré test, les sujets visionnaient chacune des images pendant une durée de 10 secondes. Au bout de ce temps imparti, il leur était demandé d'indiquer leur niveau d'éveil suite au visionnage de l'image sur une échelle de Likert comportant 6 échelons. Ce pré-test s'effectuait à domicile ou dans un autre lieu préalablement choisi.

À l'issue de ce prétest, 16 images ont été sélectionnées à l'intérieur de chaque catégorie de 25 en plus des 8 images neutres, formant ainsi un ensemble de 72 images. Pour les deux ensembles d'images à intensité élevée, les 16 présentant les évaluations d'éveil les plus hautes ont été sélectionnées ; pour ceux à intensité faible, les 16 avec l'évaluation la plus basse.

6.3. Questionnaires

6.3.1. Mesures relatives à la régulation émotionnelle

Après avoir obtenu leur consentement libre et éclairé, lequel était préalablement approuvé par le Comité éthique de la Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Education de l'Université de Liège, nous avons rencontré les sujets sur le site du Sart-Tilman et nous nous sommes assurés que les participants ne rencontraient aucun critère d'exclusion. Ensuite, nous avons récolté des données démographiques relatives au sujet.

Les participants ont d'abord complété deux questionnaires portant sur leurs capacités de régulation émotionnelle afin d'obtenir une mesure de leur niveau de base de régulation émotionnelle.

- CERQ

Le premier est le CERQ (*Cognitive Emotion Regulation Questionnaire*) (Garnefski et al., 2001 ; Jermann et al., 2006) qui mesure la prévalence, chez un individu donné, de diverses stratégies de régulation émotionnelle cognitive, lesquelles représentent l'approche cognitive de la gestion des informations émotionnelles (Thompson, 1991).

Cette échelle comprend dès lors 9 sous-échelles, une par stratégie évaluée : la blâme de soi, le blâme d'autrui, l'acceptance, la centration sur l'action, la centration positive, la rumination, la réévaluation positive, la mise en perspective et enfin, la dramatisation.

Il y a 4 items par stratégie - soit 36 au total – chacun se présentant selon une échelle de Likert à 5 points dépeignant la fréquence d'utilisation des stratégies. Il est demandé au sujet de réfléchir à la manière dont il pense de façon générale lorsqu'il est confronté à des événements négatifs où désagréables.

Deux échelles – une de régulation adaptative ; une autre, mal adaptative – peuvent être formées en regroupant ces 9 sous-échelles comme suit :

Régulation adaptative : acceptation, centration positive, centration sur l'action, réévaluation positive, mise en perspective

Régulation non-adaptative : blâme de soi, rumination, dramatisation, blâme d'autrui

Cette échelle permet donc de caractériser le style de régulation d'un individu face aux événements négatifs.

- ERQ

Le deuxième questionnaire est l'ERQ (*Emotion Regulation Questionnaire*) (Gross & John, 2003 ; Christophe et al., 2009) qui vise tout particulièrement deux stratégies de régulation : la réévaluation cognitive – changement cognitif portant sur les antécédents qui implique d'analyser une situation potentiellement génératrice d'émotion afin d'en modifier l'impact émotionnel (Lazarus & Alfert, 1964 ; Gross & John, 2003) - et la suppression expressive, modulation de la réponse ciblant l'inhibition de la composante expressive de l'émotion (Gross, 1998 ; Gross & John, 2003).

Ce questionnaire comporte 10 items qui se présentent sous la forme d'échelles de Likert à 7 points, représentant l'accord ou le désaccord avec une phrase formulée à la première personne du singulier. Les participants avaient pour consigne de choisir l'échelon qui correspondait au moins à ce qu'ils pensaient faire dans une situation émotionnelle.

- TEIQue

Ensuite, les participants complétaient un troisième questionnaire ayant trait aux compétences émotionnelles. Il s'agit de la version courte TEIQue (Trait Emotional Intelligence Questionnaire) (Petrides & Furnham, 2001 ; Mikolajczak et al., 2007b) lequel vise à évaluer l'intelligence émotionnelle. Comme mentionné précédemment, la régulation émotionnelle fait partie intégrante de l'intelligence émotionnelle (cf. 3.5. Régulation émotionnelle et intelligence émotionnelle). En effet, ce questionnaire évalue l'intelligence émotionnelle, vue ici non pas comme une capacité mais bien comme un trait. L'intelligence émotionnelle trait comporte des dispositions comportementales et des capacités auto-perçues - permettant de reconnaître, traiter et utiliser des informations chargées d'émotions - ce qui fait qu'elle est facilement évaluée grâce à un questionnaire auto-rapporté. Il s'agit donc d'un instrument permettant de mesurer la manière dont les individus éprouvent, perçoivent, identifient, traitent, utilisent et régulent leurs émotions et celles d'autrui.

Ce questionnaire comporte originellement 153 items et permet de calculer des scores pour 15 sous-échelles, 4 facteurs. Nous avons cependant ici utilisé la version courte, laquelle comprend 30 items, 2 issus de chaque sous-échelle de la version longue, nous fournissant un score global de l'intelligence émotionnelle. Chaque item est une phrase rédigée à la première personne du singulier, décrivant des comportements et des capacités. Il était demandé aux sujets de compléter une échelle de Likert à 7 échelons pour chaque proposition en fonction du caractère approprié des descriptions par rapport à eux-mêmes.

6.3.2. BFI-Fr

Afin de mesurer l'extraversion ainsi que d'autres traits de personnalité pouvant jouer un rôle dans la régulation émotionnelle (Peña-Gomez et al., 2011), les participants passeront alors le BFI-Fr (*Big Five Inventory*) (John & Srivastava, 1999 ; Plaisant et al., 2010), version française raccourcie du NEO-PI (Costa & MacCrae, 1985). Il s'agit d'une échelle auto-rapportée qui mesure la personnalité selon le cadre théorique du modèle des 5 facteurs. Elle comporte 45 items qui se présentent selon des échelles de Likert à 5 points, ce qui lui permet de mesurer 5 dimensions de la personnalité, ici de l'analyse factorielle : l'extraversion, l'agréabilité, la conscienciosité, le neuroticisme et l'ouverture.

6.4. Fonctions exécutives – flexibilité et inhibition – batterie TAP

Afin d'évaluer des fonctions exécutives impliquées dans la régulation émotionnelle, nous avons administré aux sujets deux échelles issues de la Batterie de Tests d'Evaluation de l'Attention de Zimmermann et Fimm (2002), à savoir des échelles mesurant la flexibilité et l'inhibition.

Afin de mesurer la flexibilité, l'épreuve de l'alternance de formes était administrée. Lors de celle-ci, le sujet avait face à lui un écran où se trouvait deux formes géométriques : une forme arrondie et une forme anguleuse. À l'aide de deux boutons de réponse, un à gauche et un à droite, il lui était demandé d'indiquer de quel côté se situe la forme anguleuse. Cependant, à l'essai suivant, il devait indiquer de quel côté se situe la forme arrondie. Il est donc demandé au sujet d'alterner de consigne entre chaque essai afin de répondre au stimulus cible correct. Cette tâche comporte 100 essais.

Entre deux essais, la réponse physique à fournir pouvait être la même (par exemple, à un essai "anguleux", la forme en question est à gauche et à l'essai suivant, la forme arrondie est à

nouveau à gauche) ou bien être différente (à l'essai suivant, la forme arrondie est à droite). Cela permet donc de calculer la flexibilité ; les essais où la réponse à fournir est pareillement située qu'à l'essai précédent étant plus couteux.

La deuxième épreuve est celle d'incompatibilité et sert à évaluer l'inhibition.

L'incompatibilité à laquelle on fait ici référence est une incompatibilité spatiale entre le stimulus et la réponse à fournir, ce qui est connu sous le nom d'effet Simon (1969).

En effet, il était demandé au sujet de regarder une croix de fixation. Après un signal sonore avertisseur, une flèche apparaissait soit à gauche, soit à droite de la croix. Il était demandé au sujet d'indiquer grâce aux deux boutons réponses dans quelle direction la flèche pointait et ce, indépendamment de sa position sur l'écran.

L'inhibition était calculée à partir des essais présentant incompatibilité, c'est-à-dire les essais où la flèche pointait dans une direction opposée à sa position par rapport à la croix de fixation.

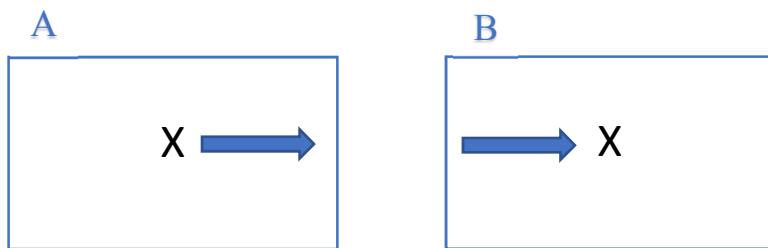


Figure 10 : l'épreuve de l'alternance de formes issues de la Batterie de Tests d'Evaluation de l'Attention de Zimmermann et Fimm (2002)

(A) exemple d'essai compatible

(B) exemple d'essai incompatible

6.5. tDCS et paramètres de stimulation

Les participants étaient repartis aléatoirement au sein de 3 groupes : un groupe contrôle où la stimulation sera factice (Sham) ainsi que 2 groupes expérimentaux où la stimulation est active : un où l'anode est placée au niveau du cortex préfrontal dorsolatéral gauche (F3) et la cathode au niveau supraorbital droit (Fp2) ; l'autre, où la position des deux électrodes est inversée.

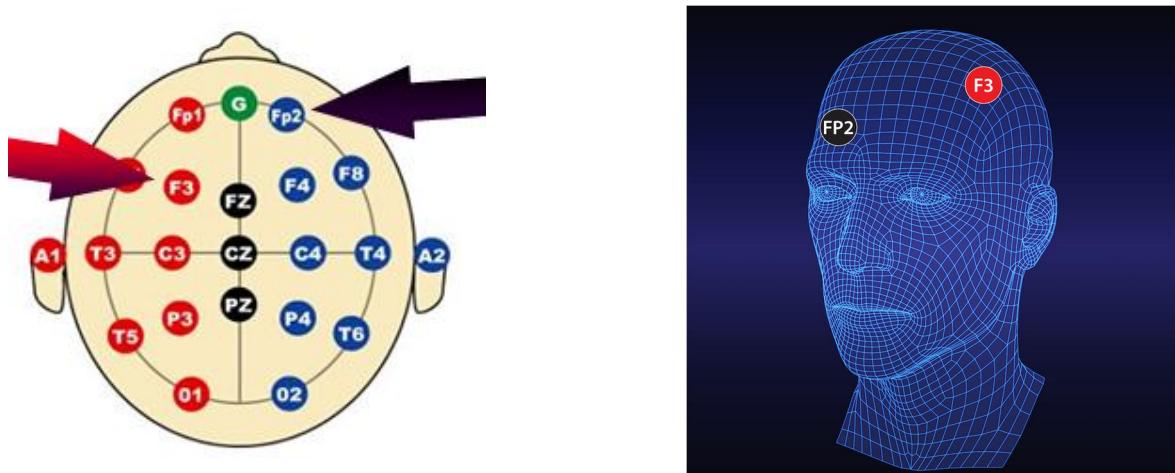


Figure 11 : illustration du montage tDCS utilisé et de l'emplacement des électrodes

(A) selon le système 10/20

(B) sur une simulation 3D d'une tête. Retrieved from: Total tDCS Electrode Placement Montage Guide

Lors des deux conditions de stimulation active, le courant était augmenté de 0.5 mA toutes les 10 secondes jusqu'à ce que l'intensité du courant soit de 2 mA. Dans le cas de la condition factice, le courant était à nouveau augmenté de 0.5 mA toutes les 10 secondes mais cette fois jusqu'à ce que l'intensité du courant soit de 1 mA, moment à partir duquel le courant était diminué au même rythme pour être éteint au bout de 40 secondes. Cela permettait aux sujets de pouvoir ressentir les sensations de picotements et/ou de chaleur parfois associées à l'application de la tDCS, ce qui est généralement considéré comme une condition SHAM fiable (Nitsche et al., 2008).

La stimulation transcrânienne était délivrée grâce à la première version de l'appareil « The Brain Stimulator ». Cet appareil permet de stimuler les participants grâce au courant électrique délivré au moyen de deux électrodes de forme carrée et générée par un boîtier. Afin de favoriser la conductivité du courant, les éponges avaient précédemment été humidifiées à l'aide d'une solution saline (NaCl), ce qui est couramment recommandé comme notamment dans un guide concernant le montage des électrodes (DaSilva et al., 2011).



Figure 12 : The Brain Stimulator, appareil tDCS utilisé lors de cette étude

Il s'agit donc d'un design inter-sujets. Le choix d'un tel design a été orienté par deux raisons principales :

Tout d'abord, on a pu observer grâce à une étude précédente que, lorsqu'on soumet des participants à un entraînement où il leur est demandé d'appliquer de façon régulière des stratégies de régulation émotionnelle, ils appliquent de façon plus efficace ces stratégies au bout de l'entraînement (Schuppert et al., 2009). En parallèle, une autre étude portant sur l'effet de la tDCS sur la planification a montré que l'effet de la tDCS était dépendant du niveau de performance lors de la stimulation ; l'effet de la tDCS est spécifique à la phase d'apprentissage (Dockery et al., 2009).

La première raison est donc d'éviter un tel effet d'apprentissage qui risquerait de voir le jour si les participants prenaient part aux trois conditions de stimulation, étant donné que cela entraînerait une répétition de l'utilisation des stratégies de régulation émotionnelle. Il s'agit aussi d'éviter une modification de la tDCS au fil de cet apprentissage potentiel.

La seconde raison réside plus particulièrement dans le type de matériel utilisé. En effet, nous avons opté pour l'utilisation des images issues de la batterie de l'IAPS qui présentaient des scores d'intensité (*arousal*) bas ou élevé afin de pouvoir créer par la suite des stimuli émotionnels dont la régulation est facile ou difficile. Néanmoins, le nombre d'images présentant une intensité forte est limité, surtout lorsque la valence de l'image est positive. Il aurait dès lors été difficile de créer trois versions différentes de la tâche de régulation émotionnelle.

La région de cortex préfrontal dorsolatéral gauche a été choisie de par son implication dans la régulation émotionnelle (Golkar et al., 2012).

6.6. Tâche

Après une introduction à la régulation des émotions, les participants commenceront la tâche. Pour ce faire, ils recevront au début de chaque essai une de ces trois consignes – augmenter, diminuer ou maintenir les émotions – afin qu’ils sachent quel type de régulation appliquer. Ensuite apparaît l’image-cible qui peut être soit neutre, soit positive, soit négative. Il est demandé au sujet de regarder l’image pendant l’entièreté du temps où elle est montrée et d’essayer de réguler le ressenti émotionnel jusqu’à la fin de ce temps. Apparaît alors une échelle de Likert à 6 échelons où il est demandé au sujet d’indiquer l’intensité de son ressenti émotionnel après qu’il ait appliqué au mieux possible les stratégies de régulation. L’essai se clôture alors pour une croix de fixation qui permet au sujet de se préparer au stimulus suivant.

L’introduction à la régulation des émotions comporte une explication de 3 consignes présentes dans la tâche, de ce qu’elles signifient et des différentes stratégies pertinentes pour atteindre ce résultat.

Il était expliqué aux sujets que, lorsque la consigne était « augmenter », le but était d’augmenter leur ressenti émotionnel ; pas de modifier la nature de ce qu’ils ressentaient mais bien d’essayer d’augmenter l’intensité de l’émotion provoquée par le visionnage de l’image. Il leur était proposé d’atteindre ce but de différentes façons. Un des moyens proposés était de s’immerger au maximum en s’imaginant vivre l’évènement dépeint dans l’image. Si le participant ne pouvait pas s’imaginer vivre un tel évènement, il lui était alors proposé d’imaginer qui celui-ci arrivait à un proche, à quelqu’un à qui il tient. Il pouvait également concentrer son attention sur les éléments de l’image qui lui semblaient les plus émotionnellement saillants.

Les participants étaient informés que, lorsque la consigne était de « diminuer », le but de l’exercice est de diminuer le ressenti affectif, d’avoir l’émotion de la plus petite intensité possible. À nouveau plusieurs stratégies faisant référence au modèle processuel de Gross (Gross, 1998 ; Gross & Thompson, 2007) leur étaient proposées. Tout d’abord, on leur proposait de réorienter leur attention en pensant à un événement positif ou en se focalisant sur un aspect positif de l’image. Ils pouvaient aussi procéder à une réévaluation positive en se disant que l’événement ne pourrait pas leur arriver – l’événement est dès lors dépourvu de signification pertinente pour le sujet. Le sujet a aussi comme choix d’adopter un point de vue extérieur pour observer la scène en imaginant que l’événement arrive à un inconnu. Enfin, il pouvait aussi imaginer une modification de la situation ; à savoir, une meilleure fin à la situation ainsi dépeinte.

La troisième consigne de régulation était celle de « maintenir ». Il était alors demandé aux sujets de maintenir le ressenti émotionnel en regardant l'image naturellement, sans chercher à augmenter ou à diminuer l'intensité des émotions ressenties et donc en appliquant aucune des stratégies de régulation expliquées précédemment.

Les items provoquant un éveil bas ou élevé (*low-arousal* ou *high-arousal*) étaient attribués à tous les sujets de façon randomisée.

L'intensité des images, de façon croisée aux consignes de régulation et à la valence, permet d'obtenir des essais où la régulation est difficile et d'autres où la régulation est facile.

	<i>Intensité basse</i>	<i>Intensité haute</i>
<i>Augmenter un ressenti positif</i>	Régulation difficile	Régulation facile
<i>Diminuer un ressenti négatif</i>	Régulation facile	Régulation difficile

Figure 13 : illustration de la formation d'essais difficiles et d'essais faciles en prenant en compte l'intensité du matériel et les consignes de régulation

Par exemple, lorsque l'intensité des images est élevée, réguler vers le bas des stimuli à valence négative sera plus difficile que d'appliquer un même procédé lorsque l'intensité du matériel est plus faible. L'inverse est valable lorsqu'il s'agit de réguler vers le haut un ressenti positif.

La tâche comportait 72 essais répartis comme suit :

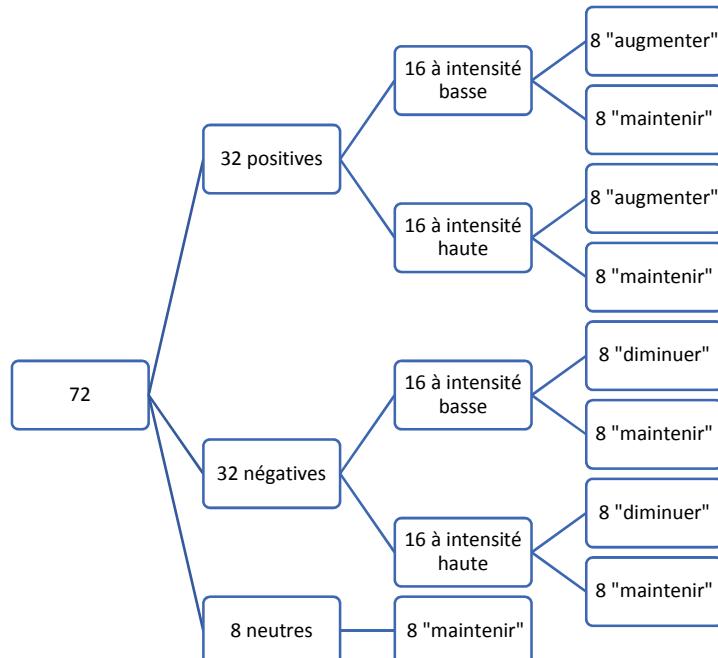


Figure 14 : répartition de 72 items en fonction de la valence, de l'intensité et de la consigne de régulation

Nous avons choisi de demander aux sujets d'effectuer une régulation visant à augmenter des émotions positives ou visant à diminuer des émotions négatives mais jamais de diminuer des émotions positives ou d'augmenter des émotions négatives. Ce choix a été guidé par une volonté de validité écologique. En effet, comme stipulé *supra* (cf. 3.2. Classification de la régulation émotionnelle), les deux types de régulation émotionnelle ici sollicités sont les deux types les plus fréquemment utilisés au quotidien. L'utilisation des deux autres types de régulation ont une fréquence d'utilisation plus basse et plus variable d'un individu à un autre, sans mentionner qu'elle peut parfois refléter des stratégies mal adaptives.

6.7. Analyses statistiques

Nous avons en premier contrôlé le fait que les variables démographiques (âge, sexe, flexibilité et inhibition) ne variaient pas entre les différents groupes expérimentaux représentant les différentes conditions de stimulation (anodale, cathodale et factice). Pour ce faire, nous avons réalisé une ANOVA simple ainsi qu'un khi-carré.

Les scores d'inhibition ont été calculés en soustrayant la moyenne du temps de réaction aux essais présentant une incompatibilité spatiale (cf 6. 4. Fonctions exécutives – flexibilité et inhibition – batterie TAP) à la moyenne du temps de réaction aux essais compatibles.

Les scores de flexibilité ont été calculés selon une logique similaire : nous avons soustrait la moyenne du temps de réaction aux items où le sujet devait répondre du même côté qu'à l'essai précédent à la moyenne du temps de réaction pour lesquels le côté de réponse variait.

Nous avons ensuite effectué des ANOVAs à mesures répétées pour tester l'effet du groupe de stimulation sur la performance des sujets et ce, sans prendre en compte d'autres facteurs. Pour chacune de ces ANOVAs, l'homogénéité des variances a été vérifiée grâce au test de Levene.

Les facteurs inter-sujets étaient pour chacune de ces ANOVAs le groupe de stimulation. Les facteurs intra-sujets étaient la performance du sujet à la tâche de régulation, représentée par :

- Les scores subjectifs d'intensité émotionnelle à travers les différentes conditions de régulation
- Les scores de différence obtenus en faisant la différence entre les scores subjectifs lorsque la consigne est d'augmenter ou de diminuer l'intensité et ces scores lorsque la consigne est de maintenir

Ceux-ci étaient dès lors calculés de la sorte :

Score de différence pour items positifs à basse intensité	= [scores items positifs à basse intensité dans la condition augmenter] - [scores items positifs à basse intensité dans la condition de maintien]
Score de différence pour items positifs à haute intensité	= [scores items positifs à haute intensité dans la condition augmenter] - [scores items positifs à haute intensité dans la condition de maintien]
Score de différence pour items négatifs à basse intensité	= [scores items négatifs à basse intensité dans la condition de maintien] - [scores items négatifs à basse intensité dans la condition de diminution]
Score de différence pour items négatifs à haute intensité	= [scores items négatifs à haute intensité dans la condition de maintien] - [scores items négatifs à haute intensité dans la condition de diminution]

- Les deux conditions de difficultés obtenues en regroupant ces scores de différences :

Condition facile	Moyenne de scores de différence pour items positifs à haute intensité et de ceux pour items négatifs à basse intensité
Condition difficile	Moyenne de scores de différence pour items négatifs à haute intensité et de ceux pour items positifs à basse intensité

Nous avons ensuite calculé des ANOVAs à mesures répétées avec comme facteur intra-sujet les conditions de régulation sous forme de scores de différence et comme facteurs inter-sujets le groupe de stimulation ainsi que soit la performance à l'ERQ, au CERQ ou au facteur E du BFI.

En effet, le niveau de compétence a été caractérisé par la performance à l'ERQ et au CERQ à partir des échelles de réévaluation et de régulation adaptative. Ces scores ont été transformés en deux catégories de performance. Une telle catégorisation a également été effectuée pour l'extraversion.

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de SPSS (PASW Statistics 18) et de JASP (0.8.4.0).

7. Résultats

7.1. Données démographiques

Tout d'abord, nous avons voulu contrôler s'il n'existe pas de différences au niveau de l'âge entre les différents groupes de stimulation.

	1	2	3
Moyenne	22.88	22.07	21.41
Écart-type	2.395	3.127	2.347
Minimum	18.00	18.00	18.00
Maximum	27.00	29.00	26.00

Figure 15 : description des âges à travers les différents groupes expérimentaux

Pour effectuer cela, nous avons réalisé une ANOVA simple avec comme variable dépendante l'âge. Nous pouvons dès lors nous apercevoir que cette analyse est non-significative ($F = 1.34$; $p = 0.27$) ce qui implique que nos différents groupes sont bien égaux en matière d'âge.

Ensuite, nous avons voulu contrôler la même chose au niveau du sexe. Nous nous sommes dès lors tourné vers le test du khi-carré pour trouver à nouveau un résultat non significatif ($\chi^2 = 0.089$; $p = 0.956$) ; il n'y aurait donc pas de différence en termes de sexe entre les groupes de stimulation.

Enfin, au vu de l'implication dans les processus de régulation émotionnelle des capacités des fonctions exécutives d'inhibition et de flexibilité, nous nous sommes penchés sur la répartition de celles-ci à travers nos trois groupes de stimulation. Nous avons, comme pour l'âge, eu recours à des ANOVAs simples.

	F	P
Inhibition	0.065	0.937
Flexibilité	0.082	0.922

Figure 16 : résultats aux ANOVAs simples portant sur la flexibilité et l'inhibition

Nous pouvons dès lors constater qu'aucune de ces deux ANOVAs n'est significative, ce qui impliquerait que ces compétences sont reparties de façon uniforme entre les différents groupes.

7.2. Analyse de l'effet de la stimulation sur la performance de régulation

Nous allons maintenant analyser l'effet de la condition de stimulation sur la performance à la tâche de régulation émotionnelle en utilisant les scores d'intensité subjectifs à travers les différentes conditions de consignes de régulation mais également en utilisant les scores de différence et les conditions de difficulté (cf. 6. 7. Analyses statistiques).

Avant cela, la normalité des variables a été vérifiée grâce au test de Kolmogorov-Smirnov.

7.2.1. Sur les différentes conditions de régulation

Nous avons réalisé une ANOVA 8 (Consignes de régulation : augmenter items positifs à grande intensité, maintenir items positifs à grande intensité, augmenter items positifs à basse intensité, maintenir items positifs à basse intensité, diminuer items négatifs à grande intensité, maintenir items négatifs à grande intensité, diminuer items négatifs à basse intensité, maintenir items négatifs à basse intensité) x 3 (Groupes de stimulation : stimulation anodale, cathodale ou factice) à mesures répétées.

Le test de sphéricité de Mauchly est significatif ($W = 0.72$; $p < 0.001$) ; la sphéricité est violée. Pour tester l'effet de l'ANOVA, nous allons donc prendre en compte les valeurs corrigées par la correction de Greenhouse-Geisser.

	F	P	η^2
Consignes de régulation	63.713	< 0.001***	0.547
Groupe	0.57	0.569	0.022
Consignes de régulation * Groupe	0.851	0.556	0.015

Figure 17 : résultats de l'ANOVA 8X3 à mesure répétées

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

*** $p < 0.001$

On peut dès lors s'apercevoir que l'effet principal de la consigne de régulation est significatif, ce qui implique que les sujets ont émis des jugements d'intensité significativement différents selon la consigne de régulation à laquelle ils étaient confrontés.

Par contre, l'effet principal du groupe est non significatif ainsi que l'effet de l'interaction entre les consignes de régulation et le groupe de stimulation.

7.2.2. Sur les scores de différences entre les différentes conditions de régulation

Nous avons réalisé une ANOVA 4 (scores de différence pour les items fort intenses à augmenter, pour les items peu intenses à augmenter, pour les items fort intenses à diminuer, pour les items peu intenses à diminuer) x 3 (Groupes de stimulation : stimulation anodale, cathodale ou factice) x

Une fois de plus, le test de sphéricité de Mauchly était significatif ($W = 0.337 ; p < 0.001$) et la correction de Greenhouse-Geisser sera utilisée.

	F	P	η^2
Score de différence	38.840	< 0.001***	0.419
Groupe	0.307	0.740	0.012
Score de différence * Groupe	1.44	0.232	0.031

Figure 18 : résultats de l'ANOVA 4x3 à mesure répétées

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Il ressort de cette analyse que l'effet principal du score de différence est significatif, ce qui semble logique vu que ces scores sont calculés à partir des résultats selon les différentes consignes de régulation et qu'on a pu constater lors de l'analyse précédente que les sujets auraient émis des jugements d'intensité significativement différents selon la consigne de régulation qui leur était demandé de suivre.

Par contre, l'effet principal du groupe est non significatif de même que l'effet de l'interaction entre les scores de différence et le groupe expérimental.

7.2.3. Sur les conditions de difficulté

Enfin, nous avons réalisé une ANOVA 2 (Niveau de difficulté : facile, difficile) x 3 (Groupe de stimulation : anodale, cathodale, factice) à mesures répétées.

	F	P	η^2
Difficulté	9.665	0.003**	0.146
Groupe	0.303	0.74	0.012
Difficulté * Groupe	2.873	0.066	0.087

Figure 19 : résultats de l'ANOVA 2x3 à mesure répétées

* p < 0,05

** p < 0,01

*** p < 0,001

Les résultats ici obtenus sont comparables à ceux ressortant des analyses précédentes, avec un effet principal de la difficulté qui significatif tandis que l'effet principal du groupe ainsi que l'interaction entre cet effet de groupe et la difficulté.

7.2.4. Conclusion

De cette première série d'analyses, il ressort le fait que le groupe expérimental et donc, le type de stimulation, n'aurait pas d'effet sur la performance des sujets à une tâche de régulation émotionnelle. Bien que décevant d'un côté, ces résultats ne sont néanmoins pas surprenants étant donné la difficulté à répliquer un effet significatif trouvé dans une étude utilisant la tDCS.

Nous allons regarder plus en profondeur les différents facteurs pouvant influencer l'effet que cette stimulation a peut-être sur la régulation émotionnelle.

Nous allons donc mener une série d'analyses visant à caractériser l'influence de la compétence de base pour ensuite, afin de répondre à notre hypothèse, considérer de façon combinée le niveau de difficulté et la compétence de base des sujets, afin de voir si l'effet de la stimulation pourrait varier selon l'état du sujet.

7.3. Analyse de l'effet de la stimulation sur la performance de régulation mesurées en score de différence en prenant en compte des facteurs de compétences de base et de personnalité

Étant donné que la première série d'analyses, où l'on essayait de regarder si la condition de stimulation avait un effet sur la performance, ne nous a pas permis de tirer de conclusion sur l'effet de la tDCS, nous avons décidé de réaliser une deuxième série d'analyses où nous allons prendre en compte :

- Un des facteurs préalablement choisis pour refléter l'état de la personne pour analyser le *state-dependent effect* – à savoir, la compétence initiale de la personne en régulation émotionnelle, mesurées par l'ERQ et le CERQ.
- Un facteur choisi pour investiguer un possible *trait-dependent effect* ; l'extraversion, mesurée par le BFI.

7.3.1. Compétence de base

7.3.1.1. ERQ

Nous avons réalisé une ANOVA 4 (scores de différence pour les items fort intenses à augmenter, pour les items peu intenses à augmenter, pour les items fort intenses à diminuer, pour les items peu intenses à diminuer) x 3 (Groupes de stimulation : stimulation anodale, cathodale ou factice) x 2 (ERQ : compétence haute, compétence basse).

Le test de sphéricité de Mauchly étant significatif ($W = 0.335$; $p < 0.001$), la correction de Greenhouse-Geisser sera utilisée.

	F	P	η^2
Score de différence	34.653	< .001***	0.389
Score de différence * Groupe	1.775	0.149	0.040
Score de différence * ERQ	0.429	0.629	0.005
Score de différence * Groupe * ERQ	1.244	0.299	0.028
Groupe	0.955	0.392	0.035
ERQ	1.964	0.168	0.036
Groupe*ERQ	1.295	0.283	0.048

Figure 20 : résultats de l'ANOVA 4x3x2 portant sur l'ERQ

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

Nous pouvons nous apercevoir que, une fois de plus, seul l'effet principal du score de différence est significatif ; les autres effets principaux et les interactions étant non significatives.

Alors que nous pouvons conclure à un effet de la consigne sur la performance, nous ne pouvons faire de même quant à l'effet de la performance à l'ERQ et celui de la stimulation.

7.3.1.2. CERQ

Nous avons ensuite réalisé la même ANOVA ; la différence résidant dans le fait que ce sont les scores obtenus au CERQ et non ceux issus de l'ERQ qui sont ici utilisés pour refléter la compétence des participants.

Le test de sphéricité de Mauchly nous indique par sa significativité que la sphéricité est rompue ; nous aurons donc recours à la correction de Greenhouse-Geisser.

	F	P	η^2
Score de différence	31.289	< .001***	0.373
Score de différence * Groupe	1.277	0.288	0.03
Score de différence * CERQ	1.489	0.233	0.018
Score de différence * Groupe * CERQ	0.284	0.588	0.007
Groupe	0.137	0.872	0.005
CERQ	1.419	0.239	0.027
Groupe*CERQ	1.484	0.237	0.056

Figure 21 : résultats de l'ANOVA 4x3x2 portant sur le CERQ

* p < 0,05

** p < 0,01

*** p < 0,001

Les résultats ainsi obtenus sont en tout point comparables à ceux issus de l'analyse similaire portant sur la performance à l'ERQ ; seul l'effet principal de scores de différence des consignes de régulation est significatif.

Cette similarité est facilement explicable par le fait qu'il est tout à fait possible que les scores obtenus aux deux questionnaires soient relativement similaires chez un même individu donné. Les deux questionnaires ont tout de même été administrés vu que l'ERQ est relativement court et que le CERQ se concentre uniquement sur des événements négatifs.

Pour vérifier cela, nous avons effectué une corrélation de Pearson entre les scores obtenus aux sous-échelles présentement utilisées de ces deux tests.

On peut dès lors s'apercevoir que la corrélation est de 0.42 et qu'elle est significative ($p = 0.002$).

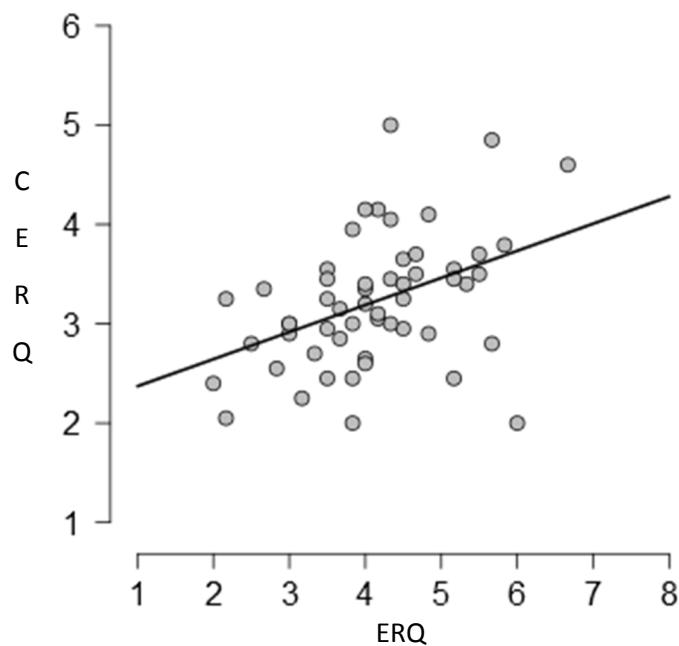


Figure 22 : graphique de la corrélation de Pearson entre les scores obtenus à la sous-échelle de régulation adaptative du CERQ et ceux obtenus à la sous-échelle de réévaluation de l'ERQ

7.3.2. Personnalité

En plus de l'effet de la compétence de base, nous avons voulu examiner un potentiel effet du score obtenu à la sous-échelle E du BFI-Fr étant donné qu'il a été montré par le passé que l'extraversion peut avoir une influence sur la régulation émotionnelle (Peña-Gomez et al., 2011). Pour ce faire, nous avons réalisé le même type d'analyses que celles précédemment effectuées pour les deux scores mesurant la compétence.

En effet, nous avons accompli une ANOVA 4 (scores de différence pour les items fort intenses à augmenter, pour les items peu intenses à augmenter, pour les items fort intenses à diminuer, pour les items peu intenses à diminuer) x 3 (Groupes de stimulation : stimulation anodale, cathodale ou factice) x 2 (Extraversion : introverti, extraverti).

	F	P	η^2
Score de différence	34.608	< .001***	0.39
Score de différence * Groupe	1.484	0.188	0.033
Score de différence * Extraversion	1.123	0.342	0.013
Score de différence * Groupe * Extraversion	0.976	0.444	0.022
Groupe	0.576	0.566	0.021
Extraversion	1.752	0.192	0.033
Groupe* Extraversion	1.412	0.254	0.053

Figure 23 : résultats de l'ANOVA 4x3x2 portant sur l'extraversion

* p < 0,05

** p < 0,01

*** p < 0,001

Néanmoins, une telle analyse ne nous permet pas de conclure à un effet significatif de l'extraversion. En effet, seul l'effet principal du score de différence est significatif ; les autres effets principaux et les interactions ne l'étant pas.

7.3.3. Conclusion

Lors de cette série d'analyses, nous avons essayé de voir si la prise en compte du niveau de base ou d'un facteur de personnalité pourrait avoir une influence sur la stimulation transcrânienne lors d'une tâche de régulation émotionnelle. Nos analyses ne nous ont nonobstant pas permis de mettre en lumière un tel effet. Nous allons donc maintenant réaliser une série finale d'analyses où, aux facteurs précédemment pris en compte, s'ajoutera également la difficulté de la tâche.

7.4. Analyse de l'effet de la stimulation sur la performance de régulation selon la difficulté de la tâche en prenant en compte des facteurs de compétences de base et de personnalité

Nous avons pu constater grâce à cette deuxième série d'analyses que prendre en compte de façon isolée la compétence de base ou bien prendre l'extraversion ne nous permet pas de pouvoir tirer de conclusion sur l'effet de la tDCS ni sur l'effet de ces facteurs sur celle-ci.

Nous avons donc réalisé une série finale d'analyses en rajoutant le niveau de difficulté, afin de pouvoir caractériser l'état de base grâce à la prise en compte simultanée de la difficulté et de la compétence de base. En effet, les études présentées *supra* ayant trait à la mémoire à court terme ou à la créativité qui mettaient en évidence un effet de dépendance à l'état le faisaient grâce à l'interaction entre la difficulté et la compétence initiale.

7.4.1. Compétence

Nous avons ensuite introduit les deux facteurs choisis pour refléter l'état de la personne : la compétence de base mais également la difficulté de la tâche. Nous avons donc utilisé les scores regroupés en deux conditions de difficulté pour mener ces analyses.

7.4.1.1. CERQ

Nous avons tout d'abord réalisé une ANOVA 3 (Groupe de stimulation : anodale, cathodale, factice) x 2 (Niveau de difficulté : facile, difficile) x 2 (CERQ : compétence basse, compétence haute).

	F	p	η^2
Difficulté	10.335	0.002**	0.133
Difficulté * Groupe	4.503	0.016*	0.116
Difficulté * CERQ	7.855	0.007**	0.101
Difficulté * Groupe * CERQ	1.135	0.330	0.029
Groupe	0.137	0.872	0.005
CERQ	1.419	0.239	0.027
Groupe * CERQ	1.484	0.237	0.056

Figure 24 : résultats de l'ANOVA 3x2 portant sur le CERQ

* p < 0,05

** p < 0,01

Au niveau des effets principaux, on peut s'apercevoir que l'effet principal de la difficulté est significatif mais que, à nouveau, les autres effets principaux ne le sont pas.

De manière plus intéressante, l'interaction entre la difficulté et le groupe est significative, ce qui n'était pas le cas lorsqu'on ne prenait pas en compte la performance au CERQ (cf. 7.2.3.).

De plus, on peut se rendre que l'interaction entre la difficulté et la compétence mesurée par le CERQ est également significative, ce qui n'était pareillement pas le cas la performance n'était pas abordée selon la difficulté des essais (cf. 7.3.1.2.).

Afin de caractériser au mieux les deux interactions significatives révélées par cette analyse, nous réalisé des tests post-hoc en effectuant des comparaisons multiples en utilisant la correction de Bonferroni.

Interaction du groupe et de la difficulté

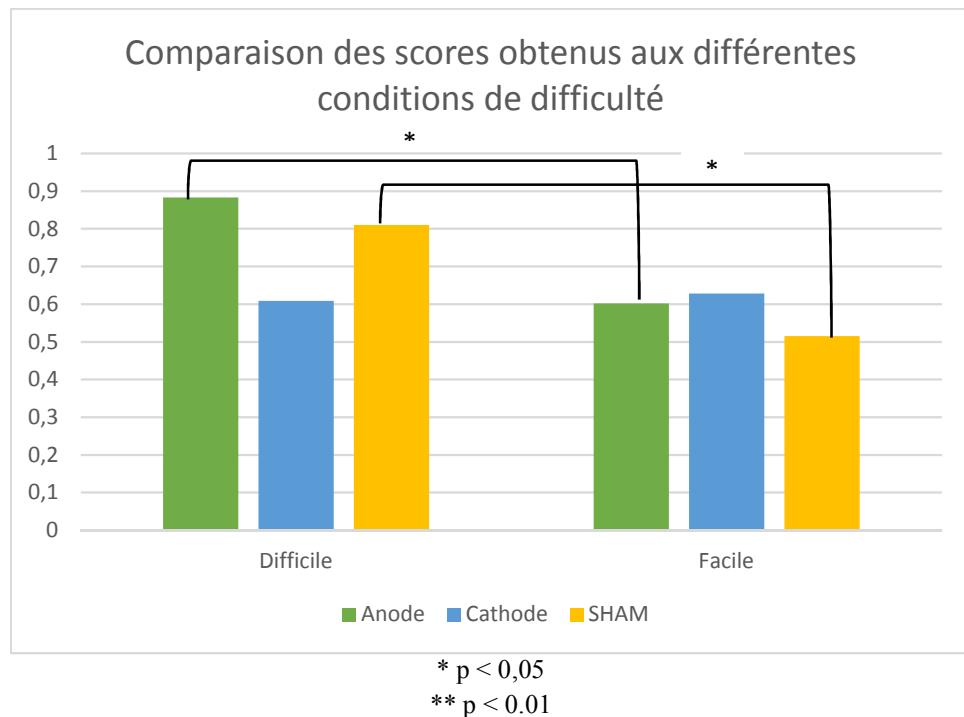
Nous avons commencé par examiner l'interaction entre le groupe et la difficulté.

Stimulation anodale	Difficulté difficile vs difficulté facile	$p = 0.017^*$
Stimulation cathodale		$p = 0.849$
Stimulation factice		$p = 0.01^*$

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

On peut dès lors s'apercevoir que, les conditions de stimulation anodale et factice présentent une différence entre les deux conditions de difficulté alors que ceci n'est pas le cas au sein du groupe de stimulation cathodale.



En observant la valeur de ces moyennes, on peut alors constater que les sujets des conditions de stimulation anodale et factice présentent de plus grands scores dans la condition difficile que dans la condition facile.

Interaction de la compétence et de la difficulté

Nous nous sommes ensuite interrogés quant à l'interaction entre la compétence – mesurée via le CERQ – et la difficulté. Pour ce faire, nous avons à nouveau utilisé des comparaisons multiples corrigées selon Bonferroni.

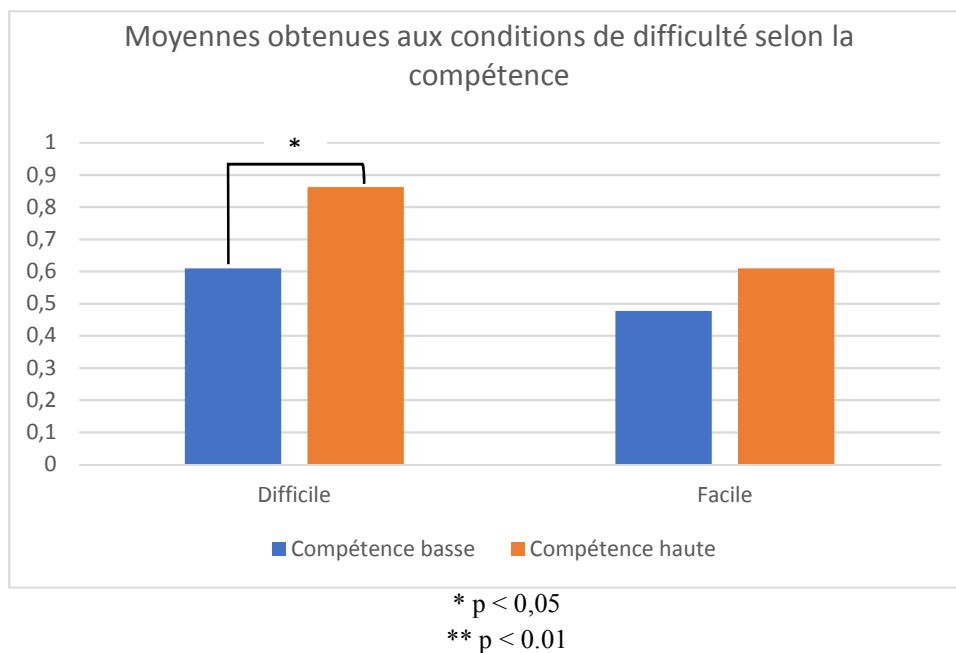
Compétence basse	Difficulté difficile vs difficulté facile	$p = 0.145$
Compétence élevée		$p = 0.012^*$

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

Nous pouvons dès lors nous apercevoir que les sujets dotés d'une compétence élevée présentent une différence significative entre la difficulté difficile et la difficulté facile. Les sujets dont le score au CERQ reflète une compétence basse ne montrent pas une telle différence entre les deux difficultés possibles.

Pour savoir dans quel sens se situe cette différence, nous avons alors examiné les moyennes des sujets.



Il s'avère que les sujets issus du groupe à haute compétence obtiennent un score plus élevé lorsque la difficulté est haute que lorsque la difficulté est basse alors que les sujets issus du groupe à basse compétence obtiennent des scores non significativement différents selon la difficulté.

7.4.1.2. ERQ

Nous avons ensuite procédé à la même analyse en prenant cette fois en compte le niveau de base défini par l'ERQ. Il s'agissait donc d'une ANOVA 3 (Groupe de stimulation : anodale, cathodale, factice) x 2 (Niveau de difficulté : facile, difficile) x 2 (ERQ : compétence basse, compétence haute) à mesures répétées.

	F	P	η^2
Difficulté	9.157	0.004**	0.16
Difficulté * Groupe	3.429	0.041*	0.125
Difficulté * ERQ	0.9	0.348	0.018
Difficulté * Groupe * ERQ	0.735	0.485	0.03
Groupe	0.955	0.168	0.039
ERQ	1.964	0.168	0.039
Groupe * ERQ	1.295	0.283	0.051

Figure 25 : résultats de l'ANOVA 3x2 portant sur l'ERQ

* p < 0,05

** p < 0,01

On peut observer que, comme pour l'analyse portant sur le score au CERQ, le seul effet principal significatif est celui de la difficulté.

À nouveau, pareillement à l'analyse précédente, l'interaction entre la difficulté et le groupe est significative. Notons qu'une fois de plus, une telle interaction n'était pas significative lorsque la compétence de base – ici reflétée par le score à l'ERQ – n'était pas une variable explicative du modèle (cf. 7.2.3.).

Cela signifie donc qu'il y a un effet différentiel de la condition de stimulation en fonction de la difficulté lorsque le niveau de base est pris en compte dans le modèle.

Les autres interactions ne sont pas significatives. Parmi ces interactions, mentionnons celle entre la difficulté et la compétence qui était significative lorsque c'était le score au CERQ qui caractérisait cette dernière.

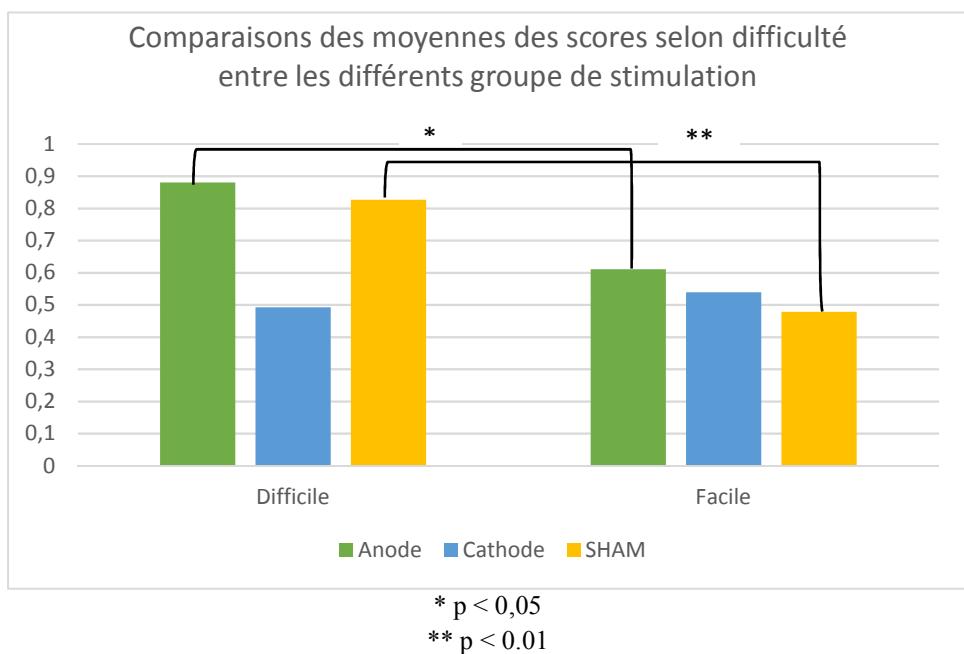
Nous avons dès lors décidé d'investiguer l'interaction entre la difficulté et le groupe en réalisant une analyse post-hoc de Bonferroni.

Stimulation anodale	Difficulté difficile vs difficulté facile	$p = 0.022^*$
Stimulation cathodale		$p = 0.676$
Stimulation factice		$p = 0.005^{**}$

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

Grâce à cette analyse, nous pouvons constater qu'il y a une différence significative entre les conditions de difficulté au sein de la condition de stimulation anodale et de stimulation factice. Une telle différence n'apparaît cependant pas au sein de la condition de stimulation cathodale.



En s'intéressant à la valeur de ces moyennes, on peut alors constater que les scores obtenus par les sujets faisant partie des conditions de stimulation anodale et de stimulation factice ont un score significativement plus élevé aux essais difficiles qu'aux essais faciles.

7.4.2. Extraversion

Enfin, nous avons réalisé une dernière ANOVA pour investiguer l'effet de l'extraversion. Pour rappel, nous avions précédemment analysé l'extraversion en fonction des scores de différences mais les résultats ne nous ont pas permis d'aboutir une conclusion (cf. 7. 3. 2.).

Nous avons dès lors voulu tester si la prise en compte simultanée de la difficulté et de l'extraversion pouvait nous en apprendre plus.

Pour ce faire, nous avons réalisé une ANOVA 3 (Groupe de stimulation : anodale, cathodale, factice) x 2 (Niveau de difficulté : facile, difficile) x 2 (Extraversion : introverti, extraverti) à mesures répétées.

	F	p	η^2
Difficulté	7.578	0.008**	0.12
Difficulté * Groupe	1.912	0.159	0.06
Difficulté * Extraversion	0.969	0.33	0.015
Difficulté * Groupe * Extraversion	1.508	0.232	0.048
Groupe	0.576	0.566	0.021
Extraversion	1.752	0.192	0.033
Groupe * Extraversion	1.412	0.254	0.053

Figure 26 : résultats de l'ANOVA 2x3x2 portant sur l'extraversion

* p < 0,05

** p < 0,01

Cependant, cette analyse ne nous permet pas de tirer de conclusion quant à un possible rôle de l'extraversion sur un effet de la tDCS ni de son interaction avec la difficulté de la tâche ; l'effet principal de difficulté étant le seul résultat significatif de cette analyse.

7.4.3. Régressions linéaires

Afin de caractériser au mieux l'interaction entre la compétence de base et la difficulté, nous avons ensuite réalisé des régressions linéaires pour chaque condition de difficulté au sein des différents groupes avec les scores de performance à la tâche regroupés par niveau de difficulté comme variable dépendante et le score obtenu à la sous-échelle de réévaluation adaptative du CERQ comme variable indépendante.

	Difficulté	R	F	p
Anode	Facile	0.174	0.501	0.489
	Difficile	0.47	4.724	0.045*
Cathode	Facile	0.063	0.6	0.809
	Difficile	0.106	0.17	0.686
SHAM	Facile	0.122	0.256	0.62
	Difficile	0.09	0.169	0.686

Figure 27 : régressions linéaires de la compétence sur la performance selon les différents niveaux de difficulté à travers les différents groupes de stimulation

* p < 0,05

La régression linéaire évaluant l'effet du score au CERQ sur la performance aux effets difficiles lorsque la stimulation est anodale est significative. Il y a donc une relation statistiquement significative entre le niveau de base et la performance. Ce modèle de régression explique 47% de la variabilité de la performance aux items difficiles sous cette condition de stimulation.

Notons qu'il s'agit de la seule régression significative, ce qui signifierait que ce n'est que lorsque la stimulation est anodale et que les items sont difficiles que l'addition du niveau de base au modèle de régression permet de mieux prévoir la performance.

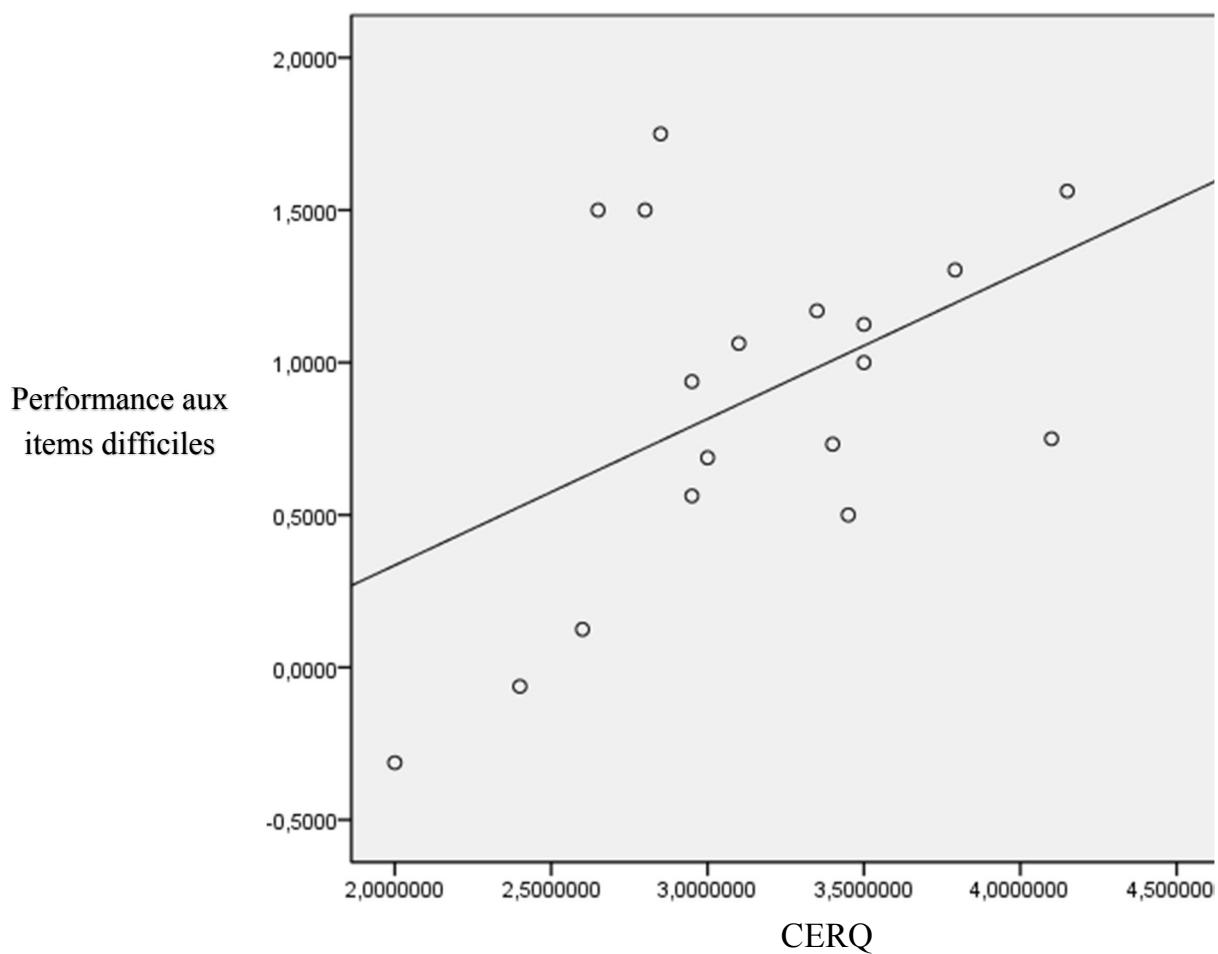


Figure 28 : régression linéaire de la compétence sur la performance au sein du groupe de stimulation anodale lorsque le niveau de difficulté est élevé

On peut dès lors observer que, à l'intérieur de cette condition de stimulation anodale, plus l'individu a obtenu un score élevé à la sous-échelle de régulation adaptative, plus il aura une meilleure performance de régulation face aux items difficiles.

8. Discussion

L'étude présente avait deux buts principaux :

- Investiguer un possible effet de la tDCS sur la régulation émotionnelle

Étant donné l'importance de la régulation émotionnelle au quotidien et de ses conséquences sur le bien-être des individus de par son influence sur – notamment – les relations sociales et la santé aussi bien mentale que physique, trouver une méthode pour améliorer ces compétences cognitives pourrait être bénéfique. Nous avons donc voulu étudier si la tDCS pouvait être cette méthode.

- Investiguer les facteurs pouvant mener à un effet différentiel de la tDCS

L'effet dépendant à l'état (*state-dependent effect*), concept postulant que l'effet d'un stimulus externe sur le cerveau est fortement influencé par l'état du cerveau au moment de la stimulation (Silvanto et al., 2008), a été avancé comme possible explication à l'absence de résultats homogènes des études utilisant la tDCS sur des processus cognitifs (Horvath et al., 2015b). D'autres auteurs pensent eux aussi que cet effet peut jouer un rôle sur les résultats d'une expérience et que donc la prise en compte de l'activité du système est importante (Santarnecchi et al., 2015 ; Tremblay et al., 2004). Nous voulions donc essayer de prendre en compte des facteurs influençant l'état du cerveau lors de la réalisation de la tâche.

Pour atteindre ces deux buts, nous avons réalisé une étude portant sur l'effet de la stimulation transcrânienne sur la régulation émotionnelle tout en prenant en compte la compétence des sujets, la difficulté de la tâche et l'extraversion.

Les 54 sujets étaient repartis aléatoirement entre différentes conditions de stimulation : stimulation anodale, stimulation cathodale et stimulation factice (SHAM). Les participants issus de ces deux premières conditions étaient stimulés tout au long de la tâche, laquelle impliquait d'augmenter, maintenir ou diminuer l'intensité du ressenti émotionnel provenant du visionnage d'images émotionnelles issues de la banque de données de l'IAPS.

La compétence de base et l'extraversion étaient évaluées grâce à des questionnaires papiers, respectivement le CERQ et l'ERQ ainsi que le BFI-Fr. La difficulté de la tâche variait de facile à difficile d'items en items grâce à la prise en compte de l'intensité des stimuli et des consignes de régulation qui leur étaient appliquées.

Nous avons ensuite réalisé trois séries d'analyses statistiques à l'aide d'ANOVAs à mesures répétées :

La première cherche à investiguer si la condition de stimulation a un effet sur la performance à la tâche, mesurée par les scores des consignes de régulation, les scores de différence entre les consignes de maintien et d'augmentation/diminution et entre les scores regroupés en deux conditions de difficulté.

Cette première série ne nous a néanmoins pas permis de mettre en lumière un effet de la stimulation sur la performance.

La deuxième série ajoute au modèle la variable de la compétence – mesurée grâce à l'ERQ et au CERQ – et une variable de personnalité ; à savoir, l'extraversion. Les analyses de cette série utilisaient comme variable intra-sujets les scores de différence.

Tout comme la première série, ces analyses ne nous permettent pas de tirer de conclusion quant à l'effet de la tDCS sur la régulation émotionnelle.

Enfin, nous avons réalisé une troisième série d'analyses où les facteurs inter-sujets restent les mêmes que dans la deuxième mais où la variable intra-sujets devient les scores regroupés selon la difficulté.

L'interaction entre la condition de stimulation et la difficulté devient significative ainsi que, pour le CERQ, l'interaction entre la compétence et la difficulté. L'analyse de l'extraversion ne nous a pas apporté d'informations supplémentaires.

L'interaction entre le groupe et la difficulté montrait donc que l'effet de la stimulation sur la performance est différent en fonction de la difficulté de la tâche une fois que le niveau de compétence fait partie du modèle explicatif. Les analyses post-hoc avaient montré que la performance est, dans les conditions anodale et factice, plus grande dans la condition difficile que dans la condition facile alors qu'une telle différence n'existe pas dans la condition cathodale.

Ces résultats pourraient s'expliquer par plusieurs hypothèses non mutuellement exclusives :

- L'effet placebo

La différence entre les conditions facile et difficile trouvée lorsque la stimulation est factice pourrait être due à un effet placebo.

Si tel est le cas, cette même différence en cas de stimulation anodale pourrait également être due – au moins en partie – à un effet placebo, ce qui rend l'interprétation des résultats délicate.

- Le niveau d'engagement

Le fait que les scores soient plus élevés en condition factice lorsque les essais sont difficiles par rapport à lorsque ceux-ci sont faciles pourrait être dû à un niveau d'engagement face à la tâche qui varie en fonction de la difficulté. En effet, il se pourrait que notre condition facile semble trop facile, résultant en un engagement plus faible et donc, paradoxalement, à une performance plus faible.

Cette hypothèse semble particulièrement pertinente lorsqu'on examine les résultats des comparaisons post-hoc portant sur l'interaction entre la compétence et la difficulté. En effet, ceux-ci nous apprennent que, à travers les groupes de stimulation, les sujets présentant un niveau de compétence élevé montrent une différence de performance selon la difficulté : ils obtiennent un score plus élevé lorsque la condition est difficile que lorsque la difficulté est basse. Les sujets possédant une compétence faible ne montrent pas de différence significative de performance en fonction de la difficulté.

Si effet d'engagement il y a, il semblerait logique qu'il toucherait particulièrement les sujets faisant preuve d'une compétence élevée ; les items faciles leur semblant d'autant plus faciles. Les sujets à compétence plus faible percevraient ces items comme moins faciles que les sujets à forte compétence ce qui impliquerait que la différence en termes d'engagement selon la difficulté serait moins importante, résultant en une différence non significative de la performance entre les deux niveaux de difficulté.

Tout comme pour l'effet placebo, si la différence de performance selon la difficulté au sein de la condition factice est due à un effet d'engagement, il est compliqué d'interpréter cette même différence au sein de la condition anodale comme étant liée à la stimulation étant donné que cette différence serait dès lors potentiellement influencée par un même effet d'engagement à la tâche.

Par ailleurs, l'effet placebo et l'effet d'engagement peuvent être pensés comme non mutuellement exclusifs : si l'engagement du sujet à la tâche est plus grand lorsque la difficulté est élevée, cela pourrait expliquer pourquoi un potentiel effet placebo serait présent lorsque la difficulté est élevée et non lorsque celle-ci est plus basse.

- Un effet de la tDCS sur les items difficiles dans la condition cathodale

Enfin, soulignons que la différence entre condition difficile et condition facile ne se retrouve pas au sein de la condition de stimulation cathodale. Si l'on part du postulat que la différence trouvée dans les deux autres conditions provient d'un effet d'engagement, il n'y aurait pas de raison que cet effet d'engagement n'affecte pas les sujets issus de la condition cathodale. Il se pourrait dès lors que cette absence de différence reflète alors l'effet de la stimulation cathodale sur la performance relative aux items issus de la condition difficile.

Une influence de la difficulté sur l'effet de la tDCS à une tâche de mémorisation (Jones et al., 2012) ou de créativité (Brunye et al., 2015) avait précédemment été mise en évidence mais celle-ci interagissait avec la compétence de la personne. En effet, dans l'étude de Jones et al. (2012), la stimulation, qu'elle soit anodale ou cathodale, améliorait la performance quand la compétence initiale était haute mais la détériorait quand elle était basse alors que la tDCS n'avait pas d'effet quand la difficulté était basse, quel qu'était le niveau de compétence. L'étude de Brunye et al. (2015) montre également que la stimulation anodale transcrânienne améliore spécifiquement la performance des sujets possédant un niveau de base élevé uniquement lorsque la difficulté est grande.

S'il y a un effet de la tDCS, il s'exprime donc différemment vu qu'il s'agirait d'une diminution de la performance suite à une stimulation anodale lorsque la difficulté est élevée.

Gardons bien à l'esprit qu'un effet de la tDCS n'a pas été prouvé ici, on peut juste constater qu'il y a une différence de performance selon le niveau de difficulté dans les conditions anodale et factice et pas dans la condition cathodale.

Nous avons ensuite réalisé des régressions linéaires du niveau à la sous-échelle de régulation adaptative sur la performance aux items faciles ou difficiles pour chacun des groupes de stimulation.

De ces régressions, nous avons pu constater que, dans la condition anodale, le niveau de compétence prédit significativement la performance aux items difficiles.

Le caractère intéressant de cette régression réside particulièrement dans le fait qu'elle était la seule à être significative : tant la performance aux items faciles en condition anodale que la performance aux items faciles et difficiles des conditions cathodale et factice n'était pas prévue par le score obtenu au CERQ.

Il se pourrait dès lors que les processus sous-tendant la différence entre la performance aux items faciles et la performance aux items difficiles varient de la condition anodale à la condition factice. Par ailleurs, il se pourrait aussi que la stimulation anodale ait une influence sur la relation entre la compétence et la performance en cas de difficulté élevée.

8.1. Limites et perspectives futures

Cette étude n'est pas exempte de limites. Tout d'abord, un stimulus sous forme d'une image n'est pas toujours la meilleure façon de provoquer une réponse émotionnelle chez les participants, ce qui pourrait créer un manque de validité écologique. Des stimuli présentés sous forme de situations ou des stimuli vidéo pourraient engendrer une réponse émotionnelle plus forte.

Étant donné que l'étude devait se dérouler sur le site du Sart-Tilman, beaucoup de participants sont des étudiants ; cela pourrait constituer un biais.

La performance en régulation émotionnelle était mesurée uniquement à partir de score d'intensité subjectifs. On pourrait imaginer inclure des mesures physiologiques telles que la mesure de la conductance cutanée (Feeser et al., 2014).

Une autre limite est que, même si la compétence initiale et la difficulté de la tâche ont été prises en compte, d'autres facteurs pouvant influencer la performance et/ou l'effet de la tDCS sur celle-ci mériteraient notre attention.

En effet, nous avons ici essayé de réaliser une analyse selon le modèle dépendant de l'activité en prenant en compte la difficulté de la tâche et la compétence initiale. Cependant, d'autres facteurs peuvent influencer l'effet de la tDCS sur la performance comportementale.

Ceux-ci peuvent d'ailleurs être compris selon le cadre théorique du modèle dépendant de l'activité du réseau (cf. figure 29), lequel peut être vu comme la continuité du modèle dépendant de l'activité, incluant les facteurs de variabilité interindividuelle et mettant l'accent sur la dynamique des réseaux (Fertonani & Miniussi, 2017). En effet, une étude a montré que les réseaux neuronaux sont plus sensibles à la modulation de champ qu'un neurone moyen considéré dans sa singularité (Francis et al., 2003). De plus, l'efficacité des effets induits par la tDCS dépend aussi de la structure de réseau intrinsèque (Kutchko & Fröhlich, 2013), adopter cette approche peut dès lors être bénéfique.

Le modèle dépendant de l'activité adopté ici – même s'il présente une amélioration par rapport au modèle dépendant de la stimulation – présente donc des limites par rapport à la dynamique qu'il capture et aux facteurs qu'il implique.

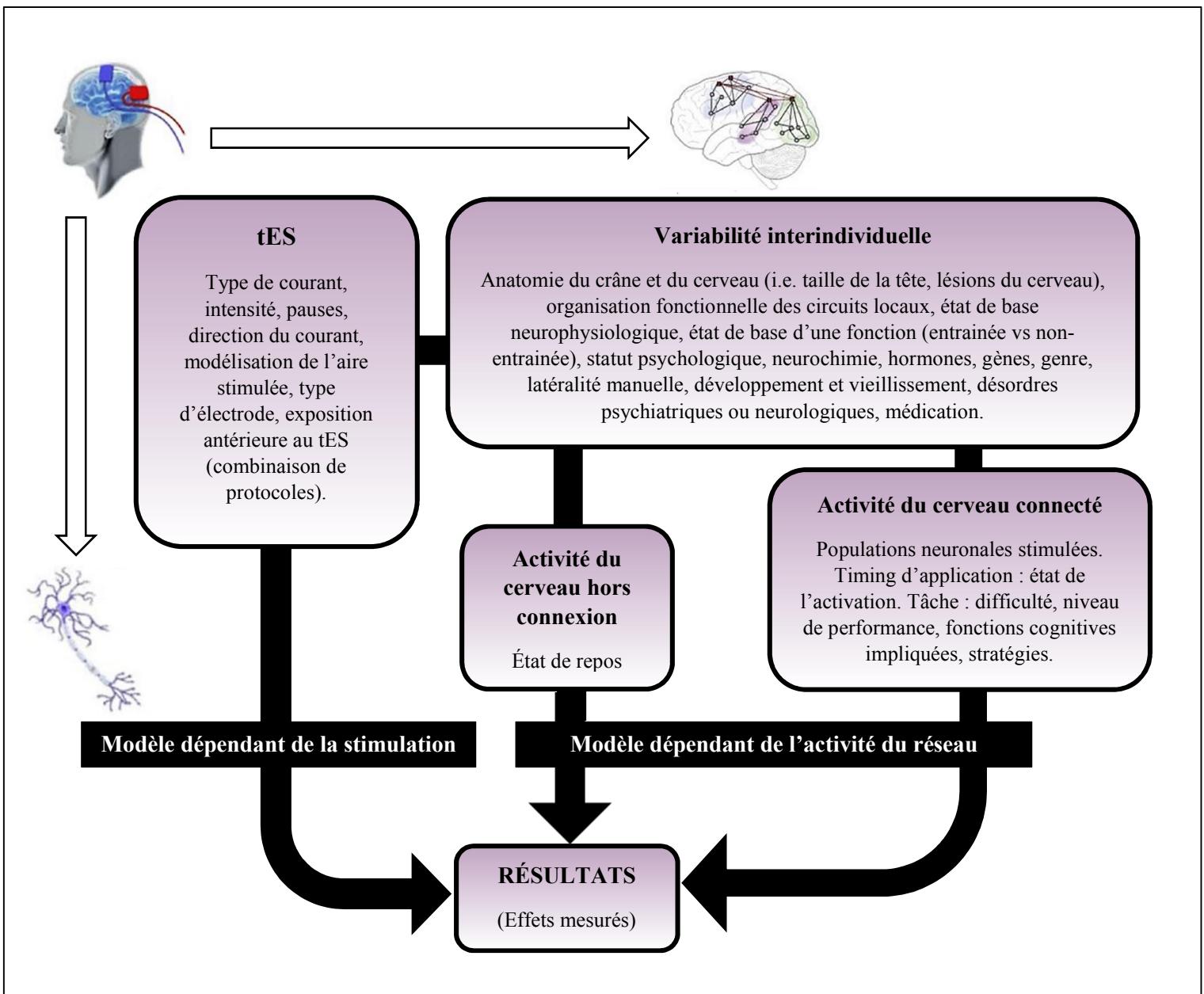


Figure 29 : modèle dépendant de l'activité du réseau, adapté de Fertonani & Miniussi, 2017

Nous allons maintenant passer en revue quelques facteurs dont la prise en compte serait particulièrement utile à notre étude.

Au vu des résultats obtenus et de leur interprétation possible en termes d'effet d'engagement différent selon la difficulté, prendre en compte cet engagement semble primordial pour une future étude similaire.

Afin d'évaluer plus en profondeur les différences interindividuelles de régulation émotionnelle, il pourrait également être intéressant de caractériser les facteurs qui jouent un rôle dans ces différences.

Parmi ceux-ci, on peut retrouver des facteurs génétiques ainsi que des facteurs plus environnementaux.

Un facteur génétique intéressant serait l'influence du polymorphisme Val¹⁵⁸Met du gène COMT. Ce gène (MIM 116790) code pour la catéchol-O-méthyltransférase (COMT), laquelle est une enzyme qui joue un rôle dans la dégradation de la dopamine dans le cortex préfrontal (Chen et al., 2004). En effet, la dopamine est un neurotransmetteur de la famille de catécholamines qui joue un rôle important dans la cognition humaine. Étant donné que les différences interindividuelles au sein de ces fonctions cognitives sont, en partie, génétiquement déterminées (Bellander et al., 2015), beaucoup d'études se sont intéressées à divers polymorphismes reliés à la dopamine. Or le gène COMT présente un polymorphisme nucléotide – il possède deux allèles, chacun codant respectivement pour un acide animé différent : l'allèle Val pour la valine et l'allèle Met pour la méthionine.

Ce gène pourrait jouer un rôle dans la qualité de la régulation émotionnelle. En effet, dans une étude portant sur la peur conditionnée, on a pu observer que les individus porteurs du génotype COMT met/met présentaient davantage de difficultés à atteindre un stage d'extinction de cette peur ; et donc de la réguler (Lonsdorf et al., 2009).

La raison du caractère particulièrement intéressant de ce facteur réside dans la pertinence que celui pourrait avoir dans l'étude de l'effet différentiel de la tDCS sur la régulation émotionnelle chez différents sujets. En effet, des études ont mis en évidence que l'effet de la tDCS sur diverses fonctions exécutives variait d'un sujet à l'autre en fonction du polymorphisme que ceux-ci présentaient (Plewnia et al., 2013 ; Nieratschker et al., 2015). Étant donné l'implication de ce gène dans la régulation émotionnelle, il se pourrait que la prise en compte du polymorphisme de celui-ci entraîne un résultat similaire à celui trouvé dans les études portant sur les fonctions exécutives.

La prise en compte de différents facteurs environnementaux pourrait peut-être également mener à des résultats intéressants. Par exemple, des études ont montré l'influence de l'attachement tel que conceptualisé par Bowlby (1973) ou encore de la survenue d'événements traumatisques sur la capacité d'un individu à réguler ses émotions (Mikolajczak, 2009).

Même si les mesures de personnalité portant sur l'extraversion n'ont pas mené à des résultats significatifs, la prise en compte d'autres traits pourrait être fructueuse. Par exemple, les individus présentant un haut trait de rumination ont recours à un plus grand recrutement des régions dorso-corticales lors de l'inhibition d'informations émotionnelles négatives. Il a

p. 77

d'ailleurs été montré que la stimulation anodale de DLPFC droit entraîne une diminution du coût cognitif à une tâche de contrôle cognitif chez des individus présentant un haut niveau du trait rumination (Vanderhasselt et al., 2017).

Les différents facteurs discutés ici sont bien entendu non exhaustifs étant donné la complexité du cerveau, de la modélisation de la tDCS et de la régulation émotionnelle. Les prendre tous en compte serait ardu mais essayer d'en contrôler au maximum pourrait nous en apprendre plus sur les mécanismes de la tDCS et obtenir des résultats plus fiables.

9. Conclusion

Par rapport à notre premier but, nous pouvons conclure que les résultats obtenus suite à cette étude sont insuffisants pour conclure à un effet de la stimulation transcrânienne à courant continu sur la régulation émotionnelle.

Notre deuxième question de recherche était de savoir si on allait trouver un effet dépendant de l'état vu notre prise en compte de l'activité du système et si, par extension, cet effet dépendant de l'état pourrait expliquer l'hétérogénéité des résultats trouvés lors des études utilisant la tDCS et plus particulièrement celles stimulant le cortex préfrontal. Au vu de l'interaction trouvée entre la difficulté et le groupe expérimental lorsqu'on prend en compte la compétence initiale, on peut conclure que cet effet dépendant de l'état joue certainement un rôle dans l'absence de réPLICATION de résultats des études utilisant la tDCS mais qu'il ne suffit pas pour l'expliquer ; il s'agit néanmoins d'un élément de réponse intéressant mais qui ne sait répondre à lui seul à une question aussi complexe.

La tDCS est une technique thérapeutique et de recherche qui semble de premier abord être pleine de promesses ; tableau teinté par l'absence de reproductibilité de ces résultats positifs relatifs à de nombreux domaines. Néanmoins, il semblerait que certains individus réagissent à la tDCS tandis que d'autres non. La compétence de base jouerait un rôle dans ce phénomène. Des efforts futurs se penchant sur les mécanismes de cette différentiation seraient nécessaires à la compréhension de la tDCS et de ses possibles applications.

10. Bibliographie

- Antal, A., Keeser, D., Priori, A., Padberg, F., Nitsche, M. A. (2015). Conceptual and procedural shortcomings of the systematic review “evidence that transcranial direct current stimulation (tDCS) generates little-to-no reliable neurophysiologic effect beyond MEP amplitude modulation in healthy human subjects: a systematic review” by Horvath and co-workers. *Brain Stimulation*, 8(4), 846–849. doi:10.1016/j.brs.2015.05.010
- Antal, A., Terney, D., Poreisz, C., and Paulus, W. (2007). Towards unravelling task-related modulations of neuroplastic changes induced in the human motor cortex. *European Journal of Neuroscience*, 26, 2687–2691. doi:10.1111/j.1460-9568.2007.05896.x
- Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 10, 295–307.
- Bellander, M., Bäckman, L., Schjeide, B.-M. M., Bertam, L., Lindenberger, U., Liu, T.,...Lövden, M. (2015). Lower baseline performance but greater plasticity of working memory for carriers of the Val allele of the COMT Val158Met polymorphism. *Neuropsychology*, 29, 247-254.
Doi:10.1037/neu0000088
- Berking, M., and Wupperman, P. (2012). Emotion regulation and mental health. *Current Opinion in Psychiatry* 25, 128–134. doi: 10.1097/YCO.0b013e3283503669
- Berryhill, M. E., and Jones, K. T. (2012). tDCS selectively improves working memory in older adults with more education. *Neuroscience Letters*, 521, 148–151. doi:10.1016/j.neulet.2012.05.074
- Bikson, M. & Rahman, A. (2013). Origins of specificity during tDCS: anatomical, activity-selective, and input-bias mechanisms. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 688.
doi:10.3389/fnhum.2013.00688
- Bikson, M., name, A., & Rahman, A. (2013). Origins of specificity during tDCS: anatomical, activity-selective, and input-bias mechanisms. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 688.
doi:10.3389/fnhum.2013.00688

Boggio, P. S., Rocha, R. R., Da Silva, M. T., and Fregni, F. (2008). Differential modulatory effects of transcranial direct current stimulation on a facial expression go-no-go task in males and females. *Neuroscience Letters*, 447, 101–105. doi:10.1016/j.neulet.2008.10.009

Bowlby, J. (1973). Attachment and Loss. (Vol. 2). New York : Penguin Separation

Brunye, T.T., Moran, J.M., Cantelon, J., Holmes, A., Eddy, M.D., Mahoney, C.R., & Taylor, H.A. (2015). Increasing breadth of semantic associations with left frontopolar direct current brain stimulation: a role for individual differences. *Neuroreport*, 26, 96–301.

Chen, J., Lipska, B. K., Halim, N., Ma, Q. D., Matsumoto, M., Malhem, S.,... Weinberger, D. R. (2004). Functional analysis of genetic variation in catechol-*o*-methyltransferase (*COMT*): Effects on mRNA, protein, and enzyme activity in postmortem human brain. *American Journal of Human Genetics*, 75, 807-821. doi:10.1086/425589

Chhatbar, P. Y., and Feng, W. (2015). Data synthesis in meta-analysis may conclude differently on cognitive effect from transcranial direct current stimulation. *Brain Stimulation*, 8, 974–976. doi: 10.1016/j.brs.2015.06.001

Christophe, V., Antoine, P., Leroy, T., & Delelis, G. (2009). Assessment of two emotional regulation processes: expressive suppression and cognitive reevaluation. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 59, 59–67. doi: 10.1016/j.erap.2008.

Costa, P.T., & McCrae, R.R. (1985). *The NEO personality inventory manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.

Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A. M., and Damasio, A. R. (1994). The return of phineas gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, 264, 1102–1105. doi: 10.1126/science.8178168

Dangleish, T. (2004) Emotional brain. *Nature Review Neuroscience*, 5, 583–9. doi:10.1038/nrn1432

DaSilva, A. F., Volz, M. S., Bikson, M., & Fregni, F. (2011). Electrode Positioning and Montage in Transcranial Direct Current Stimulation. *Journal of Visualized Experiments : JoVE*, (51), 2744.. doi:10.3791/2744

Datta, A., Truong, D., Minhas, P., Parra, L. C., & Bikson, M. (2012). Inter-Individual Variation during Transcranial Direct Current Stimulation and Normalization of Dose Using MRI-Derived Computational Models. *Frontiers in Psychiatry*, 3, 91. doi:10.3389/fpsyg.2012.00091

Dedoncker, J., Brunoni, A. R., Baeken, C., and Vanderhasselt, M. A. (2016). A systematic review and meta-analysis of the effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) over the dorsolateral prefrontal cortex in healthy and neuropsychiatric samples: influence of stimulation parameters. *Brain Stimulation*. 9, 501–517. doi:10.1016/j.brs.2016.04.00

Denollet, J., Nyklícek, I., & Vingerhoets, J.J.M. (2008). Introduction: Emotions, Emotion Regulation, and Health. In J. Denollet, I. Nyklícek, & J.J.M Vingerhoets (Eds.), *Emotion Regulation Conceptual and Clinical Issues* (pp. 3 – 11). New York, NY: Springer

DerSimonian, R., & Laird, N. (1986). Meta-analysis in clinical trials. *Control Clinical Trials*, 7, 177–188

Descartes, R. (1647). The Passions of the Soul. In J. Cottingham, R. Stoothoff & D. Murdoch (Eds.), *The Philosophical Writings of Descartes, vol. I*. Cambridge, England: Cambridge University Press (1985).

Dockery, C. A., Hueckel-Weng, R., Birbaumer, N., and Plewnia, C. (2009). Enhancement of planning ability by transcranial direct current stimulation. *The Journal of Neuroscience*, 29, 7271–7277. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0065-09.2009

Dolcos, F., LaBar, K. S., Cabeza, R (2004). Dissociable effects of arousal and valence on prefrontal activity indexing emotional evaluation and subsequent memory: an event-related fMRI study. *Neuroimage*, 23, 64–74.

Ekman, P. & Friesen, W. V (1969). The repertoire of nonverbal behavior: Categories, origins, usage, and coding. *Semiotica*, 1, 49–98.

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2), 124-129.

Eysenck, H. J. (1967). *The biological basis of personality*. Springfield, Il: Charles C. Thomas

Feeser, M., Prehn, K., Kazzer, P., Mungee, A., & Bajbouj, M. (2014). Transcranial Direct Current Stimulation Enhances Cognitive Control During Emotion Regulation. *Brain Stimulation*, 7, 105-112

Fertonani, A., and Miniussi, C. (2017). Transcranial electrical stimulation: what we know and do not know about mechanisms. *Neuroscientist* 23, 109–123. doi:0.1177/1073858416631966

- Fertonani, A., Rosini, S., Cotelli, M., Rossini, P. M., and Miniussi, C. (2010). Naming facilitation induced by transcranial direct current stimulation. *Behavioral Brain Research*, 208, 311–318. doi:10.1016/j.bbr.2009.10.030
- Filmer, H.L., Dux, P.E., & Mattingley, J.B. (2014). Applications of transcranial direct current stimulation for understanding brain function, *Trends in Neuroscience*, 37, 742–753. doi:10.1016/j.tins.2014.08.003.
- Fraley, R. C., & Shaver, P. R. (1997). Adult attachment and the suppression of unwanted thoughts. *Journal of Personality and Social Psychology*, 73(5), 1080-1091.
- Francis, J. T., Gluckman, B. J., and Schiff, S. J. (2003). Sensitivity of neurons to weak electric fields. *Journal of Neuroscience*, 23, 7255–7261.
- Frijda, N. H. (1986). *The emotions*. New York: Cambridge University Press
- Garnefski, N., Kraaij, V., & Spinhoven, P. (2001). Negative life events, cognitive emotion regulation and emotional problems. *Personality and Individual Differences*, 30, 1311-1327.
- Goldin, P. R., McRae, K., Ramel, W. & Gross, J. J. (2008). The Neural Bases of Emotion Regulation: Reappraisal and Suppression of Negative Emotion. *Biological Psychiatry*, 63, 577-586. doi:10.1016/j.biopsych.2007.05.031
- Goleman, D. (1995). Emotional intelligence. New York, NY, England: Bantam Books, Inc.
- Goleman, D. (2000). Emotional intelligence: Issues in paradigm building. In D. Goleman, & C. Cherniss (eds.), *The Emotionally Intelligent Workplace: How to Select for, Measure, and Improve Emotional Intelligence in Individuals, Groups, and Organizations*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Golkar, A., Lonsdorf, T. B., Olsson, A., Lindstrom, K. M., Berrebi, J., Fransson, P., ... Öhman, A. (2012). Distinct Contributions of the Dorsolateral Prefrontal and Orbitofrontal Cortex during Emotion Regulation. *PLoS ONE*, 7(11), e48107. doi:10.1371/journal.pone.0048107
- Grandey, A. A. (2003). When “the show must go on”: Surface acting and deep acting as determinants of emotional exhaustion and peer-rated service delivery. *Academy of Management Journal*, 46, 86–96
- Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85, 348–362. doi:10.1037/0022-3514.85.2.348

Gross, J. J., & Muñoz, R. F. (1995). Emotion regulation and mental health. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 2(2), 151-164.

Gross, J. J., & Thompson, R. A. (2007). Emotion regulation: Conceptual foundations. In J. J. Gross (Ed.), *Handbook of emotion regulation* (pp. 3-24). New York, NY: Guilford Press.

Gross, J.J. (1998) The emerging field of emotion regulation: an integrative review. *Rev. Gen. Psychol*, 2, 271–299

Gross, J.J., & Munoz, R.F. (1995). Emotion regulation and mental health. *Clin. Psychol. Sci. Pract*, 2, 151–164.

Héroux, M. E., Loo, C. K., Taylor, J. L., & Gandevia, S. C. (2017). Questionable science and reproducibility in electrical brain stimulation research. *PLoS ONE*, 12(4), doi:10.1371/journal.pone.0175635

Hill, A. T., Fitzgerald, P. B., and Hoy, K. E. (2016). Effects of anodal transcranial direct current stimulation on working memory: a systematic review and meta-analysis of findings from healthy and neuropsychiatric populations. *Brain Stimulation*, 9, 197–208. doi:10.1016/j.brs.2015.10.006

Horvath, J. C., Forte, J. D., & Carter, O. (2015a). Evidence that transcranial direct current stimulation (tDCS) generates little-to-no reliable neurophysiologic effect beyond MEP amplitude modulation in healthy human subjects: a systematic review. *Neuropsychologia* 66, 213–236. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2014.11.021

Horvath, J. C., Forte, J. D., & Carter, O. (2015b). Quantitative review finds no evidence of cognitive effects in healthy populations from single-session transcranial direct current stimulation (tDCS). *Brain Stimulation*, 8, 535–550. doi:10.1016/j.brs.2015.01.400

Hsee, C. K., & Abelson, R. P. (1991). Velocity relation: Satisfaction as a function of the first derivative of outcome over time. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60(3), 341-347.

Hsu, T.-Y., Juan, C.-H., & Tseng, P. (2016). Individual Differences and State-Dependent Responses in Transcranial Direct Current Stimulation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 643. doi:10.3389/fnhum.2016.00643

Huang, Y., Liu, A. A., Lafon, B., Friedman, D., Dayan, M., Wang, X., ... Parra, L. C. (2017). Measurements and models of electric fields in the *in vivo* human brain during transcranial electric stimulation. *eLife*, 6, e18834. doi:10.7554/eLife.18834

Jacobson, L., Koslowsky, M., Lavidor, M. (2012). tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review. *Experimental Brain Research*, 216, 1–10.

James, W. (1890). The principles of psychology. Londres: Methuen

Jermann, F., Van der Linden, M., d'Acremont, M., Zermatten, A. (2006). Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ): Confirmatory Factor Analysis and Psychometric Properties of the French Translation. *European Journal of Psychological Assessment*, 22, 126-131.

John, O. P., & Srivastava, S. (1999). The Big-Five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. In L. A. Pervin & O. P. John (Eds.), *Handbook of personality: Theory and research* (Vol. 2, pp. 102–138). New York, NY: Guilford Press.

Jones, K. T., & Berryhill, M. E. (2012). Parietal Contributions to Visual Working Memory Depend on Task Difficulty. *Frontiers in Psychiatry*, 3, 81. doi:10.3389/fpsyg.2012.00081

Josephson, B. R., Singer, J. A., & Salovey, P. (1996). Mood regulation and memory: Repairing sad moods with happy memories. *Cognition and Emotion*, 10(4), 437-444.

Kanfer, F. H., & Gaelick, L. (1986). Self-management methods. In F. H. Kanfer & A. P. Goldstein (Eds.), *Helping people change: A textbook of methods* (3rd ed., pp. 283-345). Elmsford, NY: Pergamon Press

Krause, B., & Cohen Kadosh, R. (2014). Not all brains are created equal: the relevance of individual differences in responsiveness to transcranial electrical stimulation. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8, 25. doi:10.3389/fnsys.2014.00025

Krause, B., Márquez-Ruiz, J., & Kadosh, R. C. (2013). The effect of transcranial direct current stimulation: a role for cortical excitation/inhibition balance? *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 602. doi:10.3389/fnhum.2013.00602

Kutchko, K. M., & Fröhlich, F. (2013). Emergence of Metastable State Dynamics in Interconnected Cortical Networks with Propagation Delays. *PLoS Computational Biology*, 9(10), e1003304. doi:10.1371/journal.pcbi.1003304

Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., and Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology* 30, 261–273. doi:10.1111/j.1469-8986.1993.tb03352.x

Lang, P.J., Bradley, M.M., & Cuthbert, B.N. (1999). *International Affective Picture System (IAPS). Instruction manual and affective ratings* (Technical Report No. A-4). Gainesville, Florida: University of Florida, Center for Research in Psychophysiology.

Lang, P.J., Bradley, M.M., & Cuthbert, B.N. (2008). *International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8*. University of Florida, Gainesville, FL.

Lange, C. (1885). *The emotions*. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.

Lannoy, S., Heeren, A., Rochat, L., Rossignol, M., Van der Linden, M., & Billieux, J. (2014). Is there an all-embracing construct of emotion reactivity? Adaptation and validation of the emotion reactivity scale among a French-speaking community sample. *Comprehensive Psychiatry*, 55, 1960–1967

Lazarus, R. S. & Folkman, S. (1984). *Stress, Appraisal, and Coping*. New York, NY: Springer.

Lazarus, R. S. (2006). Emotions and interpersonal relationships: toward a person-centered conceptualization of emotions and coping. *Journal of Personality*, 74, 9–46. doi:10.1111/j.1467-6494.2005.00368.x

Lazarus, R. S., & Alfert, E. (1964). Short-circuiting of threat by experimentally altering cognitive appraisal. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 69(2), 195-205.

Learnmonth, G., Thut, G., Benwell, C. S.,& Harvey M. (2015). The implications of state-dependent tDCS effects in aging: behavioural response is determined by baseline performance. *Neuropsychologia*, 74, 108–119. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2015.01.037

Ledoux, J. E. (1998). *The Emotional Brian : The mysterious Underpinnings of Emotional Life*. Londres, Angleterre: Weidenfel & Nicolson

Lefaucheur, J. P., Antal, A., Ayache, S. S., Benninger, D. H., Brunelin, J., Cogiamanian, F.,..., Ferrucchi, R. (2017). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). *Clinical Neurophysiology*, 128, 56–92. doi:10.1016/j.clinph.2016.10.087

Leroy, V., & Grégoire, J. (2007). Influence of individual differences on emotional regulation in learning situation, and consequences on academic performance. Paper presented at the European Association for Research on Learning and Instruction. Budapest, Hongrie.

Lewinsohn, P. M., Munoz, R. F., Youngren, M. A., & Zeiss, A. M. (1986). *Control your depression*. New York: Prentice Hall Press.

Li, L. M., Uehara, K., & Hanakawa, T. (2015). The contribution of interindividual factors to variability of response in transcranial direct current stimulation studies. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 9, 181. doi:10.3389/fncel.2015.00181

Lonsdorf, T. B., Weike, A. I., Nikamo, P., Schalling, M., Hamm, A. O., and Ohman, A. (2009). Genetic gating of human fear learning and extinction: possible implications for gene-environment interaction in anxiety disorder. *Psychological Science*, 20, 198–206. doi:10.1111/j.1467-9280.2009.02280.x

Lopes, P. N., Salovey, P., Côté, S., & Beers, M. (2005). Emotion regulation ability and the quality of social interaction. *Emotion*, 5, 113–118.

Luminet, O. (2002). *Émotions : Confrontation et évitement*. Bruxelles, Belgique: De Boeck.

Lundqvist, D., Flykt, A., & Öhman, A. (1998). *The Karolinska Directed Emotional Faces (KDEF)*. Department of Neurosciences, Karolinska Hospital, Stockholm.

Marchewka, A., Żurawski, Ł., Jednoróg, K., & Grabowska, A. (2014). The Nencki Affective Picture System (NAPS): Introduction to a novel, standardized, wide-range, high-quality, realistic picture database. *Behavior Research Methods*, 46(2), 596–610. doi:10.3758/s13428-013-03791

Martin, D. M., Liu, R., Alonso, A., Green, M., & Loo, C. K. (2014). Use of transcranial direct current stimulation (tDCS) to enhance cognitive training: effect of timing of stimulation. *Experimental Brain Research*, 232(10), 3345-51. doi:10.1007/s00221-014-4022-x.

Mayer, J. D., Salovey, P., & Caruso, D. R. (2004). Emotional intelligence: Theory, findings, and implications. *Psychological Inquiry*, 15, 197-215.

McFadden, J. L., Borckardt, J. J., George, M. S., & Beam, W. (2011). Reducing Procedural Pain and Discomfort Associated with Transcranial Direct Current Stimulation. *Brain Stimulation*, 4(1), 38–42. doi:10.1016/j.brs.2010.05.002

Mikolajczak, M., Luminet, O., Leroy, C., & Roy, E. (2007b). Psychometric properties of the TraitEmotional Intelligence Questionnaire: Factor structure, reliability, construct, and incremental validity in a French-speaking population. *Journal of Personality Assessment*, 88, 338-353.

Mikolajczak, M., Menil, C., & Luminet, O. (2007a). Explaining the protective effect of trait emotional intelligence regarding occupational stress: exploration of emotional labour processes. *Journal of Research in Personality*, 41, 1107-1117.

Mikolajczak, M., Quoidbach, J., Kotsou, I., & Nelis, D. (2009). *Les compétences émotionnelles*. Paris, France: Dunod.

Miniusi, C., Harris, J. A., & Ruzzoli, M. (2013). Modelling non-invasive brain stimulation in cognitive neuroscience. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37, 1702–1712. doi:10.1016/j.neubiorev.2013.06.014

Niedenthal, P.M., Kruth-Gruber, S., Ric, F. (2006). *The Psychology of Emotion: Interpersonal Experiential, and Cognitive Approaches*. New York: Psychol. Press

Nieratschker, V., Kiefer, C., Giel, K., Kruger, R., and Plewnia, C. (2015). The COMT Val/Met polymorphism modulates effects of tDCS on response inhibition. *Brain Stimulation*, 8, 283–288. doi: 10.1016/j.brs.2014.11.009

Nilsson, J., Lebedev, A. V., Rydström, A., & Lövdén, M. (2017). Direct-current stimulation does little to improve the outcome of working-memory training in older adults. *Psychological Science*, 28(7), 907–920. doi:10.1177/0956797617698139

Nitsche, M. A., Cohen, L. G., Wassermann, E. M., Priori, A., Lang, N., Antal, A., et al. (2008). Transcranial direct current stimulation: state of the art 2008. *Brain Stimulation*, 1, 206–223. doi:10.1016/j.brs.2008.06.004

Nitsche, M. A., Koschack, J., Pohlers, H., Hullemann, S., Paulus, W., & Happe, S. (2012). Effects of frontal transcranial direct current stimulation on emotional state and processing in healthy humans. *Frontiers in Psychiatry*, 3(58), 1-10.

Nitsche, M., A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *Journal of Physiology*, 527, 633-639.

Nock, M. K., Wedig, M. M., Holmberg, E. B., & Hooley, J. M. (2008). The emotion reactivity scale: Development, evaluation, and relation to self-injurious thoughts and behaviors. *Behavior Therapy*, 39(2), 107–116

Nolen-Hoeksema, S., & Morrow, J. (1991). A prospective study of depression and post-traumatic stress symptoms following a natural disaster: The 1989 Loma Prieta Earthquake. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61(3), 115-121.

Opitz, A., Falchier, A., Linn, G. S., Milham, M. P., & Schroeder, C. E. (2017). Limitations of ex vivo measurements for in vivo neuroscience. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(20), 5243–5246. doi:10.1073/pnas.1617024114

Papez, J. W. (1937). A proposed mechanism of emotion. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 7, 103–112. doi:10.1176/jnp.7.1.103

Pelletier, S. J., & Cicchetti, F. (2015). Cellular and Molecular Mechanisms of Action of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence from In Vitro and In Vivo Models. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 18(2), pyu047. doi:10.1093/ijnp/pyu047

Peña-Gómez, C., Vidal-Pineiro, D., Clemente, I. C., Pascual-Leone, A., & Bartres-Faz, D. (2011). Down-Regulation of Negative Emotional Processing by Transcranial Direct Current Stimulation: Effects of Personality Characteristics. *PLoS ONE*, 6(7), 1-9. doi:10.1371/journal.pone.0022812

Petrides, K. V., & Furnham, A. (2001). Trait emotional intelligence: Psychometric investigation with reference to established trait taxonomies. *European Journal of Personality*, 15, 425–448.

Pinel, J. (2007). *Biopsychologie* (6th ed.). Paris, France : Pearson Education France

Plaisant, O., Courtois, R., Réveillère, C., Mendelshon, G. A., John, O. P. (2010) Validation par analyse factorielle du Big Five Inventory franc,ais (BFI-Fr). Analyse convergente avec le NEO-PI-R. *Annales Médico-Psychologiques*, 168, 97–106

Plewnia, C., Zwissler, B., Langst, I., Maurer, B., Giel, K., and Kruger, R. (2013). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on executive functions: influence of COMT Val/Met polymorphism. *Cortex* 49, 1801–1807. doi:10.1016/j.cortex.2012.11.002

Price, A. R., & Hamilton R, H. A. (2015). Re-evaluation of the Cognitive Effects From Single-session Transcranial Direct Current Stimulation. *Brain Stimulation*, 8, 663-665

Santarnecchi, E., Brem, A.-K., Levenbaum, E., Thompson, T., Kadosh, R. C., & Pascual-Leone, A. (2015). Enhancing cognition using transcranial electrical stimulation. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 4, 171–178

Sarkar, A., Dowker, A., & Cohen Kadosh, R. (2014). Cognitive Enhancement or Cognitive Cost: Trait-Specific Outcomes of Brain Stimulation in the Case of Mathematics Anxiety. *The Journal of Neuroscience*, 34(50), 16605–16610. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3129-14.2014>

Scherer, K. R. (2001). Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking. In K. R. Scherer, A. Schorr, & T. Johnstone (eds.), *Appraisal Processes in Emotion: Theory, Methods, Research* (pp. 92-120). New York, NY: Oxford University Press

Schuppert, H. M., Giesen-Bloo, J., van Gemert, T. G., Wiersema, H. M., Minderaa, R. B., Emmelkamp, P. M., & Nauta, M. H. (2009). Effectiveness of an emotion regulation group training for adolescents - a randomized controlled pilot study. *Clinical Psychology and Psychotherapy*, 16(6), 467-478.

Schutte, N. S., Malouff, J. M., Bobik, C., Coston, T. D., Greeson, C., Jedlicka, C., et al. (2001). Emotional intelligence and interpersonal relations. *The Journal of Social Psychology*, 141, 523–536. doi:10.1080/00224540109600569

Shahbabaie, A., Golesorkhi, M., Zamanian, B., Ebrahimpoor, M., Keshvari, F., Nejati, V., et al. (2014). State dependent effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) on methamphetamine craving. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 17, 1591–1598. doi:10.1017/S1461145714000686

Shin, Y-I., Foerster, A., Michael A. Nitsche, M. A. (2015). Transcranial direct current stimulation (tDCS) – Application in neuropsychology, *Neuropsychologia*, 69, 154-175. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.002.

Shirota, Y., Hewitt, M., & Paulus, W. (2014). Neuroscientists Do Not Use Non-invasive Brain Stimulation on Themselves for Neural Enhancement, *Brain Stimulation*, 7 (4), 618-619. doi:10.1016/j.brs.2014.01.061

Silvanto, J., & Pascual-Leone, A. (2008). State-Dependency of Transcranial Magnetic Stimulation. *Brain Topography*, 21(1), 1–10. doi:10.1007/s10548-008-0067-0

Silvanto, J., Muggleton, N., & Walsh, V. (2008). State-dependency in brain stimulation studies of perception and cognition. *Trends in Cognitive Science*, 12(12), 447–54. doi:10.1016/j.tics.2008.09.004

Simon, J. R. (1969). Reactions towards the source of stimulation. *Journal of experimental psychology*, 81, 174–176.

Tremblay, S., Lepage, J.-F., Latulipe-Loiselle, A., Fregni, F., Pascual-Leone, A., & Théoret, H. (2014). The uncertain outcome of prefrontal tDCS. *Brain Stimulation*, 7(6), 773–783. doi:10.1016/j.brs.2014.10.003

Tseng, P., Hsu, T. Y., Chang, C. F., Tzeng, O. J., Hung, D. L., Muggleton, N. G., ..., Juan, C. H. (2012). Unleashing potential: transcranial direct current stimulation over the right posterior parietal cortex improves change detection in low-performing individuals. *Jounral of Neuroscience*, 32, 10554–10561. doi:10.1523/JNEUROSCI.0362-12.201

Underwood, E. (2016). Cadaver study challenges brain stimulation methods. *Science*, 352(6284), 397. doi:10.1126/science.352.6284.397

van Heck, G. L. & den Oudsten, B. L. (2008). Emotional Intelligence: Relationships to Stress, Health, and Well-being. In A. Vingerhoets, I. Nyklicek & J. Denollet (eds.) *Emotion regulation. Conceptual and clinical issues*. (p. 97-121). New York, NY: Springer,

Vanderhasselt, M.-A., De Raedt, R., Brunoni, A. R., Campanhã, C., Baeken, C., Remue, J., & Boggio, P. S. (2013). tDCS over the Left Prefrontal Cortex Enhances Cognitive Control for Positive Affective Stimuli. *PLoS ONE*, 8(5), e62219. doi:10.1371/journal.pone.0062219

Vanderhasselt, M.-A., Sanchez Lopez, A., Josephy, H., Baeken, C., Brunoni, A. R., & De Raedt, R. (2017). Anodal tDCS over the right dorsolateral prefrontal cortex modulates cognitive processing of emotional information as a function of trait rumination in healthy volunteers. *Biological Psychology*, 123, 111–118.

Walden, T. A., & Smith, M. C. (1997). Emotion regulation. *Motivation and Emotion*, 21(1), 7-25.

Woods, A. J., Bryant, V., Sacchetti, D., Gervits, F., & Hamilton, R. (2015). Effects of electrode drift in transcranial direct current stimulation. *Brain Stimulation*, 8(3), 515–519. doi:10.1016/j.brs.2014.12.007

Zimmermann, P., and Fimm, B. (2002). A test battery for attentional performance. In M. Leclercq and P. Zimmermann (Eds), *Applied Neuropsychology of Attention. Theory, Diagnosis and Rehabilitation* (pp 110–151). London, UK: Psychology Press

11. Annexes

LES EFFETS DE LA TDCS SUR LA REGULATION EMOTIONNELLE

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Avant toute chose, nous vous remercions d'avoir accepté de prendre part de manière volontaire à cette étude.

L'objectif de cette expérience est d'investiguer l'effet de la stimulation transcrânnienne par courant continu (TDCS) sur la régulation émotionnelle. La TDCS est une technique de stimulation non invasive permettant de stimuler ou d'inhiber une région cérébrale à l'aide de deux électrodes entre lesquelles passe un courant électrique d'une intensité très faible.

La TDCS peut avoir certains effets secondaires, bien que peu reportés, dont la fatigue, des picotements ou encore une sensation de chaleur.

Cette étude dure environ une heure. Il vous sera demandé de remplir quelques questionnaires liés aux émotions et de réaliser une tâche de régulation émotionnelle

Cette étude a été examinée et approuvée par le Comité d'éthique mais cet avis ne doit pas être considéré comme une incitation à participer à cette étude. En vertu de la loi du 7 mai 2004 relative aux expérimentations sur la personne humaine, le promoteur assume, même sans faute, la responsabilité du dommage causé au participant ou à ses ayants-droit, dommage lié de manière directe ou indirecte à l'expérimentation. Il a contracté une assurance à cet égard.

Vous pouvez à tout moment mettre un terme à votre participation à cette recherche sans devoir motiver votre décision ni subir aucun préjudice que ce soit.

Si vous avez d'autres questions, n'hésitez pas à les poser avant de débuter. Des informations additionnelles vous seront fournies avant chaque partie de cette expérience.

**CONSENTEMENT ECLAIRE
POUR DES RECHERCHES IMPLIQUANT DES SUJETS HUMAINS**

Titre de la recherche	Impact et mécanismes d'action de la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) sur la régulation émotionnelle
Chercheur responsable	Dumont Romain
Promoteur	Hansenne Michel
Service et numéro de téléphone de contact	Département de psychologie : PsyNCog Téléphone : 04/366.33.20

Je, soussigné(e) déclare :

- avoir reçu, lu et compris une présentation écrite de la recherche dont le titre et le chercheur responsable figurent ci-dessus ;
- avoir pu poser des questions sur cette recherche et reçu toutes les informations que je souhaitais.

Je sais que :

- je peux à tout moment mettre un terme à ma participation à cette recherche sans devoir motiver ma décision ni subir aucun préjudice que ce soit ;
- je peux contacter le chercheur pour toute question ou insatisfaction relative à ma participation à la recherche ;
- les données recueillies seront strictement confidentielles et il sera impossible à tout tiers non autorisé de m'identifier.

Je donne mon consentement libre et éclairé pour participer en tant que sujet à cette recherche.

Lu et approuvé,

Date et signature

Tout le monde se trouve un jour ou l'autre confronté à des événements négatifs ou désagréables et chacun y réagit à sa façon. En répondant aux questions suivantes, on vous demande ce que vous pensez généralement lorsque vous vivez des événements négatifs ou désagréables.

"Lorsque je vis des événements négatifs ou désagréables..."

	Presque jamais	Parfois	Régulièremen-	Souvent	Presque toujours
1. J'ai le sentiment que je suis celui/celle à blâmer pour ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
2. Je pense que je dois accepter que cela se soit passé.	1	2	3	4	5
3. Je pense souvent à ce que je ressens par rapport à ce que j'ai vécu.	1	2	3	4	5
4. Je pense à des choses plus agréables que celles que j'ai vécues.	1	2	3	4	5
5. Je pense à la meilleure façon de faire.	1	2	3	4	5
6. Je pense pouvoir apprendre quelque chose de la situation.	1	2	3	4	5
7. Je pense que tout cela aurait pu être bien pire.	1	2	3	4	5
8. Je pense souvent que ce que j'ai vécu est bien pire que ce que d'autres ont vécu.	1	2	3	4	5
9. J'ai le sentiment que les autres sont à blâmer pour ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
10. J'ai le sentiment que je suis responsable de ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
11. Je pense que je dois accepter la situation.	1	2	3	4	5
12. Je suis préoccupé(e) par ce que je pense et ce que je ressens concernant ce que j'ai vécu.	1	2	3	4	5
13. Je pense à des choses agréables qui n'ont rien à voir avec ce que j'ai vécu.	1	2	3	4	5
14. Je pense à la meilleure manière de faire face à la situation.	1	2	3	4	5
15. Je pense pouvoir devenir une personne plus forte suite à ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
16. Je pense que d'autres passent par des expériences bien pires.	1	2	3	4	5
17. Je repense sans cesse au fait que ce que j'ai vécu est terrible.	1	2	3	4	5
18. J'ai le sentiment que les autres sont responsables de ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
19. Je pense aux erreurs que j'ai commises par rapport à ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
20. Je pense que je ne peux rien changer à ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
21. Je veux comprendre pourquoi je me sens ainsi à propos de ce que j'ai vécu.	1	2	3	4	5
22. Je pense à quelque chose d'agréable plutôt qu'à ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
23. Je pense à la manière de changer la situation.	1	2	3	4	5
24. Je pense que la situation a aussi des côtés positifs.	1	2	3	4	5
25. Je pense que cela ne s'est pas trop mal passé en comparaison	1	2	3	4	5

à d'autres situations.

	Presque jamais	Parfois	Régulièremen- t	Souvent	Presque toujours
26. Je pense souvent que ce que j'ai vécu est le pire qui puisse arriver à quelqu'un.	1	2	3	4	5
27. Je pense aux erreurs que les autres ont commises par rapport à ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
28. Je pense qu'au fond je suis la cause de ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
29. Je pense que je dois apprendre à vivre avec ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5
30. Je pense sans cesse aux sentiments que la situation a suscités en moi.	1	2	3	4	5
31. Je pense à des expériences agréables.	1	2	3	4	5
32. Je pense à un plan concernant la meilleure façon de faire.	1	2	3	4	5
33. Je cherche les aspects positifs de la situation.	1	2	3	4	5
34. Je me dis qu'il y a pire dans la vie.	1	2	3	4	5
35. Je pense continuellement à quel point la situation a été horrible.	1	2	3	4	5
36. J'ai le sentiment qu'au fond les autres sont la cause de ce qui s'est passé.	1	2	3	4	5

Veuillez indiquer dans quelle mesure les propositions qui suivent vous décrivent effectivement. Il n'y a ni bonne ni mauvaise réponse.

En ce qui me concerne personnellement.

THE JOURNAL OF CLIMATE

1 = pas du tout d'accord 7 = tout à fait d'accord

- 1) Exprimer mes émotions avec des mots n'est pas un problème pour moi.

2) Je trouve souvent difficile de voir les choses du point de vue d'une autre personne.

3) Dans l'ensemble, je suis une personne hautement motivée.

4) D'habitude, je trouve difficile de réguler mes émotions.

5) Je ne trouve généralement pas la vie agréable.

6) Je m'y prends efficacement avec les gens.

7) J'ai tendance à changer d'avis fréquemment.

8) Souvent, je n'arrive pas à discerner quelle émotion je ressens exactement.

9) Je pense avoir un certain nombre de bonnes qualités.

10) Il m'est habituellement difficile de défendre mes droits.

11) Je suis habituellement capable d'influencer la manière dont les autres se sentent.

12) Dans l'ensemble, j'ai une perspective sombre sur la plupart des choses.

13) Ceux qui me sont proches se plaignent souvent du fait que je ne les traite pas comme il faut.

14) Je trouve souvent difficile d'adapter ma vie en fonction des circonstances.

15) Globalement, je suis capable de gérer le stress.

16) Je trouve souvent difficile de montrer de l'affection à ceux qui me sont proches

17) Je suis habituellement capable de me « mettre dans la peau des gens » et de ressentir leurs émotions.

18) Je trouve habituellement difficile de me maintenir motivé(e).

19) Je suis la plupart du temps capable de trouver des moyens pour contrôler mes émotions quand je le souhaite.

20) Dans l'ensemble, je suis content(e) de ma vie.

21) Je me décrirais comme un(e) bon(ne) négociateur/négociatrice.

22) J'ai tendance à m'impliquer dans des choses dont je voudrais ensuite pouvoir me sortir.

23) Je prends souvent le temps de réfléchir à ce que je ressens.

24) Je crois que je suis plein(e) de ressources personnelles.

25) J'ai tendance à me laisser faire, même si je sais que j'ai raison.

26) Apparemment, je n'ai aucun pouvoir du tout sur les sentiments des autres.

27) Je crois qu'en général, dans ma vie, les choses se dérouleront bien.

28) Je trouve difficile de me lier tout à fait, même avec ceux qui me sont proches.

29) Généralement, je suis capable de m'adapter à de nouveaux environnements.

30) Les autres m'admirent d'être quelqu'un de détendu.

- Big Five Inventory Français (BFI-Fr) -

Instructions:

Vous allez trouver un certain nombre de qualificatifs qui peuvent ou non s'appliquer à vous. Par exemple, acceptez-vous d'être quelqu'un qui aime passer du temps avec les autres?

Entourez pour chaque affirmation le chiffre indiquant combien vous approuvez ou désapprouvez l'affirmation :

1 Désapprouve fortement	2 Désapprouve un peu	3 N'approuve ni ne désapprouve	4 Approuve un peu	5 Approuve fortement
-------------------------------	----------------------------	--------------------------------------	-------------------------	----------------------------

Je me vois comme quelqu'un qui ...

1. ___ est bavard	1	2	3	4	5
2. ___ a tendance à critiquer les autres	1	2	3	4	5
3. ___ travaille consciencieusement	1	2	3	4	5
4. ___ est déprimé, cafardeux	1	2	3	4	5
5. ___ est créatif, plein d'idées originales	1	2	3	4	5
6. ___ est réservé	1	2	3	4	5
7. ___ est serviable et n'est pas égoïste avec les autres	1	2	3	4	5
8. ___ peut être parfois négligent	1	2	3	4	5
9. ___ est « relaxe », détendu, gère bien les stress	1	2	3	4	5
10. ___ s'intéresse à de nombreux sujets	1	2	3	4	5
11. ___ est plein d'énergie	1	2	3	4	5

12. ___ commence facilement à se disputer avec les autres	1	2	3	4	5
13. ___ est fiable dans son travail	1	2	3	4	5
14. ___ peut être angoissé	1	2	3	4	5
15. ___ est ingénieux, une grosse tête	1	2	3	4	5
16. ___ communique beaucoup d'enthousiasme	1	2	3	4	5
17. ___ est indulgent de nature	1	2	3	4	5
18. ___ a tendance à être désorganisé	1	2	3	4	5
19. ___ se tourmente beaucoup	1	2	3	4	5
20. ___ a une grande imagination	1	2	3	4	5
21. ___ a tendance à être silencieux	1	2	3	4	5
22. ___ fait généralement confiance aux autres	1	2	3	4	5
23. ___ a tendance à être paresseux	1	2	3	4	5
24. ___ est quelqu'un de tempéré, pas facilement troublé	1	2	3	4	5
25. ___ est inventif	1	2	3	4	5
26. ___ a une forte personnalité, s'exprime avec assurance	1	2	3	4	5
27. ___ est parfois dédaigneux, méprisant	1	2	3	4	5
28. ___ persévère jusqu'à ce que sa tâche soit finie	1	2	3	4	5
29. ___ peut être lunatique d'humeur changeante	1	2	3	4	5
30. ___ apprécie les activités artistiques et esthétiques	1	2	3	4	5
31. ___ est quelquefois timide, inhibé	1	2	3	4	5
32. ___ est prévenant et gentil avec presque tout le monde	1	2	3	4	5
33. ___ est efficace dans son travail	1	2	3	4	5
34. ___ reste calme dans les situations angoissantes	1	2	3	4	5
35. ___ préfère un travail simple et routinier	1	2	3	4	5

36. ___ est sociable, extraverti	1	2	3	4	5
37. ___ est parfois impoli avec les autres	1	2	3	4	5
38. ___ fait des projets et les poursuit	1	2	3	4	5
39. ___ est facilement anxieux	1	2	3	4	5
40. ___ aime réfléchir et jouer avec des idées	1	2	3	4	5
41. ___ est peu intéressé par tout ce qui est artistique	1	2	3	4	5
42. ___ aime coopérer avec les autres	1	2	3	4	5
43. ___ est facilement distract	1	2	3	4	5
44. ___ a de bonnes connaissances en art, musique ou en littérature	1	2	3	4	5
45. ___ cherche des histoires aux autres	1	2	3	4	5