

L'effet de la stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS) et du visage du partenaire amoureux sur le sentiment d'exclusion sociale : une réplication de l'étude de Saint-Mard (2022/2023).

Auteur : Westhof, Lynn

Promoteur(s) : Hansenne, Michel

Faculté : Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Diplôme : Master en sciences psychologiques, à finalité spécialisée

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/22470>

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.



UNIVERSITÉ DE LIÈGE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME
DE MASTER EN PSYCHOLOGIQUE CLINIQUE

**L'EFFET DE LA STIMULATION TRANSCRÂNIENNE À
COURANT CONTINU (TDCS) ET DU VISAGE DU
PARTENAIRE AMOUREUX SUR LE SENTIMENT
D'EXCLUSION SOCIALE :**

Une réplique de l'étude de Saint-Mard (2022/2023).

Promoteur :

HANSENNE Michel

Assistante superviseur :

SAINT-MARD Marine

Lecteurs :

DARDENNE Benoît

D'ARGEMBEAU Arnaud

Rédigé par : WESTHOF Lynn



UNIVERSITÉ DE LIÈGE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME
DE MASTER EN PSYCHOLOGIQUE CLINIQUE

**L'EFFET DE LA STIMULATION TRANSCRÂNIENNE À
COURANT CONTINU (TDCS) ET DU VISAGE DU
PARTENAIRE AMOUREUX SUR LE SENTIMENT
D'EXCLUSION SOCIALE :**

Une réplique de l'étude de Saint-Mard (2022/2023).

Promoteur :

HANSENNE Michel

Assistante superviseur :

SAINT-MARD Marine

Lecteurs :

DARDENNE Benoît

D'ARGEMBEAU Arnaud

Rédigé par : WESTHOF Lynn

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier mon promoteur M. Michel Hansenne, pour m'avoir permis de répliquer une étude passionnante portant sur un sujet à mon avis encore trop peu étudié. Je le remercie également de m'avoir accompagné et aidé avec une bienveillance profonde lors de la rédaction de ce mémoire et de la confiance qu'il m'a accordée.

Mes remerciements vont ensuite à Marine Saint-Mard, sans qui cette étude n'existerait probablement pas. Merci de m'avoir permis de retenter l'aventure et de m'avoir fourni les outils nécessaires à la réplication de son étude, de sa disponibilité et de m'avoir aidé tout du long. Un tout grand merci de m'avoir soutenue et encouragée durant ce mémoire.

Je remercie également Monsieur D'Argeambeau et Monsieur Dardenne, d'avoir pris le temps de lire et de s'intéresser à ce travail en tant que lecteurs et d'accepter de constituer mon jury de mémoire.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mes amis qui m'ont encouragé à tenir bon et à davantage croire en moi. Merci pour cette motivation et d'être ce que vous êtes.

J'envoie mille mercis à ma famille qui m'a soutenue dans les moments de hauts et de bas et qui ne m'a jamais lâchée. Merci d'avoir été présents pour moi et de m'avoir tirée vers le haut et relevée quand il le fallait ! A présent, je vous promets de ne plus me plaindre... Merci aussi d'avoir passé du temps à relire mon mémoire pour le rendre le meilleur possible.

Et pour terminer, je souhaite remercier toutes les personnes qui ont participé à mon mémoire ou qui souhaitaient le faire. Merci pour votre temps, votre intérêt et surtout votre bienveillance durant les séances. Un tout grand merci à vous.

Résumé

Cette étude s'inscrit dans une démarche de réplication du travail mené par Saint-Mard (2023), qui suggère que l'amour, bien que complexe et fondamental, puisse jouer un rôle important dans la régulation émotionnelle en tant que ressource capable d'apporter un soutien émotionnel bienveillant face aux menaces pesant sur l'intégrité de l'individu. Le présent mémoire poursuit cette idée en y intégrant également l'hypothèse d'un effet analgésiant de la stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS) sur la douleur sociale induite par une situation d'exclusion sociale.

L'étude comprend une séance unique de tDCS par participant.e, impliquant 52 personnes, engagées dans une relation amoureuse depuis au moins 6 mois (jusqu'à 10 ans). Selon une répartition aléatoire, les participant.e.s ont reçu soit une stimulation anodique (active), soit une stimulation SHAM (placebo). La tDCS cible la région du cortex préfrontal ventrolatéral droit (CPFVLd), avec l'électrode anodique placée en F6 et la cathode, considérée comme zone de référence, en FP1 (selon le système international 10-20). Pendant la stimulation de 20 minutes, des indices visuels du ou de la partenaire romantique puis d'un.e ami.e proche étaient présentés au cours de deux parties distinctes du Cyberball Game, un paradigme conçu pour induire l'inconfort social (ostracisme).

Les résultats n'ont pas mis en évidence d'effet protecteur ou analgésiant significatif de la tDCS, bien qu'une tendance ait été observée. Toutefois, la condition impliquant la photographie du visage de leur conjoint.e a révélé un effet inattendu caractérisé par une intensification de l'inconfort social et par une diminution des émotions positives chez les participant.e.s.

Cette étude met en lumière deux nécessités :

- reconsidérer le rôle protecteur que l'on attend de l'amour romantique face à l'exclusion sociale,
- prendre en compte et réduire les imprécisions méthodologiques de la tDCS,

tout en soulignant l'importance des différences interindividuelles dans la régulation émotionnelle.

Table des matières

I.	Introduction	5
II.	Revue de la littérature	6
1.	L'ostracisme (douleur sociale).....	6
2.	Notion d'amour romantique et l'influence du visage du partenaire amoureux.....	11
3.	La stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS).....	15
3.1.	Apports théoriques neurologiques	17
3.2.	Effets à court terme et à long terme de la tDCS.....	18
3.3.	Effet de la tDCS sur la douleur sociale : différentes études sur le sujet	19
III.	Buts et hypothèses de l'étude	22
1.	Apports à la littérature :	22
2.	Hypothèses de recherche.....	22
IV.	Partie expérimentale.....	23
1.	Plan général de l'étude.....	23
V.	Méthodologie	25
1.	Participants et procédure de recrutement	25
1.1.	Critères d'inclusion et d'exclusion	25
1.2.	Analyse de puissance	26
1.3.	Conditions éthiques.....	26
1.4.	Echantillon	27
2.	Plan expérimental.....	27
2.1.	CONDITIONS TDCS	27
2.1.1.	Conditions de la stimulation active du tDCS (condition expérimentale).....	27
2.1.2.	Conditions de stimulation SHAM (condition contrôle) :	28
2.2.	CONDITIONS IMAGES	28
2.2.1.	Condition de l'image du partenaire amoureux (condition expérimentale) :	28
2.2.2.	Condition de l'image de l'ami(e) (condition contrôle) :	29
2.3.	QUESTIONNAIRES :	29
2.3.1.	<i>Questionnaire socio-démographique</i> :	29
2.3.2.	<i>Passionate Love Scale (PLS)</i> :	30
2.3.3.	<i>Positiv And Negativ Affect Schedule (PANAS)</i> :	30
2.3.4.	<i>Visual Analogue Scale (VAS - échelle de la douleur)</i> :	31

2.3.5.	<i>Questionnaire sur les effets secondaires lors de l'administration de la tDCS :</i>	31
2.4.	IMAGES	32
2.5.	CYBERBALL GAME	33
2.6.	RÉSUMÉ	34
3.	Analyses des données :	34
VI.	Résultats	35
1.	Tableaux récapitulatifs des données descriptives	35
2.	Induction de l'inconfort social par la tâche du Cyberball	36
2.1.	Manipulation check	36
3.	Modèle expérimental principal : l'inconfort social	37
4.	Modèles exploratoires	38
4.1.	Emotions positives	38
4.2.	Emotions négatives	40
4.3.	Régression linéaire exploratoire entre le niveau d'amour (PLS) et l'inconfort social	41
4.4.	Comparaison femmes/hommes sur la mesure d'inconfort social	41
VII.	Discussion	44
1.	Limites de l'étude	50
2.	Perspectives de recherche	52
VIII.	Conclusion	55
IX.	Bibliographie	56
X.	Annexes	62

I. Introduction

Depuis des siècles et à travers différentes cultures et époques, les êtres vivants se confondent par un besoin universel : celui de l'Amour. Il est vrai de dire que cet Amour peut se décliner de plusieurs façons. Parmi celles-ci, l'amour que l'on dénomme « amour romantique », un amour remarquable occupant une place centrale dans la vie d'un individu. Il dépasse en effet la simple reproduction pour établir un lien émotionnel et physique intense, caractérisé par une forte attraction entre deux individus. L'amour romantique enrichit l'expérience humaine en offrant des moments agréables et réconfortants, favorisant ainsi le bien-être de ceux qui en bénéficient. Tel que l'Amour dans sa forme initiale, l'amour romantique peut se scinder en de multiples facettes, toutes aussi différentes les unes que les autres. Une forme aussi intéressante que belle est celle qui inclut la notion de « passion » dans sa nomination. Il s'agit de « l'amour passionnel », cet amour qui se doit d'être intense et dévorant mais aussi réconfortant et soutenant pour la personne. Il permettrait à l'individu de mieux supporter ou de diminuer les sensations aversives perçues face à un événement pouvant dégager quelque chose de désagréable et de déséquilibrant. Par conséquent, ce « pouvoir » analgésiant pourrait être activé lorsque l'individu se trouve en présence de son être cher. Toutefois, bien que cette notion soit simple à concevoir, elle se trouve être très spécifique, étant également soumise à la contrainte du temps, du « bon moment ». Néanmoins, d'autres notions plus conventionnelles de régulation émotionnelle existent. En effet, de nombreuses recherches ont démontré l'utilisation de la stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS), une technique non-invasive de neuromodulation, sur l'atténuation des perceptions affectives négatives induites par des situations tel que le rejet social. Cette méthode fonctionne à travers l'activation ou l'inhibition de certaines régions du cerveau impliquées dans la régulation des émotions, comme le cortex préfrontal ventrolatéral droit. C'est d'ailleurs cette région spécifique qui est ciblée dans la présente étude. En conséquence, cette étude sera menée afin de mesurer l'effet propre de la tDCS et du visage du partenaire amoureux ainsi que leur interaction, sur le sentiment d'exclusion sociale. L'objectif est d'appuyer les résultats obtenus dans l'étude menée par Marine Saint-Mard (2023). Les attentes de la présente étude sont dès lors semblables à celles de la première étude. Il est à noter que l'une des principales différences entre les deux études sera la reformulation de la notion de « douleur sociale » par des termes plus généraux comme « désagréable », « inconfortable », « gênant », etc.

II. Revue de la littérature

1. L'ostracisme (douleur sociale)

L'ostracisme est un phénomène rencontré dans la vie de tous les jours chez de nombreux individus. Il est caractérisé par le rejet qu'une personne ou un groupe de personnes subit lors d'une situation sociale. Ce rejet, lorsqu'il est volontaire et intentionnel, engendre un véritable malaise psychologique chez l'individu qui le subit, pouvant parfois se manifester par une douleur physique chez la personne qui en est affectée (Williams, 2009). Il est important de comprendre l'impact que peut avoir l'ostracisme sur l'identité et le bien-être d'une personne.

Ce phénomène peut en effet être interprété comme une atteinte à plusieurs besoins fondamentaux de l'être humain, tels que les besoins de stabilité, de liens sociaux, de maîtrise de son environnement et de compréhension du sens de sa propre existence – des besoins essentiels au bien-être de chacun. À ces dimensions s'ajoutent quatre autres besoins, susceptibles de se recouper avec les premiers, dont l'absence peut générer un profond sentiment de vide ou de déséquilibre. Il s'agit des besoins d'appartenance, d'exercer un certain contrôle sur son cadre de vie, d'être reconnu par autrui et de préserver une estime de soi saine (Williams, 2009).

Ainsi, l'ostracisme (ou douleur sociale) semble être un facteur prédictif d'un mal-être psychique et physique. Dans la littérature, ce sont principalement les modèles évolutionnaires qui soulignent cet impact. En effet, la douleur physique a longtemps été perçue comme un mécanisme de protection, agissant comme un émetteur de signaux face aux événements stressants et facteurs menaçant l'intégrité de l'individu. Il s'agirait d'un processus régulateur guidant notre corps physique et mental à réagir de manière appropriée face à la situation qui se présente face à nous. Il en va probablement de même pour la douleur sociale. En effet, lorsqu'un individu fait face à une situation socialement douloureuse, il déclenche les mêmes mécanismes de protection que ceux associés à la douleur physique, mécanismes tels que les signaux d'alarme et les réponses adaptatives. Ces mécanismes visent à préserver l'homéostasie interne de l'individu. Une fois l'alerte lancée, ce dernier adopte des stratégies d'évitement ou cherche activement à trouver des nouvelles figures de soutien, dans l'espoir de restaurer son bien-être (Sturgeon & Zautra, 2016).

En 1995, Baumeister et Leary ont également avancé, dans leurs recherches, cette nécessité de former des relations interpersonnelles durables et stables, celles-ci étant enracinées dans

notre évolution et indispensables tant à la survie qu'au bien-être émotionnel de l'individu. Ce besoin d'appartenance permet notamment de se forger une ou plusieurs identités collectives, essentielles pour trouver sa place au sein de la société et faciliter les interactions sociales (Blanchet & Francard, 2003). Dans cette perspective, il existe des états émotionnels spécifiques qui contribuent à la satisfaction de ces besoins fondamentaux, participant ainsi au maintien de l'équilibre psychologique. Parmi les relations interpersonnelles les plus significatives, l'amour romantique occupe une place importante. En effet, celui-ci répond simultanément à plusieurs de ces besoins : il apporte sécurité affective, reconnaissance, valorisation personnelle et un sentiment de stabilité émotionnelle (Hsu et al., 2020).

Toutefois, certaines situations sociales – telles que le rejet, l'isolement ou la perte affective - peuvent affaiblir ou à altérer ce sentiment d'appartenance, fragilisant ainsi l'identité personnelle et exposant l'individu à de nouvelles vulnérabilités. Ces fragilités, qu'elles soient subtiles ou profondes, peuvent engendrer un mal-être significatif, allant parfois à une remise en question identitaire (Williams & Nida, 2022). De manière générale, il est soutenu qu'un déséquilibre prolongé entre les besoins d'un individu peut l'amener à perdre le contrôle sur sa santé et ce, jusqu'à parfois aller jusqu'à une mortalité précoce.

Ainsi, le rejet social constitue une menace particulièrement forte pour ce besoin d'appartenance. Il peut lui aussi, déclencher une série de réactions psychologiques néfastes, allant de la détresse émotionnelle à des troubles du comportements, tels que le repli sur soi, l'anxiété, l'irritabilité ou une propension à des réponses impulsives ou agressives (Baumeister & Leary, 1995; Hsu et al., 2013, 2015; Leary et al., 2006; Romero-Canyas et al., 2010, cités dans Hsu et al., 2020). Par ailleurs, être rejeté socialement engendre également un sentiment de dévalorisation qui s'intensifie au fil des événements douloureux vécus. Associé à une expérience inconfortable et à un profond mal-être, cet état peut conduire la personne à douter de ses compétences sociales, à développer le sentiment d'être inutile et de n'avoir aucune importance. Cet état de déséquilibre devient alors si intense qu'il peut être ressenti comme une douleur - non pas physique, mais sociale - bien que les deux ne soient pas si différentes. En effet, de nombreuses études ont montré que les processus et circuits cérébraux impliqués dans la douleur physique sont également activés lorsque l'on ressent de la douleur sociale (MacDonald & Leary, 2005; Siegel & Solomon, 2013, cité par Eisenberger, 2012). Ce chevauchement suggère que certaines régions cérébrales pourraient jouer un rôle central dans le traitement des deux formes de douleur. Parmi celles-ci, une structure particulièrement impliquée dans la perception du rejet social comme dans celle de la douleur physique est le

cortex cingulaire antérieur dorsal (CCA dorsal). Plus précisément, il s'agit d'une structure cérébrale appartenant à la région du cortex cingulaire (CCA), faisant partie du système limbique. Celle-ci étant divisée en deux sections distinctes : la partie ventrale (CCA ventral) et la partie dorsale (CCA dorsal). Cette dernière est particulièrement pertinente dans notre contexte car elle implique des mécanismes associés à l'intégration d'informations complexes, tant sur le plan émotionnel que cognitif. Par ailleurs, le CCA dorsal intervient également dans les processus tels que la gestion des réponses émotionnelles à valence négative, l'expérience de la douleur et le contrôle de certaines fonctions cognitives associées à ces expériences (Eisenberger, 2012b, 2015; Etkin et al., 2011; Shackman et al., 2011; Spunt et al., 2012, cité par Rotge et al., 2015).

Toutefois, il est à noter que, selon certains auteurs, la partie ventrale (CCA ventral) posséderait également une fonctionnalité régulatrice des réponses émotionnelles mais sur un autre plan. Il est possible d'avancer, au vu des résultats obtenus, que ces deux parties travaillent en synergie.

Pour revenir au cortex cingulaire antérieur dorsal (CCA dorsal), son activation dans le contexte de la douleur sociale a été mise en évidence pour la première fois en 2003 par Eisenberger dans ce qui constitue la première étude explorant les bases neuronales de la douleur sociale. Pour ce faire, les chercheurs ont utilisé une tâche expérimentale informatisée appelée « Cyberball Game », développé par Williams et al. (2000). Il s'agit du premier jeu de lancers de balle virtuel et programmé, conçu dans le but d'induire une exclusion sociale contrôlée, engendrant alors une perturbation dans le besoin d'appartenance des participants. Le principe du jeu est simple : les participants devaient échanger une balle avec deux individus, présentés comme étant connectés virtuellement, en la lançant à l'un des joueurs dès sa réception. La particularité de cette tâche réside dans son contenu qui vise à induire un sentiment d'exclusion sociale et, par conséquent, une douleur sociale chez l'individu. Pour cela, le jeu a été structuré en plusieurs blocs, dont l'un correspond à une phase d'inclusion du participant, servant de condition contrôle. L'autre, quant à lui, est conçu pour exclure le participant, en faisant en sorte qu'il ne reçoive plus la balle pendant quelques minutes. Il est à signaler que l'objectif du Cyberball n'est pas d'induire un déséquilibre permanent chez la personne. Au contraire, dans le but de protéger l'intégrité de chacun, un protocole encadré par une supervision éthique est requis (Eisenberger et al., 2003; Eisenberger, 2012).

Ces résultats et ce paradigme fournissent ainsi une preuve que l'exclusion sociale active les mêmes circuits neuronaux que ceux associés à la douleur physique, soulignant ainsi la menace que représente l'ostracisme pour l'individu. Toutefois, bien que de nombreuses études viennent appuyer cette hypothèse, certaines ont montré que les processus neuronaux liés à la douleur physique et à la douleur sociale sont plus complexes qu'il n'y paraît. Si un chevauchement existe entre les deux systèmes, ils se déploient néanmoins de manière distinctes, impliquant des mécanismes et des régions cérébrales spécifiques pour chaque type de douleur (Fall, 2019).

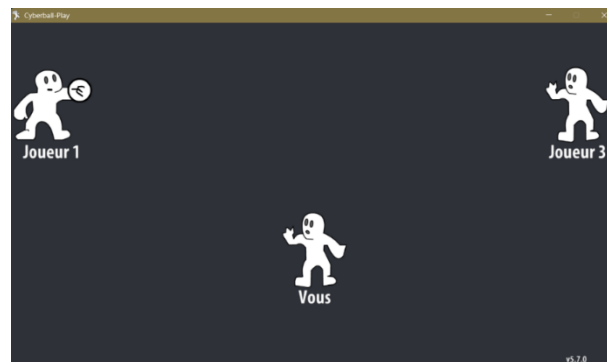


Figure 1. *Ecran de jeu d'une partie de Cyberball sur ordinateur.*

Le Cyberball Game est reconnu comme étant l'une des méthodes expérimentales les plus efficaces dans l'induction de douleur sociale. Cependant, d'autres approches permettent également de provoquer ce type d'expérience. Par exemple, Kross et al. (2011) ont mis en place une méthode expérimentale explorant les liens entre la douleur physique et la douleur sociale en utilisant la rupture amoureuse comme déclencheur de cette dernière. Ils ont pour cela demandé à des participants ayant récemment vécu une rupture de regarder une image de leur ancien.ne partenaire tout en s'imaginant en sa présence. En condition de comparaison, les mêmes participants visionnaient une photographie de leur ami.e (du même sexe que leur ex-partenaire) en se remémorant un souvenir positif partagé avec celui ou celle-ci. Parallèlement, les participants recevaient une stimulation thermique, soit douloureuse (brûlante), soit neutre (chaude) sur leur bras. Les résultats ont mis en évidence une activation cérébrale partagée entre la douleur physique et la douleur sociale, suggérant à nouveau que ces deux types de douleur opèrent en partie de la même manière.

Dans une autre étude, Somerville et al. (2006) se sont intéressés à l'activation des processus neuronaux liés au phénomène de violation des attentes sociales. Ce principe renvoie aux attentes qu'un individu entretient vis-à-vis des comportements d'autrui. Par exemple, lorsque

la personne fait face à un rejet auquel elle ne s'attendait pas, cette incohérence entre attente et réalité peut engendrer une réaction émotionnelle particulièrement intense. A l'inverse, si le rejet était anticipé, la réponse émotionnelle serait généralement atténuée. Dans cette expérience, les participants étaient invités à visualiser des photographies d'étudiants issus d'autres universités et à se forger une opinion à leur sujet. En parallèle de cela, il était expliqué qu'ils seraient eux-mêmes évalués par d'autres étudiants, bien que cela ne soit pas réellement le cas. Une seconde phase de l'étude mettait davantage l'accent sur la notion de violation des attentes. Dans les deux conditions, les participants recevaient un retour indiquant si l'impression perçue à leur sujet était positive ou négative. Les résultats récoltés ont démontré une activation du CCA dorsal et ventral semblable à celle retrouvée dans les précédentes études à ce sujet. De par cette observation, il est possible d'avancer que cette tâche expérimentale induit bien une douleur sociale semblable à celle induite par la tâche de Cyberball de Williams et al. (2000) mais aussi celle de la rupture amoureuse de Kross et al. (2011).

Il s'agit ici de trois exemples de tâches pouvant induire une douleur sociale. Il est à constater que chaque méthode mobilise la visualisation mentale afin d'intensifier la perception de la douleur sociale et de rendre la situation plus réaliste. Par ailleurs, cette mobilisation cognitive, souvent liée à l'imagination, favorise l'émergence d'images mentales et d'émotions positives. De nombreuses recherches ont mis en évidence leurs effets bénéfiques, notamment sur l'augmentation des émotions positives et l'amélioration de l'humeur (Launet & Peres-Court, 2021).

Avant de conclure cette section sur l'ostracisme, il est pertinent de s'attarder sur les différentes étapes traversées lorsqu'une personne est confrontée à une situation d'exclusion sociale et que la douleur sociale se manifeste. En 2009, Williams développe le « Temporal Need-Threat model », un modèle décrivant les trois phases traversées par chaque individu victime d'exclusion sociale. La première phase est appelée la phase « immédiate », dite aussi « réflexive ». Elle se présente comme l'étape dans laquelle des signaux d'alarme sont envoyés à la personne lorsque celle-ci se trouve face à des dangers sociaux. S'ensuit alors la phase de « coping » ou « réflexive ». Cette phase caractérise le moment où l'individu commence à interpréter ce qui se déroule face à lui, contre lui. Il essaierait alors de donner un sens au rejet dont il est victime. Cette phase est suivie par la phase « à long-terme » ou « de résignation » qui amène la personne, à la suite à ses interprétations, à se sentir comme si elle n'avait pas sa place dans la situation dans laquelle elle se trouve. Exposée durablement à ces sentiments, la personne peut sombrer dans des états dépressifs où son moral sera impacté négativement car

une remise en question se fera en permanence. Dans les cas extrêmes, des idées suicidaires ainsi que des pensées noires peuvent survenir. En se penchant sur les processus cognitifs impliqués dans l'ostracisme, il a été observé que ces derniers concernent également les régions dorsales du cortex cingulaire antérieur, dont l'implication dans la régulation émotionnelle a été expliquée précédemment.

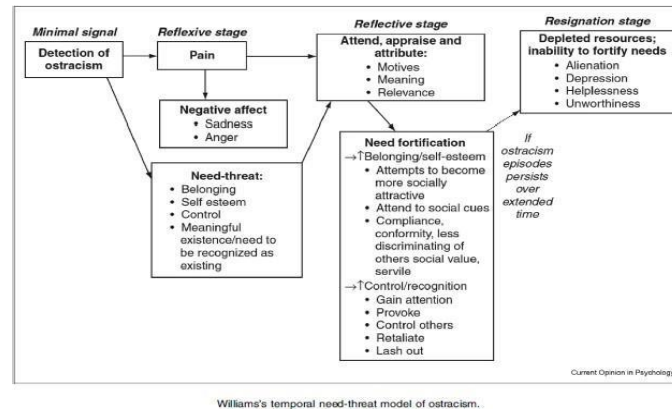


Figure 2. Illustration du temporal need-threat model de Williams (2009)

2. Notion d'amour romantique et l'influence du visage du partenaire amoureux

Afin d'introduire une variable de cette étude, il est essentiel de passer par la compréhension de ce que l'on entend par « être amoureux ». Il semblerait que cette notion « d'amour romantique » traverse les âges et les cultures mais ne varie pas autant qu'on ne le penserait.

Il est indéniable que l'amour romantique joue un rôle crucial dans l'évolution de notre espèce (Tomlinson et al., 2018). En effet, au fil des périodes historiques, l'amour romantique est considéré comme un moyen de communication qu'un individu se construit sur base de ses expériences passées, d'interprétations qu'il s'est faite, ainsi que de modèles l'entourant dès son plus jeune âge. Il est de fait fort probable que la première image que l'on se fait des relations amoureuses découlent de l'image que renvoie la relation du couple parental. Selon le même auteur, bien que des différences culturelles subsistent, une conception commune de l'amour semble exister à travers le monde. Une première définition a été rédigée par Shaver et al. (1987) dans laquelle l'amour est décrit comme : « *une forme de contacts sociaux qui sont hautement spécifiques et concentrés sur le sujet aimé, un désir d'être près, de toucher, d'embrasser la personne aimée* ». Bien que cette définition soit relativement complète, Aron et Aron (1991) nous offrent une autre définition de l'amour (originellement rédigée en anglais mais, traduite

ici en français) : « *la constellation de comportements, de cognitions, et d'émotions associés à un désir de rentrer ou de maintenir une relation proche avec une autre personne spécifique* ». Force est de remarquer que ces deux définitions mettent en avant le même concept de « désir » virevoltant entre deux personnes, qui pourrait être traduit par une attirance et par le besoin de proximité de l'autre. Ainsi, il s'agirait en fait d'un autre besoin fondamental de l'homme, mais également des autres êtres vivants sur Terre. L'amour romantique agirait comme la source de toutes les émotions, qu'elles soient négatives ou positives, agréables ou désagréables de l'individu (Hartwig, 2015).

De nombreux auteurs ont cherché à explorer comment le concept de l'amour romantique pourrait être catégorisé. Il est apparu que celui-ci pouvait être distingué sous différentes formes. En effet, Hatfield et Walster (1978) ont souligné, sur base de précédentes études, qu'il existait une distinction entre le concept « d'amour passionnel » et celui « de la compassion ». L'amour passionnel présente des différences au niveau de l'intensité du désir qu'un individu éprouve vis-à-vis d'un partenaire. Au contraire, la compassion est, elle, définie comme le sentiment d'affection que l'on éprouve face à nos proches dans la vie de tous les jours. Dès lors nous pouvons constater que la notion de « désir » se retrouve dans la première forme d'amour mais, n'est pas reflétée dans la seconde. De plus, il va de soi que la mention de cet amour passionnel n'est pas une coïncidence ici. En raison d'un manque d'outils évaluant précisément l'intensité de l'amour romantique ressenti par une personne envers son partenaire, l'amour passionnel est utilisé comme référence. Par ailleurs, lorsqu'on consulte la littérature scientifique, ce type d'amour est celui qui se rapproche le plus de l'amour romantique.

Un arrêt sur les transformations neurobiologiques induites par l'amour romantique et passionnel s'impose alors. Une étude menée par Collongues et al. (2011) a examiné cette question en exposant des participants, pendant 17 secondes et de manière répétée, à des photographies de leur partenaire amoureux ou d'un ami. Lors de cette tâche, les participants devaient soit regarder la photographie de leur partenaire tout en s'imaginant être en sa présence afin d'atteindre un état de relaxation, soit appliquer la même consigne en regardant la photographie de leur ami. Les résultats ont révélé une activation de plusieurs régions cérébrales, notamment le cortex cingulaire antérieur, l'insula médiale, le noyau caudé et le putamen, des structures associées aux émotions, à la motivation et au système de récompense. D'autres études ont été menées sur le sujet et confirment l'activation de ces mêmes régions cérébrales. L'une d'entre elles a également mis en évidence une inhibition, voire une suppression complète de l'activité cérébrale dans des zones spécifiquement impliquées dans

les fonctions associées à la critique et d'élaboration de jugements, à savoir notamment les régions pré-frontales ainsi que les jonctions pariéto-occipitales (Aron et al., 2005a, cité dans Collongues et al, 2011). La passion que l'on ressent lorsque l'on est amoureux se peut ainsi être assimilée à un état altéré du fonctionnement cognitif, caractérisé par une motivation intense, une forte implication émotionnelle et accompagné d'un affaiblissement, temporaire ou non, de la capacité de jugement.

Une métaanalyse de Yang et al., (2024) met également en évidence l'implication du système dopaminergique mésolimbique dans l'amour romantique, comme en témoignent les activations répétées des régions cérébrales telles que le cortex préfrontal ventromédian (CPFVM), le cortex cingulaire antérieur (CCA), le noyau caudé et le putamen (Aron et al., 2005; Bartels & Zeki, 2000; Ortigue et al., 2007; Zeki & Romaya, 2010). Le CPFVM est particulièrement lié à l'évaluation des récompenses et à des processus de cognition sociale. En outre, le CCA, dont l'implication dans la douleur sociale et physique a été expliqué précédemment, étant donné sa place dans le système limbique, est crucial dans la régulation des processus émotionnels et cognitifs. De plus, le noyau caudé, riche en récepteurs dopaminergiques (80%), adopte une position centrale dans le système de récompense. Ce dernier réagit, par exemple, lorsqu'une action agréable est accomplie ou vécue, libérant ainsi de la dopamine qui engendre une sensation agréable et de plaisir (Acevedo et al., 2012; Aron et al., 2005, cités par Yang et al., 2024). Par conséquent, il est possible d'affirmer que ces deux régions sont associées à l'amour romantique.

L'activation du noyau caudé et du CCA peut être également mise en relation avec les résultats obtenus à l'aide d'une échelle appelée « Passionate Love Scale » (PLS) de Hatfield et Sprecher (1986). La mention de cette échelle se justifie ici car elle est administrée dans le cadre de cette étude. Elle sera décrite plus tard dans ce mémoire mais il s'agit d'une échelle mesurant l'intensité d'amour passionnel ressenti lorsque l'on est en couple. Elle se compose de 30 items tels que, par exemple, « je me sens heureux(se) lorsque je fais quelque chose pour rendre ____ heureux(se). » ou encore « j'aimerai ____ pour toujours ». Ainsi, Acevedo et al. (2012) ont observé une corrélation significative entre le degré d'activation du noyau caudé et les scores obtenus sur la PLS. Plus l'activation était forte, plus les scores semblaient élevés, appuyant la présence d'un amour passionnel chez les personnes ayant répondu au questionnaire. Toutefois, ils n'ont pas relevé de lien entre le CCA et les scores obtenus sur la PLS. En effet, dans cette étude, il s'agissait plus particulièrement de l'activité du cortex cingulaire postérieur et non antérieur. Néanmoins, les résultats permettent tout de même d'avancer l'implication des

systèmes de récompenses et de motivation dans l'amour passionnel. Il est à noter que très peu d'études ont démontré une association entre les scores obtenus sur l'échelle d'amour passionnel (PLS) et l'activation du cortex cingulaire antérieur (CCA).

Par conséquent, l'amour romantique (ou passionnel) pourrait constituer un puissant analgésique naturel, agissant comme une protection supplémentaire face aux expériences douloureuses de la vie. Plusieurs auteurs ont soutenu cette hypothèse en menant des recherches sur les effets de l'amour romantique sur la perception de la douleur. C'est notamment le cas de Master et al. (2009). Les auteurs stipulaient que contempler la photographie de son partenaire romantique pouvait entraîner une diminution de la sensation de douleur perçue lorsque le bras gauche des participants recevait des stimulations thermiques. Au total, sept conditions étaient définies : certaines consistaient à tenir la main (en aveugle) de leur partenaire, d'un inconnu ou d'un objet, tandis que d'autres impliquaient de regarder des photographies de leur partenaire, d'un homme inconnu, d'un objet ou d'un symbole. Le but était d'évaluer le niveau d'inconfort ressenti lors de chaque condition. Il en résulte des effets significatifs du visage du partenaire romantique et de la condition « tenir la main de son partenaire » sur la diminution du ressenti douloureux. Les auteurs affirment alors que le seul fait d'imaginer son partenaire amoureux et de chercher à percevoir sa présence, même en son absence, permettait d'amener un certain réconfort et soutien à l'individu, face à un événement douloureux.

D'ailleurs, en 2010, c'est au tour de Younger et al. d'appuyer ces précédentes trouvailles en utilisant dans leur étude un protocole expérimental composé de six conditions : deux types de photographie à regarder (partenaire romantique vs ami.e proche), une condition de distraction et trois niveaux d'intensité de stimulation thermique (absence de douleur vs douleur moyenne vs douleur intense). Toujours dans le même principe que l'étude antérieure, les participants étaient invités, après chaque condition, à compléter une échelle visuelle analogue, afin de relever leur niveau de douleur. L'objectif des auteurs était ainsi d'évaluer l'effet de la visualisation du partenaire amoureux sur la perception de la douleur. Leurs résultats mettent en évidence que, lorsque le participant visualise son partenaire romantique, plusieurs régions appartenant au système limbique ainsi qu'au circuit de la récompense s'activent. Parmi celles-ci sont retrouvées des parties du CCA, l'amygdale, l'hypothalamus ou encore le cortex orbitofrontal médian. Ils observent également une diminution de l'activité dans l'insula postérieure et le noyau ventrolatéral gauche du thalamus, deux régions impliquées dans la gestion de la douleur et dans l'envoi des signaux d'alarmes au corps. Par conséquent, les

conclusions de cette étude démontrent bien une influence positive de l'amour romantique sur la douleur physique ressentie.

Ainsi, l'amour romantique (et passionnel) ne se limite pas à sa seule dimension émotionnelle mais agit comme un puissant modulateur psychologique, intervenant dans la régulation émotionnelle et sensorielle d'un individu. Être amoureux de quelqu'un, c'est ressentir une forme de sécurité qui apaise les douleurs et nourrit un profond sentiment de bien-être.

3. La stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS)

La stimulation transcrânienne à courant continu, aussi appelée tDCS, est une technique de stimulation non invasive considérée comme sans danger pour la santé. Elle a été introduite il y a maintenant 25 ans par Nitsche & Paulus (2000). Leur objectif était de comprendre comment l'application d'un courant électrique à la surface du crâne humain pouvait influencer l'activité cérébrale. Auparavant, les premières recherches sur ce type de stimulation avaient été menées principalement sur des animaux, avant d'être progressivement étendues à des sujets humains. L'extension de ces études aux sujets humains a permis à de nombreux chercheurs de mettre en avant les avantages de la tDCS qui continue de susciter un vif intérêt dans la recherche actuelle. En particulier, cette technique se distingue des autres méthodes par sa simplicité d'utilisation, sa bonne tolérance chez la plupart des sujets ainsi que sa capacité à cibler des zones spécifiques du cortex et les réseaux neuronaux associés, ce qui pourrait favoriser ses effets à plus long terme (Jamil & Nitsche, 2017).

L'un des principaux facteurs contribuant à cette simplicité d'utilisation réside dans la configuration du matériel. La tDCS repose sur l'application de deux électrodes – une anode et une cathode - placées sur la surface du crâne du participant, en des zones spécifiques. Cette installation est généralement rapide et ne nécessite pas d'équipement complexe, même dans des contextes expérimentaux et thérapeutiques variés.

Le nom des polarités des électrodes est déterminé par le type de courant qu'elles génèrent. Ainsi, la tDCS anodique induit un courant électrique positif, ce qui entraîne une augmentation de l'excitabilité neuronale dans la région stimulée, tandis que la tDCS cathodique génère un courant négatif, entraînant une diminution de l'activité neuronale (Das et al., 2016; Lan, 2024). Ces électrodes sont connectées à un générateur alimenté par une batterie qui fournit le courant électrique continu nécessaire à l'induction de la stimulation (Vergallito et al., 2022). L'intensité du courant électrique est strictement contrôlée et maintenue à des niveaux faibles (variant entre

0,5 à 2,0 mA maximum) afin d'éviter toute lésion, notamment des brûlures, sur la surface du crâne. De nombreuses études s'appuyaient sur un protocole standardisé de tDCS, généralement caractérisé par une intensité de 1 mA, avec une durée de stimulation de 10 à 13 minutes et des électrodes ayant une taille d'environ 35 cm². L'utilisation de ce protocole permettait de limiter les biais liés aux variations de paramètres. Toutefois, plusieurs recherches ont tenté de s'en écarter, en modifiant notamment l'intensité et la durée de la stimulation. Néanmoins, ces ajustements peuvent entraîner des effets neurophysiologiques différents, voire inverses, à ceux attendus (Jamil & Nitsche, 2017; Woods et al., 2016).

Toutefois, certains résultats de recherche suggèrent que ces variations ne compromettent pas nécessairement l'efficacité de la stimulation. Par exemple, Nitsche & Bikson (2017) ont tenté de varier l'intensité du courant entre 1 et 4mA, lors d'une stimulation de 30 minutes chez des patients ayant subi un accident vasculaire cérébral ischémique. Les auteurs rapportent une bonne tolérance ainsi qu'un profil de sécurité satisfaisant. Ils insistent sur l'importance de ce type de recherches, celles-ci dégageant une piste où une adaptation des paramètres du protocole de la tDCS est possible en vue d'augmenter son efficacité. Il est à souligner qu'il n'existe à ce jour aucun protocole unique construit sur bases de recommandations strictes (Woods et al., 2016).

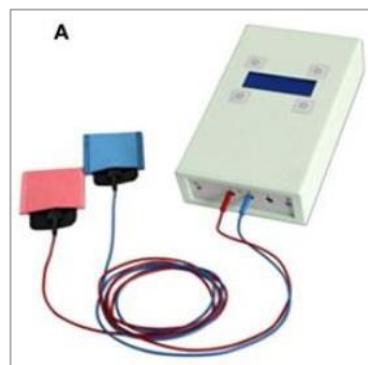


Figure 3. Image du matériel (électrodes, batterie, câbles) de la tDCS (DC-stimulator, NeuroConn GmbH, Germany)

Pour garantir une stimulation de qualité, il est essentiel de préparer minutieusement le matériel et de prendre en compte plusieurs facteurs déterminants. Parmi ceux-ci figurent la taille des électrodes et des éponges, l'application de la solution saline sur ces dernières, les caractères morphologiques, l'intensité du courant électrique, la position des électrodes, ainsi que les différences individuelles, telles que le profil génétique, le sexe et l'âge (Jamil & Nitsche, 2017; Woods et al., 2016). Par conséquent, bien que ces facteurs jouent un rôle important dans l'efficacité de la stimulation, leur ajustement n'a pas été possible dans le cadre

de cette étude en raison des contraintes matérielles et des ressources limitées. Il reste néanmoins important de garder à l'esprit leur influence potentielle lors de l'administration de la tDCS.

3.1. Apports théoriques neurologiques

Le ciblage des régions cérébrales lors d'un traitement par tDCS ne se fait pas au hasard : elle dépend notamment de l'objectif thérapeutique et théorique fixé (Woods et al., 2016). Dans le cadre de cette étude, la région stimulée par la tDCS anodique est le cortex préfrontal ventrolatéral droit (CPFVLd), se situant dans la zone du cerveau appelée F6 (d'après le système de positionnement EEG international 10/20). Selon He et al., (2018), le CPFVLd exerce un rôle important dans la régulation des émotions chez une personne. Il serait notamment impliqué dans la modulation des émotions négatives, allant parfois jusqu'à les supprimer complètement (Cohen et al., 2013, cité dans Riva, Lauro, et al., 2014). Par ailleurs, il a été observé que ce serait notamment sa partie droite qui influencerait le plus la régulation des émotions à valence négative. En outre, la tDCS cathodique est, elle, placée à la position FP1 en guise d'électrode de référence, au niveau de l'aire subcorticale contralatérale (He et al., 2018).

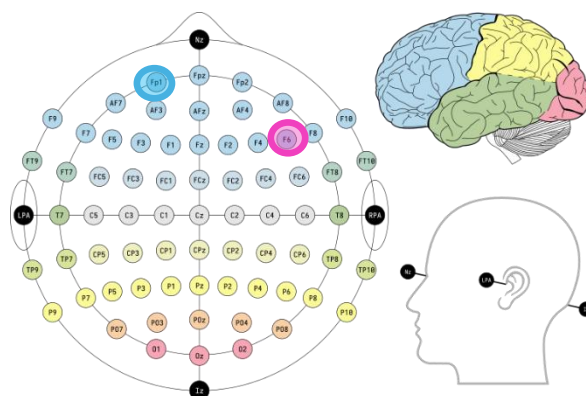


Figure 4. Illustration de la position des électrodes en FP1 et F6, selon le système de positionnement EEG 10-10 ; extension du système 10-20 ([Laurens R. Krol, 2020](#)).

En résumé, chaque stimulation tDCS implique dès lors un choix entre deux sorties de courant électrique : la cathode ou l'anode, induisant des effets antagonistes l'une par rapport à l'autre. Il a été constaté par He et al., en 2018, que lorsqu'une tDCS anodique stimulait le CPFVLd, ce dernier provoque également une inhibition, de manière générale, du cortex cingulaire antérieur (CCA), connu comme contrôlant les conflits et la douleur quand elle apparaît dans le cerveau. Dès lors, lorsqu'un individu fait face à une situation provoquant des sentiments aversifs, telle qu'une situation d'exclusion sociale par exemple, un signal d'alarme émerge du CCA. Ce signal prévient alors le corps d'un danger qui risquerait d'atteindre la

planification des objectifs ainsi que des attentes, en créant au passage un sentiment désagréable et inconfortable pour l'individu. En outre, la compréhension du lien entre le CPFVLd et le CCA se renforce lorsque nous analysons l'influence que la stimulation de l'un exerce sur l'autre. La stimulation du CPFVLd par la tDCS anodique permet de mettre en pause le cortex cingulaire antérieur dans le but d'inhiber ces signaux d'alarmes qui, à leur tour, réduisent la perception désagréable de la situation par l'individu (He et al., 2018; Vergallito et al., 2018). Lorsqu'il s'agit de la stimulation cathodique, il est souligné que cela provoquait l'effet contraire d'une stimulation anodique. En effet, lorsque la partie cathodique est utilisée, c'est l'amplification des émotions négatives qui s'opère. Il arrive alors que ces perceptions négatives deviennent de plus en plus fortes amenant parfois à des comportements agressifs de la part de la personne stimulée (He et al., 2020; Riva et al., 2012, 2014, 2015).

3.2. Effets à court terme et à long terme de la tDCS

Pour évaluer l'efficacité de la tDCS, il est essentiel de distinguer ses effets à court terme de ceux à plus long terme. Si certains changements apparaissent de manière quasi immédiate après la stimulation et persistent durant 1 heure environ, d'autres se manifestent de façon plus progressive et peuvent persister au-delà de la séance (Nitsche & Paulus, 2000). La persistance de ces effets demeure encore mal comprise et la littérature scientifique reste mitigée à ce propos. Par ailleurs, les rares études disponibles portent principalement sur la stimulation du cortex moteur. Néanmoins, certaines hypothèses et résultats de recherche permettent d'éclairer en partie cette question. Par exemple, Nitsche & Paulus (2000) suggèrent que l'efficacité de la tDCS dépendrait notamment de l'interaction entre l'orientation du champ électrique appliqué et la structure morphologique des neurones ciblés. D'autres auteurs ont également mis en évidence le rôle central de la polarité des électrodes, soulignant qu'une stimulation anodique n'engendrait pas les mêmes effets qu'une stimulation cathodique. Par ailleurs, plusieurs recherches avancent que la durabilité des effets de la tDCS serait influencée par divers paramètres techniques tels que l'intensité et la durée du courant, sa densité, la taille des électrodes ainsi que leur positionnement (Batsikadze et al., 2013; Horvath et al., 2016; Monte-Silva et al., 2013; Stagg & Nitsche, 2011; Wiethoff et al., 2014, cités dans Vignaud et al., 2018). Toutefois, malgré ces observations, les résultats expérimentaux demeurent parfois contradictoires.

Dans l'optique de clarifier les choses, Vignaud et al. (2018) ont mené une étude visant à comparer la durée des effets de la tDCS en fonction de différentes intensités et durées de

stimulation. Les auteurs ont testé deux durées de 20 et de 30 minutes ainsi que deux intensités de 1mA et de 2mA. Les électrodes étaient positionnées de sorte que l'anode soit placée au-dessus du cortex moteur primaire gauche tandis que la cathode était placée sur la région supraorbitaire droite. Les résultats ont montré que l'intensité du courant n'influçait pas significativement la durée des effets observés. En revanche, la durée de stimulation s'est avérée être un facteur clef : une application de 20 minutes induisait des effets persistants dans le temps, tandis qu'une stimulation de 30 minutes n'engendrait aucun effet.

Par conséquent, la variation de ces paramètres semble exercer une influence sur la qualité et le maintien à long terme des effets induits par la tDCS. Il convient toutefois de souligner que des recherches supplémentaires sont nécessaires et que ces effets à long-terme n'ont pas encore été observés en dehors du cortex moteur (Friebs et al., 2021).

3.3. Effet de la tDCS sur la douleur sociale : différentes études sur le sujet

L'intérêt porté à la tDCS dans ce mémoire se justifie par son rôle central dans l'étude menée visant à déterminer son efficacité dans l'atténuation de la perception de la douleur sociale. Ce sujet a déjà fait l'objet de recherches antérieures, sur lesquelles s'appuie la présente étude.

Les travaux de Riva et ses collègues figurent parmi les plus significatifs. Ils ont mené plusieurs études sur les effets de la tDCS sur différents aspects émotionnels, mettant en lumière les premiers éléments probants.

En 2012, Riva et al. débutent une recherche sur l'utilisation de la tDCS sur le CPFVLd, afin de réduire la douleur sociale engendrée par une situation de rejet social. L'expérimentation se déroulait en double aveugle, c'est-à-dire les auteurs et les participants n'étaient pas au courant de la distribution des conditions attribuées. Le protocole comprenait deux conditions de stimulation : une condition active, utilisant une stimulation anodique et une condition SHAM, caractérisée par une absence de courant. La durée de la stimulation anodique était de 15 minutes, là où la SHAM ne durait que 15 secondes, permettant de faire croire aux participants qu'ils recevaient une stimulation réelle. Cinq minutes avant que la stimulation (SHAM ou active) ne touche à sa fin, les participants étaient invités à jouer au jeu du Cyberball (Williams et al., 2000). Après la réalisation de la tâche, deux échelles visuelles analogues étaient administrées : l'une évaluant la perception du pourcentage de possession de la balle, l'autre mesurant l'état émotionnel des participants. A la suite de cette expérimentation, les résultats ont permis de montrer qu'une stimulation par tDCS du CPFVLd réduisait significativement la douleur sociale ainsi que les émotions négatives qui y sont associées. Les

auteurs rapportent par ailleurs qu'il s'agit également de la première étude permettant de mettre en lumière de telles observations (Riva et al., 2012).

Une autre étude de Riva, Lauro, et al. (2014) consistait à analyser, pour la première fois, l'influence d'une stimulation anodique sur le CPFVLd sur les réactions agressives, engendrées par une situation d'exclusion sociale. Les auteurs ont utilisé la même méthode expérimentale, à savoir la présence de deux groupes : un contrôle (SHAM), caractérisé par une absence de stimulation et le groupe expérimental, impliquant une stimulation active (anodique). Ils ont ensuite installé les électrodes en F6 (CPFVLd) pour l'anode et FP1 (région supraorbitaire) pour la cathode. Ils ont également administré un courant d'intensité de 1,5 mA mais cette fois pendant 20 minutes. Ici, la condition SHAM consistait à induire un courant pendant 30 secondes seulement, celui-ci étant par après éteint pour le reste de la tâche. Tout comme l'étude de 2012, les participants ignoraient la condition dans laquelle ils se trouvaient, l'objectif étant d'évaluer le niveau d'agressivité des participants après avoir été rejeté socialement du jeu. Grâce à leur étude, les auteurs ont pu, à nouveau, relever l'importance du CPFVLd dans la régulation émotionnelle, en observant son implication dans la réduction des comportements agressifs associés au sentiment d'exclusion sociale.

Par ailleurs, l'effet inverse a également été mis en évidence par Riva, Romero Lauro, et al. (2015). En effet, ils ont souligné que l'application d'une stimulation non pas anodique mais cathodique sur la région du CPFVLd entraînait une augmentation des affects négatifs liés à l'exclusion sociale ainsi que la propension à adopter des comportements agressifs.

Par conséquent, il existe de nombreuses études mettant en lumière les avantages et les effets de la tDCS dans la régulation émotionnelle. C'est pourquoi, afin de clôturer cette section, il est intéressant de s'attarder brièvement sur l'étude He et al. (2018). A la différence des recherches antérieures, les auteurs ont utilisé une méthode explicite d'induction de la douleur sociale. En effet, ils se sont servis d'une tâche de régulation émotionnelle dans laquelle les participants étaient soumis à deux phases : une première sans réévaluation cognitive, suivie d'une seconde où l'application de stratégies de réévaluation était demandée. Les stimuli utilisés consistaient en des images mettant en scène une situation d'exclusion sociale dans laquelle était représentée un individu rejeté par un groupe de personne. Avant l'administration de la tâche, les auteurs ont mis en place la tDCS, en disposant l'anode en F6 et la cathode en FP1. L'intensité du courant était fixée à 2,5 mA, pour une durée totale de 24 minutes. Cette dernière a été lancée 4 minutes avant le début de la tâche dans les deux conditions de passation (SHAM ou actif).

Dans la condition SHAM, la stimulation était interrompue au bout de 30 secondes, simulant ainsi une stimulation réelle sans effets neurophysiologiques. S'ajoutant à cela, des données relatives au diamètre des pupilles et à la durée de fixation ont été récoltées à l'aide de la technique d'eye-tracking. Ces mesures sont couramment utilisées dans la littérature comme indices de l'éveil émotionnel et du déploiement attentionnel (Kinner et al., 2017; van Reekum et al., 2007, cités dans He et al., 2018).

A l'issue de l'expérimentation, les auteurs confirment les hypothèses formulées dans les études antérieures en mettant une nouvelle fois en évidence le rôle du CPFVLd dans la régulation émotionnelle. Avec cette différence qu'il s'agissait ici d'une stimulation directe de la région. Les résultats soulignent également l'efficacité des techniques explicites de réévaluation cognitive dans la modulation des émotions négatives et positives. Un point de vigilance est néanmoins soulevé concernant les paramètres des stimuli. En effet, leur échantillon était composé de participants d'origine chinoise alors que les images représentaient des individus d'origine caucasienne. Cela aurait pu provoquer un biais d'identification ou de reconnaissance potentiel chez les participants (Krill & Platek, 2009, cités dans He et al., 2018). Les auteurs recommandent ainsi d'adapter les stimuli en fonction des caractéristiques de l'échantillon utilisé (He et al., 2018).

Dans la lignée de ces travaux, la présente étude vise à approfondir les connaissances relatives à l'effet de la tDCS sur le sentiment d'exclusion sociale en procédant à une réplique de l'étude de Saint-Mard (2023). Cette dernière s'est inspirée des recommandations méthodologiques provenant de la littérature afin d'évaluer l'efficacité d'une stimulation anodique du CPFVLd dans la diminution de la douleur sociale. Elle a également introduit la notion d'amour romantique perçue comme étant un analgésique pouvant être efficace face aux conséquences nocives engendrées par le rejet social. Bien que prometteurs, les résultats obtenus n'ont pas montré d'effets significatifs de la tDCS anodique et du visage du partenaire amoureux sur cet état émotionnel négatif. L'étude a toutefois permis de mettre en lumière l'augmentation des émotions positives lorsque les participants étaient exposés à l'image de leur partenaire amoureux. À l'inverse, elle a également souligné une intensification de la perception de la douleur sociale dans la condition où l'ami.e était présenté.e, suggérant que le partenaire romantique exerçait une fonction apaisante par rapport à l'ami.e.

III. Buts et hypothèses de l'étude

1. Apports à la littérature :

Au terme de cette étude, il est attendu de reproduire les effets déjà mis en lumière dans la littérature, en particulier l'influence positive de la tDCS ainsi que l'effet bénéfique d'un indice associé au partenaire amoureux sur la diminution de l'inconfort ressenti lors d'une situation d'exclusion sociale. Par ailleurs, l'observation d'une interaction de ces deux facteurs permettrait d'approfondir l'étude de leurs effets combinés et d'envisager leur potentiel renforcé. L'amour, en tant que ressource émotionnelle profonde et infinie, et la tDCS, dont les applications ne cessent de progresser dans de nombreux domaines, représentent deux axes prometteurs pour de futures recherches.

Ces résultats permettraient également de renforcer la validité méthodologique de la tâche du Cyberball Game et de contribuer à une meilleure compréhension de ses mécanismes de fonctionnement. De plus, ils pourraient ouvrir la voie à de nouvelles approches thérapeutiques pour mieux appréhender et soulager la douleur sociale.

2. Hypothèses de recherche

Tout d'abord, un effet positif de la tDCS est attendu sur la réduction de l'inconfort social engendré par la tâche d'exclusion du Cyberball Game, cet effet étant évalué par la comparaison entre le groupe ACTIF et le groupe SHAM. En effet, il est supposé que l'activation du CPFVLd via l'anode de la tDCS atténue la perception négative d'être exclu(e) socialement, conduisant à une diminution des affects négatifs et désagréables ressentis.

Par ailleurs, une réduction du malaise social est également anticipée grâce à la présentation de l'image du partenaire romantique. Cette hypothèse repose sur l'idée que la perception du visage du partenaire à l'écran génère une sensation agréable de présence, contribuant ainsi à atténuer l'inconfort social éprouvé.

En outre, il est attendu que l'interaction entre la tDCS et la présentation du visage du partenaire amoureux accentue la diminution de l'inconfort social, toujours induit par la tâche d'exclusion sociale du Cyberball.

De surcroît, pour que ces effets puissent être observés, il est nécessaire que la tâche du Cyberball induise effectivement des sensations d'inconfort et d'exclusion sociale chez les participants.

D'autre part, à titre exploratoire, il a été envisagé que la tDCS anodique appliquée au CPFVLd ainsi que la présentation de la photographie du partenaire romantique puissent exercer une influence distincte sur les émotions positives et négatives ressenties dans ce contexte d'exclusion sociale.

Enfin, il est pertinent d'examiner l'influence du sexe des participants sur le niveau d'ostracisme perçu durant les deux parties jouées au cours de la séance. Ainsi, il est attendu que les femmes éprouvent un inconfort plus intense vis-à-vis de l'exclusion subie et que ce ressenti tende à se stabiliser lorsqu'elles voient le visage de leur partenaire.

IV. Partie expérimentale

1. Plan général de l'étude

Le plan expérimental de cette étude adopte une structure de type 2 (stimulation : tDCS ou SHAM) x 2 (image : partenaire amoureux ou ami.e). L'étude a été conduite selon un design en simple aveugle, suivant les recommandations soulignées dans l'étude de Saint-Mard (2023) : les participants ignoraient à quel groupe (stimulation active ou SHAM) ils/elles appartenaient, tandis que seule l'expérimentatrice connaissait la condition assignée à chaque individu. Les conditions étaient dévoilées et expliquées aux participants lors du débriefing.

Dans la première étude de Saint-Mard (2023), chaque participant recevait les deux stimulations tDCS (active et SHAM), en deux sessions séparées d'une semaine. La présente étude se déroule différemment, ne privilégiant qu'une seule session au cours de laquelle chaque participant reçoit une unique condition de stimulation, soit active, soit non-active (SHAM). Toutefois, tous les participants se voient administrer les deux conditions de la photographie (romantique vs ami.e) et les deux conditions de jeu (version du jeu 1 ou 2). Il convient de préciser que les conditions de passation ont été randomisées et que les participants ont été assignés de manière aléatoire aux différents groupes, afin d'éviter tout biais potentiel. Les détails concernant les groupes et conditions sont fournis dans la rubrique « V. Méthodologie ».

En outre, il a été décidé de ne réaliser qu'une session, et non pas deux, en raison de la simplicité méthodologique qu'elle offre. Cette approche permet notamment de mieux contrôler l'effet de la stimulation, réduisant ainsi le risque d'un biais d'apprentissage lié à la procédure. De plus, comme le souligne Saint-Mard (2023) dans les limites de son étude, le choix d'une

unique session permet de maintenir les participants dans un même état émotionnel tout au long de la passation. Cela est difficilement contrôlable si les sessions se déroulaient sur deux jours différents, avec une semaine d'intervalle. Par ailleurs, il semblait avantageux de limiter le déplacement des participants à une seule fois, réduisant ainsi le risque de perte de participants en cours d'étude.

Le déroulement de chaque session se fait de la manière suivante : tout d'abord, les participants ont été invités à signer à nouveau le consentement éclairé, celui-ci ayant déjà été signé une première fois lors du recrutement. La séance commence ensuite par le remplissage de deux questionnaires : l'échelle d'affectivité positive et négative (PANAS) et l'échelle d'amour passionnel (PLS). Par la suite, la tDCS est installée sur la tête de la personne sans être activée, afin de laisser le temps nécessaire pour fournir les consignes de la tâche (Cyberball Game). Il est à souligner qu'avant l'installation de la tDCS, des informations de sécurité sont données au participant. Une fois les consignes du Cyberball lues et comprises, la stimulation est lancée. L'intensité maximale arrivée à 1,5mA, un chronomètre de cinq minutes est démarré, marquant le début de la partie d'entraînement. La première partie de jeu, avec la première condition (« ROM » ou « AMI » : version du jeu 1 ou 2) commence dès la fin de l'entraînement et des cinq minutes écoulées. La seconde partie de jeu suit, composée des conditions non-utilisées lors de la première phase (« AMI » ou « ROM » : version du jeu 2 ou 1).

En résumé, chaque participant prend part à deux parties de Cyberball, au cours desquelles il est confronté à une situation d'exclusion sociale : les autres joueurs, programmés antérieurement, cessent de lui lancer la balle au cours de la partie. L'évaluation du niveau de malaise ou d'inconfort social ressenti durant la tâche se fait grâce à un questionnaire administré à l'issue de chaque partie.

V. Méthodologie

1. Participants et procédure de recrutement

Le recrutement a été réalisé à l'aide de la mise en place d'affiches dans les bâtiments universitaires et de publications sur les réseaux sociaux. Toute personne intéressée était libre de contacter l'expérimentatrice via message ou courriel (voir **Annexe 9**). Lorsqu'un intérêt était présenté, un message universel fournissant les explications de l'étude était envoyé. Par la suite, le rendez-vous d'une heure était fixé et le lien du questionnaire socio-démographique contenant le code anonyme individuel du participant était transmis. Un rappel était envoyé le jour précédent le rendez-vous, celui-ci rappelant les informations sur celui-ci (date et heure) ainsi que les indications pour se rendre au lieu de rencontre.

Afin d'assurer une certaine homogénéité dans les résultats, un nombre équilibré de participants de sexe féminin et masculin était souhaité. Toutefois, sur un total de 52 participants ($M_{\text{âge}} = 25,58 \pm 5,72$), l'échantillon se composait de 37 femmes et de 15 hommes.

1.1. Critères d'inclusion et d'exclusion

- **Critères d'inclusion :**

Le premier critère d'inclusion a permis de choisir les participants faisant partie d'une relation monogame. En effet, dans le cadre de cette étude, le participant doit représenter l'un des deux membres de la dyade. Il est également demandé à ces derniers de préciser la durée de leur relation. Ici, la notion de « relation à long terme » a été mise en évidence. Elle est caractérisée par une durée de minimum 6 mois et pouvant aller jusqu'à un maximum de 10 ans (Master et al., 2009). Ce deuxième critère est vérifié grâce à une question spécifique figurant dans le questionnaire démographique envoyé lors du recrutement.

Soulignons que toutes orientations sexuelles ont été prise en compte lors du recrutement et que cela n'a pas contribué à l'exclusion de certains participants de l'étude.

- **Critères d'exclusion :**

Toute indication de la part des participants d'une relation ayant une durée de moins de 6 mois ou de plus de 10 ans (la durée requise étant de plus de 6 mois afin de considérer une relation comme « à long terme » selon Master et al. (2009) au questionnaire socio-démographique. Les participants doivent également remplir l'échelle d'amour passionnel (PLS) afin d'évaluer le degré d'intensité de cet amour envers leur partenaire amoureux. Un

score faible sur cette échelle peut entraîner l'exclusion du participant indiquant que l'amour entre les partenaires n'est pas suffisamment intense pour être qualifié de passionnel. En effet, selon Hatfield & Sprecher (1986), le score seuil est fixé à 90. Un score égal ou supérieur à celui-ci caractérise les catégories où l'amour passionnel est suffisamment présent, voire fort (voir rubrique « Questionnaires »).

De plus, à l'aide d'un questionnaire socio-démographique, il a été demandé aux participants de fournir leur statut actuel (étudiant, employé, etc.) et de préciser le domaine dans lequel ils exercent afin d'exclure tout participant pratiquant ou étudiant la psychologie. En effet, le jeu du Cyberball est une tâche qui est enseignée durant certains cours de bachelier en psychologie ; les effets de celle-ci étant probablement connus. Ainsi, il est essentiel de ne pas inclure les personnes ayant connaissance des effets de la tâche du Cyberball afin de ne pas biaiser les résultats de l'étude.

Rappelons que les participants sont libres de se retirer de l'étude s'ils le souhaitent et de mettre fin à leur participation. Dans ce cas, les données récoltées ne sont pas prises en compte lors de l'analyse.

1.2. Analyse de puissance

Afin de garantir une puissance statistique suffisante pour détecter l'effet combiné de la tDCS et du visage du partenaire amoureux sur le sentiment d'exclusion sociale, une analyse de puissance a été réalisée en amont de l'étude. Elle a permis de déterminer la taille minimale de l'échantillon nécessaire pour conduire une ANOVA à mesures répétées avec facteurs intra- et inter-sujets (within-between). L'analyse a été effectuée à l'aide du logiciel G*Power, en se basant sur une taille d'effet faible à modérée $d = 0,2$ (d'après Cohen, 1988), un seuil de signification à 5% et une puissance fixée à 0,8 (80%), selon les résultats obtenus d'études antérieures sur le sujet. Les résultats de cette analyse ont indiqué qu'un échantillon de 52 participants, tel qu'énoncé ci-dessus, était requis pour cette étude.

1.3. Conditions éthiques

Il est important de noter que la participation à cette étude s'est faite sur base volontaire et qu'aucun participant n'a été rénuméré. Une anonymisation des données récoltées est réalisée dès le recrutement à l'aide de codes participants créés avec le logiciel Excel. Ceux-ci ont été randomisés au niveau du type de stimulation (SHAM ou actif) ainsi qu'au niveau de l'ordre de passation des différentes conditions (image « amoureux » ; « ami.e » et la version du jeu « AB

(1) » ; « BA (2) ») attribués aléatoirement aux participants. Ces derniers ont été mis au courant de leur droit de rétraction de l'étude et de consultation des données récoltées à leur propos. Un document de consentement éclairé (validé au préalable par le Comité d'Ethique Hospitalo-Facultaire et par le Comité d'Ethique de la faculté de Psychologie) a été signé et fourni lors du recrutement ainsi qu'au début de chaque session de test (voir **Annexe 2.**)

1.4. Echantillon

L'échantillon était composé de 52 participants ($M_{\text{âge}} = 25,58 \pm 5,72$) et se répartissait en 37 femmes et 15 hommes. Tous les participants ont répondu être en couple depuis 6 mois à 10 ans ($M_{\text{durée}} = 51,71 \pm 31,83$). La **Table 1.** reprend les données démographiques récoltées lors du recrutement.

<i>Sexe</i>	H	15
	F	37
<i>Âge moyen</i>		25,58
<i>Écart-type</i>		5,72
<i>Troubles psychiatriques (passés ou présents)</i>	Oui	8
	Non	44
<i>Durée moyenne de la relation</i>		51,71
<i>Écart-type</i>		31,83
<i>Occupation</i>	Etudiant.e	28
	Chômage	4
	Employé.e	13
	Indépendant.e	6
	Ouvrier.ère	1
		0
<i>Niveau d'éducation</i>	Primaire	
	Secondaire inf.	0
	Secondaire sup.	15
	Bachelier	23
	Master/Doctorat	14

Table 1. Données socio-démographiques de l'échantillon.

2. Plan expérimental

2.1. CONDITIONS TDCS

2.1.1. Conditions de la stimulation active du tDCS (condition expérimentale)

Il s'agit ici de la condition expérimentale qui est caractérisée par l'utilisation de la stimulation anodique, c'est-à-dire la condition active de la stimulation dans cette étude. Les électrodes sont

positionnées sur la surface du crâne de manière à ce que l'anode soit placée au-dessus de la région du CPFVLd, correspondant à la position F6 selon le système international 10-20. La cathode est, quant à elle, installée au niveau du cortex orbitofrontal gauche, en FP1. Dans le cadre de cette étude et en raison de contraintes matérielles, seule une stimulation anodique est administrée, la cathode servant uniquement d'électrode de référence. En ce qui concerne la durée et l'intensité de la stimulation, l'induction du courant électrique débute tout d'abord, par un fade-in de 30 secondes afin d'amener de façon progressive l'intensité à son niveau maximal. L'objectif est d'arriver à un courant direct d'intensité 1,5mA.

À la fin de la tâche, la stimulation est réduite de manière tout aussi progressive par un fade-out de 30 secondes, avant son arrêt complet. La durée totale de la stimulation active est de 20 minutes.

2.1.2. Conditions de stimulation SHAM (condition contrôle) :

La condition de stimulation SHAM est celle que l'on appelle aussi la « condition contrôle ». Elle va permettre de récolter les données « contrôles » qui serviront à effectuer une comparaison avec les résultats obtenus dans la condition expérimentale. Elle est caractérisée par une absence de stimulation chez ces derniers. Afin que ceux-ci ne soient pas au courant de cette stimulation non-active, le dispositif est installé de la même manière que dans la condition active et le protocole initial est rigoureusement respecté. Un courant de 1,5mA est brièvement appliqué, incluant un fade-in et un fade-out de 30 secondes chacun. Cette brève stimulation, avant le début de la tâche, permet de produire des sensations similaires à celles ressenties lors de la condition active (picotements, démangeaisons, ...) sans induire d'effet réel. Ainsi, les participants ne peuvent pas distinguer s'ils appartiennent à la condition active ou à la condition contrôle, garantissant une expérimentation en simple aveugle.

2.2. CONDITIONS IMAGES

2.2.1. Condition de l'image du partenaire amoureux (condition expérimentale) :

Dans cette condition, une photographie du partenaire amoureux apparaît sur l'écran de l'ordinateur lors de la tâche du Cyberball, comme illustré au point « 2.5 CYBERBALL ». Lors du recrutement, trois images du partenaire sont demandées afin de pouvoir choisir la plus adaptée pour l'étude. Les détails concernant la dimension et la disposition de la photographie sont expliqués dans la rubrique « 2.4 IMAGES ». Lors de la séance, il est demandé au

participant de réaliser la tâche du Cyberball, tout en regardant la photo de son partenaire romantique. Il est notamment demandé de ressentir leur présence de la façon la plus vive possible, comme si la personne affichée à l'écran se trouvait réellement dans la pièce avec eux et les regardait prendre part au jeu.

2.2.2. Condition de l'image de l'ami(e) (condition contrôle) :

Cette condition permet de contrôler celle décrite ci-dessus. En effet, il s'agit de la condition où les participants auront, non pas une photo de leur partenaire qui s'affiche sur leur écran lors de la tâche mais bien une photo du visage de leur meilleur.e ami.e. Trois photos de l'ami.e proche sont demandées lors du recrutement aux participants afin de choisir la plus adaptée pour la tâche. Il est à noter que le/la meilleur.e ami.e doit être du même sexe que le/la partenaire romantique du participant. Par ailleurs, la consigne de visualisation lors de la tâche, également donnée lors de la condition expérimentale, est aussi imposée ici : il est demandé à ces derniers d'imaginer la présence de leur ami.e afin d'en augmenter la perception.

2.3. QUESTIONNAIRES :

Lors de chaque séance, plusieurs questionnaires ont été administré en pré- et post-expérimentation (voir **Annexes 3, 4, 5 et 6**).

2.3.1. *Questionnaire socio-démographique* :

Ce questionnaire socio-démographique est construit de manière à récolter les données nécessaires afin de valider la participation des sujets, prenant en compte les conditions d'inclusion et d'exclusion citées précédemment.

Voici les données récoltées :

- Âge du participant ;
- Implication ou non dans une relation amoureuse ;
- Si oui, quelle est la durée de la relation ;
- Occupation professionnelle actuelle (préciser le domaine d'étude, s'il s'agit d'un étudiant) ;
- Présence ou non d'un diagnostic fait par un professionnel de la santé d'un trouble psychiatrique (passé ou présent) ;
- Niveau d'études atteint (le plus haut) ;

- Insertion des trois photos du partenaire amoureux
- Consignes pour l'insertion des trois photographies du/ de la meilleur.e ami.e de même sexe que le partenaire amoureux.

Afin de préserver l'anonymat des participants et pour simplifier l'encodage, un code est généré par l'expérimentatrice et fourni au participant lors de l'envoi du questionnaire socio-démographique.

2.3.2. *Passionate Love Scale (PLS) :*

La Passionate Love Scale est une échelle américaine créée par Hatfield & Sprecher (1986). Celle-ci comprend 30 items portant sur des mesures évaluant l'intensité d'un amour passionnel chez une personne. Les réponses à ceux-ci se font à l'aide d'une échelle de Likert de 9 points, allant de « pas du tout » à « tout à fait d'accord ». Il est à noter que les scores peuvent varier entre 30 et 270, en incluant le principe qu'un score élevé sur cette échelle signifie un niveau d'amour passionnel élevé chez la personne. Il est à noter que les normes utilisées appartiennent à la version à 15 items ($\alpha = 0,90$). Ainsi, celles-ci sont adaptées à la version complète de 30 items qui est administrée dans le cadre de cette étude.

L'utilisation de cette échelle a pour objectif de mesurer l'intensité de l'amour ressenti par les participants à l'égard de leur partenaire. Comme cela a été précisé dans l'étude répliquée, le seuil de référence de minimum 90, mentionné dans la littérature, s'applique à la version abrégée de la PLS (15 items) et non à la version complète (30 items) utilisée dans cette étude. En conséquence, l'ensemble des participant.e.s a obtenu des scores suffisamment élevés, témoignant d'un niveau adéquat d'amour passionné, rendant toute exclusion inutile (Saint-Mard, 2023; Younger et al., 2010)

2.3.3. *Positiv And Negativ Affect Schedule (PANAS):*

Le questionnaire PANAS est également administré. Celui-ci a été développé par Watson et al. (1988). Il s'agit d'une échelle représentant le niveau d'affectivité positive et négative d'une personne. Elle permet de mesurer l'humeur ainsi que les sensations ressenties par les participants lors des sessions administrées. L'échelle se divise en deux parties, « affectivité positive » et « affectivité négative », chacune composée de 10 items (20 items au total). Une échelle de Likert en 5 points est utilisée pour inscrire les réponses, allant de 1 = « peu ou pas du tout » à 5 = « totalement » (α de Cronbach entre 0,84 et 0,90).

La PANAS est utilisée dans cette étude pour évaluer l'état émotionnel de base des participant.e.s. Elle est administrée une première fois en début de séance afin d'établir une ligne de base, puis après chaque partie. La différence (le delta) entre les scores d'émotions positives et négatives recueillis après chaque parties et la ligne de base est utilisée afin de contrôler l'influence de l'état émotionnel initial des participant.e.s sur l'intensité de l'inconfort social ressenti.

2.3.4. Visual Analogue Scale (VAS - échelle de la douleur) :

Les VAS sont des échelles qui regroupent des items questionnant le niveau d'inconfort ou de malaise que peut ressentir le participant. Elles sont administrées à la fin de chaque partie et ne fournissent pas de feedback quant aux réponses afin d'éviter tous biais pouvant influencer la partie suivante.

Une première VAS est administrée afin de mesurer le degré d'implication de la personne dans la tâche du Cyberball. Une échelle de Likert à 7 points, allant de 1 = « pas du tout impliqué » à 7 = « très impliqué », est utilisée pour inscrire les réponses. Ensuite, une autre VAS est complétée afin de mesurer le degré avec lequel les participants ont ressenti la présence de leur partenaire durant la tâche du Cyberball. Les résultats sont exprimés en pourcentage, allant de 0% à 100%.

Une autre VAS « manipulation check » évalue l'impact qu'a eu l'exclusion sociale engendrée par la tâche de Cyberball sur le participant. En effet, il est intéressant de mesurer l'impression d'inclusion (ou l'impression d'avoir reçu la balle des autres joueurs) de la personne. A nouveau, les réponses sont notées à l'aide d'un curseur de pourcentage, allant de 0% à 100%.

Enfin, une dernière échelle est utilisée afin de mesurer le degré de malaise ou d'inconfort du participant lors de la tâche du Cyberball. Elle est exprimée par une échelle de 0 à 100. La notion de souffrance n'est pas abordée en tant que telle dans le questionnaire ; ce sont plutôt des termes désignant un sentiment d'inconfort et/ou de malaise qui sont privilégiés.

2.3.5. Questionnaire sur les effets secondaires lors de l'administration de la tDCS :

Ce questionnaire consiste en une version francophone du questionnaire rédigé par Brunoni et al., (2011). Le questionnaire est administré en fin de chaque séance et a pour objectif d'évaluer les effets secondaires pouvant apparaître chez les participants lors de la stimulation (tDCS). Il est composé de 10 items portant sur 10 symptômes secondaires. Par ailleurs, une case intitulée

« autre » est également présente afin de laisser la possibilité au participant d'ajouter des effets supplémentaires s'il le souhaite. Une échelle d'intensité allant de « 1 = aucune » à « 4 = importante » est fournie pour répondre au questionnaire. De plus, une seconde échelle de « 1 = aucune » à « 5 = important » doit être complétée pour chaque symptôme, celle-ci concernant le lien avec la tDCS administrée.

2.4. IMAGES

Lors de la phase de recrutement, et plus spécifiquement au moment du questionnaire socio-démographique, les participants sont invités à fournir six photographies : trois de leur partenaire romantique et trois de leur meilleur.e ami.e. Il est important de souligner que la personne sélectionnée pour la condition « AMI » devait être du même sexe que le partenaire romantique, en se basant sur l'identité de genre et non sur l'apparence physique. Parmi ces six photos, deux étaient soigneusement choisies afin de créer des fonds d'écran personnalisés : l'une mettant en évidence le visage de l'ami.e, l'autre celui du partenaire romantique. Les images étaient recadrées à une taille standardisée de 325x388px et ajustées à une résolution de 150dpi à l'aide du logiciel GIMP (v2.10.38). C'est au moyen du logiciel Powerpoint (Microsoft 365) que les fonds d'écran étaient créés. Chaque photo était agencée sur un fond noir selon le modèle présenté ci-dessous, de manière à réserver un espace dédié à la tâche.

En synthèse, conformément au protocole de passation, trois fonds d'écran distincts ont été élaborés : un était dédié à l'entraînement, un autre à la condition « ami » et le dernier à la condition « amoureux ».

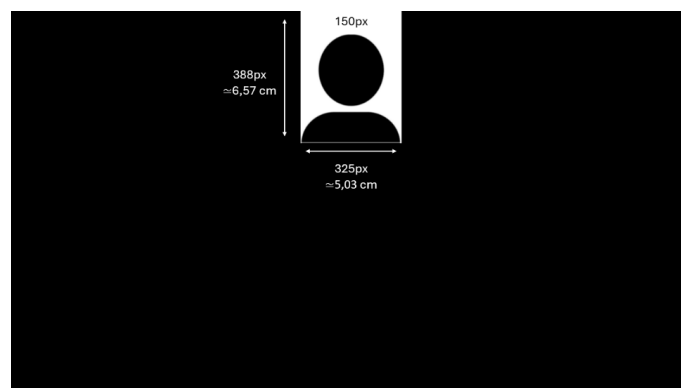


Figure 5 : *Fond d'écran d'entraînement (sans photo) illustrant le positionnement et les dimensions de l'image.*

2.5. CYBERBALL GAME

2.5.1. Aspects techniques

Comme dans l'étude précédente, un design en blocs a été utilisé ici afin de susciter l'effet attendu d'une situation sociale. Tous les participants ont pris part à deux sessions du jeu Cyberball, chacune comprenant quatre blocs successifs alternant inclusion et exclusion. L'objectif de cette alternance était de minimiser le risque que les participants perçoivent le jeu comme étant programmé à l'avance plutôt que réalisé en ligne avec des véritables joueurs. Pour garantir cette alternance, deux versions du jeu ont été conçues (1 ou 2) : l'une débutant par une phase d'inclusion, l'autre par une phase d'exclusion. Ces versions (1 ou 2) ont été attribuées de manière aléatoire aux participants. Chaque bloc comprenait 12 lancers de balle.

Après l'installation de la tDCS, le participant commençait par une partie d'entraînement au Cyberball, comprenant 16 lancers au cours desquels il était inclus par les autres joueurs. Cette phase visait à familiariser le participant avec les consignes du jeu et la visualisation mentale à effectuer (les détails concernant les différentes conditions liées à l'image et son positionnement figurent aux sections 2.2. et 2.4.). Il est important de noter qu'aucune image n'était présentée durant cette phase d'entraînement, contrairement aux deux parties expérimentales suivantes où une image différente restait affichée à l'écran pendant toute la durée de chaque partie. Lorsque l'entraînement était terminé et les 5 minutes respectives écoulées, la première partie de jeu expérimentale était lancée, celle-ci étant alors la version 1 ou 2 du jeu, comme expliqué ci-dessus. A la fin de cette dernière, le questionnaire composé de la PANAS et des VAS (expliqués dans la section 2.3.) était administré. Le même protocole était suivi pour la seconde partie de jeu, à l'exception du fait que l'attente des 5 minutes de stimulation n'étaient plus nécessaires.

Ci-dessous se trouve l'illustration de la disposition de l'image et du Cyberball à l'écran, lors de la phase d'entraînement.

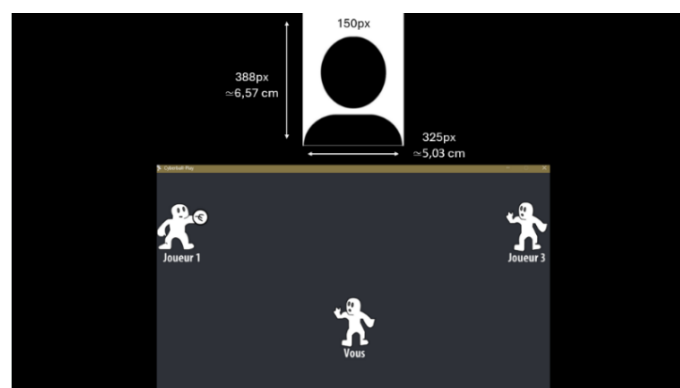


Figure 6. Illustration de l'écran d'entraînement d'un.e participant.e. Seules les photographies du partenaire romantique ou de l'ami.e étaient affichées, les mesures contournant l'image ne servant ici qu'à la représentation de ses dimensions.

2.6. RÉSUMÉ

Chaque participant complétait deux conditions d'image (visage de l'ami.e vs visage du partenaire amoureux), tout en étant assigné aléatoirement à une seule condition de stimulation (active versus SHAM). L'ordre de passation suivait l'un des six ordres aléatoires définis par le protocole combinant deux versions du jeu, deux ordres de présentation des visages et deux ordres de stimulation. Cette configuration permet un contrebalancement entre les différentes modalités expérimentales.

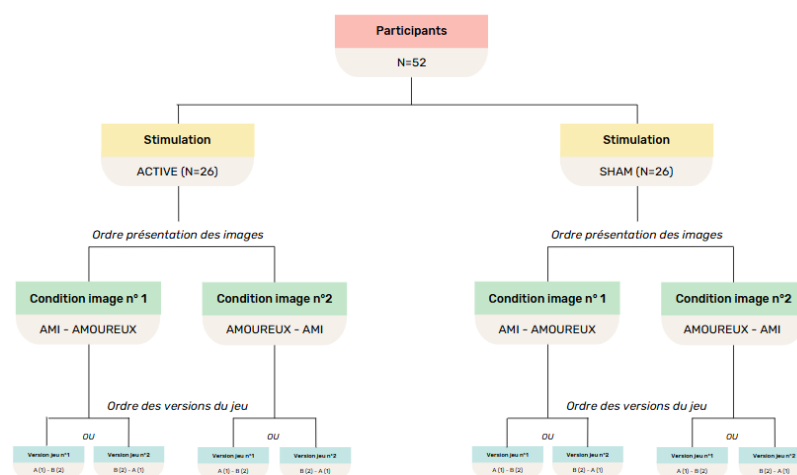


Figure 7. Organigramme des conditions expérimentales.

3. Analyses des données :

Dans le cadre de cette étude, plusieurs analyses ont été menées, dont une principale et plusieurs de nature exploratoire, à l'aide du logiciel JASP (JASP Team, 2023).

L'analyse principale consistait en une ANOVA à mesures répétées 2 (stimulation : actif vs SHAM) x 2 (image : ami.e vs amoureux.se), avec le niveau d'inconfort social comme variable dépendante.

Trois analyses exploratoires supplémentaires ont été réalisées. Les deux premières portaient sur les émotions négatives et positives ressenties par les participants lors des deux parties de jeu, à l'aide d'une ANOVA à mesures répétées 2 (stimulation : actif vs SHAM) x 2 (image : ami.e vs amoureux.se). La troisième analyse exploratoire examinait l'effet du sexe sur

la perception de la douleur sociale, à l'aide d'une ANOVA à mesures répétées 2 (sexe : hommes vs femmes) x 2 (images : ami.e vs amoureux.se).

La description détaillée de chacune de ces analyses est présentée dans la section « Résultats » ci-après.

VI. Résultats

Cette section regroupe les différents résultats obtenus lors de l'analyse statistique des données principale, ainsi que ceux récoltés lors de la réalisation des analyses exploratoires.

Il est à noter que les données individuelles sont accessibles et nécessitent une demande réalisée via l'adresse électronique (voir **Annexe 9.**), à l'expérimentatrice.

1. Tableaux récapitulatifs des données descriptives

Conditions (Images - tDCS)	Statistiques	Inconfort Social	Emotions Positives	Emotions Négatives
<i>Ami.e, Active</i>	Moyenne	40,2692	29,2308	14,2692
	Ecart-type	20,4755	9,1000	4,1042
	IC inf.	27,896	23,7089	11,7891
	IC sup.	52,6424	34,7299	16,7493
<i>Ami.e, Sham</i>	Moyenne	49,0385	28,9231	12,8077
	Ecart-type	26,299	7,0932	4,4454
	IC inf.	33,1462	24,6367	10,1214
	IC sup.	64,9308	29,2095	15,494
<i>Amoureux.se, Active</i>	Moyenne	48,2222	31,3077	13,3846
	Ecart-type	20,0487	9,0984	2,8993
	IC inf.	36,1069	25,8096	11,8646
	IC sup.	60,3375	36,8058	15,1366
<i>Amoureux.se, Sham</i>	Moyenne	62,3462	30,3846	12,0385
	Ecart-type	27,6535	6,6518	2,8633
	IC inf.	45,6354	26,365	10,3082
	IC sup.	79,057	34,4042	13,7688

Table 2. Moyennes et écart-types d'inconfort social et d'émotions positives et négatives dans chaque condition. M =moyenne, σ^2 = écart-type. Intervalles de confiance à 95% de certitude pour chaque moyenne de la table 4. (calculées avec le logiciel Excel et manuellement). IC inf. = valeur inférieure de l'intervalle de confiance. IC sup. = valeur supérieure de l'intervalle de confiance.

2. Induction de l'inconfort social par la tâche du Cyberball

2.1. Manipulation check

Une vérification de la manipulation a été effectuée afin de s'assurer que la tâche du Cyberball ait bien induit un sentiment d'exclusion sociale chez les participant.e.s. Pour ce faire, l'échelle VAS « manipulation check » a été administrée à l'issue de chaque partie de jeu. Dans un scénario de jeu équilibré, chaque joueur devrait recevoir la balle environ 33%, ce qui correspond à un nombre équitable de passes. Or, les participant.e.s ont estimé avoir reçu la balle et avoir été inclus.e.s dans le jeu à la hauteur moyenne de 24,16%. Ce taux étant inférieur aux 33%, suggère que les participants ont effectivement perçu leur exclusion de manière objective. Cette impression a également été confirmée lors des débriefings, au cours desquels plusieurs participant.e.s ont exprimé le sentiment d'exclusion.

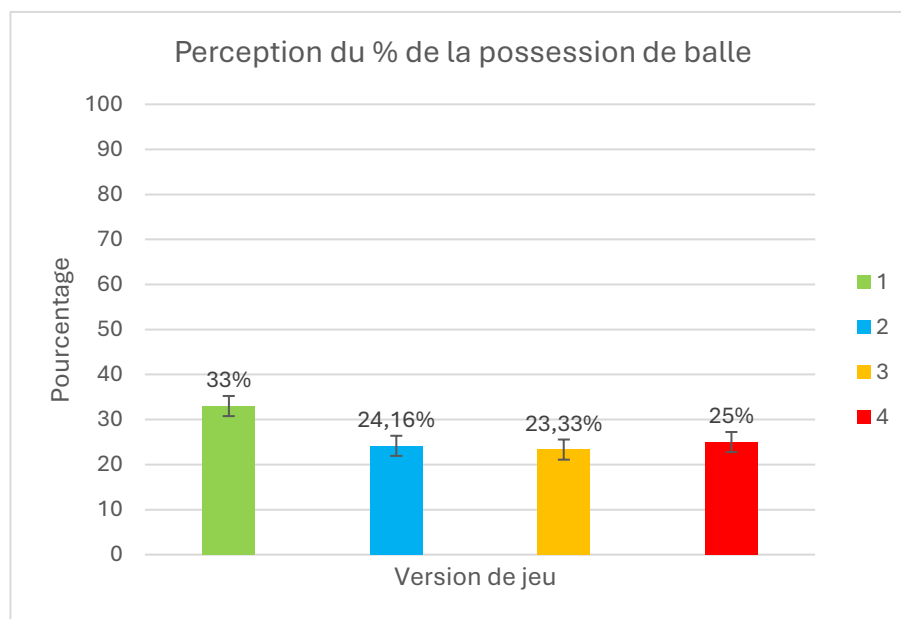


Figure 8. Graphique des pourcentages de possessions de balles par partie. En vert (1) = partie équilibrée. En bleu (2) = moyenne générale des deux parties. En jaune (3) = partie avec l'image du partenaire amoureux.se. En rouge (4) = partie avec l'image de l'ami.e.

3. Modèle expérimental principal : l'inconfort social

L'ANOVA à mesures répétées a révélé un effet principal statistiquement significatif de l'image ($F = 16.151$, $p = <.001$, $\eta^2_p = 0.244$). Cela met en évidence l'influence du visionnage de l'image du partenaire romantique sur la mesure de l'inconfort social à la suite de la participation au jeu du Cyberball.

L'effet principal de la tDCS sur l'inconfort social s'est révélé statistiquement non-significatif ($F = 3.667$, $p = 0.061$, $\eta^2_p = 0.068$). Cependant, la taille d'effet observée est moyenne selon les critères de Cohen, ce qui suggère une tendance vers un effet potentiellement intéressant. Ainsi, bien qu'il ne soit pas possible d'affirmer avec certitude une diminution de l'inconfort social chez les participants, les données indiquent une possible réduction de cette mesure suite à la stimulation anodique du CPFVL droit, lors des parties de jeu du Cyberball.

La présence d'une interaction significative entre la tDCS et l'image visionnée n'a pas été mise en évidence ($F = 1.301$, $p = 0.259$, $\eta^2_p = 0.025$). Cela indique que la stimulation active (anodique), combinée au visionnage des images, n'a pas entraîné de variation significative de la perception de l'inconfort social. La **figure 9**. témoigne de cette absence d'interaction entre les deux facteurs.

La **Table 3**. reprend les résultats obtenus de cette analyse et la **Figure 10**. illustre la distribution des données en fonction de chaque groupe.

Effets intra-sujets

Cas	Somme des carrés	dl	Moyenne des carrés	F	p	η^2_p
Conditions images	2793.471	1	2793.471	16.151	< .001***	0.244
Conditions images * type_stimulation	225.087	1	225.087	1.301	0.259	0.025
Residuals	8647.942	50	172.959			

Note. Somme des carrés de type III

Effets Inter-sujets

Cas	Somme des carrés	dl	Moyenne des carrés	F	p	η^2_p
type_stimulation	3566.163	1	3566.163	3.677	0.061	0.068
Residuals	48495.558	50	969.911			

Note. Somme des carrés de type III

Table 3. Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur l'inconfort social ressentie lors de la tâche de Cyberball.
Table produite par le logiciel JASP.

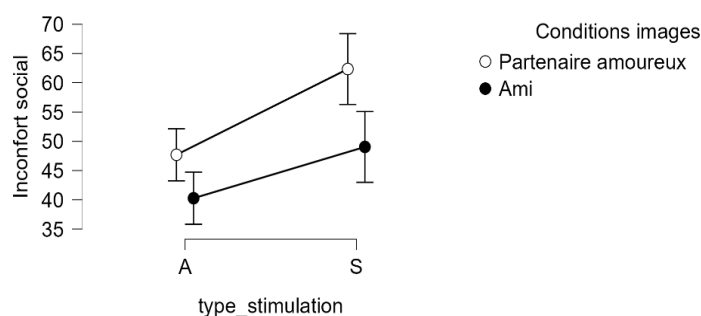


Figure 9. Graphique descriptif de l'ANOVA à mesures répétées sur la mesure d'inconfort social. Graphique produit par le logiciel JASP.

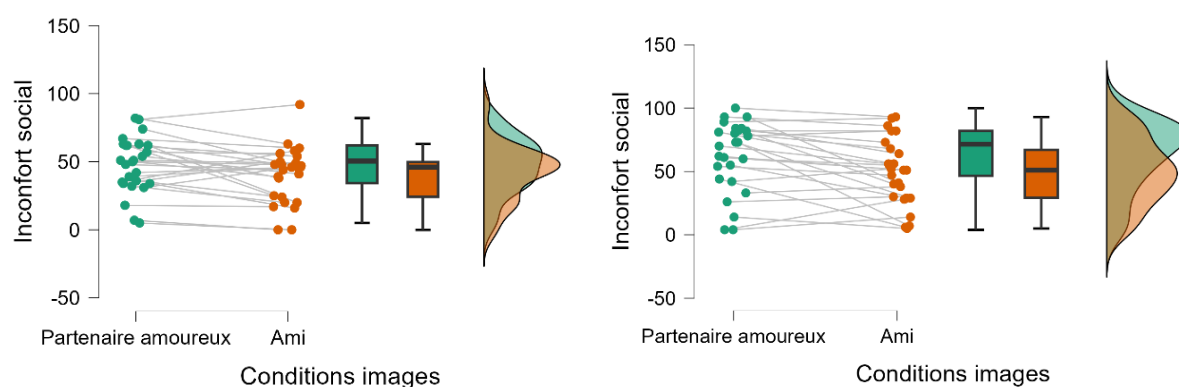


Figure 10. Graphiques en nuages de points, boîtes à moustache et distribution des scores d'inconfort social. À gauche = condition active ; À droite = condition SHAM. Graphiques produits par le logiciel JASP.

4. Modèles exploratoires

4.1. Emotions positives

La première ANOVA à mesures répétées, réalisée en analyse exploratoire, porte sur les émotions positives perçues lors de la tâche du Cyberball.

L'effet principal de la tDCS sur les émotions positives s'est révélé statistiquement non-significatif ($F = 1.258$, $p = 0.267$, $\eta^2p = 0.025$). Les données ne soulignent pas d'augmentation des émotions positives à la suite de la stimulation anodique du CPFVL droit, lors des parties de Cyberball.

L'ANOVA à mesures répétées ne permet pas de mettre en évidence une interaction statistiquement significative ($F = 0.197$, $p = 0.659$, $\eta^2p = 0.115$) de la tDCS et des images sur les émotions positives. Tel qu'observé dans la **Figure 11.**, les données récoltées montrent que

la stimulation active (anodique), combinée au visionnage des images, n'a pas entraîné de variation significative dans la perception des émotions positives lors de la tâche.

En revanche, l'effet principal de l'image s'est montré statistiquement significatif ($F = 6.509$, $p = 0.014$, $\eta^2_p = 0.115$), soutenu par une taille d'effet considérée comme petite selon les critères de Cohen. Cette analyse met en évidence que le visionnage de l'image du partenaire amoureux se implique un niveau d'émotions positives moindre par rapport à la condition ami.e.

La **Table 4.** contient les résultats de l'analyse exploratoire et la **Figure 12.** permet d'observer la distribution des données en fonction de chaque groupe.

Effets intra-sujets

Cas	Somme des carrés	dl	Moyenne des carrés	F	p	η^2_p
Conditions images	81.385	1	81.385	6.509	0.014**	0.115
Conditions images * type_stimulation	2.462	1	2.462	0.197	0.659	0.004
Residuals	625.154	50	12.503			

Note. Somme des carrés de type III

Effets Inter-sujets

Cas	Somme des carrés	dl	Moyenne des carrés	F	p	η^2_p
type_stimulation	67.846	1	67.846	1.258	0.267	0.025
Residuals	2697.615	50	53.952			

Note. Somme des carrés de type III

Table 4. Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur les émotions positives perçues. Table produite par le logiciel JASP.

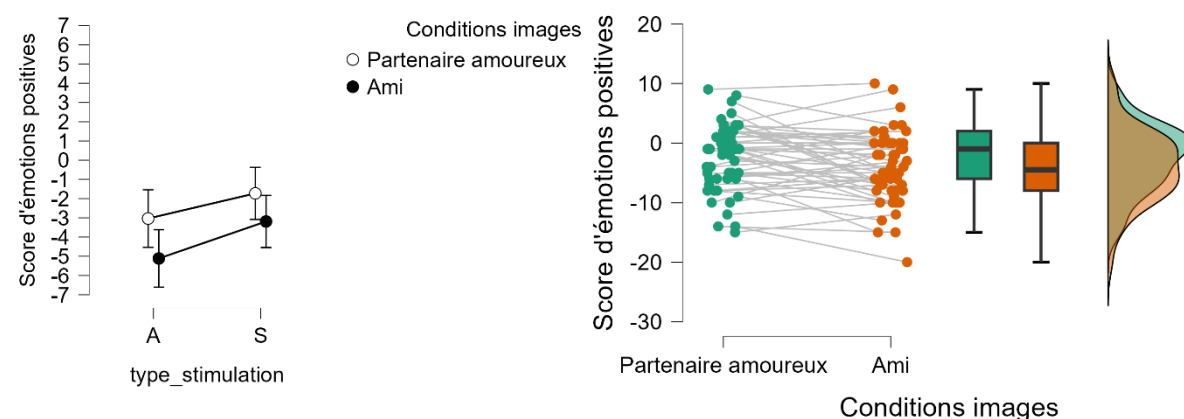


Figure 11. À gauche : Graphique descriptif de l'ANOVA à mesure répétée sur la mesure des émotions positives. À droite : Graphique de points montrant la distribution des scores d'émotions positives pour les deux conditions d'images (Partenaire amoureux et Ami), avec des boîtes à moustaches et des courbes de densité.

Figure 12. À droite : Graphique en nuages de points, boîtes à moustache et distribution des émotions positives (indépendamment de la condition de stimulation). Graphique produit par le logiciel JASP.

4.2. Emotions négatives

La seconde analyse exploratoire est également réalisée sous la forme d'une ANOVA à mesures répétées et concerne les émotions négatives perçues lors de la participation au jeu du Cyberball.

L'analyse statistique des données ne relève pas d'effet principal statistiquement significatif de la tDCS ($F = 0.014$, $p = 0.905$, $\eta^2_p = 2.879 \times 10^{-4}$) sur les émotions négatives perçues. Cela ne permet pas d'affirmer la diminution des émotions négatives par la tDCS anodique.

L'effet principal de l'image est, lui aussi, statistiquement non-significatif ($F = 3.059$, $p = 0.086$, $\eta^2_p = 0.058$) sur les émotions négatives perçues. Cependant, la taille d'effet observée se caractérise comme moyenne selon les critères de Cohen, ce qui suggère une tendance vers un effet potentiellement intéressant.

Il n'a également pas été relevé d'interaction statistiquement significative ($F = 0.015$, $p = 0.903$, $\eta^2_p = 2.977 \times 10^{-4}$) entre la tDCS et les images visionnées sur les émotions négatives perçues. La **Figure 13.** met en évidence l'absence d'interaction, soulignant que la stimulation active (tDCS anodique), combinée aux images n'influence pas les émotions négatives perçues par les participants lors de la tâche du Cyberball.

La **Table 5.** résume les résultats obtenus lors de cette analyse exploratoire et la **Figure 14.** illustre la distribution des données en fonction de chaque groupe.

Effets intra-sujets

Cas	Somme des carrés	dl	Moyenne des carrés	F	p	η^2_p
Conditions images	17.779	1	17.779	3.059	0.086	0.058
Conditions images * type_stimulation	0.087	1	0.087	0.015	0.903	2.977×10^{-4}
Residuals	290.635	50	5.813			

Note. Somme des carrés de type III

Effets Inter-sujets

Cas	Somme des carrés	dl	Moyenne des carrés	F	p	η^2_p
type_stimulation	0.779	1	0.779	0.014	0.905	2.879×10^{-4}
Residuals	2704.096	50	54.082			

Note. Somme des carrés de type III

Table 5. Résultats de l'ANOVA à mesures répétées sur les émotions négatives perçues. Table produite par le logiciel JASP.

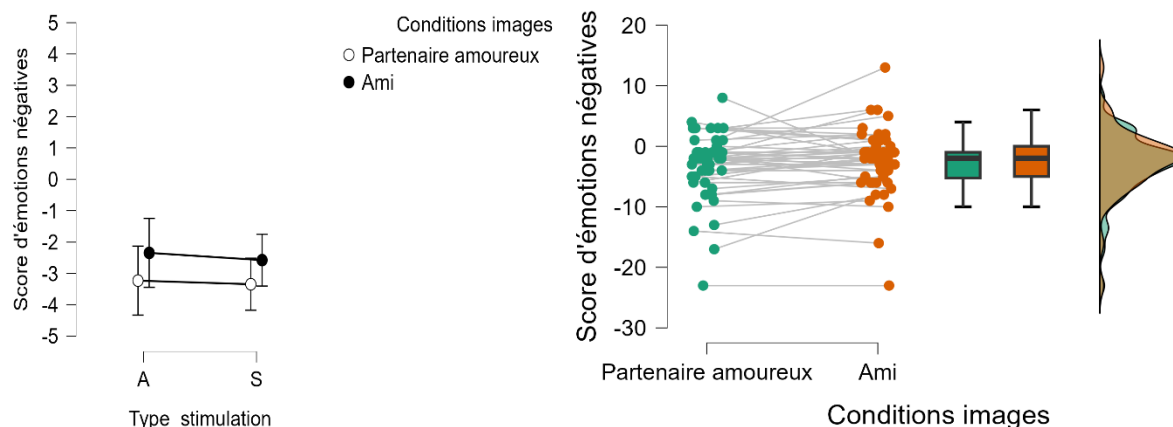


Figure 13. À gauche : Graphique descriptif de l'ANOVA sur la mesure des émotions négatives. Graphique produit par le logiciel JASP.

Figure 14. À droite : Graphique en nuages de points, boîtes à moustache et distribution des émotions négatives (indépendamment de la condition de stimulation). Graphique produit par le logiciel JASP.

4.3. Régression linéaire exploratoire entre le niveau d'amour (PLS) et l'inconfort social

Les résultats de la régression linéaire réalisée entre le niveau d'amour et l'intensité de l'inconfort social ressenti n'ont pas révélé d'effet significatif, que ce soit dans la condition active ($F = 0,0292$, $p = 0,866$) ou dans la condition SHAM ($F = 3,36 \times 10^{-4}$, $p = 0,986$). Ainsi, le niveau d'inconfort social perçu ne varie pas en fonction du score de niveau d'amour mesuré par la PLS. L'analyse complète est disponible en annexe (**Annexe 10.**)

4.4. Comparaison femmes/hommes sur la mesure d'inconfort social

Une ANOVA mixte a été réalisée en exploratoire afin de réaliser une comparaison entre les hommes et les femmes au niveau de l'inconfort social ressenti lors de la passation des deux conditions de l'image.

Les résultats obtenus n'indiquent pas d'effets significatifs ($F = 0.669$, $p = 0.417$, $\eta^2p = 0.013$) du sexe sur la perception de l'inconfort social. Ainsi, le sexe féminin n'apparaît pas comme un facteur explicatif suffisant d'un niveau d'inconfort social plus élevé.

L'analyse statistique n'a également pas permis de dégager une interaction statistiquement significative ($F = 0.122$, $p = 0.728$, $\eta^2p = 0.002$) entre les conditions de l'image (romantique vs ami.e) et le sexe (féminin vs masculin). La **Figure 15.** met en évidence l'absence

d'interaction, soulignant que le sexe combiné aux deux types d'images n'influence pas le niveau d'inconfort social perçu par les participants lors de la tâche du Cyberball.

L'effet principal de la condition de l'image sur l'inconfort social ressenti s'est toutefois montré statistiquement significatif ($F = 11.913$, $p = 0.001$, $\eta^2_p = 0.192$). Les données permettent d'avancer que le visionnage du visage du/ de la partenaire amoureux.se augmente l'inconfort social ressenti lors de la tâche d'exclusion sociale, particulièrement chez les femmes.

La **Table 6.** contient les résultats observés et la **Figure 16.** met en lumière la distribution des données en fonction de chaque condition et groupe.

Within Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2_p
Condition de l'image	2108.924	1	2108.924	11.913	0.001***	0.192
Condition de l'image * sexe	21.616	1	21.616	0.122	0.728	0.002
Residuals	8851.413	50	177.028			

Note. Type III Sum of Squares

Between Subjects Effects

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	η^2_p
Sexe	686.975	1	686.975	0.669	0.417	0.013
Residuals	51374.746	50	1027.495			

Note. Type III Sum of Squares

Table 6. Résultats de l'ANOVA à mesures répétées pour la comparaison hommes/femmes sur la mesure d'inconfort social, selon la condition de l'image. Table produite par le logiciel JASP.

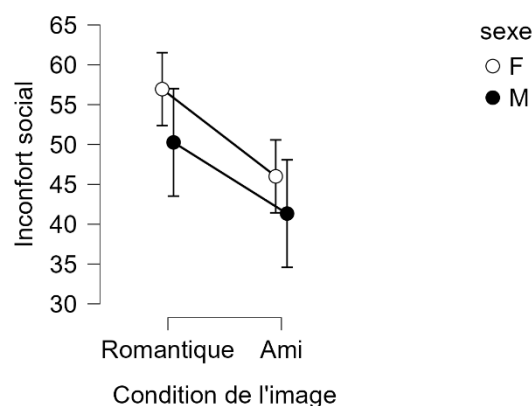


Figure 15. Graphique descriptif de l'ANOVA à mesures répétées sur la mesure d'inconfort social selon le sexe et en fonction de la condition de l'image. Graphique produit par le logiciel JASP.

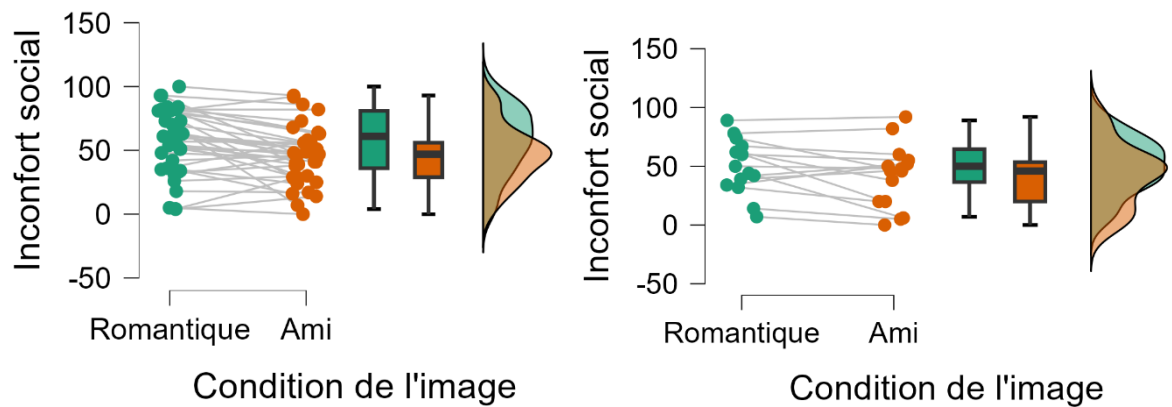


Figure 16. À droite : Graphique en nuages de points, boîtes à moustache et distribution de l'inconfort social chez les femmes, en fonction de la condition de l'image. À gauche : Graphique en nuages de points, boîtes à moustache et distribution de l'inconfort chez les hommes, en fonction de la condition de l'image. Graphiques produits par le logiciel JASP.

VII. Discussion

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche de réplication de l'étude menée par Saint-Mard (2023). Il a pour but d'approfondir la compréhension des mécanismes de régulation émotionnelle dans un contexte d'exclusion sociale. Plus précisément, ce mémoire vise à examiner l'influence d'une stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS) anodique ciblant le CPFVLd avec la présentation d'une photographie du visage du partenaire romantique sur les affects ressentis lors d'une situation d'exclusion sociale induite par la tâche du Cyberball de Williams et al. (2000). Il est attendu que chacune de ces deux variables réduise l'inconfort social perçu (la douleur sociale) et que leurs interactions entraînent une diminution encore plus marquée de cet inconfort. Par ailleurs, des analyses exploratoires ont été menées afin d'évaluer l'impact de ces facteurs sur les émotions positives et négatives ressenties lors de l'exclusion. Ces analyses évaluent également l'influence potentielle du sexe des participants sur le niveau d'ostracisme perçu. Bien que des effets aient été observés dans cette étude, les résultats ne confirment pas tous les hypothèses émises.

Les résultats du modèle expérimental principal révèlent un effet statistiquement significatif de la photographie sur l'inconfort social, soulignant ainsi l'influence que peut exercer le fait de regarder et de penser à son partenaire romantique sur notre manière de réguler nos émotions et nos réactions face à l'exclusion sociale (**Figure 12.**). Toutefois, cet effet va à l'encontre des hypothèses initialement émises : des études pionnières telles que celle de Eisenberger et al. (2003) avaient déjà souligné que la présence réelle ou imaginée du partenaire romantique est généralement associée à un soutien affectif plus fort que celui apporté par un.e ami.e et donc jouait ainsi un rôle d'analgésiant émotionnel face à l'inconfort social ressenti au cours de la tâche d'exclusion sociale.

Dans la présente étude, les participant.e.s ont déclaré s'être senti.e.s davantage mal à l'aise lorsqu'ils/elles étaient exposé.e.s à l'image de leur partenaire, en comparaison à l'exposition de l'image de leur ami.e. Ce vécu émotionnel plus négatif observé dans la condition « partenaire romantique » peut être mis en parallèle avec les données relatives à la perception de possession de la balle (**Figure 8.**) où les participant.e.s rapportaient avoir reçu la balle moins fréquemment lorsqu'ils/elles étaient face à la photographie de leur partenaire. Il est à savoir que la différence entre le pourcentage de possession de balle de chaque condition reste minime et n'a pas été analysée statistiquement dans le cadre de cette étude. Toutefois, une hypothèse peut en découler : cette perception de ne pas recevoir la balle aurait pu augmenter le sentiment

d'exclusion ainsi que l'inconfort. Une explication possible réside dans l'émergence d'une forme d'angoisse de performance. En effet, les commentaires recueillis auprès des participant.e.s après le débriefing indiquaient fréquemment un sentiment d'obligation de bien performer au cours de la tâche, bien que les consignes du Cyberball précisassent explicitement que la performance n'était pas évaluée (**Annexe 7.**). Malgré ces consignes, beaucoup d'entre eux ont évoqué le besoin de démontrer leurs compétences et de bien « jouer » face à leur partenaire romantique. En conséquence, ce sentiment a pu modifier l'expérience émotionnelle de l'exclusion sociale lorsqu'ils étaient face à l'image de leur partenaire amoureux, étant davantage concentrés sur leur performance et sur la possible réaction que cela pouvait engendrer chez leur partenaire. Ce besoin de bien faire s'explique ainsi par la perception implicite d'un regard évaluateur émanant du partenaire et ce, même en son absence.

De précédents auteurs ont également mis en lumière le rôle des dynamiques d'attachement dans la régulation émotionnelle lorsque des situations menaçantes (d'exclusion par exemple) surgissaient. Dans cette perspective, le/la partenaire romantique adopterait souvent ce rôle de figure d'attachement, offrant un soutien émotionnel. Cependant, lorsque cette figure est perçue comme inaccessible ou non soutenante, cela peut intensifier la perception des affects négatifs par l'individu (Feeney, 2004; Shaver & Mikulincer, 2014).

Cet effet contraire pourrait également être dû à l'absence de réactivité réelle du partenaire romantique (Maisel & Gable, 2009). Cette notion est importante, car elle souligne l'importance de la perception que le participant.e. a du soutien de son partenaire, l'être humain possédant des besoins fondamentaux de validation, de compréhension ainsi que de sollicitude (Reis, 2012, cité dans Maisel & Gable, 2009). Or, le partenaire n'étant pas réellement présent lors de la séance, il peut être difficile pour les participant.e.s d'anticiper la réaction du partenaire face à une situation d'exclusion sociale. Ils s'appuyaient sur la manière dont ils perçoivent leur partenaire dans leur vie de tous les jours. Mais, sans véritable interaction, ce soutien reste abstrait. La littérature appuie cette hypothèse en soulignant également qu'un niveau bas de réactivité perçu provoquerait les effets inverses d'un analgésiant, ne réduisant dès lors pas la perception de la douleur sociale (Benenson et al., 2013).

De fait, un lien peut également être fait avec un manque de contrôle des consignes sur la visualisation à effectuer de son partenaire, visualisation qui avait pour but d'aider la personne à s'imaginer en sa présence. Certains participant.e.s expliquaient qu'ils n'arrivaient pas à se créer une image propre du partenaire amoureux. Cela leur était également difficile au cours du

jeu du Cyberball auquel ils prenaient part. Face à cela, il est possible d'avancer qu'il leur était probablement difficile de ressentir le soutien émotionnel fourni par leur partenaire, soutien qui aurait dû les reconforter lors de l'exclusion sociale. Cependant, il est à souligner qu'il en est de même pour la condition « ami.e proche », démontrant une fragilité méthodologique à ce niveau (voir **Point VII.2.** Perspectives de recherche).

En parallèle, l'absence d'effet principal significatif de la tDCS ne permet pas d'affirmer que la stimulation du CPFVLd ait exercé une influence sur la réduction de l'inconfort social. Néanmoins, une taille d'effet proche du seuil conventionnel fixé par Cohen (1988) a été observé et suggère l'existence d'une tendance prometteuse de l'efficacité de la tDCS sur la réduction de l'inconfort social. Ces résultats vont dans le sens des recherches antérieures qui ont montré que la tDCS anodique du CPFVLd pouvait moduler les réponses émotionnelles face à l'exclusion sociale (Riva et al., 2012, 2014, 2015; Vergallito et al., 2018), bien qu'ici, ce ne soit pas détecté statiquement.

Une première explication possible réside dans le fait que malgré une puissance statistique suffisante (0,80) pour détecter un effet de taille faible ($d = 0,2$), l'effet observé de la tDCS sur l'inconfort social n'a pas atteint le seuil de significativité, bien que la taille d'effet partielle corresponde à un effet moyen. Cela suggère que, si un effet de la tDCS sur l'exclusion sociale existe dans cette étude, il est probablement très faible, voire négligeable, et qu'une variabilité importante limite sa détection. Cette situation pourrait s'expliquer par un problème de réplication de l'étude. En effet, les ajustements apportés au protocole et les variables inter-individuelles peuvent fréquemment modifier la manière dont va réagir la région cérébrale ciblée par la tDCS (Jamil & Nitsche, 2017; Li et al., 2015; Vergallito et al., 2022; Woods et al., 2015). Dans le cas présent, la seule modification méthodologique concernant la distribution de la stimulation a été de privilégier une unique séance plutôt que deux sessions espacées d'une semaine. De surcroît, le problème de réplication demeure toujours un enjeu majeur dans les études scientifiques, car il engendre un bruit méthodologique susceptible de compromettre la validité interne de l'étude et de masquer d'éventuels effets réels, tels que celui attendu de la tDCS sur l'exclusion sociale (Freedman et al., 2015; Miłkowski et al., 2018; Open Science Collaboration, 2015).

Par ailleurs, l'absence d'effets observés à la suite de la stimulation anodique pourrait également être liée à une activation insuffisante du cortex cingulaire antérieur droit (CCAd). Pour rappel, le CCAd est une région cérébrale jouant un rôle clef dans le traitement de la

douleur sociale, notamment en cas d'exclusion sociale (Eisenberger et al., 2003; He et al., 2018; Vergallito et al., 2018). Il est donc plausible que la stimulation du CPFVLd par la tDCS n'ait pas induit une inhibition suffisante du CCAd, empêchant ainsi l'interprétation adéquate des signaux menaçants et freinant la régulation émotionnelle chez l'individu. Cependant, dans le cadre de cette étude, aucune donnée d'imagerie ne permet d'affirmer que cette inhibition du CCAd ait effectivement eu lieu. Il serait nécessaire dans le futur, d'introduire des mesures neurophysiologiques ou de recourir à des techniques d'imageries cérébrales (voir **Point 6.** « Limites de l'étude »). Ces dernières seront introduites au **Point VII.2.** « Perspectives de recherches ».

Une autre explication possible réside dans le fait que la tâche expérimentale du Cyberball n'a peut-être pas induit un véritable malaise social chez les participant.e.s. Bien que le pourcentage de possession de balles au cours des parties (24,16%) suggère que l'exclusion ait bien été perçue, plusieurs facteurs peuvent limiter l'impact émotionnel attendu. C'est le cas de la crédibilité du scénario de jeu expérimental perçue, qui semble propre à chaque individu (Zadro et al., 2004). Certains participant.e.s avaient souligné en fin de séance qu'ils s'étaient rendus compte, lors de la deuxième partie, que le jeu avait été programmé et ne se déroulait pas en ligne, comme il avait été annoncé lors des consignes (**Annexe 7.**). Il est dès lors possible que les participant.e.s ne soient pas parvenus à s'immerger dans le jeu, en raison d'un manque d'authenticité ou de réalisme de la tâche. Ce manque d'implication émotionnelle pourrait avoir involontairement atténué l'intensité des réponses affectives négatives que la tâche du Cyberball était censée susciter. Dans cette même optique, chaque individu dispose d'une sensibilité propre face au rejet social, influencée par ses expériences relationnelles passées. Dès lors, la tâche du Cyberball n'a pas nécessairement eu le même impact émotionnel pour tou.te.s les participant.e.s : certain.e.s ont pu ressentir l'exclusion sociale comme une atteinte personnelle, tandis que d'autres l'ont interprétée comme un simple jeu sur l'ordinateur (DeWall et al., 2012).

Ainsi, bien qu'un effet principal de la photographie sur l'inconfort social ait été observé, aucune interaction significative n'a été mise en évidence entre la tDCS anodique appliquée sur le CPFVLd et les conditions de visualisation (partenaire romantique vs ami.e). Il est possible que la tDCS, telle qu'elle a été administrée dans cette étude, n'ait pas été suffisante pour renforcer l'effet déclenché par la simple visualisation du visage du partenaire amoureux dans une situation d'exclusion sociale.

Dans la continuité de l'analyse principale, deux analyses exploratoires ont été menées pour d'approfondir la compréhension des effets de la tDCS et de la nature des images présentées, en distinguant plus précisément leur influence sur les émotions positives et négatives ressenties. Les résultats prolongent donc ceux obtenus lors de l'analyse principale, en mettant en évidence des tendances similaires.

Comme précédemment observé, dans l'analyse ciblant les émotions tant positives que négatives, la tDCS n'exerce aucune réduction ou augmentation de ces réponses émotionnelles, comme relevé sur l'échelle PANAS (**Figures 11. et 13.**). Il en est de même pour l'interaction entre le type d'image (romantique vs ami.e) et la forme de stimulation (active vs SHAM) qui n'atteint pas le seuil de significativité, soulignant une absence d'effet de leur combinaison. L'absence de ces effets et de l'interaction vient appuyer les résultats trouvés dans l'analyse principale : la stimulation anodique du CPFVLd, dans les conditions de cette étude ne suffit pas à moduler de manière fiable l'expérience émotionnelle, qu'il s'agisse de l'inconfort social ou des émotions ressenties au cours de la séance.

En revanche, les résultats issus du modèle exploratoire portant spécifiquement sur les émotions positives révèlent un effet significatif de la photographie du/de la partenaire amoureux.se sur ces dernières (**Figure 12.**). Cependant, cet effet s'avère une nouvelle fois contraire à l'hypothèse formulée initialement, hypothèse selon laquelle le fait d'observer le visage de la personne que l'on aime tout en pensant à elle renforcerait les affects positifs. Dans le cas présent, la perception du partenaire romantique génère moins d'émotions positives que celle de l'ami.e proche. Concernant les émotions négatives, bien qu'aucun effet statistiquement significatif n'ait été observé, la taille d'effet partielle suggère une tendance : la perception du/de la partenaire romantique engendrée par la photographie est associée à un niveau d'émotions négatives moindre par rapport aux émotions ressenties lorsque l'image présentée est celle de l'ami.e (**Figure 14.**). Ces résultats font écho aux constats déjà discutés dans l'analyse principale et renforcent l'idée que le rôle de figure d'attachement qu'adopte fréquemment le/la partenaire ne joue pas toujours le rôle protecteur et réconfortant attendu.

Ensuite, la régression exploratoire entre le niveau d'amour et l'inconfort social n'a pas permis de mettre en évidence une relation significative entre ces deux variables. Ces résultats ne soutiennent pas l'hypothèse qu'un score élevé à la PLS constitue un avantage en termes d'effet protecteur et analgésiant face à l'inconfort social. Autrement dit, être plus ou moins

amoureux de son/sa partenaire ne semble pas réduire ces affects négatifs lors d'une situation d'exclusion sociale.

Enfin, la dernière analyse exploratoire vise à déterminer si le sexe des participant.e.s (femmes vs hommes) influencerait l'intensité de l'inconfort social ressenti lors de la tâche du Cyberball. La littérature souligne que les femmes sont généralement plus susceptibles de vivre des situations de rejet social, et en percevraient l'impact émotionnel de manière plus forte (Benenson et al., 2013; Hwang & Mattila, 2019). Il a été constaté lors de cette comparaison, une différence notable entre les femmes et les hommes concernant le niveau d'inconfort social ressenti au cours de la tâche du Cyberball. En effet, les femmes rapporteraient un inconfort plus élevé que les hommes, ce qui est cohérent avec les recherches sur le sujet et confirme en partie l'hypothèse émise initialement (**Figure 16.**). Les résultats mettent également en évidence que les affects négatifs liés à l'exclusion seraient davantage prononcés chez les femmes lorsque le visage du/de la partenaire romantique était présenté à l'écran. Cette observation va, encore une fois, à l'encontre de l'hypothèse initiale ainsi que des résultats issus de certaines études antérieures. Par ailleurs, pour les hommes comme pour les femmes, la condition impliquant la photographie du proche semble, globalement, avoir produit le même effet que celui attendu pour le/la partenaire romantique, à savoir une réduction de l'inconfort social. Toutefois, l'écart relevé entre les deux sexes persiste, indiquant que les femmes rapportent systématiquement un niveau d'inconfort plus élevé que les hommes quel que soit la condition de l'image.

Une première explication, proposée notamment par l'étude de Vaillancourt et al., (2024), réside en une sensibilité accrue du genre féminin aux indices sociaux d'une exclusion. Les femmes, souvent décrites comme étant davantage connectées à leurs corps, percevraient plus rapidement les signaux d'un rejet social et y réagiraient de manière plus intense que les hommes. Toujours dans cette optique, une seconde explication seraient que les liens relationnels diffèreraient selon le genre. En effet, les femmes tendraient à nouer des liens plus intimes et affectifs, tandis que les hommes auraient tendance à mobiliser les relations sociales de manière plus stratégique (Benenson et al., 2013). Ainsi, la nature des liens varie, et lorsque ceux-ci se rompent, les réactions émotionnelles diffèrent, entraînant souvent une intensité plus marquée de la douleur sociale chez les femmes, en raison de la profondeur de leurs attachements.

Par conséquent, cette étude visait initialement à confirmer les effets de la présence symbolique du/de la partenaire romantique ainsi que de la tDCS sur le CPFVLd, dans le

contexte d'une régulation émotionnelle face à une situation d'exclusion sociale. Contrairement aux hypothèses anticipées, aucune influence de la tDCS n'a été observée, et la simple exposition à un indice visuel du/de la partenaire romantique n'a pas permis d'atténuer l'inconfort social ressenti. Au contraire, elle a renforcé et intensifié les affects négatifs ressentis au cours de la tâche.

Ces résultats suggèrent que l'amour romantique ne constitue pas toujours une source de réconfort émotionnel, même si c'est le rôle qui lui est habituellement attribué dans la littérature. Cette forme d'amour ou d'attachement, bien qu'associée à l'intimité et au soutien émotionnel, peut également activer de fortes tensions émotionnelles contradictoires pour l'individu, notamment à travers des mécanismes liés à la peur d'être évalué.e par sa moitié en contexte de menace sociale. Il s'agit d'un état complexe créant des liens profonds et sécurisants, mais loin d'être un refuge émotionnel inconditionnel. Il peut également créer une forte vulnérabilité émotionnelle. Cette ambivalence met en évidence la complexité de l'amour romantique, en soulignant notamment la nécessité d'intégrer une perspective plus nuancée de l'attachement amoureux dans les recherches futures. Quant à la tDCS, ses effets sur la régulation émotionnelle restent modestes et non significatifs, rappelant les limites actuelles de la tDCS dans la modulation de processus affectifs complexes. Ces résultats incitent à poursuivre les recherches en affinant les protocoles expérimentaux et en tenant compte des variables interindividuelles.

Ainsi, si la présente étude n'apporte pas la confirmation attendue des effets analgésiants de l'amour romantique ou de la tDCS, elle permet néanmoins de mettre en lumière la richesse et la complexité des mécanismes impliqués dans la régulation émotionnelle en situation d'ostracisme (exclusion sociale). Elle invite à repenser l'idéalisation du lien amoureux, comme un phénomène ambivalent, dont les effets varient selon le contexte relationnel et émotionnel.

1. Limites de l'étude

Une première limite méthodologique concerne le protocole expérimental utilisé. En effet, à la lors du débriefing, de nombreux participant.e.s ont exprimé une forme d'attente quant à la seconde partie de la tâche du Cyberball, après avoir été exclu.e.s lors de la première. Ce phénomène laisse à penser qu'il pourrait s'agir d'une habitude à la tâche, notamment dûe au fait que les deux parties se succédaient. En effet, sans intervalle suffisamment long entre les deux phases, les participant.e.s ont pu garder en mémoire l'expérience vécue lors de la première partie, ce qui leur a permis d'anticiper le déroulement de la seconde partie. La structure du

protocole aurait ainsi pu réduire l'effet de nouveauté, qui est un facteur essentiel pour susciter une réaction émotionnelle plus intense. Dans la précédente étude de Saint-Mard (2023), deux sessions distinctes étaient nécessaires et ce biais d'habituation y avait déjà été observé. Bien que le regroupement des sessions sur une même journée ait probablement atténué cet effet, il ne semble pas l'avoir éliminé entièrement.

Une deuxième limite majeure de la tâche du Cyberball est son caractère artificiel et pas toujours représentatif de la complexité des vraies interactions sociales. Cette simulation, censée provoquer un sentiment d'exclusion sociale, pourrait avoir perdu de son efficacité dans le contexte de cette étude (Eisenberger et al., 2003; Zadro et al., 2004). En effet, plusieurs participant.e.s ont rapidement perçu qu'il s'agissait d'un jeu programmé, et non d'une véritable interaction en ligne, ce qui a pu diminuer leur engagement émotionnel et fausser leur perception de l'exclusion, la rendant moins intense. Il pourrait s'agir d'un mécanisme automatique de régulation émotionnelle : les participant.e.s savaient que c'était « fait exprès » et ont pris de la distance pendant la tâche, ce qui affaiblit la crédibilité du jeu du Cyberball.

De plus, les photographies utilisées comme indices relationnels n'ont peut-être pas induit l'effet escompté, en raison de leur rigidité. Une simple image statique du visage du/de la partenaire amoureux.se peut ne pas avoir été un indice suffisamment fort pour évoquer une présence perçue comme réelle et émotionnellement significative pour les participant.e.s. Il serait intéressant d'utiliser des indices plus dynamiques comme un enregistrement de la voix ou une vidéo muette, augmentant la chance de susciter une réponse émotionnelle plus intense et surtout plus personnelle. Néanmoins, l'efficacité de ces alternatives reste à vérifier car l'attention des participant.e.s, déjà rapportée comme fragile lors de cette étude, pourrait être partagée entre l'indice visuel et la tâche du Cyberball elle-même, risquant alors de réduire l'impact de l'exclusion sociale simulée.

A cela s'ajoute une limite méthodologique directement liée au protocole de la tDCS utilisé. Il est possible que les paramètres choisis pour la stimulation n'aient pas été optimaux dans ce contexte spécifique. De plus, un biais d'échantillonnage ne peut être exclu, en raison de la grande variabilité inter-individuelle souvent observée dans les réponses à la tDCS. Bien que cette méthode ait démontré son efficacité dans plusieurs études antérieures (Das et al., 2016; Dehghani et al., 2025; Vergallito et al., 2018) et présente l'avantage d'être relativement facile à mettre en œuvre, elle reste encore sujette à certaines imprécisions techniques, notamment en ce qui concerne le ciblage précis de la région à stimuler. Dans le cadre de ce mémoire, la

stimulation anodique du CPFVLd, censée moduler l'activité du CCAd, n'a pas pu être confirmée avec précision. Une vérification par imagerie cérébrale aurait permis de s'assurer que la zone ciblée était bien activée, en tenant compte des différences individuelles telles que la forme du crâne, l'épaisseur des os ou encore la position des régions cérébrales. L'absence de cette confirmation pourrait expliquer le manque d'effet statistiquement significatif observé, malgré une tendance apparente relevée dans le modèle principal, suggérant que la stimulation anodique appliquée ait pu être trop diffuse ou mal localisée.

En ce qui concerne les analyses exploratoires, plusieurs limites liées à la composition de l'échantillon doivent être soulignées. Tout d'abord, bien que l'homogénéité des variances ait été vérifiée et respectée, un déséquilibre important est présent entre les sexes, avec un total de 35 femmes pour 17 hommes. Cette prédominance féminine dans l'échantillon pourrait avoir influencé les résultats. En effet, comme souligné précédemment, plusieurs études ont démontré que les femmes ressentaient davantage les affects négatifs, et ce de manière plus intense ou plus fréquente que les hommes, notamment dans des contextes d'exclusion sociale (Benenson et al., 2013). Ce biais potentiel doit donc être pris en compte lors de l'interprétation des résultats.

Une autre limite importante réside dans le manque de mesures permettant de contrôler certaines variables psychologiques individuelles, telles que le style d'attachement ou encore les croyances personnelles relatives à l'amour romantique. Bien que la Passionate Love Scale (PLS) ait été utilisé pour évaluer le degré de passion amoureuse ressenti, cette échelle a pour objectif de mesurer spécifiquement l'amour passionnel et non l'amour romantique. Ces deux formes d'amour sont certes, étroitement liées mais reposent sur des fondements distincts, soulignant que chaque type de relation possède ses propres caractéristiques pouvant engendrer des formes de soutien ou de réconfort émotionnel différentes selon l'individu (abordé au **Point 6.**)

2. Perspectives de recherche

La réalisation de ce mémoire met en lumière la nécessité de poursuivre de plus amples recherches dans ce domaine, afin de permettre l'approfondissement des rôles essentiels de l'Amour et des techniques de stimulation non invasives dans la régulation de mécanismes complexes tels que les émotions. Bien que la notion d'Amour circule communément dans notre société comme un état connu et acquis, il réside en réalité dans un processus en constante

évolution, impliquant des phénomènes encore largement méconnus. Il en est de même avec la tDCS, qui révèle encore des incertitudes quant à son véritable mode de fonctionnement.

Ainsi, en lien avec cette étude, une première perspective de recherche serait d'introduire l'utilisation de techniques d'imagerie cérébrale telles qu'une IRM fonctionnelle ou encore un EEG, afin d'analyser l'activité des régions cérébrales ciblées, notamment le CPFVLd et le CCAd (Wang et al., 2017). Cette approche permettrait de vérifier si les régions impliquées dans la douleur sociale, lors d'un rejet, sont effectivement stimulées et activées. Les mesures récoltées permettraient également d'élargir la compréhension des mécanismes sous-jacents, en explorant l'éventuelle participation d'autres circuits dans la régulation émotionnelle. Par souci de faisabilité, cette combinaison de méthodes n'a pas pu être mise en place dans le cadre de cette étude mais elle constitue une piste prometteuse pour des études à plus grande échelle.

Par ailleurs, il serait intéressant d'investiguer davantage sur les capacités de visualisation des participant.e.s, celles-ci faisant partie intégrante de la consigne fournie avant le lancement du Cyberball. Certains participant.e.s ne parvenaient pas à visualiser la personne affichée à l'écran quelle que soit la condition de l'image, rendant ainsi la perception des affects difficile et l'immersion dans la tâche incomplète. Il en était de même pour le jeu de passes de balle.

Dans la même lignée, la création de contextes d'exclusion sociale plus naturels et immersifs, à base du paradigme du Cyberball Game classique, pourrait favoriser une induction plus authentique des affects négatifs. Une piste intéressante en ce sens réside dans l'utilisation de la réalité virtuelle (RV). De récentes études ont en effet eu recours à la réalité virtuelle pour reproduire un environnement semblable à celui du jeu du Cyberball de Williams et al. (2000), la différence étant que cette version du jeu est en 3D. D'autres auteurs ont également développé des simulations en réalité virtuelle reproduisant des situations de la vie quotidienne, telles que des interactions sociales avec un groupe de personnes dans lequel une exclusion aura lieu (Prendergast & Schubert, 2020). L'objectif de ces études est d'immerger les participants dans un environnement réaliste et dynamique, reflétant au mieux les interactions sociales de la vie quotidienne. Dans ce type de dispositif, il serait également envisageable d'intégrer la photographie du ou de la partenaire romantique, ainsi que celle de l'ami.e proche. Dans la même optique, l'ajout virtuel d'une quatrième personne représentant une des deux figures pourrait s'avérer intéressante afin de recréer une situation réelle et plus écologique. Ainsi, les participant.e.s pourraient être immergé.e.s dans un échange, allant au-delà de la simple contemplation d'une image statique. Cependant, la réalité virtuelle reste un outil coûteux et

requiert une expertise sur son fonctionnement et sa mise en œuvre, ce qui peut constituer un frein à son utilisation dans certains contextes de recherche.

Une autre perspective intéressante serait d'inclure les deux membres de la dyade dans le protocole expérimental de l'étude. Cette approche permettrait d'examiner les éventuelles différences relationnelles entre les partenaires, en considérant que chacun.e est un individu à part entière, avec des caractéristiques propres alimentées par son expérience et son histoire personnelle. Il convient de souligner que chaque personne cherche à établir un lien d'attachement qui lui correspond. Cela peut influencer la manière dont il perçoit et vit la relation, confortant la pertinence d'inclure les deux points de vue afin de comprendre la dynamique conjugale (Simpson & Rholes, 2017). En conséquence, il est essentiel de prendre en compte les différences individuelles de chaque personne dans ce type d'étude, celles-ci pouvant exercer une influence significative sur les mécanismes de régulation émotionnelle des participant.e.s.

Enfin, malgré le fait que cette piste ait déjà été relevée dans l'étude de Saint-Mard (2023), l'analyse de la perception du temps passé dans la tâche n'a pas été effectuée ici. Il serait intéressant d'explorer cette mesure, celle-ci ayant été fréquemment relevée par les participant.e. Ces derniers affirmaient en effet que la durée de la tâche leur semblait plus courte lorsque la photographie affichée était celle de leur partenaire.

VIII. Conclusion

La réalisation de ce mémoire s'inscrit dans la continuité de travaux précédents ayant mis en lumière les effets analgésiants et protecteurs de la visualisation du/de la partenaire amoureux.se ainsi que de la stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS) face à la douleur sociale engendrée par un rejet d'exclusion sociale. Plus précisément, ce travail vise à démontrer que l'amour romantique, par sa présence réconfortante, offre à l'individu une stabilité émotionnelle durable, lui procurant un soutien à la fois fort et bienveillant face aux signaux menaçant son intégrité. Par ailleurs, les méthodes de stimulation non invasives telles que la tDCS apparaissent comme prometteuses en raison de leur efficacité dans la réduction de l'inconfort social (douleur sociale) ressenti au cours de situations d'exclusion sociale. Bien qu'aucun effet significatif de la tDCS anodique sur le CPFVLd n'ait été observé, une influence notable du visage du/de la partenaire amoureux.se a été observée sur la perception de l'inconfort social ainsi que sur les émotions positives. Néanmoins, cet effet va à l'encontre des hypothèses initialement émises, révélant que la simple présence symbolique du/de la partenaire romantique ne joue pas systématiquement un rôle protecteur face à l'exclusion sociale induite par le paradigme du Cyberball. Enfin, il est important de rappeler que chaque individu, qu'il fasse ou non l'expérience de l'amour, avec son vécu unique, réagit différemment, ce qui peut expliquer en partie la variabilité des effets observés.

IX. Bibliographie

- Acevedo, B. P., Aron, A., Fisher, H. E., & Brown, L. L. (2012). Neural correlates of long-term intense romantic love. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(2), 145-159. <https://doi.org/10.1093/scan/nsq092>
- Aron, A., Aron, E. N., Tudor, M., & Nelson, G. (1991). Close relationships as including other in the self. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 241-253.
- Aron, A., Fisher, H., Mashek, D. J., Strong, G., Li, H., & Brown, L. L. (2005). Reward, Motivation, and Emotion Systems Associated With Early-Stage Intense Romantic Love. *Journal of Neurophysiology*, 94(1), 327-337. <https://doi.org/10.1152/jn.00838.2004>
- Bartels, A., & Zeki, S. (2000). The neural basis of romantic love. *Neuroreport*, 11(17):3829-34. DOI, 10 1097 00001756-200011270-00046.
- Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1995). The need to belong : Desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. *Psychological Bulletin*, 117(3), 497 529. <https://doi.org/10.1037/ 0033-2909.117.3.49>
- Benenson, J. F., Markovits, H., Hultgren, B., Nguyen, T., Bullock, G., & Wrangham, R. (2013). Social Exclusion : More Important to Human Females Than Males. *PLoS ONE*, 8(2), e55851. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055851>
- Brunoni, A. R., Amadera, J., Berbel, B., Volz, M. S., Rizzerio, B. G., & Fregni, F. (2011). A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 14(8), 1133-1145. <https://doi.org/10.1017/S1461145710001690>
- Cohen et al. (2013). *Intentional and Incidental Self-Control in Ventrolateral Prefrontal Cortex*. https://www.researchgate.net/publication/255993517_Intentional_and_Incidental_Self-Control_in_Ventrolateral_Prefrontal_Cortex
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2^e éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Collongues, N., Cretin, B., de Seze, J., & Blanc, F. (2011). Amours et neurologie. *Revue Neurologique*, 167(2), 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2010.03.023>
- Das, S., Holland, P., Frens, M. A., & Donchin, O. (2016). Impact of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) on Neuronal Functions. *Frontiers in Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00550>
- Dehghani, A., Bango, C., Murphy, E. K., Halter, R. J., & Wager, T. D. (2025). Independent effects of transcranial direct current stimulation and social influence on pain. *Pain*, 166(1), 87-98. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000003338>
- DeWall, C. N., Masten, C. L., Powell, C., Combs, D., Schurtz, D. R., & Eisenberger, N. I. (2012). Do neural responses to rejection depend on attachment style? An fMRI study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(2), 184-192. <https://doi.org/10.1093/scan/nsq107>
- Eisenberger et al.,. (2003). Does Rejection Hurt? An fMRI Study of Social Exclusion.Science302, 290-292. DOI. <https://doi.org/10.1126/science.1089134>

- Eisenberger, N. I. (2012a). The pain of social disconnection : Examining the shared neural underpinnings of physical and social pain. *Nature Reviews Neuroscience*, 13(6), 421-434. <https://doi.org/10.1038/nrn3231>
- Eisenberger, N. I. (2012b). The pain of social disconnection : Examining the shared neural underpinnings of physical and social pain. *Nature Reviews Neuroscience*, 13(6), 421-434. <https://doi.org/10.1038/nrn3231>
- Eisenberger, N. I. (2015). Meta-analytic evidence for the role of the anterior cingulate cortex in social pain. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(1), 1-2. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu120>
- Etkin, A., Egner, T., & Kalisch, R. (2011). Emotional processing in anterior cingulate and medial prefrontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(2), 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.11.004>
- Fall, A. (2019). *Rôles différentiels du cortex cingulaire antérieur sous-génual et de l'insula antérieure dans la régulation des conséquences socio-affectives de l'exclusion sociale chez le rat* [Phdthesis, Sorbonne Université]. <https://theses.hal.science/tel-03141338>
- Feeney, B. (2004). Working Models of Attachment Shape Perceptions of Social Support : Evidence From Experimental and Observational Studies. *Journal of personality and social psychology*, 87, 363-383. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.3.363>
- Freedman, L. P., Cockburn, I. M., & Simcoe, T. S. (2015). The Economics of Reproducibility in Preclinical Research. *PLOS Biology*, 13(6), e1002165. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002165>
- Friebs, M. A., Frings, C., & Hartwigsen, G. (2021). Effects of single-session transcranial direct current stimulation on reactive response inhibition. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 128, 749-765. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.07.013>
- Gaudreau, P., Sanchez, X., & Blondin, J. P. (2006). Positive and negative affective states in a performance-related setting testing the factorial structure of the PANAS across two samples of French-Canadian participants. *European Journal of Psychological Assessment*, 22(4), 240-249. <https://doi.org/10.1027/1015-5759.22.4.240>
- Hartwig. (2015). All You Need is Love. *Journal of Critical Realism*, 14(2), 205-224,. <https://doi.org/10.1179/1476743015Z.00000000061>
- Hatfield, E., & Sprecher, S. (1986). Measuring passionate love in intimate relationships. *Journal of Adolescence*, 9(4), 383-410. [https://doi.org/10.1016/S0140-1971\(86\)80043-4](https://doi.org/10.1016/S0140-1971(86)80043-4)
- Hatfield, E., & Walster, G. W. (1978). *A new look at love*. University Press of America, Inc.
- He, Z., Lin, Y., Xia, L., Liu, Z., Zhang, D., & Elliott, R. (2018). Critical role of the right VLPFC in emotional regulation of social exclusion : A tDCS study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 13(4), 357-366.
- He, Z., Liu, Z., Zhao, J., Elliott, R., & Zhang, D. (2020). Improving emotion regulation of social exclusion in depression-prone individuals : A tDCS study targeting right VLPFC. *Psychological Medicine*, 50, 2768-2779. <https://doi.org/10.1017/S0033291719002915>
- Hsu, D. T., Sanford, B. J., Meyers, K. K., Love, T. M., Hazlett, K. E., Walker, S. J., Mickey, B. J., Koeppe, R. A., Langenecker, S. A., & Zubieta, J.-K. (2015). It still hurts : Altered endogenous opioid activity in the brain during social rejection and acceptance in major

- depressive disorder. *Molecular Psychiatry*, 20(2), 193-200.
<https://doi.org/10.1038/mp.2014.185>
- Hsu, D. T., Sanford, B. J., Meyers, K. K., Love, T. M., Hazlett, K. E., Wang, H., Ni, L., Walker, S. J., Mickey, B. J., Korycinski, S. T., Koeppe, R. A., Crocker, J. K., Langenecker, S. A., & Zubieta, J.-K. (2013). Response of the μ -opioid system to social rejection and acceptance. *Molecular Psychiatry*, 18(11), 1211-1217.
<https://doi.org/10.1038/mp.2013.96>
- Hsu, D. T., Sankar, Anjali, Malik, Mohammad A., Langenecker, Scott A., Mickey, Brian J., & Love, T. M. (2020). Common neural responses to romantic rejection and acceptance in healthy adults. *Social Neuroscience*, 15(5), 571-583.
<https://doi.org/10.1080/17470919.2020.1801502>
- Hwang, Y., & Mattila, A. S. (2019). Feeling left out and losing control : The interactive effect of social exclusion and gender on brand attitude. *International Journal of Hospitality Management*, 77, 303-310. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2018.07.010>
- Jamil, A., & Nitsche, M. A. (2017). What Effect Does tDCS Have on the Brain? Basic Physiology of tDCS. *Current Behavioral Neuroscience Reports*, 4(4), 331-340.
<https://doi.org/10.1007/s40473-017-0134-5>
- Kinner, V. L., Kuchinke, L., Dierolf, A. M., Merz, C. J., Otto, T., & Wolf, O. T. (2017). What our eyes tell us about feelings : Tracking pupillary responses during emotion regulation processes. *Psychophysiology*, 54(4), 508-518. <https://doi.org/10.1111/psyp.12816>
- Krill, A., & Platek, S. M. (2009). In-Group and Out-Group Membership Mediates Anterior Cingulate Activation to Social Exclusion. *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*, 1, 1. <https://doi.org/10.3389/neuro.18.001.2009>
- Kross et al. (2011). *Social rejection shares somatosensory representations with physical pain*.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1102693108>
- Lan, Y. (2024). *The Effectiveness of tDCS And TMS for Treatment of Depression*. 102.
- Launet, M.-E., & Peres-Court, C. (2021). Outil 23. La visualisation mentale. In *La boîte à outils de l'intelligence émotionnelle: Vol. 2e éd.* (p. 72-73). Dunod; Cairn.info.
<https://shs.cairn.info/la-boite-a-outils-de-l-intelligence-emotionnelle--9782100824519-page-72?lang=fr>
- Leary et al., M. R. (2006). *Interpersonal Rejection as a Determinant of Anger and Aggression*.
https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1207/s15327957pspr1002_2
- 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. <https://doi.org/10.3389/fncel.2015.00181>
- MacDonald, G., & Leary, M. R. (2005). Why Does Social Exclusion Hurt? The Relationship Between Social and Physical Pain. *Psychological Bulletin*, 131(2), 202-223.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.2.202>
- Maisel, N. C., & Gable, S. L. (2009). The Paradox of Received Social Support : The Importance of Responsiveness. *Psychological Science*, 20(8), 928-932.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02388.x>
- Master, S. L., Eisenberger, N. I., Taylor, S. E., Naliboff, B. D., Shirinyan, D., & Lieberman, M. D. (2009). A picture's Worth : Partner photographs reduce experimentally induced pain. *Association For Psychological Science*, 20, 11.

- Milkowski, M., Hensel, W. M., & Hohol, M. (2018). Replicability or reproducibility? On the replication crisis in computational neuroscience and sharing only relevant detail. *Journal of Computational Neuroscience*, 45(3), 163-172. <https://doi.org/10.1007/s10827-018-0702-z>
- Nitsche, M. A., & Bikson, M. (2017). Extending the parameter range for tDCS : Safety and tolerability of 4 mA stimulation. *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation*, 10(3), 541-542. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2017.03.002>
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of Physiology*, 527 Pt 3(Pt 3), 633-639. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x>
- Open Science Collaboration. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349(6251), aac4716. <https://doi.org/10.1126/science.aac4716>
- Ortigue, S., Bianchi-Demicheli, F., de C. Hamilton, A. F., & Grafton, S. T. (2007). The Neural Basis of Love as a Subliminal Prime : An Event-related Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(7), 1218-1230. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.7.1218>
- Prendergast, C. N., & Schubert, T. (2020). Investigating Reflexive Responses to Explicit and Implicit Forms of Social Exclusion Using Immersive Virtual Environment Technology. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.575783>
- Reis, H. (2012). Perceived partner responsiveness as an organizing theme for the study of relationships and well-being. *Interdisciplinary research on close relationships: The case for integration*, 27-52. <https://doi.org/10.1037/13486-002>
- Riva, P., Lauro, L. J. R., DeWall, C. N., Chester, D. S., & Bushman, B. J. (2014). Reducing aggressive responses to social exclusion using transcranial direct current stimulation. *Social Cognitive And Affective Neuroscience*, 10(3), 352-356. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu053>
- Riva, P., Romero, L. L., CN, D., & Bushman, B. J. (2012). Buffer the pain away : Stimulating the right ventrolateral prefrontal cortex reduces pain following social exclusion. *Psychological Science*, 23, 1473-1475.
- Riva, P., Romero Lauro, L. J., Vergallito, A., DeWall, C. N., & Bushman, B. J. (2015). Electrified emotions : Modulatory effects of transcranial direct stimulation on negative emotional reactions to social exclusion. *Social Neuroscience*, 10(1), 46-54. <https://doi.org/10.1080/17470919.2014.946621>
- Romero-Canyas, R., Downey, G., Berenson, K., Ayduk, O., & Kang, N. J. (2010). Rejection Sensitivity and the Rejection–Hostility Link in Romantic Relationships. *Journal of Personality*, 78(1), 119-148. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.2009.00611.x>
- Rotge, J.-Y., Lemogne, C., Hinfrey, S., Huguet, P., Grynszpan, O., Tartour, E., George, N., & Fossati, P. (2015). A meta-analysis of the anterior cingulate contribution to social pain. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(1), 19-27. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu110>
- Saint-Mard, M. (2023). *Effet de la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) sur le sentiment d'exclusion sociale : Influence du visage du partenaire amoureux* [Université de Liège, Liège]. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/19223>

- Shackman, A. J., Salomons, T. V., Slagter, H. A., Fox, A. S., Winter, J. J., & Davidson, R. J. (2011). The integration of negative affect, pain and cognitive control in the cingulate cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(3), 154-167. <https://doi.org/10.1038/nrn2994>
- Shaver, P., & Mikulincer, M. (2014). Adult attachment strategies and the regulation of emotion. *Handbook of emotion regulation*(2nd ed., 446-465.
- Shaver, P., Schwartz, J., Kirson, D., & O'Connor, C. (1987). Emotion knowledge : Further exploration of a prototype approach. *J Pers Soc Psychol*, 52(6, 3598857. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.52.6.1061>.
- Siegel, D. J., & Solomon, M. F. (2013). *Healing Moments in Psychotherapy (Norton Series on Interpersonal Neurobiology)*. W. W. Norton & Company.
- Simpson, J. A., & Rholes, W. S. (2017). Adult attachment, stress, and romantic relationships. *Current Opinion in Psychology*, 13, 19-24. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2016.04.006>
- Somerville, L. H., Heatherton, T. F., & Kelley, W. M. (2006). Anterior cingulate cortex responds differentially to expectancy violation and social rejection. *Nature Neuroscience*, 9(8), 1007-1008. <https://doi.org/10.1038/nn1728>
- Spunt, R. P., Lieberman, M. D., Cohen, J. R., & Eisenberger, N. I. (2012). The Phenomenology of Error Processing : The Dorsal ACC Response to Stop-signal Errors Tracks Reports of Negative Affect. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 24(8), 1753-1765. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00242
- Sturgeon, J. A., & Zautra, A. J. (2016). Social Pain and Physical Pain : Shared Paths To Resilience. *Pain Management*, 6(1), 63-74. <https://doi.org/10.2217/pmt.15.56>
- Tomlinson, J. M., Aron, A., & Hatfield, E. (2018). Romantic Love. In A. L. Vangelisti & D. Perlman (Éds.), *The Cambridge Handbook of Personal Relationships* (2^e éd., p. 407-421). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316417867.032>
- Vaillancourt, T., van Noordt, S., Krygsman, A., Brittain, H., Davis, A. C., Palamarchuk, I. S., Arnocky, S., Segalowitz, S. J., Crowley, M. J., & Schmidt, L. A. (2024). Behavioral and neural responses to social exclusion in women : The role of facial attractiveness and friendliness. *Scientific Reports*, 14, 15135. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65833-4>
- van Reekum, C. M., Johnstone, T., Urry, H. L., Thurow, M. E., Schaefer, H. S., Alexander, A. L., & Davidson, R. J. (2007). Gaze fixations predict brain activation during the voluntary regulation of picture-induced negative affect. *NeuroImage*, 36(3), 1041-1055. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.03.052>
- Vergallito, A., Feroldi, S., Pisoni, A., & Romero Lauro, L. J. (2022). Inter-Individual Variability in tDCS Effects : A Narrative Review on the Contribution of Stable, Variable, and Contextual Factors. *Brain Sciences*, 12(5), 522. <https://doi.org/10.3390/brainsci12050522>
- Vergallito, A., Riva, P., Pisoni, A., & Romero Lauro, L. J. (2018). Modulation of negative emotions through anodal tDCS over the right ventrolateral prefrontal cortex. *Neuropsychologia*, 119, 128-135. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.07.037>
- Vignaud, P., Mondino, M., Poulet, E., Palm, U., & Brunelin, J. (2018). Duration but not intensity influences transcranial direct current stimulation (tDCS) after-effects on

- cortical excitability. *Neurophysiologie Clinique*, 48(2), 89-92.
<https://doi.org/10.1016/j.neucli.2018.02.001>
- Wang, H., Braun, C., & Enck, P. (2017). How the brain reacts to social stress (exclusion) – A scoping review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 80, 80-88.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.05.012>
- Watson, D., Anna, L., & Tellegen, A. (1988). *Development and Validation of Brief Measures of Positive and Negative Affect : The PANAS Scales*.
- Williams, K. D. (2009). Chapter 6 Ostracism. In *Advances in experimental social psychology* (Vol. 41, p. 275-314). Academic Press.
- Williams, K. D., Cheung, C. K. T., & Choi, W. (2000). Cyberostracism : Effects of being ignored over the Internet. *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(5), 748-762. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.5.748>
- Woods, A. J., Antal, A., Bikson, M., Boggio, P. S., Brunoni, A. R., Celnik, P., Cohen, L. G., Fregni, F., Herrmann, C. S., Kappenman, E. S., Knotkova, H., Liebetanz, D., Miniussi, C., Miranda, P. C., Paulus, W., Priori, A., Reato, D., Stagg, C., Wenderoth, N., & Nitsche, M. A. (2016). A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. *Clinical Neurophysiology*, 127(2), 1031-1048.
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.11.012>
- 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.
<https://doi.org/10.1016/j.brs.2014.12.007>
- Yang, Y., Wang, C., Shi, J., & Zou, Z. (2024). Joyful growth vs compulsive hedonism : A meta-analysis of brain activation on romantic love and addictive disorders. *Neuropsychologia*, 204, 109003.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2024.109003>
- Younger, J., Aron, A., Parke, S., Chatterjee, N., & Mackey, S. (2010). Viewing Pictures of a Romantic Partner Reduces Experimental Pain : Involvement of Neural Reward Systems. *PLOS ONE*, 5(10), e13309. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013309>
- Zadro, L., Williams, D., K., & Richardson, R. (2004). How low can you go ? Ostracism by a computer is sufficient to lower self-reported levels of belonging, control, self-esteem, and meaningful existence. *Journal Of Experimental Social Psychology*, 40, 560-567.
- Zeki, S., & Romaya, J. P. (2010). The Brain Reaction to Viewing Faces of Opposite- and Same-Sex Romantic Partners. *PLOS ONE*, 5(12), e15802.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015802>

X. Annexes

Annexe 1 : Protocole d'une séance type

Accueil du participant
Administration de la PLS et de la PANAS
Mise en place de la tDCS et consignes de sécurité
Lecture par le participant et explication par l'expérimentatrice des consignes de la tâche du Cyberball
Lancement de la stimulation et signalement des intensités moyenne et maximale. ACTIVE : à 1,5 mA : lancement des 5 minutes et de la partie d'entraînement. SHAM : à 1,5 mA : lancement des 5 minutes et de la partie d'entraînement. ➔ Arrêt de la stimulation après 1 minute (fade-in de 30 secondes et fade-out de 30 secondes).
Aux 5 minutes de stimulation : lancement de la première condition de l'image (ROM ou AMI) et début de la première partie de jeu (version 1 ou 2).
Après la première partie : première administration des VAS (échelle de la douleur) + PANAS
Lancement de la deuxième condition (AMI ou ROM) et de la deuxième partie de jeu (version 2 ou 1).
Après la deuxième partie : deuxième administration des VAS (échelle de la douleur) + PANAS, suivie de l'administration du questionnaire sur les effets secondaires de la tDCS
Fin de la stimulation : désinstallation de la tDCS
Débriefing de la séance

En vert : protocole concernant la tDCS ; en bleu : administration des différents questionnaires ; en blanc : consignes et protocole concernant les conditions « images ».

Annexe 2 : Formulaire du comité d'éthique hospitalo-facultaire du formulaire d'informations et de consentement.

Titre de l'étude : L'effet de la stimulation transcrânienne sur la perception visuelle et sociale des personnes amoureuses.

Promoteur de l'étude : Michel Hansenne, ULiège - PsyNCog

Comité d'Ethique : Comité d'Éthique hospitalo-facultaire (Université de Liège) et Comité d'Éthique de la faculté de la FPLSE (Université de Liège).

Investigateurs locaux : Lynn Westhof

Information essentielle à votre décision de participer

Introduction

Vous êtes invité.e à participer à une étude destinée à investiguer l'impact de la stimulation transcrânienne sur la perception visuelle et sociale.

Avant que vous n'acceptiez de participer à cette étude, nous vous invitons à prendre connaissance de ce que cela implique en termes d'organisation, avantages et risques éventuels, afin que vous puissiez prendre une décision informée. Ceci s'appelle donner un « consentement éclairé ».

Veuillez lire attentivement ces quelques pages d'information et poser toutes les questions que vous souhaitez à l'investigateur ou à la personne qui le représente. Ce document comprend 3 parties : l'information essentielle à votre prise de décision, votre consentement écrit et des informations complémentaires (annexes) qui détaillent certaines parties de l'information de base.

Si vous participez à cette recherche, vous devez savoir que :

- Cette étude clinique est mise en œuvre après évaluation par plusieurs comités d'éthique.
- Votre participation est volontaire et doit rester libre de toute contrainte. Elle nécessite la signature d'un document exprimant votre consentement. Même après l'avoir signé, vous pouvez arrêter de participer en informant le médecin investigateur. Votre décision de ne pas ou de ne plus participer à l'étude n'aura aucun impact sur vos relations avec l'investigateur.
- Aucun frais ne vous sera facturé pour les examens liés à cette étude.
- Les données recueillies à cette occasion sont confidentielles et votre anonymat est garanti lors de la publication des résultats.
- Une assurance a été souscrite au cas où vous subiriez un dommage lié à votre participation à cette recherche.
- Vous pouvez toujours contacter l'investigateur ou un membre de son équipe si vous avez besoin d'informations complémentaires.

Un complément d'informations sur vos « Droits de participant à une étude clinique » est fourni en annexe.

Description du protocole de l'étude

Justification et objectifs de l'étude

La tâche à laquelle vous allez participer est informatisée et ludique et nous permettra d'étudier l'influence d'un indice visuel de votre partenaire ainsi que celle d'une technique de stimulation cérébrale sur vos performances à cette tâche.

Déroulement de l'étude (sujets à aborder)

Avant et après la tâche citée ci-dessus, nous vous demanderons de répondre à quelques questions vous concernant ou portant sur votre ressenti. Cette tâche se déroulera dans une salle de l'Université de Liège qui nous permettra de vous installer le matériel de stimulation. Cette étude se déroulera en une session d'environ une heure maximum à l'Université de

Liège, dans le quartier Agora. Vous ne devez rien apporter de particulier les jours de vos rendez-vous. Lors de ces sessions, vous serez exposé à une stimulation transcrânienne à courant continu qui consiste à appliquer un courant de faible intensité (indolore) entre deux électrodes placées sur le crâne. Cette technique est fréquemment utilisée en neurosciences depuis plusieurs années et ne provoque aucuns désagréments à court et à long terme. Il vous sera également demandé de répondre à quelques questions concernant votre ressenti.

Si vous participez à cette recherche, nous vous demandons :

- De collaborer pleinement au bon déroulement de cette recherche.
- De ne rien masquer comme information au sujet de votre état de santé ou de symptômes que vous ressentez.

Contact

Si vous avez besoin d'informations complémentaires, mais aussi en cas de problème ou d'inquiétude, vous pouvez contacter l'investigateur (Dr, Hansenne Michel) ou un membre de son équipe de recherche (Westhof Lynn) au numéro de téléphone suivant (04/71.42.30.25)

Si vous avez des questions relatives à vos droits de participant à une étude clinique, vous pouvez contacter le médiateur des droits du patient de votre institution via le numéro de téléphone : 04/323.35.84.

Consentement éclairé

Participant

Je déclare que j'ai été informé sur la nature de l'étude, son but, sa durée, les effets secondaires éventuels et ce que l'on attend de moi. J'ai pris connaissance du document d'information et des annexes à ce document.

J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions qui me sont venues à l'esprit et j'ai obtenu une réponse satisfaisante à mes questions.

J'ai compris que ma participation à cette étude est volontaire et que je suis libre de mettre fin à ma participation à cette étude sans que cela ne modifie mes relations avec l'investigateur.

J'ai compris que des données me concernant seront récoltées pendant toute ma participation à cette étude et que l'investigateur et le promoteur se portent garant de la confidentialité de ces données.

Je consens au traitement de mes données personnelles selon les modalités décrites dans la rubrique traitant de garanties de confidentialité (annexe p.4 et 5).

J'accepte / n'accepte pas (biffer la mention inutile) que les données de recherche récoltées pour les objectifs de la présente étude puissent être traitées ultérieurement pour autant que ce traitement soit limité au contexte de la présente étude et soumis à l'approbation du comité d'éthique.

J'ai reçu une copie de l'information au participant et du consentement éclairé.

Nom, Prénom, date et signature du volontaire.

Investigateur

Je soussigné, Hansenne Michel, chercheur investigateur, confirme avoir fourni oralement les informations nécessaires sur l'étude et avoir fourni un exemplaire du document d'information au participant.

Je confirme qu'aucune pression n'a été exercée pour que le patient accepte de participer à l'étude et que je suis prêt à répondre à toutes les questions supplémentaires, le cas échéant.

Je confirme travailler en accord avec les principes éthiques énoncés dans la « Déclaration d'Helsinki », dans les « Bonnes pratiques Cliniques » et dans la loi belge du 7 mai 2004, relative aux expérimentations sur la personne humaine.

Nom, prénom, date et signature du représentant de l'investigateur

Nom, prénom, date et signature de l'investigateur

Annexe « Droits et protection du participant »

Comité d'Ethique

Cette étude a été évaluée par un Comité d'Ethique indépendant, à savoir le Comité d'Ethique Hospitalo-Facultaire Universitaire de Liège, qui a émis un avis favorable après consultation du Comité d'Ethique de la FPLSE. Les Comités d'Ethique ont pour tâche de protéger les personnes qui participent à une étude clinique. Ils s'assurent que vos droits en tant que patient et en tant que participant à une étude clinique sont respectés, qu'au vu des connaissances actuelles, la balance entre risques et bénéfices reste favorable aux participants, que l'étude est scientifiquement pertinente et éthique. En aucun cas vous ne devez prendre l'avis favorable du Comité d'Ethique comme une incitation à participer à cette étude.

Participation volontaire et coûts associés à votre participation

Avant de signer, n'hésitez pas à poser toutes les questions que vous jugez utiles. Prenez le temps d'en parler à une personne de confiance si vous le souhaitez.

Votre participation à l'étude est volontaire et doit rester libre de toute contrainte : ceci signifie que vous avez le droit de ne pas y participer ou de vous retirer sans justification même si vous aviez accepté préalablement d'y participer. Votre décision ne modifiera en rien vos relations avec l'investigateur.

Si vous acceptez de participer à cette étude, vous signerez le formulaire de consentement éclairé. L'investigateur signera également ce formulaire et confirmera ainsi qu'il vous a fourni les informations nécessaires sur l'étude. Vous recevrez l'exemplaire qui vous est destiné.

Si vous décidez de participer à cette étude, ceci n'entraînera pas de frais pour vous ou votre organisme assureur.

Vous ne serez pas payé pour votre participation.

Garantie de confidentialité

Votre participation à l'étude signifie que vous acceptez que l'investigateur recueille des données vous concernant et les utilise dans un objectif de recherche.

Vous avez le droit de demander à l'investigateur quelles sont les données collectées à votre sujet et quelle est leur utilité dans le cadre de l'étude. Vous disposez d'un droit de regard sur ces données et le droit d'y apporter des rectifications au cas où elles seraient incorrectes¹.

L'investigateur a un devoir de confidentialité vis à vis des données collectées.

Ceci veut dire qu'il s'engage non seulement à ne jamais divulguer votre nom dans le cadre d'une publication ou d'une conférence mais aussi qu'il prendra toutes les mesures indispensables à la protection de vos données (protection des documents sources, code d'identification, protection par mot de passe des bases de données créées)². Les données

¹ Ces droits vous sont garantis par la loi du 8 décembre 1992 (amendée par la loi du 11 décembre 1998) suivie de la directive 95/46/CE du 24 octobre 2002 qui protège la vie privée et par les droits des patients définis par la loi du 22 août 2002.

² En pratique, il constituera 2 bases de données différentes. L'une contiendra des données identifiantes comme vos nom, prénom, numéro de téléphone, numéro de dossier à l'hôpital et un code d'identification qu'il créera. L'investigateur ou un membre de son équipe seront les seuls détenteurs de cette première base de données. Votre code d'identification sera utilisé dans la 2^{de} base de données en regard de tous les résultats expérimentaux recueillis pendant votre participation à l'étude. Cette 2^{de} base de données peut être conservée indéfiniment. Ces 2 bases de données seront conservées séparément et seront protégées par un mot de passe. Si l'investigateur confie vos données pour traitement statistique, seule la seconde base de données sera confiée à cette tierce personne.

personnelles collectées ne contiendront pas d'association d'éléments qui puissent permettre de malgré tout vous identifier³. L'investigateur et son équipe seront les seuls à pouvoir faire le lien entre les données de recherche et votre identité⁴.

L'investigateur s'engage à utiliser les données collectées uniquement dans le cadre de l'étude à laquelle vous participez.

Si vous retirez votre consentement à participer à l'étude, afin de garantir la validité de la recherche, les données codées jusqu'au moment de votre interruption seront conservées.

Assurance

Toute participation à une étude clinique comprend un risque aussi petit soit-il. Le promoteur assume, même en l'absence de faute, la responsabilité du dommage causé au participant (ou à ses ayants droit) et lié de manière directe ou indirecte aux expériences réalisées. Le promoteur a souscrit un contrat d'assurance⁵ de cette responsabilité (Ethias Assurance, Police n°45.425.367, www.ethias.be ou info.assurance@ethias.be, Tel : 04/220.31.11). En cas de désaccord soit avec l'investigateur, soit avec l'expert nommé par la compagnie d'assurances ainsi que chaque fois que vous l'estimeriez utile, vous ou vos ayants droit (votre famille) pouvez assigner l'assureur directement en Belgique

³ La base de données contenant les résultats de l'étude ne contiendra donc pas d'association d'éléments comme vos initiales, votre sexe et votre date de naissance complète (jj/mm/aaaa).

⁴ L'intégrité dans la recherche scientifique suppose que les résultats d'une recherche puissent être vérifiés, même après publication des résultats. Il est recommandé de conserver le lien entre données de recherche et identité du participant au moins 5 ans après la publication des résultats. Pour les essais cliniques (études sur médicaments), la loi oblige à conserver ce lien durant 20 ans.

⁵ Conformément à l'article 29 de la loi belge relative aux expérimentations sur la personne humaine (7 mai 2004)

Annexe 3 : Consignes et échelle des affects positifs et négatifs (PANAS) (en français).

L'effet de la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) sur la perception visuelle et sociale : influence du visage du partenaire amoureux

Ce questionnaire contient des adjectifs qui décrivent des sentiments et des émotions. Nous vous invitons à lire chacun de ces adjectifs. Pour chacun de ces adjectifs, il vous est demandé d'indiquer à quel point il décrit comment vous vous sentez présentement. Pour ce faire, vous devez utiliser le choix de réponses suivant :

1. Très peu ou pas du tout

2. Peu

3. Modérément

4. Beaucoup

5. Énormément

Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Nous voulons savoir comment VOUS vous sentez présentement.

	Très peu ou pas du tout	Peu	Modéré-ment	Beau-coup	Énormé-ment
1. Intéressé(e)	1	2	3	4	5
2. Angoissé(e)	1	2	3	4	5
3. Excité(e)	1	2	3	4	5
4. Fâché(e)	1	2	3	4	5
5. Fort(e)	1	2	3	4	5
6. Coupable	1	2	3	4	5
7. Effrayé(e)	1	2	3	4	5
8. Hostile	1	2	3	4	5
9. Enthousiaste	1	2	3	4	5
10. Fier(e)	1	2	3	4	5
11. Irrité(e)	1	2	3	4	5
12. Alerte	1	2	3	4	5
13. Honteux(se)	1	2	3	4	5
14. Inspiré(e)	1	2	3	4	5
15. Nerveux(se)	1	2	3	4	5
16. Déterminé(e)	1	2	3	4	5
17. Attentif(ve)	1	2	3	4	5
18. Agité(e)	1	2	3	4	5
19. Actif(ve)	1	2	3	4	5
20. Craintif(ve)	1	2	3	4	5

Annexe 4 : Consignes et échelle de l'amour passionnel (PLS) (en français).

L'effet de la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) sur la perception visuelle et sociale : influence du visage du partenaire amoureux

Dans ce questionnaire, on vous demande de décrire ce que vous ressentez pour votre partenaire amoureux.se. Le sentiment amoureux est décrit habituellement dans des termes tels que l'amour-passion, la maladie d'amour,...

Pensez à la personne de laquelle vous êtes amoureux.se actuellement.

Essayez de répondre en considérant le moment où vos sentiments sont les plus intenses. Dans tous les cas ayez cette même personne en tête quand vous répondez.

Répondez en considérant que :

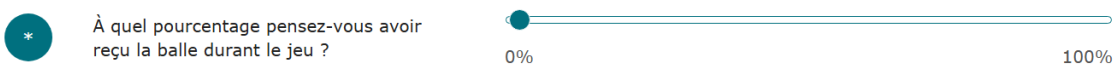
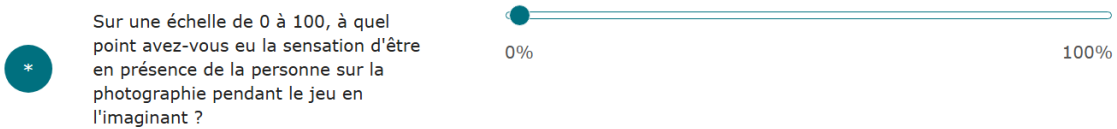
1 = « pas du tout d'accord » ; 9 = « tout à fait d'accord »

1. Depuis que j'ai une liaison avec _____, mes émotions sont comme des montagnes russes.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
2. Je ressentirais un profond désespoir si _____ me quittait.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
3. Parfois, mon corps tremble d'excitation à la vue de _____.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
4. Je me délecte en étudiant les mouvements et les angles du corps de _____.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
5. Parfois, je sens que je ne peux pas contrôler mes pensées ; elles se portent de manière obsessionnelle sur _____.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
6. Je me sens heureux(se) lorsque je fais quelque chose pour rendre _____ heureux(se).*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
7. J'aimerais mieux être avec _____ qu'avec n'importe qui d'autre.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
8. Je deviendrais jaloux(se) si je pensais que _____ était en train de tomber amoureux de quelqu'un d'autre.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
9. Personne d'autre ne pourrait aimer _____ comme moi.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
10. J'ai envie de tout savoir sur _____.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11. Je désire _____ physiquement, émotionnellement et intellectuellement.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
12. J'aimerai _____ pour toujours.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
13. Je fonds lorsque je regarde _____ profondément dans les yeux.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
14. J'ai un besoin infini d'affection de la part de _____.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
15. Pour moi, _____ est le (la) partenaire romantique parfait(e).*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
16. _____ est la personne qui peut me rendre le (la) plus heureux(se).	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
17. Je sens mon corps répondre lorsque _____ me touche.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
18. Je sens de la tendresse pour _____.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
19. _____ semble toujours être dans mes pensées.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
20. Si j'étais séparé(e) de _____ pendant longtemps, je me sentirais intensément seul(e).	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
21. Parfois, je trouve qu'il est difficile de me concentrer sur le travail parce que des pensées concernant _____ occupent mon esprit.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
22. Je veux que _____ me connaisse (mes pensées, mes peurs, et mes espoirs).*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
23. Je me sens complet sachant que _____ se soucie de moi.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
24. Je cherche avidement des signes indiquant le désir de _____ pour moi.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
25. Si _____ se retrouvait dans une période difficile, je mettrais de côté mes propres soucis pour l'aider à s'en sortir.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
26. _____ peut me faire me sentir effervescent(e) et débordant(e) de vitalité.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
27. En présence de _____, j'ai très envie de le (la) toucher et d'être touché(e) par lui (elle).	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
28. Une existence sans _____ serait sombre et lamentable.	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
29. Je ressens une puissante attirance pour _____.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
30. Je suis extrêmement déprimé(e) lorsque les choses ne vont pas bien dans ma relation avec _____.*	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Annexe 5. Echelles visuelles analogues post-parties ;

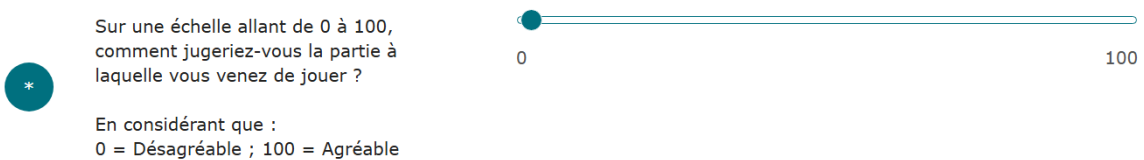
Page 1 :

L'effet de la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) sur la perception visuelle et sociale : influence du visage du partenaire amoureux



Page 2 :

L'effet de la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) sur la perception visuelle et sociale : influence du visage du partenaire amoureux



Annexe 6 : Questionnaire sur les effets secondaires liés à la tDCS (en français).

L'effet de la stimulation transcrânienne par courant continu (tDCS) sur la perception visuelle et sociale : influence du visage du partenaire amoureux

Questionnaire sur les effets secondaires liés à l'application de la tDCS

Avez-vous ressenti l'un des symptômes ou effets suivants ?

Merci de séparer vos deux réponses par un " ; ".

	Intensité (1 = aucune ; 2 = légère ; 3 = moyenne ; 4 = importante)	Lien avec la tDCS (1 = aucun ; 2 = mince ; 3 = possible ; 4 = probable ; 5 = certain)
* Mal de tête	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Mal à la nuque	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Mal au crâne	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Picotements	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Démangeaisons	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Sensation de brûlure	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Rougeur de la peau	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Sensation de sommeil	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Difficulté de concentration	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Changement d'humeur	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Autres	<input type="text"/>	<input type="text"/>
* Notes supplémentaires :	<input type="text"/>	

Annexe 7. Consignes données aux participant.e.s avant le lancement de la tDCS et de la partie d'entraînement (un récapitulatif des consignes est également fourni à l'oral avant la première partie de jeu).

Consignes du jeu

Bienvenue dans le Cyberball, le Jeu de Lancers de Ballon Interactif Utilisé pour la Visualisation Mentale !

Dans l'expérience qui va suivre, nous testons les effets de l'entraînement à la visualisation sur la performance à la tâche. Donc, nous avons besoin que vous exerciez vos capacités de visualisation mentale. Nous avons constaté que la meilleure manière de se faire est de vous faire jouer à ce jeu d'échanges de balle en ligne avec d'autres participants qui sont connectés au même moment.

Dans un instant, vous allez jouer à un jeu d'échanges de ballon avec d'autres personnes connectées à notre réseau. Le jeu est très simple. Quand la balle vous est lancée, cliquez simplement sur le nom du joueur ou de la joueuse à qui vous voulez le lancer à votre tour. Quand le jeu sera terminé, l'expérimentateur vous donnera de nouvelles instructions.

Ce qui est important n'est pas votre performance, mais que vous **VISUALISIEZ MENTALEMENT** l'expérience entière. Imaginez les personnes avec qui vous jouez. À quoi ressemblent-elles ? Quel genre de personnes sont-elles ? Où êtes-vous en train de jouer ? Fait-il chaud et ensoleillé ou froid et pluvieux ? Créez dans votre tête une image mentale de ce qui pourrait se passer si vous jouiez à ce jeu dans la vie réelle.

Pendant toute la durée du jeu, une photographie restera affichée à l'écran : nous vous demandons aussi d'imaginer que la personne présentée sur la photo est à vos côtés pendant que vous prenez part au jeu. Essayez de ressentir sa présence de manière aussi vive que possible. Tant que vous restez concentré sur la partie, vous pouvez regarder cette image autant que vous voulez, par exemple pour vous aider à imaginer sa présence à vos côtés et la sensation que cette dernière vous évoque.

Okay, prêt-e à commencer ? Appuyez sur PLAY quand vous êtes prêt-e.

Annexe 8. Support du débriefing fourni à l'oral aux participant.e.s à l'issue de la séance.

Débriefing

Vous venez de participer à une étude qui s'intéressait à l'influence d'un indice visuel de votre partenaire sur la douleur sociale. Cette dernière est censée avoir été induite par la tâche de lancer de balle à laquelle vous avez joué en ligne. En plus de cela, nous nous intéressons à l'impact de la stimulation transcrânienne sur cette douleur sociale ainsi que sa combinaison avec le visionnage de l'image de votre amoureux·se.

Plus précisément, ce qui nous intéressait particulièrement était de voir si visionner l'image de la personne dont vous êtes amoureux·se, la tDCS et leur action combinée pouvait aider à diminuer votre ressenti de douleur sociale due à l'exclusion que vous avez subi durant le jeu d'échanges de balle.

Est-ce que vous vous doutiez du but de l'étude ?

Est-ce que vous avez deviné durant laquelle des deux sessions vous avez reçu la stimulation ?
Si oui, qu'est-ce qui vous l'a fait comprendre ?

Merci beaucoup de votre participation et de nous avoir consacré de votre temps !

NB : à l'issue du débriefing, un espace de discussion de quelques minutes était proposé aux participant.e. afin qu'ils/elles puissent poser leurs questions.

Annexe 9. Coordonnées de l'expérimentatrice pour tout renseignement et pour toute demande concernant le fichier de données complet. E-mail : Lynn.Westhof@student.uliege.be

Annexe 10. Régression PLS et inconfort social (analyse complète) :

Régression linéaire – condition tDCS SHAM et PLS

Mesures de l'ajustement du modèle

Modèle	R	R ²	Test de modèle général			
			F	ddl1	ddl2	p
1	0.00374	1.40e-5	3.36e-4	1	24	0.986

Coefficients du modèle - inconfort_amoureux

Prédicteur	Estimation	Erreur standard	t	p	Estimation standard	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inf	Supérieur
Ordonnée à l'origine	61.51275	45.803	1.3430	0.192			
score_total_pls	0.00409	0.223	0.0183	0.986	0.00374	-0.418	0.425

Régression linéaire – condition tDCS active et PLS

Mesures de l'ajustement du modèle

Modèle	R	R ²	Test de modèle général			
			F	ddl1	ddl2	p
1	0.0349	0.00122	0.0292	1	24	0.866

Coefficients du modèle - inconfort_amoureux

Prédicteur	Estimation	Erreur standard	t	p	Estimation standard	Intervalle de confiance à 95%	
						Borne inf	Supérieur
Ordonnée à l'origine	41.6936	35.336	1.180	0.250			
score_total_pls	0.0284	0.166	0.171	0.866	0.0349	-0.386	0.456