

Principes fondamentaux de la tDCS



Un organe électrochimique

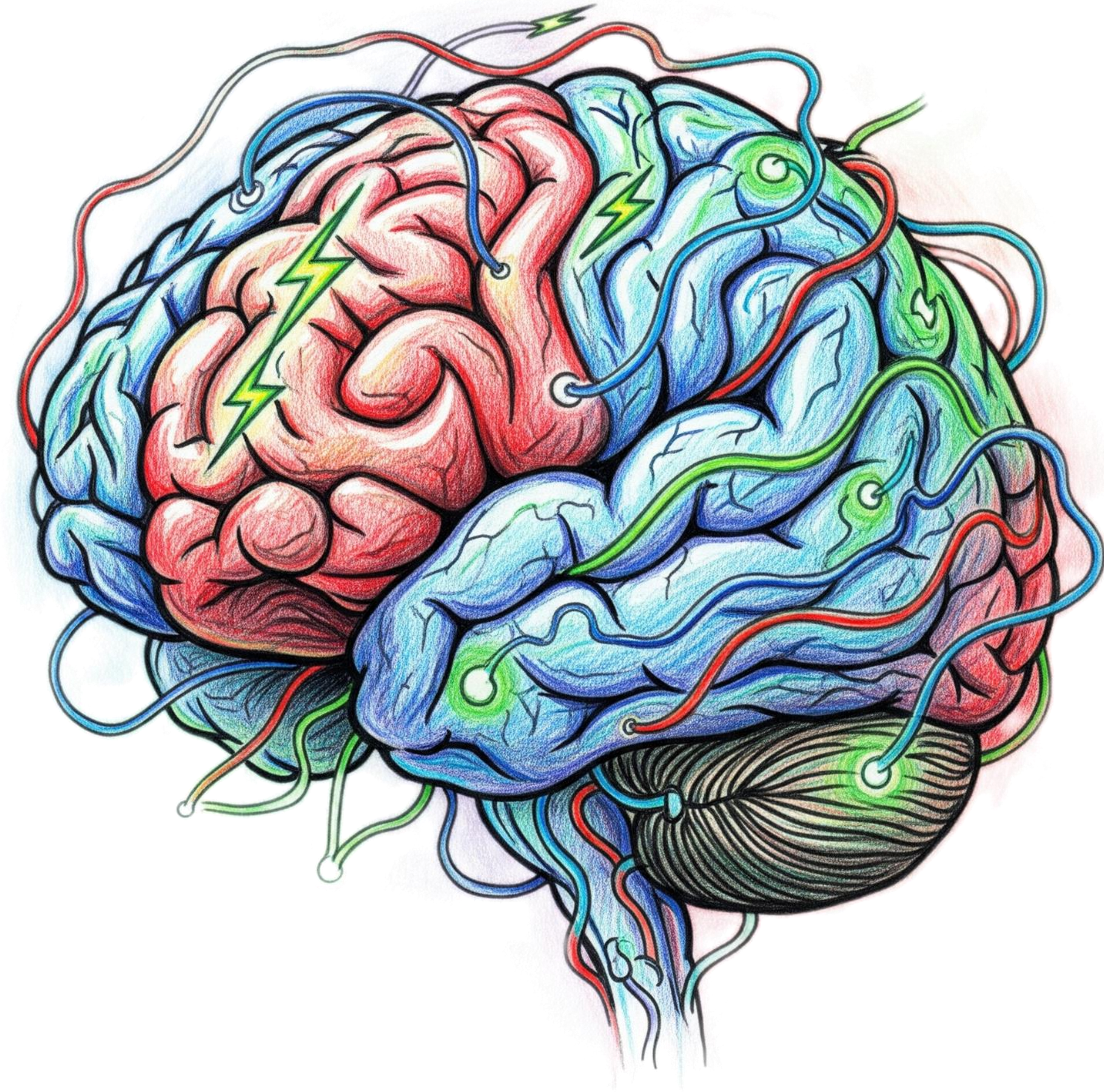
Le cerveau fonctionne à la fois comme un organe chimique et électrique, avec des processus complexes impliquant des neurotransmetteurs et des impulsions électriques qui travaillent ensemble pour faciliter diverses fonctions telles que la pensée, les émotions et le contrôle des fonctions corporelles.

Fonction chimique

Dans le trouble dépressif majeur, on observe souvent des déséquilibres dans les neurotransmetteurs tels que la sérotonine, la dopamine et la noradrénaline, qui jouent un rôle crucial dans la régulation de l'humeur. Les antidépresseurs conventionnels agissent en modifiant les niveaux de ces neurotransmetteurs dans le cerveau. Cependant, chez certaines personnes, ces médicaments peuvent ne pas être efficaces. Les techniques de stimulation cérébrale, telles que la stimulation magnétique transcrânienne (TMS), la stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS) et la thérapie électroconvulsive (ECT), offrent des approches alternatives pour moduler l'activité des neurotransmetteurs. La tDCS, par exemple, consiste à appliquer un courant électrique de faible intensité directement sur le cuir chevelu, ce qui module l'excitabilité neuronale et modifie les niveaux de neurotransmetteurs dans les régions ciblées du cerveau.

Fonction électrique

La tDCS et l'ECT impliquent toutes deux l'application de courants électriques au cerveau afin de moduler l'activité neuronale. Dans la tDCS, un faible courant électrique est délivré par des électrodes placées sur le cuir chevelu. Ce courant pénètre dans le crâne et module le potentiel de repos membranaire des neurones, influençant ainsi leur fréquence de décharge et leurs schémas d'activité. Bien que les mécanismes d'action précis soient encore à l'étude, il semble que la tDCS induit des changements dans la plasticité synaptique et la libération de neurotransmetteurs, ce qui entraîne des effets thérapeutiques dans des conditions telles que le TDM.



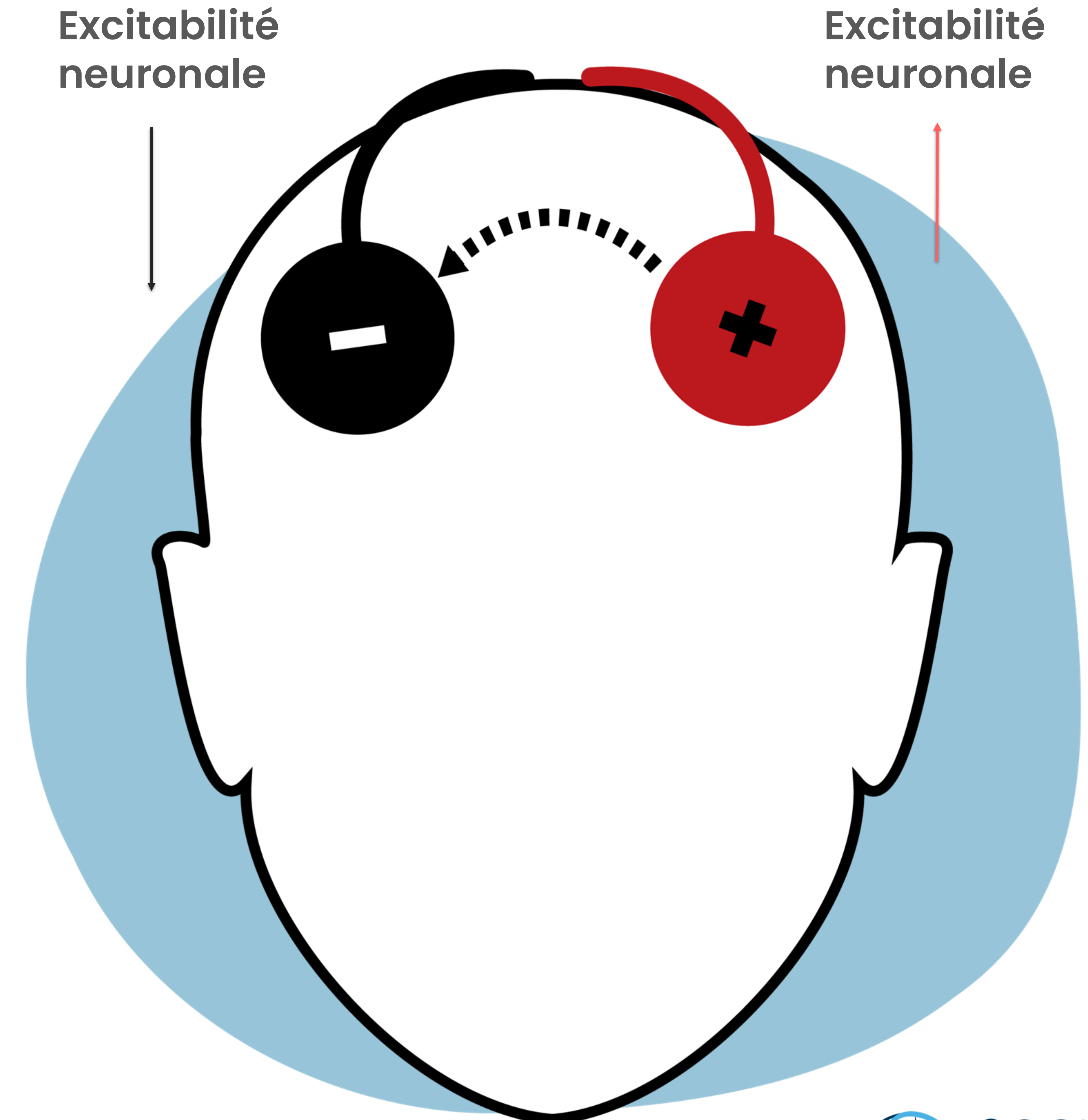
Comment fonctionne la tDCS ?

La dépression provoque des anomalies fonctionnelles et structurelles chez les patients dépressifs.

L'imagerie fonctionnelle a montré des changements dans le fonctionnement du cerveau au niveau du cortex préfrontal dorsolatéral et ventromédial¹, ainsi que dans des structures cérébrales plus profondes telles que l'amygdale² et l'hippocampe³.

Le traitement par tDCS cible le cortex préfrontal dorsolatéral (DLPFC), où la stimulation influence l'activité neuronale en cours⁴ et normalise le déséquilibre interhémisphérique causé par la dépression⁵.

Les séances de stimulation sont répétées quotidiennement afin d'obtenir des changements à long terme dans le cerveau grâce à l'induction de la neuroplasticité⁴.



1. Koenigs, M., & Grafman, J. (2009). The functional neuroanatomy of depression: Distinct roles for ventromedial and dorsolateral prefrontal cortex. *Behavioural Brain Research*, 201(2), 239. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2009.03.004>
2. Campbell S et al. (2004). Lower hippocampal volume in patients suffering from depression: a meta-analysis. *Am J Psychiatry*, 161(4):598-607. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.161.4.598>
3. Hamilton, J. P., Siemer, M., & Gotlib, I. H. (2008). Amygdala volume in Major Depressive Disorder: A meta-analysis of magnetic resonance imaging studies. *Molecular Psychiatry*, 13(11), 993. <https://doi.org/10.1038/mp.2008.57>
4. Lefaucheur JP et al. (2016). Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). *Clinical Neurophysiology*, 128(1), 56-92. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2016.10.087>
5. 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), 633-639. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x>

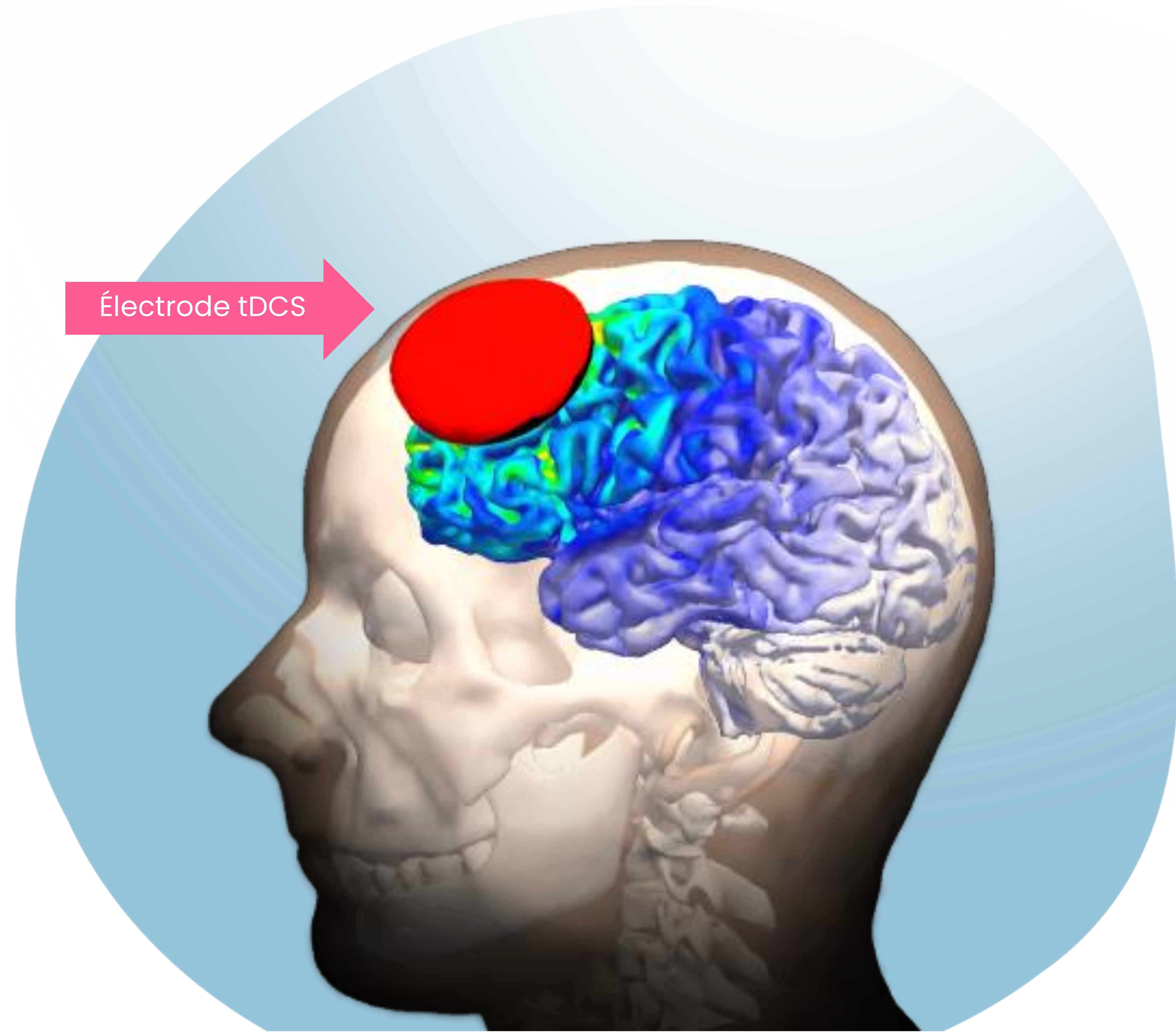
Comment fonctionne la tDCS ?



Sur cette image, l'électrode tDCS est placée sur le cuir chevelu, directement au-dessus du DLPFC gauche. La zone rouge indique la position de l'électrode, qui est cruciale pour cibler les voies neuronales souhaitées.

Sous l'électrode, la zone en jaune représente l'effet le plus intense (à proximité de l'électrode) et la zone en bleu foncé/gris représente l'intensité faible (plus éloignée de l'électrode).

Le dispositif tDCS envoie un courant doux et constant à travers l'électrode, qui pénètre dans le crâne et affecte les neurones corticaux du cerveau. Cette stimulation ciblée peut améliorer l'activité neuronale afin de soulager les symptômes dépressifs.

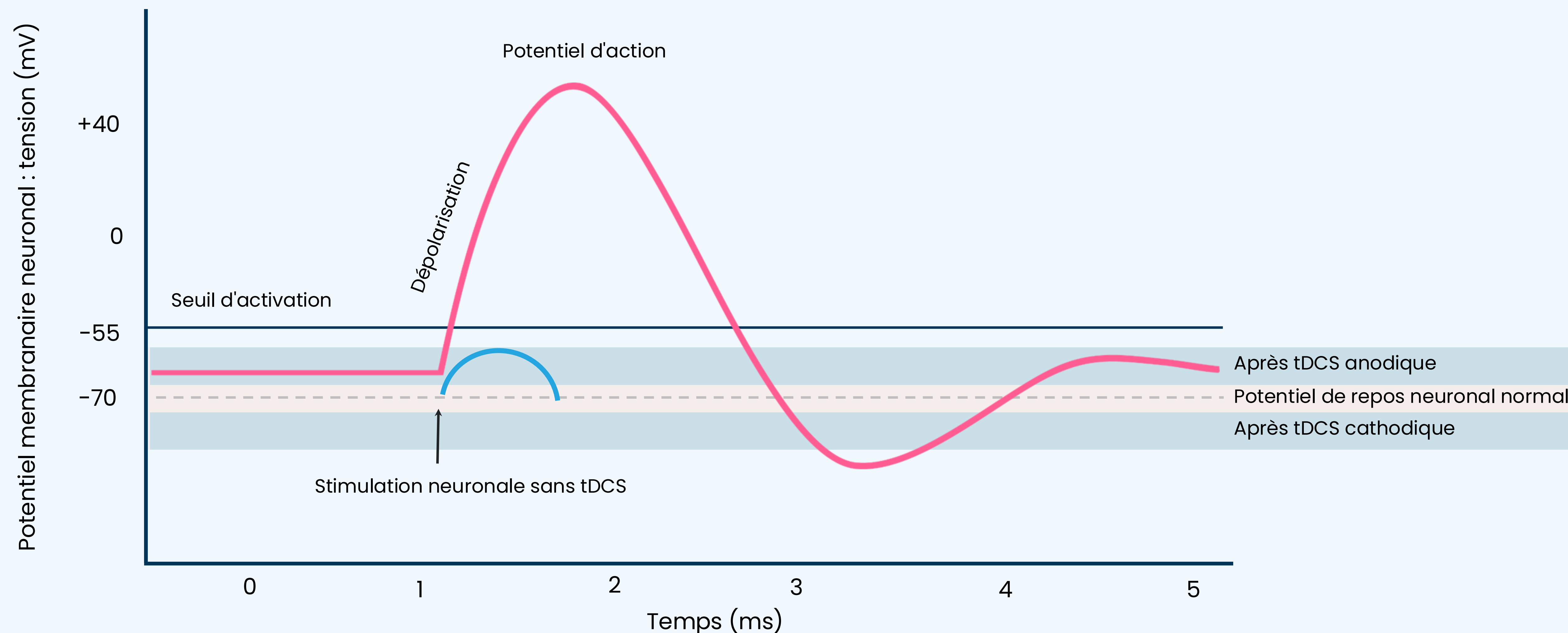


Mécanisme d'action de la tDCS : influence sur les neurones



Apprentissage approfondi : cette diapositive est destinée à ceux qui souhaitent explorer plus en détail la science derrière la tDCS.

La stimulation transcrânienne à courant continu (tDCS) exerce ses effets initiaux sur le cerveau principalement en modulant le potentiel de polarisation membranaire neuronal. Plus précisément, la tDCS influence la probabilité qu'un neurone déclenche un potentiel d'action.



Sous l'électrode anodique (positive), le potentiel membranaire se dépolarise, se rapprochant du seuil d'activation. Cela peut être conceptualisé comme le neurone devenant plus excitable et prêt à recevoir et à transmettre des signaux.

En conséquence, les entrées synaptiques qui auparavant n'auraient pas déclenché l'activation neuronale peuvent désormais le faire après une tDCS anodique.

À l'inverse, **sous l'électrode cathodique (négative),** une hyperpolarisation se produit, rendant les neurones moins susceptibles de se déclencher.

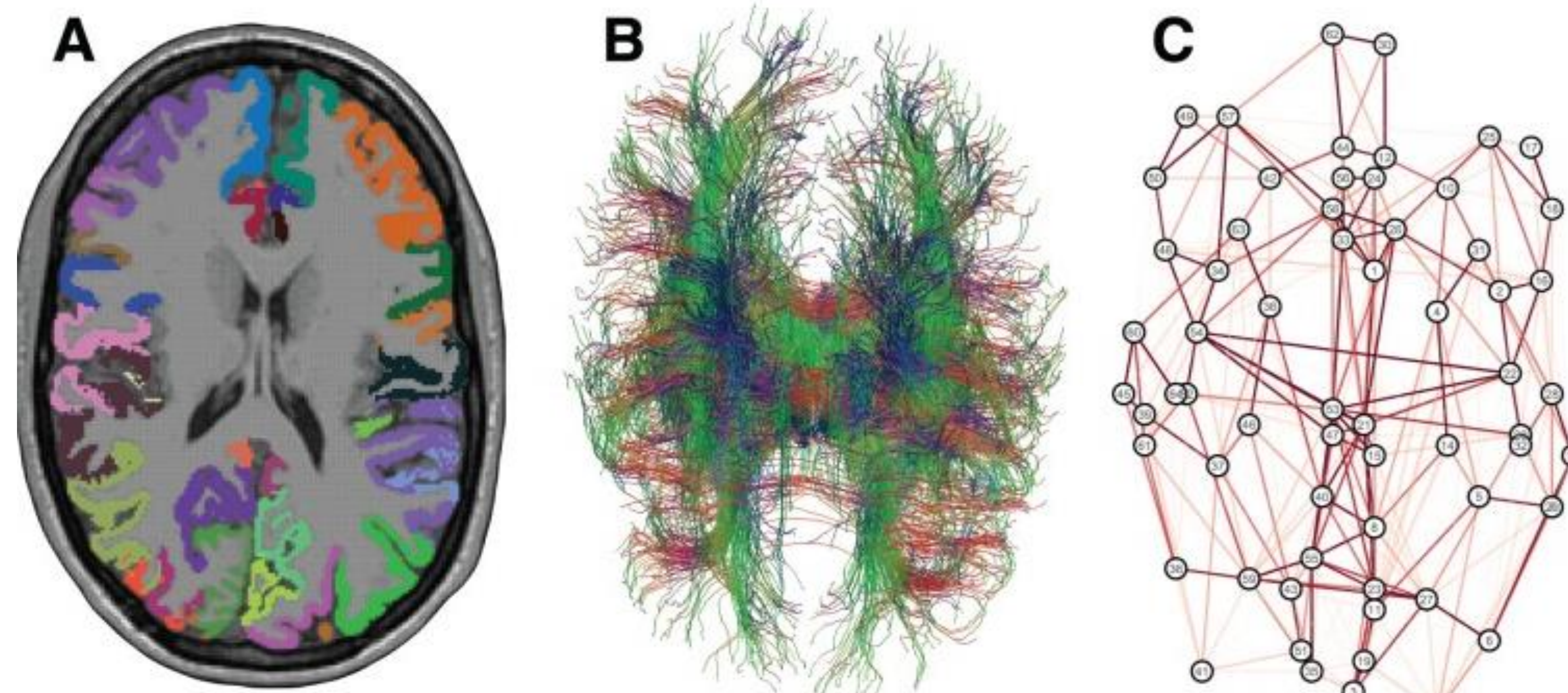
Bien qu'il s'agisse d'une explication succincte, elle permet de comprendre les principes fondamentaux de la manière dont la tDCS module l'activité neuronale et affecte le fonctionnement du cerveau.

Mécanisme d'action de la tDCS : influence sur les réseaux neuronaux



Approfondissement : cette diapositive s'adresse à ceux qui souhaitent explorer plus en détail les aspects scientifiques de la tDCS.

- Le cerveau est constitué d'un vaste réseau neuronal d'interconnexions qui permettent le traitement de l'information.¹
 - Cette connectivité du réseau est plastique, c'est-à-dire qu'elle peut changer et permet l'apprentissage et l'adaptation comportementale
- L'imagerie cérébrale moderne utilisée pour examiner la connectivité cérébrale a montré que la tDCS entraîne des changements dans^{2,3}
 - connectivité structurelle (faisceaux d'axones qui incarnent la connectivité) et
 - connectivité fonctionnelle (évolution temporelle de l'activité neuronale dans des régions spatialement éloignées et modèles d'influence de certains systèmes neuronaux sur d'autres)



- A) Carte des zones cérébrales
- B) Tractographie (faisceaux d'axones)
- C) Graphique représentant le schéma des connexions entre les régions

Clayden 2013

Point clé à retenir : cette diapositive, ainsi que la précédente, montre comment la tDCS influence les changements immédiats et à long terme dans le fonctionnement du cerveau.

1. Clayden, J. D. (2013). Imaging connectivity: MRI and the structural networks of the brain. *Functional Neurology*, 28(3), 197. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3812744/>

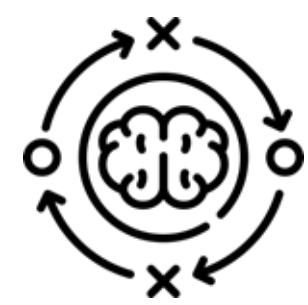
2. Adams, T. G., Cisler, J. M., Kelmendi, B., George, J. R., Kichuk, S. A., Averill, C. L., Anticevic, A., Abdallah, C. G., & Pittenger, C. (2021). Transcranial direct current stimulation targeting the medial prefrontal cortex modulates functional connectivity and enhances safety learning in obsessive-compulsive disorder: Results from two pilot studies. *Depression and Anxiety*, 39(1), 37-48. <https://doi.org/10.1002/da.23212>

3. Antonenko, D., Fromm, A. E., Thams, F., Grittner, U., Meinzer, M., & Flöel, A. (2023). Microstructural and functional plasticity following repeated brain stimulation during cognitive training in older adults. *Nature Communications*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38910-x>

Explication succincte de l'effet de la tDCS



Le courant électrique tDCS circule des électrodes vers le cerveau et crée des champs électriques sur les zones ciblées. Ces champs électriques sont suffisamment puissants pour moduler la polarisation des membranes neuronales, entraînant des changements dans l'excitabilité neuronale.

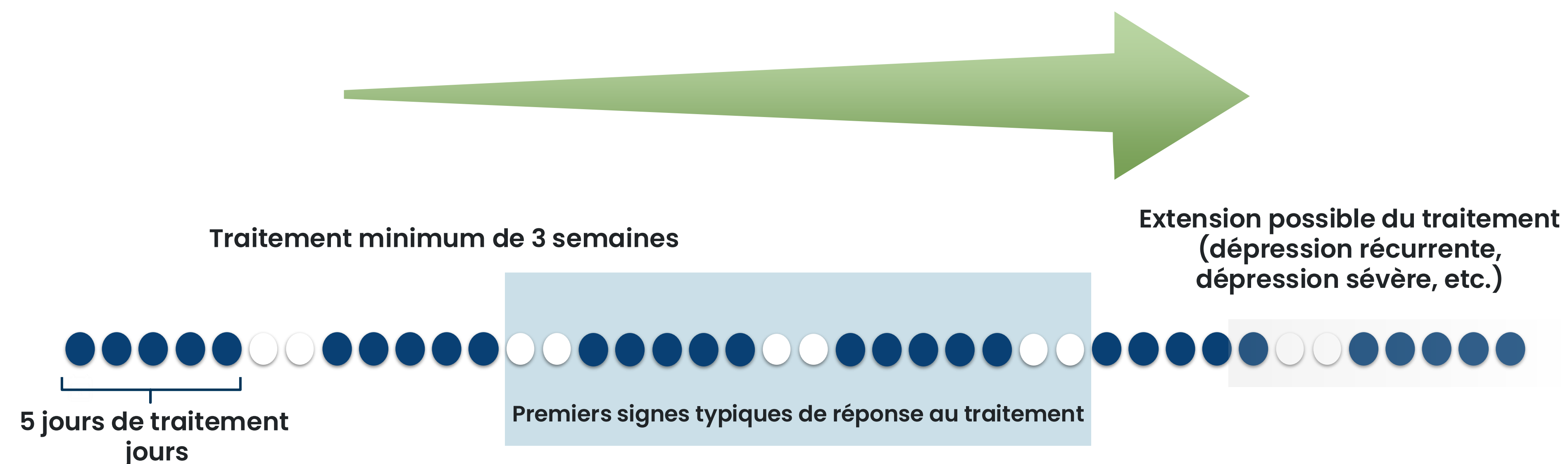


Lorsque la tDCS est répétée quotidiennement pendant une période suffisante, des changements à long terme commencent à se produire dans les neurones et les réseaux. Ce processus est appelé neuroplasticité, et ces mécanismes similaires interviennent dans les fonctions d'apprentissage et de mémoire du cerveau.



À terme, le traitement par tDCS entraîne des changements dans les connexions et l'activité du réseau neuronal, soulageant ainsi les symptômes de la dépression.

La réponse au traitement s'améliore avec le temps



Preuves scientifiques

De nombreuses études ont démontré une amélioration de l'humeur et une réduction des symptômes dépressifs après un traitement par tDCS. Cette technique a été intégrée dans les directives thérapeutiques officielles de certains pays et a reçu la note A dans le classement européen des preuves scientifiques¹.

Cela confirme que, lorsqu'elle est utilisée correctement, la tDCS est plus efficace que le placebo au niveau du groupe. Au niveau individuel, les études montrent des variations, certains patients bénéficiant rapidement du traitement, d'autres plus lentement et d'autres pas du tout². Dans la pratique clinique courante, plus de la moitié des patients tirent un bénéfice significatif du traitement³.

De plus, la tDCS s'est avérée avoir un profil d'effets secondaires favorable par rapport aux antidépresseurs et autres traitements de neuromodulation pour la dépression. Aucun décès ni effet secondaire grave n'a été signalé en relation avec le traitement par tDCS⁴.



1. Fregni et al. (2021). Evidence-Based Guidelines and Secondary Meta-Analysis for the Use of Transcranial Direct Current Stimulation in Neurological and Psychiatric Disorders. International Journal of Neuropsychopharmacology, 24(4), 256–313. <https://doi.org/10.1093/ijnp/pyaa051>
2. Nikolin et al. (2023). Time-course of the tDCS antidepressant effect: An individual participant data meta-analysis. Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry, 125, 110752. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2023.110752>
3. Løokene et al. (2022). Reduction of symptoms in patients with major depressive disorder after transcranial direct current stimulation treatment: A real-world study. Journal of Affective Disorders Reports, 8, 100347. <https://doi.org/10.1016/j.jadr.2022.100347>
4. Bikson et al. (2016). Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016. Brain Stimulation, 9(5), 641–661. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2016.06.004>

Études notables



Études récentes sur la tDCS pour traiter la dépression :

Woodham, R.D., Selvaraj, S., Lajmi, N., et al. (2025).

Home-based transcranial direct current stimulation treatment for major depressive disorder: a fully remote phase 2 randomized sham-controlled trial.

Nature Medicine, 31, 87–95. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03305-y>

Oh, J., Jang, I., Jeon, S., & Chae, H. (2022).

Effect of Self-administered Transcranial Direct Stimulation in Patients with Major Depressive Disorder: A Randomized, Single blinded Clinical Trial.

Clinical Psychopharmacology and Neuroscience, 20(1), 87–96. <https://doi.org/10.9758/cpn.2022.20.1.87>

Zhou Q, Yu C, Yu H, Zhang Y, Liu Z, Hu Z, Yuan TF, Zhou D. (2020).

The effects of repeated transcranial direct current stimulation on sleep quality and depression symptoms in patients with major depression and insomnia.

Sleep Med. Jun;70:17–26. doi: 10.1016/j.sleep.2020.02.003.

Sharafi E, Taghva A, Arbabi M, Dadarkhah A, Ghaderi J. (2019).

Transcranial Direct Current Stimulation for Treatment-Resistant Major Depression: A Double-Blind Randomized Sham Controlled Trial.

Clin EEG Neurosci. Nov;50(6):375–382. doi: 10.1177/1550059419863209.

Salehinejad, M. A., Ghanavai, E., Rostami, R., & Nejati, V. (2017).

Cognitive control dysfunction in emotion dysregulation and psychopathology of major depression (MD): Evidence from transcranial brain stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC).

Journal of affective disorders, 210, 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2016.12.036>

Études notables



tDCS et sertraline :

Valiengo, L., Benseñor, I. M., Goulart, A. C., Zanao, T. A., Boggio, P. S., Lotufo, P. A., Fregni, F., & Brunoni, A. R. (2013). **The Sertraline Versus Electrical Current Therapy For Treating Depression Clinical Study (Select-Tdcs): Results Of The Crossover And Follow-Up Phases.** Depression and Anxiety, 30(7), 646–653. <https://doi.org/10.1002/da.22079>

Dépression post-AVC :

Valiengo LC, Goulart AC, de Oliveira JF, Benseñor IM, Lotufo PA, Brunoni AR. (2017). **Transcranial direct current stimulation for the treatment of post-stroke depression: results from a randomised, sham-controlled, double-blinded trial.** J Neurol Neurosurg Psychiatry. Feb;88(2):170–175. doi: 10.1136/jnnp-2016-314075.

tDCS vs Escitalopram

Brunoni, A. R., Moffa, A. H., Sampaio-Junior, B., Borriane, L., Moreno, M. L., Fernandes, R. A., Veronezi, B. P., Nogueira, B. S., Aparicio, L. V. M., Razza, L. B., Chamorro, R., Tort, L. C., Fraguas, R., Lotufo, P. A., Gattaz, W. F., Fregni, F., Benseñor, I. M., & ELECT-TDCS Investigators (2017). **Trial of Electrical Direct-Current Therapy versus Escitalopram for Depression.** The New England journal of medicine, 376(26), 2523–2533. <https://doi.org/10.1056/NEJMod1612999>

Dépression pendant la grossesse

Vigod SN, Murphy KE, Dennis CL, Oberlander TF, Ray JG, Daskalakis ZJ, Blumberger DM. (2019). **Transcranial direct current stimulation (tDCS) for depression in pregnancy: A pilot randomized controlled trial.** Brain Stimul. Nov-Dec;12(6):1475–1483. doi: 10.1016/j.brs.2019.06.019.

