

# Stimulations Cérébrales Non-Invasives : Stimulation Magnétique Trans-crânienne (TMS) & Courants Galvaniques (TDCS)

Auteurs : Dr E. Castel-Lacanal, M. Tarri, Pr X. de Boissezon, Pr Ph. Marque

## Sommaire

### [1 Principes de la TMS](#)

#### [1.1 La TMS simple choc](#)

#### [1.2 La TMS double choc](#)

#### [1.3 La TMS répétitive ou rTMS : induction d'une lésion virtuelle](#)

#### [1.4 rTMS outil de neuromodulation corticale](#)

### [2 Les stimulations électriques transcrâniennes directes \(tdcs transcranial Direct Current Stimulation \)](#)

## Principes de la TMS

Les stimulations magnétiques transcrâniennes (Transcranial Magnetic Stimulation, TMS) sont des stimulations non-invasives et non douloureuses utilisant des ondes magnétiques appliquées sur le scalp par l'intermédiaire d'une sonde (coil) en choc unique ou répétés : TMS simple choc, double choc, ou répétitive (rTMS).

Le stimulateur magnétique est constitué de plusieurs condensateurs capables de générer un courant électrique de très haut voltage (2-3 kV) et de très courte durée (0,3 à 1 ms) dans une bobine en forme d'anneau plat contenant une spirale de fils de cuivre. Cette variation de courant crée dans la bobine un champ magnétique très bref (1 seconde) mais très intense de 1,5 à 2 Teslas avec un pic en 100 msec. Cette stimulation magnétique est suffisamment puissante pour traverser la peau et l'os, milieux peu conducteurs, et pour induire des courants électriques circulaires dans la zone du cerveau excitable sous la sonde dans un plan parallèle à la surface du cerveau et en sens inverse à celui du courant traversant la spirale.

Lorsque la stimulation est appliquée au niveau du cortex moteur primaire, en regard de la zone dédiée au membre supérieur, le courant induit par le champ magnétique active préférentiellement les interneurons, qui par voie transynaptique activent eux-mêmes les neurones du faisceau cortico-spinal. La réponse à cette stimulation est enregistrée en périphérie par électromyographie sous forme d'un Potentiel Evoqué Moteur.

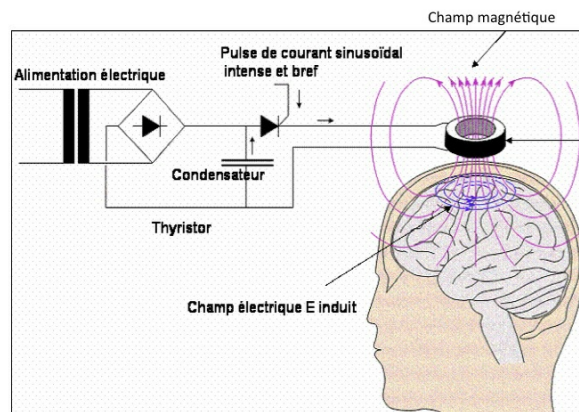


Figure 1 : Principes de la Stimulation Magnétique Transcrânienne

Ce schéma n'est pas à reprendre tel quel : nous allons vous scanner celui qui le reprendra (en le modifiant un peu) Idem pour la Figure 2

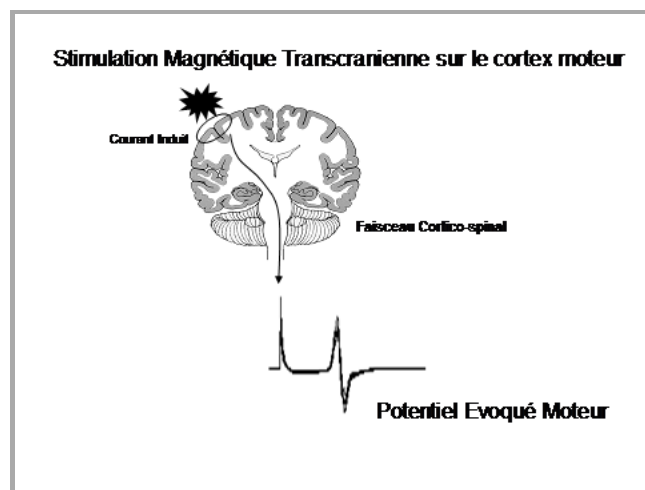


Figure 2 : Potentiel Evoqué Moteur (PEM)

## La TMS simple choc

**La TMS simple choc** permet d'étudier la conduction du faisceau cortico-spinal en pratique clinique, mais aussi l'excitabilité corticale motrice : amplitude du PEM, seuil moteur au repos (qui est le seuil d'apparition du PEM du muscle étudié au repos), seuil moteur sous mouvement ( *active motor threshold* ), la cartographie corticale ( *cortical mapping* ) qui dessine la représentation corticale du muscle étudié, la période de silence électrique, la courbe en intensité, etc. La présence d'un PEM peut être considéré comme un bio-marqueur pronostic de récupération après AVC dans l'Algorithme proposé de C. Stinear.

## La TMS double choc

La TMS en double choc permet d'étudier **le niveau d'excitabilité des interneurons des circuits inhibiteurs et facilitateurs intracorticaux** . Selon le délai entre les 2 chocs et l'intensité utilisée, les circuits inhibiteurs (gabaergiques) ou facilitateurs (glutamaergiques)

## La TMS répétitive ou rTMS : induction d'une lésion virtuelle

La rTMS est capable d'interférer avec une activité neuronale normale lorsqu'elle est effectuée *durant* diverses tâches : perceptives, motrice ou cognitives. Cette stimulation magnétique interrompt des fonctions corticales, créant ainsi une lésion fonctionnelle, focale et transitoire ( *durant* le temps de la stimulation). Parce qu'elle crée une lésion fonctionnelle sans lésion anatomique, cette technique de stimulation magnétique est utilisée comme outil d'exploration physiologique du rôle fonctionnel des différentes aires corticales. Selon les équipes de recherche et les fonctions physiologiques étudiées (motricité, langage, négligence, etc .), il existe une grande variabilité des paramètres tels que la fréquence de stimulation, le délai entre le stimulus et la stimulation magnétique ou l'intensité de stimulation.

## rTMS outil de neuromodulation corticale

La rTMS peut aussi être utilisée *avant* l'exécution de toute tâche, en regard d'une aire corticale préalablement définie, avec un train de stimulations magnétiques de même intensité, pour une fréquence choisie entre 1 stimulus à 50 stimuli par seconde. La rTMS module ainsi l'excitabilité corticale (effet inhibiteur ou effet facilitateur) pendant une durée variable *après* l'arrêt de la stimulation (post-effet). Le sens de cette modulation dépend des paramètres de stimulations : essentiellement la fréquence de stimulation.

A basses fréquences (< 1Hz) on observe un post-effet inhibiteur durable et réversible; à hautes fréquences (> 5 Hz) on observe un post-effet facilitateur durable et réversible.

La rTMS de type thêta-burst consiste à appliquer un trains de 3 coups à une fréquence de 50 Hz était répété à la fréquence de 5 Hz, pour un total de 600 coups (le plus habituellement), appliqué au niveau du cortex moteur. L'intervalle de temps entre les trains définit différents modes de stimulations :

1. Lorsque la stimulation est continue (cTBS) pendant 40 secondes, le post effet sera inhibiteur
2. Lorsque la stimulation est intermittente (iTBS ; trains de stimulation pendant 2 secondes, répétés toutes les 10 secondes, pour une durée totale de 190 secondes), le post-effet sera de type excitateur.

## Les stimulations électriques transcrâniennes directes (tdcs transcranial Direct Current Stimulation )

Nitsche et Paulus ont utilisé des courants galvaniques, appliqués directement sur le crâne en regard du cortex moteur primaire afin d'en étudier les effets sur l'excitabilité corticale (variation d'amplitude du PEM avant et après stimulation).

Ce courant est appliqué à l'aide de deux larges électrodes non métalliques (5 x 7 cm) entourées d'une solution saline. Une des électrodes est positionnée en regard de l'aire motrice primaire du muscle ADM ; s'il s'agit de l'anode, on parle de stimulation anodale et s'il s'agit de la cathode, on parle de stimulation cathodale. La deuxième électrode est positionnée sur la peau dans la région fronto-orbitale contro-latérale. Le courant appliqué pendant 5 à 10 minutes, à une amplitude 1 mA, lors d'une stimulation anodale, induit une augmentation de l'amplitude du PEM, ayant donc un effet facilitateur, alors que la stimulation cathodale diminue l'amplitude du PEM avec donc un effet inhibiteur. Ce post-effet facilitateur ou inhibiteur selon le sens du courant appliqué est réversible en 20-30 minutes