

Nano particules magnétisables, graphène et modifications des comportements.

ou

Fenêtre entrouverte sur un monde trop méconnu

Introduction

Exergue

La gigantesque collecte de données organisée par les technologies numériques est aujourd'hui principalement utilisée pour définir et anticiper le comportement humain. Dans le sillage de l'initiative américaine sur le cerveau lancée en 2014, toutes les grandes puissances (UE/Chine/Russie) ont lancé leurs propres programmes de recherche sur le cerveau avec des financements importants. La Chine considère le cerveau "comme le QG du corps humain et l'attaque précise du QG est l'une des stratégies les plus efficaces pour déterminer la victoire ou la défaite sur le champ de bataille " ¹

Dans un monde imprégné de technologie, la guerre dans le domaine cognitif mobilise un éventail plus large d'espaces de combat que ne peuvent le faire les dimensions physique et informationnelle. Son essence même est de prendre le contrôle des êtres humains (civils comme militaires), des organisations, des nations, mais aussi des idées, de la psychologie, notamment comportementale, des pensées, ainsi que de l'environnement. En outre, les progrès rapides des sciences du cerveau, dans le cadre d'une guerre cognitive au sens large, ont le potentiel d'étendre considérablement les conflits traditionnels et de produire des effets à moindre coût.

... l'objectif de la guerre cognitive est de faire de chacun une arme.

... il s'agit d'une guerre par l'information, la véritable cible étant l'esprit humain, et au-delà l'humain en soi.

Extrait de Cognitive Warfare - Juin-novembre 2020 François du Cluzel - https://www.innovationhub-act.org/sites/default/files/2021-01/20210113_CW%20Final%20v2%20.pdf

innovationhub^{2 3} <https://www.innovationhub-act.org/>

et voir Cognitive Warfare - NATO STO⁴

The Human Brain is the Battlefield of the 21st Century." - James Giordano (2018)

Si Robin des toits s'est toujours penchée sur les conséquences des champs électromagnétiques artificiels externes à l'organisme, dans leurs aspects sanitaires mais aussi techniques et plus récemment sociétaux, la donne semble actuellement changer du fait de l'utilisation de nanoparticules magnétisables internalisées, donc injectées à l'intérieur du corps, réceptrices mais

¹ Pr. Li-Jun Hou, directeur du 202e hôpital de l'armée populaire de libération, (mai 2018), Chinese Journal of Traumatology,

² moteur du réseau d'innovation de l'OTAN, qui fédère les entités nationales en tirant parti de l'innovation ouverte et du développement agile.

³ Cette étude est parrainée par le Commandement allié Transformation (ACT), mais les points de vue et les opinions exprimés dans cette publication reflètent strictement les discussions tenues sur les forums du Hub de l'innovation. Ils ne reflètent pas ceux de l'ACT ou de ses nations membres, aussi aucun d'entre eux ne peut être cité comme une déclaration officielle leur appartenant.

⁴ Première réunion scientifique Cognitive Warfare Bordeaux (FR) – 21 juin 2021. Journée organisée par l'Innovation Hub de NATO-ACT et l'ENSC, avec le soutien de l'Etat-major des Armées (FR – Major Général), du NATO-CSO et de la Région Nouvelle Aquitaine.

Voir aussi : <https://iatranshumanisme.com/2021/10/17/guerre-cognitive-le-cerveau-sera-le-champ-de-bataille-du-21e-siecle/>

aussi émettrices, sans que, en aucune manière, les effets biologiques, sanitaires, physiologiques (remplacement des récepteurs par des capteurs extracorporels) ou sociétaux ne soient abordés.

Si, pour certains, la présence de nano particules, notamment de graphène, injectées massivement dans les organismes d'une population mondiale est une évidence, avec comme conséquence une manipulation générale des comportements⁵, une approche scientifique de la question n'en corrobore pas obligatoirement l'hypothèse, en tout cas pas dans ces termes. Et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord une analyse de la littérature scientifique ne nous en donne pas les clés, même si une meta analyse exhaustive sur le sujet s'avérait éventuellement possible. Cela dit, parcourir la littérature scientifique, notamment sur le graphène et depuis les années 2016, impose une réflexion à portée sociétale. Par ailleurs, on ne peut que se rendre compte des difficultés technologiques liées à de tels développements. Enfin, des techniques de manipulation des populations existent depuis fort longtemps qui sont, pour l'instant, bien moins difficiles à mettre en œuvre, même si les neurotechnologies avancent à pas de géant et de manière plus qu'inquiétante, notamment avec le graphène. Même si les études scientifiques, et les techniques et applications industrielles qui en découlent, en sont à la lecture et à la stimulation des activités cérébrales au niveau du neurone d'un individu, il n'en reste pas moins que l'idée d'inonder le corps de millions de nanoparticules, oxyde de graphène notamment, capables de lire les signaux neuronaux de l'intérieur, de les transmettre à un ordinateur ou un téléphone portable proche et de modifier en retour les comportements, une telle idée est bel et bien dans les cartons du transhumanisme et peut-être dans d'autres. C'est, par exemple, ce qu'espère l'ingénieur Sakhrat Khizroev de l'université de Miami, dont l'étude est financée par la DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*).⁶ Il n'en reste pas moins également que de très nombreuses thèses et études, représentant des milliers de pages, portent sur l'utilisation de nanoparticules magnétisables, quels que soient les niveaux d'application. Il n'en reste pas moins, enfin, que le transhumanisme est sur la brèche (à voir absolument : Blackrock Neurotech : les neurotechnologies implantables les plus avancées⁷).

Les techniques classiques de neurotechnologie, comme la stimulation magnétique transcrânienne ou l'optogénétique, sont invasives. Elles impliquent la mise en place d'électrodes intra crâniennes, parfois lourdes, malgré les antennes extra fines d'Elon Musk. Les nanoparticules magnétisables du type Magneto (cf infra) sont donc un progrès extrêmement important dans le domaine puisqu'elles permettent des implantations cérébrales non invasives (pas d'opération).

Enfin le graphène vint... dont les extraordinaires propriétés ont rendu amoureux les scientifiques aussi bien que les politiques (voir les projets européens). Il est vrai que les neurotechnologies sont bien séductrices puisque, de nouveau, depuis plus de 2000 ans, les sourds entendent, les paralytiques marchent et les aveugles voient⁸ !

Cette utilisation très... fashion du graphène - on peut trouver de très nombreuses études sur le sujet depuis les années 2010 - est historiquement ancrée dans les thérapies liées au magnétisme (magnétoencéphalographie, stimulation magnétique transcrânienne, utilisation de nanoparticules magnétisables, de bactéries magnétisables, en passant par l'optogénétique...).

⁵ Vaccins Covid et contrôle des populations via les nanoréseaux injectés -

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiviaHViKz9AhViavEDHc1VAn4QFn_oECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fs27ec062be88686ce.jimcontent.com%2Fdownload%2Fversion%2F1662070033%2Fmodule%2F8302143856%2Fname%2FD4_Nanoreseaux-V3-12.05.22.pdf&usq=AOvVaw0HljAvuUKcgi-eHTiv46-f

⁶ <https://iatranshumanisme.com/2021/03/19/darpa-finance-des-nanoparticules-qui-penetrent-dans-le-cerveau-pour-lire-les-signaux-neuronaux/>

⁷ <https://iatranshumanisme.com/2022/12/25/blackrock-neurotech-les-neurotechnologies-implantables-les-plus-avancees/>

⁸ Un implant rétinien est implanté ; une caméra recueille des images de l'environnement et les convertit sous forme de stimulations électriques, transmises par des microélectrodes en graphène.

Petit retour historique sur magnétisme et action sur le cerveau.

Où l'on voit que science et technologie sont maintenant confondues.

Le principe de base est l'exposition d'une structure biologique à un champ magnétique en vue d'un diagnostic (ex. IRM) ou d'une action précise sur cette structure. Ainsi on peut, **in vitro**, stimuler la phagocytose de billes de latex par des lignées de monocytes humains en résonance, bien sûr, avec des effets sur les défenses immunitaires. On peut aussi citer les techniques de stimulation cérébrale profonde, en vue de modifier un comportement, mais qui utilisent des basses fréquences (de 1 à 10 Hz), sur de longues durées (3 heures) et à des champs allant de 30 mT à 250, voire 500 mT, donc extrêmement importants.

La stimulation magnétique transcrânienne existe depuis plusieurs décennies. Les méthodes mettent en œuvre des électrodes placées sous la boîte crânienne et stimulées par des bobines externes. Ces électrodes émettent des champs qui vont agir sur des cellules ciblées, soit par augmentation très locale de température, soit par action mécanique d'enserrage des cellules cibles (traitement des cancers). Le grand inconvénient de ces techniques est qu'elles sont fortement invasives (ouverture de la calotte crânienne, remplacement d'une partie de l'arachnoïde, etc.), que leur précision est imparfaite et qu'on ne maîtrise pas les effets sur les cellules environnantes, voire des cellules plus lointaines du fait des courants induits ou de la stimulation indirecte d'autres réseaux neuronaux vu la complexité du cerveau. Elles demandent aussi un matériel important.

Le grand enjeu actuel est donc de remplacer ce matériel grossier que représentent les électrodes par des nanoparticules qui permettent de contrôler les cellules cibles, notamment les neurones, grâce à des nanoparticules magnétisables.

Les SPIONS (Superparamagnetic iron oxide nanoparticles)⁹

Les spions sont des nanoparticules d'oxyde de fer supramagnétiques utilisées en nanomédecine qui, fonctionnalisées (couplées à des groupements ou molécules fonctionnel(le)s) et dirigées de l'extérieur par des champs électromagnétiques, permettent de transporter des médicaments sur des cibles précises, de fixer des antigènes, d'activer une repousse neuronale lorsque les axones sont endommagés, de détruire des cellules cancéreuses, etc.

Le système magneto¹⁰

Une étude de 2016 a un peu valeur de symbole, qui concerne la modification du comportement chez le poisson zèbre et chez la souris (Contrôle magnétique du système nerveux ciblé génétiquement), curieusement remise en question par l'un des auteurs en 2020 pour cause de non répliation dans son propre labo¹¹.

Les neurones fonctionnent grâce à des différences de potentiel électrique liées à l'entrée d'ions sodium dans la cellule et au déplacement d'ions calcium. Un stimulus qui dépolarise localement la membrane, modifiant les protéines qui forment les canaux ioniques voltage dépendants, peut entraîner un potentiel d'action qui se propage à tout le neurone et, par des mécanismes biochimiques (synapses) à d'autres neurones, assurant ainsi la transmission de l'information. L'introduction de gènes modifiant ces protéines permet donc de programmer l'excitation ou l'inhibition des neurones à la demande, à condition qu'elles soient liées à une protéine contenant du fer, la ferritine, qui, elle, est magnétisable (protéine magneto). Les chercheurs, après avoir testé

⁹ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4167583/> ; <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169409X1000133X>

¹⁰ <https://www.nature.com/articles/nn.4265>

¹¹ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7103519/>

l'efficacité de Magneto par la mesure des flux d'ions calcium, l'ont injectée dans le striatum¹² de souris au comportement libre. Les souris ont été placées dans un appareil présentant deux sections, magnétisées et non magnétisées (par des aimants et pas par des radiofréquences !). Les souris exprimant la protéine Magneto se sont retrouvées plus fréquemment dans les zones magnétisées car l'activation par magnétisme de la protéine magneto a provoqué la libération de dopamine, le neuromédiateur de la motivation et du plaisir. Elles vont donc d'elles-mêmes dans le lieu choisi.

L'étude a donc montré qu'il est possible, grâce à un champ magnétique, de stimuler des neurones en profondeurs de manière non invasive et de modifier ainsi un comportement.

Autres systèmes de stimulation profonde non invasive : les nanoparticules magnéto électriques

Nanoparticules magnétoélectriques (NEM)

Une méthode optimale pour stimuler de manière contrôlée des régions localisées de neurones sans nécessiter d'électrodes implantées chirurgicalement ou de modification génétique reste une question ouverte. Les nanoparticules magnétoélectriques (NEM) sont capables de relever ce défi grâce à leur effet magnétoélectrique, qui convertit un champ magnétique appliqué sans fil en champs électriques dipolaires. En théorie, des champs électriques suffisamment puissants provenant des particules pourraient influencer le potentiel de membrane des neurones pour générer un potentiel d'action. En induisant des potentiels d'action locaux dans les profondeurs du cerveau par l'application de champs magnétiques externes, les nanoparticules magnétiques offrent une alternative sans fil aux approches existantes de stimulation locale du cerveau profond (DBS pour Deep Brain Stimulation) utilisant des électrodes implantées chirurgicalement.

Un article de 2012 présente pour la première fois une étude computationnelle¹³ de l'utilisation de nanoparticules magnéto-électriques pour stimuler artificiellement l'activité neuronale dans les profondeurs du cerveau¹⁴. Le principe est de coupler les dipôles magnétiques des nanoparticules aux variations de champs électrique des neurones et donc de modifier leur activité. Une application classique est celle de la maladie de Parkinson. On reste donc là dans le domaine des applications médicales.

Le projet Magneuron (2016-2019)¹⁵

"Il existe aujourd'hui indubitablement un besoin de méthodes capables de manipuler les fonctions cellulaires."¹⁵

Le projet Magneuron est un projet qui vise à la reconstruction des neurones grâce à des nanoparticules magnétiques chargées de guider les axones dans cette reconstruction. De telles particules magnétisables sont localisables grâce à des dispositifs magnétiques, ce qui permet d'orienter les structures dans l'espace. *«Notre concept repose sur l'utilisation de nanoparticules magnétiques fonctionnalisées avec des protéines de signalisation qui sont insérées à l'intérieur de cellules et qui guident la croissance des axones»* (Mathieu Coppey coordinateur du projet). Les nanoparticules sont fixées sur des mécanorécepteurs membranaires ; elles sont ensuite stimulées grâce à des aimants pour provoquer une différenciation neuronale. Une fois insérées, elles s'accumulent d'un côté de la cellule, et guident ainsi la croissance des cellules soit par action des protéines de surface soit directement par leur propre force.

¹² striatum ventral : structure située à la base du cerveau, sous le cortex, impliquée dans le système de motivation et de récompense, lié à la sécrétion de dopamine, et connectée avec certaines régions du système limbique telles que l'amygdale ou l'hippocampe, liés aux émotions et à la mémoire.

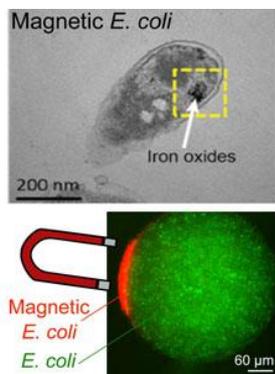
¹³ Basée sur les capacités de traitement de l'information offertes par les technologies de l'information et de la communication

¹⁴ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3434207/>

¹⁵ <https://cordis.europa.eu/article/id/418242-magnetic-nanoparticle-therapy-for-parkinson-s-disease/fr>

Naturellement ce projet est dit entièrement dédié à la réparation des neurones en traitement de la maladie de Parkinson !¹⁶

Orientation de particules à l'aide de champs magnétiques



Engineering *E. coli* for magnetic control and the spatial localization of functions¹⁷

Le principe est basé sur la détection magnétique d'une bactérie magnétisée par du fer et exprimant la ferritine, protéine de stockage du fer (MagEColi). Ces bactéries peuvent être manipulées dans l'espace par des forces magnétiques. Ce contrôle est combiné avec des modifications de propriétés d'adhésion génétiquement codées affichées sur leur membrane externe. Cela permet de réaliser la capture magnétique de bactéries cibles spécifiques ainsi que la reconnaissance et l'invasion de cellules humaines spécifiques dans une zone spécifique grâce à un champ magnétique.

Polymères à empreintes de protéines¹⁸ couplés à des nanoparticules magnétiques (thèse de Charlotte Boitard¹⁹) :

Coupler les propriétés des nanoparticules magnétiques et celles de polymères à empreintes de protéines permet de pouvoir détecter, cibler et *traiter in vivo* ces cellules cibles. La technique est basée sur l'obtention de nano-objets hybrides magnétiques γ -Fe₂O₃@PEP (PEP : polymères à empreintes de protéines). Ces travaux se situent bien sûr, comme toujours, dans une perspective médicale, relargage de médicaments, ciblage de cellules cancéreuses par exemple.

Contrôle à distance de la libération d'hormones

Une équipe du MIT (Massachusetts Institut of Technology) a développé une technique basée sur l'utilisation de nanoparticules magnétiques, afin de réguler la sécrétion d'adrénaline et de cortisol, notamment dans les cas de stress post traumatique. Injectées dans la glande surrénale, lorsqu'elles sont exposées à un champ magnétique faible, ces nanoparticules chauffent légèrement, activant des canaux sensibles à la chaleur qui déclenchent la libération d'hormones. Cette technique montre qu'on peut stimuler un organe « profond » dans le corps de manière très peu invasive²⁰.



Magnetoencéphalographie²¹

Les neurones fonctionnent selon des courants électriques dus aux mouvements ioniques. A ces courants sont associés des champs magnétiques extrêmement faibles de l'ordre du femtoTesla. Les mesurer nécessitent donc des capteurs magnétiques ultrasensibles disposés à la surface du cerveau. Ces capteurs, les SQUIDS

¹⁶ voir aussi : [Live-cell micromanipulation of a genomic locus reveals interphase chromatin mechanics](#)

¹⁷ <https://hal.science/hal-03038795/document>

¹⁸ voir

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj4rqW4sJz9AhUMTqQEHZn3AUsQFnoECA4QAw&url=https%3A%2F%2Fpupdoc.univ-perp.fr%2Fmedias%2Ffichier%2Fclavie-margaux-article_1604173041604-pdf%3FID_FICHE%3D775%26INLINE%3DFALSE&usg=AOvVaw0cbQtptzLEwd3AnkS4kIS4

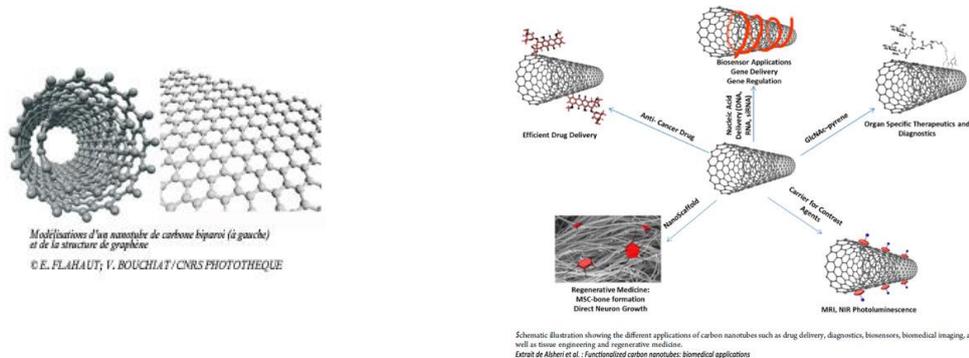
¹⁹ https://theses.hal.science/tel-02935870/file/BOITARD_Charlotte_these_2019.pdf

²⁰ Transgene-free remote magnetothermal regulation of adrenal hormones - <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaz3734>, financée en partie par la DARPA

²¹ <https://hebergement.universite-paris-saclay.fr/supraconductivite/supra/fr/applications-medical-meg.php>

(« superconducting quantum interference device »)²², sont refroidis dans de l'hélium liquide pour devenir supraconducteurs. La MEG permet ainsi l'enregistrement du fonctionnement électrique du cerveau presque « en direct », à la milliseconde près. Son inconvénient est qu'elle ne permet de traiter qu'un individu et que le matériel utilisé est extrêmement lourd et n'est utilisable qu'en laboratoire ou en milieu hospitalier.

Enfin, le graphène vient



2013, l'Europe investit²³ :

"Les projets «Graphène» et «Cerveau humain» reçoivent une récompense historique dans le domaine de l'excellence scientifique, La Commission européenne a proclamé aujourd'hui les noms des lauréats d'un concours doté de plusieurs milliards d'euros dans le cadre des technologies futures et émergentes (FET)²⁴. Les projets «Graphène» et «Cerveau humain», qui ont remporté le concours, vont recevoir chacun un milliard d'euros sur dix ans pour des recherches au plus haut niveau mondial à la croisée des sciences et des technologies. Chaque initiative implique des chercheurs provenant au minimum de 15 États membres de l'Union européenne et de près de 200 centres de recherche."

Graphene Flagship a lancé son troisième projet clé²⁵ (début 2020, fin 2023)

"Graphene Flagship, le programme phare de l'UE sur le graphène, a pour objectif de promouvoir la recherche, l'innovation et la collaboration. Son troisième projet clé, GrapheneCore3, financé par l'UE, entend garantir à l'Europe un rôle majeur dans la révolution technologique en cours en contribuant à faire sortir l'innovation en matière de graphène du laboratoire pour disposer d'applications commercialisables d'ici 2023. Graphene Flagship rassemblera autour de ce troisième projet clé plus de 160 partenaires universitaires et industriels de 23 pays dont la mission sera d'explorer les différents aspects du graphène et des matériaux connexes. En réunissant des compétences variées, Graphene Flagship facilitera la coopération entre ses partenaires, accélérant ainsi le calendrier d'acceptation par l'industrie des technologies liées au graphène."

La Commission européenne (CE) a signé l'accord de subvention de 150 millions d'euros pour continuer à financer la recherche et l'innovation du Graphene Flagship sur le graphène et les matériaux connexes du 1er avril 2020 au 31 mars 2023. Avec cette signature, la CE poursuit son engagement à soutenir le projet Graphene Flagship d'un milliard d'euros, qui a débuté en 2013.²⁶

²² voir : <https://hebergement.universite-paris-saclay.fr/supraconductivite/supra/fr/applications-squid.php>

²³ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_13_54

²⁴ <https://wayback.archive-it.org/12090/20140422211042/http://cordis.europa.eu/fp7/>

²⁵ <https://cordis.europa.eu/project/id/881603/fr>

²⁶ <https://graphene-flagship.eu/research/funding/>

Marché du graphène

Le marché du graphène a été évalué à 0,1 billion de dollars en 2021. La croissance prévue par l'industrie du graphène est de 0,14 billions en 2022 et 1,43 billions en 2030, affichant un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 39,45% au cours de la période de prévision (2022 - 2030). Même si cette croissance est principalement due à l'industrie du transport, les chiffres sont marquants.

Un exemple de nouvelle entreprise fondée par des chercheurs parmi d'autres, Graphéal, montre que recherche et industrie sont inextricablement liées.

"Graphéal is developing embedded sensors based on a new material for medicine, graphène ... Graphéal relies on a second innovation, which is the direct and wireless communication of the biosensor with any type of Smartphone"²⁷ - extrait de la présentation vidéo.

(Graphéal est une entreprise de technologie médicale, créée en 2019, qui produit des **biocapteurs connectés à des smartphones et intégrés à des bandelettes de test numériques et à des vêtements, permettant des diagnostics de précision sur place et un suivi à distance des patients.**)

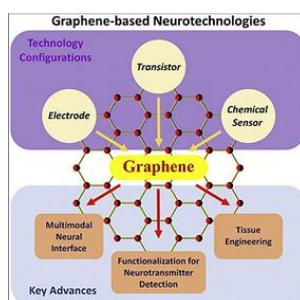
Pourquoi du graphène?

Le graphène est le matériau le plus mince qui soit. Il est effectivement formé d'une seule couche de carbone hexaédrique et a donc l'épaisseur d'un atome. A sa surface courent des électrons à des vitesses de l'ordre du trois centième de celle de la lumière (donc environ 800 Km/s).



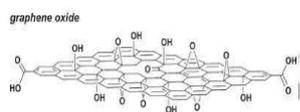
Graphène : l'électronique du futur en couche monoatomique | Laëticia Marty | FEDxArtsEtMétiersParis

Il possède des qualités qui en font un matériau utilisable dans de nombreux domaines, dont le domaine médical et dont, surtout, les applications en neurotechnologies : bien meilleur conducteur d'électricité que le cuivre, il est 100 à 300 fois plus solide que l'acier tout en restant flexible et possède des propriétés optiques uniques. Transparent, il est utilisable en optogénétique²⁸. Il est biocompatible et parfaitement soluble dans l'eau. Conducteur de chaleur, il peut être utilisé pour la magnéto thermo thérapie des cellules cancéreuses (par thermolésion). Il peut aussi servir pour délivrer des médicaments avec grande précision, que ce soit localement ou dosimétriquement.



Son utilisation en neurotechnologies est particulièrement intéressante dans la mesure où il est possible de l'interfacer avec des neurones tout en maintenant l'intégrité cellulaire. Des nano antennes à base de graphène peuvent être implantées en toute sécurité dans le cerveau, ce qui est très prometteur (pour qui et pourquoi ?), le graphène étant à la fois récepteur et émetteur. Il permet donc à la fois la lecture du cerveau et sa stimulation

La structure de l'oxyde de graphène, elle, est basée sur un film de graphène auquel on a ajouté diverses fonctions, hydroxy (OH), cétone, ester, ... Cela produit des substrats nanométriques à la fois souples et poreux, capables de fournir une stimulation plus longue.



²⁷ <http://www.graphéal.fr/>

²⁸ Optogénétique : neurotechnologie permettant de modifier l'activité d'un neurone en le rendant sensible à la lumière, ce qui permet de contrôler certaines activités cérébrales

Graphène, neurones et cerveau

Le cerveau est un ensemble de neurones individuels reliés entre eux (environ 100 milliards) et se transmettant des données dans un système complexe de réseaux. Le traitement des informations ainsi gérées est basé sur des signaux électriques (potentiels d'action) provoqués par des mouvements d'ions au travers et au contact de la membrane cellulaire (sodium, potassium, calcium), eux-mêmes chargés électriquement. Cette activité neuronale, individuelle ou globale, est donc associée à des changements de champ électrique et du champ magnétique lié à ces déplacements de charges électriques. Il est donc possible de mesurer ces variations de champs et, ainsi, d'explorer le fonctionnement du cerveau, que ce soit globalement ou au niveau du neurone comme cela est maintenant rendu possible grâce aux nanoparticules, notamment le graphène.

Un des intérêts de l'utilisation du graphène pour l'exploration et la stimulation du cerveau est sa parfaite adhérence aux neurones.²⁹ Ses propriétés en font un matériau particulièrement adapté car ayant donc une affinité neuronale exceptionnellement élevée. D'ailleurs la croissance des neurones sur du graphène est bien meilleure que celle qu'on obtient sur d'autres supports comme des plaques de verres sur lesquelles sont mises des protéines ad hoc. La combinaison unique de propriétés comme la transparence optique, la flexibilité, la haute conductivité et la biocompatibilité (il diminue les réponses immunitaires) en fait un matériau exceptionnellement intéressant pour le sondage multimodal de l'activité neuronale³⁰.

En ce qui nous concerne particulièrement, le graphène peut être utilisé pour ses capacités à se lier à un neurone déterminé et, ainsi, permettre la lecture fine de l'activité neuronale. Le graphène est à la fois enregistreur et émetteur. Il est donc possible de "lire" le cerveau et de le stimuler, en tout cas de stimuler des zones privilégiées, avec tous les biais technologiques en jeu. En effet, on ne maîtrise pas forcément les effets de la stimulation d'une zone sur une autre zone (effet papillon), le cerveau étant un réseau complexe de neurones associés. Comme le graphène traverse également la barrière hémato encéphalique³¹, cela permet de le diriger sur des cibles cérébrales spécifiques après l'avoir fonctionnalisé (adjonction de groupements fonctionnels). On voit donc tout l'usage qui peut en être fait, du côté médical mais aussi par le transhumanisme et par les armées. Il va de soi que, si on a accès aux données scientifiques publiées dans les différentes revues (et elles sont très nombreuses), au projet européen et, aussi, aux sites transhumanistes, on a pas par contre accès aux données militaires. Pour l'instant, on ne dispose de données scientifiques publiées qu'au niveau individuel, et non pas dans le cadre d'une utilisation de masse.

Une étude publiée en décembre 2022 montre de manière caricaturale où en sont les neurotechnologies et quel rôle y joue le graphène en tant qu'émetteur de l'activité neuronale (Multimodal monitoring of human cortical organoids implanted in mice reveal functional connection with visual cortex)³². Le tout, bien sûr pour des acquis médicaux fondamentaux. Des cellules souches ont été fonctionnalisées et recouvertes de graphène pour enregistrer leur activité électrique. Les organoïdes de cerveau humain ainsi obtenus ont été implantés dans des cerveaux de souris. Et il a donc été montré que les organoïdes implantés réagissaient ainsi à la lumière que voyaient les souris.

"Nous pensons que, plus tard, cette combinaison de cellules souches et de technologies de neuroenregistrement sera utilisée pour modéliser la maladie dans des conditions physiologiques, examiner les traitements candidats sur des organoïdes spécifiques aux patients et évaluer le potentiel

²⁹ video Graphène : l'électronique du futur en couche monoatomique | Laëticia Marty | TEDxArtsEtMétiersParis -

https://www.youtube.com/watch?v=SMB2I_bq0zc

³⁰ Il s'agit de mesurer l'activité du cerveau et définir où, quand et quels neurones sont actifs à un moment donné pour un état donné.

³¹ La BHE a une perméabilité faible et protectrice grâce à l'expression de protéines de jonction serrée, grâce à des cellules vasculaires microendothéliales.

³² <https://www.nature.com/articles/s41467-022-35536-3>

des organoïdes pour restaurer des régions cérébrales spécifiques perdues, dégénérées ou endommagées", a déclaré M. Kuzum, l'un des auteurs de l'article. Faut-il commenter ?

Lecture et écriture cérébrale, les risques

Un dossier paru dans un numéro des Annales des Mines pose clairement les dangers liés à ces nouvelles technologies de lecture et d'écriture du et dans le cerveau³³ :

" Et même si ces techniques sont physiquement non invasives (absence d'implants), elles sont de nature à remettre en cause l'intégrité mentale même si des bénéfices en sont attendus, voire plébiscités par certains individus ou groupes d'individus (pratique du sport de haut niveau, recherche de la performance compétitive, augmentation des capacités mentales combinatoires et d'abstraction et, d'une manière générale, des capacités cognitives, c'est-à-dire qui permettent l'acquisition de connaissances). ... Plus la technologie s'insère dans l'intimité du cerveau, et plus croissent les dangers de mésusage, par erreur ou de façon délibérée. Les neurotechnologies, multiples et souvent encore expérimentales, arrivent dans notre vie quotidienne sans que les chercheurs aient eu le temps de s'assurer que ces neurotechnologies sont adaptées à une vie hors des laboratoires de recherche."

Tout est dit.

Le brainjacking³⁴ institue, lui, un nouveau risque : celui de voir maîtrisés les états cognitifs, émotionnels et même la volonté d'une autre personne. Ce risque est possible avec les systèmes portables classiques d'enregistrement de l'activité cérébrale (transmission des données cérébrales, hacking...). Il l'est encore plus lorsque les données sont enregistrées sur Smartphone (voir infra). *Au vu des technologies numériques et des applications mobiles et par le biais de divers implants, se soulèvent de graves questions quant à la protection des données recueillies, comme de l'intégrité des personnes, dans le cadre de l'injonction douce, totalement inconsciente, induisant une modification ou une orientation des comportements (nudge³⁵). Cette pratique est très bien exposée dans une émission de France culture du 19 octobre 2018 "Connaissez-vous le nudge ?"³⁶ Les techniques ne sont pas récentes : la première (2010) et la plus développée de ces "Nudge Unit" est la Behavioural Insight Team anglaise³⁷, mise en place par le gouvernement anglais et désormais indépendante : "Nous créons et appliquons des connaissances comportementales pour susciter des changements positifs et aider les personnes, les communautés et les organisations à prospérer." affirme-t-elle. Elle travaille, à l'heure actuelle, avec les gouvernements d'une trentaine de pays.*

Plusieurs exemples de brainjacking possibles ont été envisagés : prise de contrôle de la stimulation cérébrale profonde (DBS³⁸) incitant la personne à des actes délictueux ou parents imposant un exercice pour soigner un enfant, ou modification du comportement ou de la manière dont une personne prend des décisions.

Les nouvelles neurotechniques de lecture cérébrale, basées sur des nanoparticules magnétisables comme le graphène ou l'oxyde de graphène, avec enregistrement sur appareil mobile, Smartphone notamment, renouvelle la question du nudge avec une acuité toute particulière. Il serait temps que le législateur se pose réellement la question des neurodroits. On voit là qu'il n'est même plus question de consentement éclairé mais de consentement tout court !

³³ <https://annales.org/ri/2021/ri-aout-2021.pdf>

³⁴ brainjacking : "prise de contrôle non autorisée de l'implant électronique cérébral d'une autre personne"

³⁵ nudge : obtention d'une réorientation dans l'axe souhaité par son promoteur en court-circuitant le ressenti de la personne.

³⁶ <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/hashtag/connaissez-vous-le-nudge-6076911>

³⁷ <https://www.bi.team/>

³⁸ DBS : Deep Brain Stimulation en anglais

Autre grave question : les changements d'activité des réseaux neuronaux induisent le plus souvent des mécanismes d'apprentissage de ces réseaux. La modulation ou la stimulation de leur activité est souvent pérenne avec, donc, à la clé, une modification de la personne dans son ensemble par modification des processus cognitifs (mémoire, système émotionnel, stimulation du système dopaminergique motivation-aversion, etc.) Si la question est pratiquement résolue au niveau d'un individu (et encore !), qu'en est-il des possibilités, ou des recherches, actuelles dans le domaine en matière de manipulation de masse ? Le nombre de données à traiter au vu du nombre d'êtres humains semble un obstacle majeur, surtout si l'on considère le nombre d'erreurs, de bugs, que cela va entraîner. Ce ne semble pas pourtant un obstacle réel pour les transhumanistes.

Graphène, techniques, industrie et interfaces cerveau-machine

Des dispositifs portables qui enregistrent les signaux cérébraux ou stimulent certaines fonctions sont facilement disponibles sur le marché des consommateurs.³⁹ Le marché mondial des produits neurotechnologiques est évalué à environ 9 millions de dollars et atteindra environ 15,1 milliards de dollars d'ici 2024, d'après une étude de marché réalisée par Neurotech Reports⁴⁰, cité par Minielly & al 2020⁴¹. Il suffit de chercher Stimulation magnétique transcrânienne sur Amazon pour en avoir une petite approche.⁴²

De nombreuses entreprises se jettent dans la course, notamment des startup créées par des chercheurs, comme c'est le cas pour Graphéal cité plus haut. Un certain nombre se donnent comme objet l'interface cerveau machine, sous le couvert, bien sûr, d'un objectif purement médical.

Par ailleurs, pour le transhumanisme, idéologie basée sur des théories eugénistes et dont le but est de créer un homme aux performances supérieures (homme augmenté, cyborg avec les interfaces cerveau-machine⁴³, capable de relations cerveau-cerveau) et ... immortel, il est évident que les applications concernant la lecture et la stimulation du cerveau constituent un objet majeur.

C'est le cas de Neuralink⁴⁴ qui affirme :

"Le Link est le point de départ d'un nouveau type d'interface cerveau-ordinateur. Au fur et à mesure que notre technologie se développe, nous voulons être en mesure d'augmenter les canaux de communication avec le cerveau, d'accéder à davantage de zones cérébrales et à de nouveaux types d'informations neuronales. Nous pensons que cette technologie a le potentiel de traiter un large éventail de troubles neurologiques, de restaurer les fonctions sensorielles et motrices, et finalement d'élargir la façon dont nous interagissons les uns avec les autres et dont nous vivons le monde qui nous entoure. ...

... Neuralink est une équipe de personnes exceptionnellement talentueuses. Nous créons l'avenir des interfaces cerveau-ordinateur : nous construisons aujourd'hui des dispositifs qui ont le potentiel d'aider les personnes paralysées et nous inventons de nouvelles technologies qui pourraient développer nos capacités, notre communauté et notre monde."

La société Inbrain⁴⁵ est, elle aussi, très claire quant à ses objectifs, tout en avançant des visées médicales, Parkinson servant d'exemple comme chez ses congénères :

³⁹ Exemple parmi d'autres : [GKPLY Appareil de soulagement du Sommeil en vente sur Amazon](#)

⁴⁰ <https://www.neurotechreports.com/> - Objet : informations et analyses approfondies pour le secteur de l'industrie des neurotechnologies

⁴¹ [https://www.cell.com/iscience/pdf/S2589-0042\(20\)30319-9.pdf](https://www.cell.com/iscience/pdf/S2589-0042(20)30319-9.pdf) déjà cité

⁴² Amazon : [produits concernant la stimulation magnétique transcrânienne](#)

⁴³ sur le sujet voir : Rapport 20-06 de l'Académie Nationale de Médecine — Interfaces cerveau-machine : essais d'applications médicales, technologie et questions éthiques - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001407920306154>

⁴⁴ <https://neuralink.com/about/> - entreprise d'Elon Musk

"Our mission is to decode and modulate neural networks to improve patients' lives" (Notre mission est de décoder et de moduler les réseaux neuronaux pour améliorer la vie des patients.)

et

"We develop high density and high resolutions brain interfaces coupled to an intelligent system with high signal processing power to provide breakthrough neuroelectronic therapies (NETs) (Nous développons des interfaces cérébrales de haute densité et de haute résolution couplées à un système intelligent doté d'une grande puissance de traitement du signal afin de fournir des thérapies neuroélectroniques (NET) révolutionnaires.)"

Il s'agit donc bien d'utiliser l'intelligence artificielle et les technologies du graphène pour moduler l'activité cérébrale, modifier son fonctionnement, donc la contrôler : " INBRAIN's less-invasive graphene electrodes take advantage of some of these properties to enable ultra-high signal resolution at levels never seen before. The INBRAIN system's machine learning software detects therapy-specific biomarkers to deliver highly focused, adaptive neuromodulation therapy that is personalized for each patient". (Les électrodes en graphène moins invasives d'INBRAIN tirent parti de certaines de ces propriétés - celles du graphène - pour permettre une résolution du signal très élevée à des niveaux jamais atteints auparavant. Le logiciel d'apprentissage automatique du système INBRAIN détecte des biomarqueurs spécifiques d'une thérapie afin d'offrir une neuromodulation hautement ciblée, adaptative et personnalisée pour chaque patient).

L'entreprise a publié un communiqué⁴⁶ dans lequel elle affirme avoir obtenu un financement de 17 millions de dollars pour la première interface graphène-cerveau alimentée par l'intelligence artificielle.

Les Brain Computer Interfaces sont cependant confrontées à d'importants problèmes : le premier concerne la faiblesse de la puissance du signal⁴⁷ et les bruits environnants qui contaminent les enregistrements des signaux cérébraux ; le deuxième, et c'est peut-être là aussi une échappatoire à un monde basé sur ces technologies, concerne les variabilités individuelles qui peuvent rendre aléatoires les résultats des algorithmes pour 10 à 20% des sujets.⁴⁸ Il est à noter cependant que la capacité du graphène à amplifier le signal peut être une grande avancée en la matière.

Toxicité du graphène et utilisation à large échelle

Les nanomatériaux à base de graphène ont le potentiel d'être utilisés dans une grande variété d'applications, y compris les dispositifs biomédicaux. Or, si ces nanomatériaux sont considérés comme les parangons des neurotechnologies actuelles, ils n'en sont pas sans toxicité, loin de là, malgré certaines études plus contradictoires.

C'est ainsi que, le site Xochipelli liste des centaines d'études sur le sujet.⁴⁹

Cyrill Bussy, de l'université de Manchester,⁵⁰ estime que la faible utilisation du graphène aujourd'hui fait que l'exposition humaine ne devrait théoriquement pas être massive. « Mais cela pourrait

⁴⁵ <https://www.inbrain-neuroelectronics.com/>

⁴⁶ <https://www.businesswire.com/news/home/20210330005388/en/INBRAIN-Neuroelectronics-Secures-17-Million-in-Series-A-Funding-for-First-AI-Powered-Graphene-Brain-Interface>

⁴⁷ de l'ordre de 100 femtoteslas, soit plus d'un milliard de fois inférieure au champ magnétique terrestre

⁴⁸ <https://theses.hal.science/tel-02542067/document>

⁴⁹ <http://xochipelli.fr/2023/02/recapitulatifs-des-etudes-scientifiques-mettant-en-exergue-lextreme-toxicite-pour-lorganisme-animal-de-toutes-les-nano-particules-derivees-du-graphene/#more-20019>

<https://web.archive.org/web/20220208190549/https://corona2inspect.net/danos-y-toxicidad-del-oxido-de-grafeno/>

⁵⁰ <https://particleandfibretoxicology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12989-022-00502-w> - <https://lejournal.cnr.fr/articles/le-graphene-est-il-toxique>

changer si de plus en plus de produits l'utilisant sont mis sur le marché. » Le mode d'exposition principal est l'inhalation. « L'ingestion est peu probable, à moins que des revêtements pour des contenants alimentaires ne se développent, précise-t-il. Et pour une ingestion ou une exposition sur la peau, nous n'avons pas vu d'effets tant que les barrières cutanée et gastro-intestinale ne sont pas endommagées. »

Effet sur la barrière hémato encéphalique⁵¹

La question entre particulièrement en résonance avec ce que l'on sait des effets des champs électromagnétiques. Mais, en dehors de cet effet, le graphène semble directement toxique. Le graphène primitif, non fonctionnalisé, est utilisé pour les interfaces neuronales. Fonctionnalisé, il permet aussi le passage de la barrière hémato encéphalique par des molécules qui, autrement, ne passeraient pas, de façon à, ensuite, les orienter vers leur cible.

Une étude⁵² de 2019 montre que le graphène primitif augmente la libération de lactate déshydrogénase, suggérant ainsi l'induction de la nécrose des cellules microendothéliales, donc l'altération de la BHE.

Stress oxydatif, ADN... et autres toxicité

D'après Alsheri et al., 2016⁵³, "Ils peuvent également provoquer une toxicité par le biais du stress oxydatif, de la modification des activités mitochondriales, de la synthèse des protéines et de l'altération du métabolisme intracellulaire, la synthèse des protéines et l'altération des voies métaboliques intracellulaires. Les mécanismes les plus courants des NTC (nanotubes de carbone) qui entraînent une cytotoxicité comprennent également la nécrose et l'apoptose."

Un certain nombre d'études se sont penchées sur les effets sanitaires dans des conditions d'exposition professionnelle. Ont été soulignés des effets sur la formation de ROS (Reactiv Oxygen Species ou, en français, espèces réactives de l'oxygène), de tubes longs avec réaction inflammatoire prolongée sans que l'ADN pleural ne soit endommagé.

En ce qui concerne l'immunité, il a été montré que des nanotubes de carbone oxydés induisent une perte massive de viabilité cellulaire sur des cellules T humaines, par mort cellulaire programmée à des doses de 400 µg/ml, ce qui correspond à environ 10 millions de nanotubes de carbone par cellule.⁵⁴ Une autre étude a montré des nano filaments longs, droits et bien dispersés produisaient beaucoup plus de TNF-α (Tumor necrosis Factor) et de ROS dans les cellules monocytaires que les matériaux fortement courbés et enchevêtrés et que la capacité phagocytaire des cellules monocytiques était réduite après exposition à tous les nanotubes utilisés.⁵⁵

Pour Marc Henry⁵⁶ *"Les nanoparticules de la famille du graphène suivent différentes voies pour pénétrer à travers les barrières physiologiques. Puis, elles se distribuent dans les tissus ou se localisent dans les cellules. Leur excrétion hors du corps se fait avec des durées très variables. Les facteurs qui déterminent la toxicité des NFGs (Nanoparticules de la famille du Graphène) sont : la taille latérale, la structure de surface, la fonctionnalisation, la charge, les impuretés, les agrégations et l'effet corona.*

⁵¹ Voir Téléphonie mobile et barrière sang-cerveau <http://www.teslabel.be/archives/salford200103.htm> La BHE a une perméabilité faible et protectrice grâce à l'expression de protéines de jonction serrée, grâce à des cellules vasculaires microendothéliales.

⁵² <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jat.3786>

⁵³ <https://www.researchgate.net/publication/301896095>

⁵⁴ Multi-walled carbon nanotubes induce T lymphocyte apoptosis- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16125885/>

⁵⁵ Potential of carbon nanotubes and nanofibres to induce inflammatory mediators and frustrated phagocytosis - <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008622307002114>

⁵⁶ <https://marchenry.org/> Professeur des Universités en Physique Quantique, Chimie et Sciences des Matériaux, Marc Henry est par ailleurs membre du comité de parrainage de Robin des Toits.

Plusieurs mécanismes typiques sous-tendent la toxicité des NFGs. Par exemple, la destruction physique, le stress oxydatif, les dommages à l'ADN, la réponse inflammatoire, l'apoptose, l'autophagie et la nécrose. Dans ces mécanismes, les voies dépendantes des récepteurs TLR (toll-like receptors), du facteur de croissance transformant β (TGF- β) et du facteur de nécrose tumorale alpha (TNF- α) sont impliquées dans le réseau de voies de signalisation. Le stress oxydatif joue aussi un rôle crucial.⁵⁷

Et, à propos des liens graphène et Covid 19, quant aux fameux "rasoirs", il conclut :

"Pour ce qui me concerne, toute cette histoire autour des NFGs me semble être un simple écran de fumée. Pendant que les gens s'excitent sur ce sujet, ils ne discutent pas du vrai problème : l'injection de matériel génétique non humain dans un corps humain. Il ne faut pas se tromper de combat et songer que l'adversaire est extrêmement malin, au sens diabolique du terme. On ne peut certes pas nier qu'il y ait une folie autour des NFGs. Mais, c'est en vertu de leurs propriétés potentiellement extraordinaires. Ainsi va la recherche pour un monde meilleur. Car, ce n'est pas la technologie qui pose problème, mais la manière dont on l'exploite sans aucune conscience."

Conclusion

Qu'en est-il vraiment de tout cela ? Premièrement, les recherches militaires sont sans doute très en avance sur les publications scientifiques classiques. Or elles ne sont pas publiques. Deuxièmement, on voit bien l'orientation des recherches avec la mode du graphène, même si certains laboratoires affirment délaisser la recherche et la production de nanotubes de carbone, comme l'entreprise allemande Bayer.⁵⁸ Il n'en reste pas moins qu'entre transhumanisme en route, orwellisation du monde, le tout dans un silence médiatique et éducationnel bien orchestré depuis des décennies (Qui, dans les populations, est au courant des choses ? Quel rôle joue l'Education Nationale ?), détournement de la science par des études minées par les conflits d'intérêts, et donc déni des graves effets biologiques et sanitaires (l'électrosmog pourrait devenir intérieur à l'organisme), il est devenu bien difficile à la fois de distiller les vrais savoirs nécessaires à l'exercice de la citoyenneté et de se défendre du scandale sanitaire en cours. Qu'en sera-t-il donc lorsque la réalité virtuelle aura remplacé nos sens par des capteurs externes et que nous produirons nos propres champs électromagnétiques à l'intérieur de nos propres corps, sans qu'on le sache, et donc sans qu'on en connaisse les valeurs ni qu'en soient décrits les effets ? Un être humain augmenté, élément d'une chaîne robotisée, son cerveau modifié sans qu'il le sache, est-il encore un être humain⁵⁹ ?

Pierre-Marie Théveniaud

⁵⁷ <https://marchenry.org/2021/12/18/58graphene-et-produits-anti-covid-19/>

⁵⁸ <https://www.usinenouvelle.com/article/les-nanotubes-de-carbone-ne-sont-plus-a-la-fete.N197727>

⁵⁹ voir projet européen HexaX, <https://hexa-x.eu/>, industrie 4.0 et fusion cyber machine humain,...

Références

Magneto encéphalographie

Qu'est-ce que la MEG ? CEA - video

<https://www.cea.fr/multimedia/Pages/videos/culture-scientifique/sante-sciences-du-vivant/magnetoencephalographie-meg.aspx>

Qu'est-ce que la MEG ?

CERMEP - imagerie du vivant

https://www.cermep.fr/ged.php?login=vvv&catagenda=678404593d4722c&pk_organ=9&pkcateg=302

Deep brain activities can be detected with magnetoencephalography

F Pizzo, N Roehri, S Medina Villalon, A Trébuchon, S Chen, S Lagarde, R Carron, M Gavaret, B Giusiano, A McGonigal, F Bartolomei, J M Badier, C G Bénar - 2019

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30814498/>

The Marseille MEG platform.

<https://www.ibisa.net/plateformes/magneto-encephalographie-meg-630.html>

<https://meg.univ-amu.fr/wiki/Welcome>

Systeme magneto

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4846560/> - 2016

<https://www.anguillesousroche.com/technologie/the-guardian-2016-une-proteine-magneto-genetiquement-modifiee-controle-a-distance-le-cerveau-et-le-comportement/> - 2016

https://imagesetmots.fr/naturopathie/proteine_magneto.php - 2021

<https://www.nature.com/articles/nn.4265> - 2016

<https://www.theguardian.com/science/neurophilosophy/2016/mar/24/magneto-remotely-controls-brain-and-behaviour> - 2016

Behavioral changes and gene profile alterations after chronic 1,950-MHz radiofrequency exposure: An observation in C57BL/6 mice

Ye Ji Jeong^{1,2} | Yeonghoon Son^{1,3} | Hyung-Do Choi⁴ | Nam Kim⁵ | Yun-Sil Lee⁶ | Young-Gyu Ko² | Hae-June Lee - nov 2020

https://www.researchgate.net/publication/343952842_Behavioral_changes_and_gene_profile_alterations_after_chronic_1950-MHz_radiofrequency_exposure_An_observation_in_C57BL6_mice/link/606f11824585150fe99383d5/download

Graphène

Le graphène nanomatériau du futur - Up Magazine mai 2018

<https://up-magazine.info/le-vivant/nanotechnologies/7817-le-graphene-nanomateriau-du-futur/>

Graphène : l'électronique du futur en couche monoatomique - Laëticia Marty - vidéo

TEDxArtsEtMétiersParis - 2016

https://www.youtube.com/watch?v=SMB2I_bq0zc

Des capteurs de graphène à largeur d'atome pourraient fournir des informations sans précédent sur la structure et le fonctionnement du cerveau

<http://fr.scienceaq.com/nanotechnologie/1001095762.html>

La-technologie de neuromodulation à base de graphène est- réelle - Cogiito - 2021

<https://cogiito.com/a-la-une/la-technologie-de-neuromodulation-a-base-de-graphene-est-reelle-un-communique-de-presse-dinbrain-neuroelectronics-decrit-les-biocircuits-controlant-le-cerveau-a-laide-de-graphene-a/>

Monolayer Graphene Coating of Intracortical Probes for Long-Lasting Neural Activity Monitoring

Antoine Bourrier, Polina Shkorbatova, Marco Bonizzato, Elodie Rey, Quentin Barraud, Gregoire Courtine, Riadh Othmen, Valerie Reita, Vincent Bouchiat, and Cécile Delacour - 2019

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31402600/>

Introducing a biomimetic coating for graphene neuroelectronics: toward in-vivo applications

Antoine Bourrier, Anna Szarpak-Jankowska, Farida Veliev, Renato Olarte-Hernandez, Polina Shkorbatova, Marco Bonizzato, Elodie Rey, Quentin Barraud, Anne Briançon-Marjollet, Rachel Auzely, Gregoire Courtine, Vincent Bouchiat, Cécile Delacour - nov 2020

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35125348/>

Biosensors based on graphene oxide and its biomedical application

Jieon Lee, Jungho Kim, Seongchan Kim, Dal-Hee Min - 2016

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0169409X16301855?token=85BBE5CF0800C549B92BA2D040B5EC707D7498355969EE5E29F960F4A783EED4382266D57D229E1FC0C7FBF156147D68&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230222164617>

Detection of graphene's divergent orbital diamagnetism at the Dirac point.

J. Vallejo, N.J. Wu, C. Fermon, M. Pannetier-Lecoer, T. Wakamura, K. Watanabe, T. Tanigushi, T. Pellegrin, A. Bernard, S. Daddinounou, V. Bouchiat, S. Guéron, M. Ferrier, G. Montambaux et H. Bouchiat. *Science*, décembre 2021.

[DOI:10.1126/science.abf9396](https://doi.org/10.1126/science.abf9396)

Article disponible sur la base d'archives ouverte [arXiv](https://arxiv.org/abs/10.1126/science.abf9396)

ou :

Des courants bien singuliers dans le graphène - 2022

<https://www.inp.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/des-courants-bien-singuliers-dans-le-graphene>

Carbon nanotubes as gene carriers: Focus on internalization pathways related to functionalization and properties

- Cécile Caoduro, Eric Hervouet, Corine Girard-Thernier, Tijani Gharbi, Hatem Boulahdour, Régis Delage-Mourroux, Marc Pudlo - 2017

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27826000/>

Human virus detection with graphene-based materials

Eleni Vermisoglou a, David Panacek, Kolleboyina Jayaramulu, Martin Pykal, Ivo Frebort, Milan Kolar, Marian Hajdúch, Radek Zboril, Michal Otyepk - oct 2020

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956566320304309>

Novel graphene-based biosensor for early detection of Zika virus infection

Savannah Afsahia, Mitchell B. Lerner, Jason M. Goldstein, Joo Leeb, Xiaoling Tang, Dennis A. Bagarozzi Jr, Deng Pana, Lauren Locascio, Amy Walkera, Francie Barrona, Brett R. Goldsmitha, - 2018

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956566317305869>

High-resolution mapping of infraslow cortical brain activity enabled by graphene microtransistors (2018):

<https://www.nature.com/articles/s41563-018-0249-4>

ou

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/173773/1/Post-print-High-resolution%20mapping%20of%20infraslow%20cortical%20brain%20activity%20enabled%20by%20graphene%20microtransistors MAIN TEXT.pdf>

Graphene-based Neurotechnologies for Advanced Neural Interfaces

Yichen Lu, † Xin Liu, † Duygu Kuzum†*, †Electrical and Computer Engineering Department, Jacobs School of Engineering, University of California, San Diego, La Jolla, California 92093, USA – 2017

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468451118300096?via%3Dihub>

Interfacing Graphene-Based Materials With Neural Cells - Mattia Bramini, Giulio Alberini, Elisabetta Colombo, Martina Chiacchiarretta, Mattia L. DiFrancesco, José F. Maya-Vetencourt, Luca Maragliano, Fabio Benfenati and abrizia Cesca - 2018

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnsys.2018.00012/full>

Graphene in the Design and Engineering of Next-Generation Neural Interfaces

Kostas Kostarelos, * Melissa Vincent, Clement Hebert, and Jose A. Garrido*-2017:

<https://www.nanomedicinelab.com/wp-content/uploads/2017/06/adma201700909.pdf>

Handbook of Graphene Volumes 1-8 - 2019

<http://epdf.gms.sg/pdfs/OFbsvwFDgKwJI1HV/pdf/full.pdf>

Les projets «Graphène» et «Cerveau humain» reçoivent une récompense historique dans le domaine de l'excellence scientifique - Communiqué de presse Communauté européenne. 2013

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_13_54

Graphene Flagship Core Project 2 - Résultats - 2018-2020

<https://cordis.europa.eu/project/id/785219/results/fr>

Graphene-Based Interfaces Do Not Alter Target Nerve Cells - Alessandra Fabbro' Denis Scaini' Verónica León' Ester Vázquez' Giada Cellot' Giulia Privitera' Lucia Lombardi' Felice Torrisi' Flavia Tomarchio' Francesco Bonaccorso' Susanna Bosi' Andrea C. Ferrari' Laura Ballerini' and Maurizio Prato - 2016 :

<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsnano.5b05647>

Graphene shown to safely interact with neurons in the brain - University of Cambridge 2016.

<https://phys.org/news/2016-01-graphene-shown-safely-interact-neurons.html>

The uses of transcriptomics and lipidomics indicated that direct contact with graphene oxide altered lipid homeostasis through ER stress in 3D human brain organoids

Xudong Liu, Chao Yang, P. Chen, Lei zhang, Yi Cao - nov 2022

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722049142>

Graphene oxide exposure suppresses immune responses and increases the sensitivities of zebrafishes to lipopolysaccharides via the down-regulation of Toll-like receptors

Jincheng Liu, Weichao Zhao, Fengmei Song, Chaobo Huang, Zhaohui Zhang ,

Yi Cao , Hunan Province Key Lab- oct 2022

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X22010366>

Multimodal monitoring of human cortical organoids implanted in mice reveal functional connection with visual cortex

Madison N. Wilson, Martin Thunemann, Xin Liu, Yichen Lu, Francesca Puppo, Jason W. Adams, Jeong-Hoon Kim, Mehrdad Ramezani, Donald P. Pizzo, Srdjan Djurovic, Ole A. Andreassen, Abed AlFatah Mansour, Fred H. Gage, Alysson R. Muotri, Anna Devor & Duygu Kuzum

Nature Communications volume 13, Article number: 7945 (2022)

<https://www.nature.com/articles/s41467-022-35536-3>

Des avancées biomédicales grâce à l'utilisation du graphène - Cordis Commission européenne

<https://cordis.europa.eu/article/id/243655-biomedical-advances-through-use-of-graphene/fr>

High-resolution mapping of infraslow cortical brain activity enabled by graphene microtransistors - 2019

<https://www.nature.com/articles/s41563-018-0249-4>

Nanotubes de carbone biparoi : fonctionnalisation et détection in vitro

Thèse - Tifania Bortalamiol - mars 2015

https://oatao.univ-toulouse.fr/13943/2/bortalamiol_partie_1_sur_2.pdf

Decoding neural signals to restore patients' lives - Société Inbrain

<https://www.inbrain-neuroelectronics.com/>

Taille du marché du graphène, opportunités de tendances à venir, données de développement à jour et aperçu de la recherche mondiale 2020 – 2023 -

<https://www.icrowdfr.com/2020/12/29/taille-du-marche-du-graphene-opportunités-de-tendances-a-venir-donnees-de-developpement-a-jour-et-aperçu-de-la-recherche-mondiale-2020-2023/>

(iCrowdNexshire - Communication marketing basée sur l'intelligence artificielle)

Toxicité de l'oxyde de graphène :

Liste Xochipelli

<http://xochipelli.fr/2021/10/toxicite-des-nano-particules-de-graphene-pour-le-systeme-de-reproduction-des-insectes-des-poissons-et-des-mammiferes/>

<http://xochipelli.fr/2023/02/recapitulatifs-des-etudes-scientifiques-mettant-en-exergue-lextrême-toxicite-pour-l'organisme-animal-de-toutes-les-nano-particules-derivees-du-graphene/#more-20019>

<https://web.archive.org/web/20220208190549/https://corona2inspect.net/danos-y-toxicidad-del-oxido-de-grafeno/>

Lung recovery from DNA damage induced by graphene oxide is dependent on size, dose and inflammation profile

Luis Augusto Visani de Luna, Thomas Loret, Alexander Fordham, Atta Arshad, Matthew Drummond, Abbie Dodd, Neus Lozano, Kostas Kostarelos & Cyrill Bussy - *Particle and Fibre Toxicology* volume 19, Article number: 62 (2022)

<https://particleandfibretoxicology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12989-022-00502-w>

Les dangers du graphène pris au sérieux

<https://www.usinenouvelle.com/article/les-dangers-du-graphene-pris-au-serieux.N2012662>

L'usine nouvelle 23/06/2022

A comparative study on cytotoxicity of nanomaterials: decreased cell viability induced by carbon nanotubes and graphene oxide in HepG2 cell line

S. Derakhshani - déc 2015

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0923753419462352>

Potential toxicity of superparamagnetic iron oxide nanoparticles (SPION)

Neenu Singh, Gareth J S Jenkins, Romisa Asadi, Shareen H Doak - 2010

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22110864/>

Cytotoxicity profile of pristine graphene on brain microvascular endothelial cells

Hector Rosas-Hernandez, Claudia Escudero-Lourdes, Manuel A. Ramirez-Lee, Elvis Cuevas, Susan M. Lantz, Syed Z. Imam, Waqar Majeed, Shawn E. Bourdo, Merle G. Paule - 2019

<https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jat.3786>

Graphène et produits anti-Covid-19 Marc HENRY - 2021

<https://marchenry.org/2021/12/18/58graphene-et-produits-anti-covid-19/>

Oxyde de graphène et DNA - 2021

<https://www.sciencedirect.com/search?qs=graphen%20oxide%20DNA>

Les nanoparticules : existe-t-il un risque de neurotoxicité ?

nov. 2010 à fév. 2011 - Henri SCHROEDER - URAFPA, INRA UC340 – Nancy Université – Vandœuvre-lès-Nancy

<https://www.anses.fr/fr/system/files/BVS-mg-015-Schroeder.pdf>

Marché global du graphène

Graphen Market Research Report Information By Type - Market Research Future - 2023

<https://www.marketresearchfuture.com/reports/graphene-market-2987>

Modifications des protéines par les champs électromagnétiques

Polymères à empreintes de protéines couplés à des nanoparticules magnétiques : de la synthèse aux applications en nanomédecine - Thèse - Charlotte Boitard - 2020

https://theses.hal.science/tel-02935870/file/BOITARD_Charlotte_these_2019.pdf

[International Journal of Biological Macromolecules](#)

[Volume 217](#), 30 September 2022, Pages 481-491

Utilisation de nanoparticules magnétiques pour perturber la localisation spatiotemporelle de protéines de signalisation - Louise Bonnemay - thèse 2015 : <https://theses.hal.science/tel-01133385>

Protein expression changes during phagocytosis influenced by low-frequency electromagnetic field exposure : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813022015100?via%3Dihub>

Etude de l'emploi de nano particules magnétiques fonctionnalisées par des peptides

<https://anr.fr/Projet-ANR-06-PCVI-0007>

EMB - IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING, VOL. 30, 2022 1267

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9721851>

Modèle d'évaluation de la sécurité électromagnétique d'une interface cerveau-machine modulaire à couplage inductif

Julian Szlawski , Timothy Feleppa, Anand Mohan, *membre, IEEE*, Yan T. Wong, *membre senior, IEEE*, et Arthur J. Lowery , *Fellow, IEEE*. : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35533168/>

Low-intensity electromagnetic fields induce human cryptochrome to modulate intracellular reactive oxygen species -Rachel M. Sherrard , Natalie Morellini , Nathalie Jourdan, Mohamed El-Esawi, Louis-David Arthaut, Christine Niessner, Francois Rouyer, Andre Klarsfeld, Mohamed Doulazmi, Jacques Witczak, Alain d'Harlingue, Jean Mariani, Ian Mclure, Carlos F. Martino, Margaret Ahmad - 2018 :

<https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.2006229>

Contrôler à distance la libération d'hormones

Jeudi, 28/05/2020 - 12:27

<https://www.rtf.fr/contrôler-distance-libération-d-hormones/article>

Transgene-free remote magnetothermal regulation of adrenal hormones

Dekel Rosenfeld, Alexander W. Senko, Junsang Moon, Isabel Yick, Georgios Varnavides, Danijela Gregurec, Florian Koehler, Po-Han Chiang, Michael G. Christiansen, Lisa Y. Maeng, Alik S. Widge, Polina Anikeeva - 2020

<https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/sciadv.aaz3734>

Parallelized Manipulation of Adherent Living Cells by Magnetic Nanoparticles-Mediated Forces

by Maud Bongaerts^{1,†}, Koceila Aizel^{1,†}, Emilie Secret², Audric Jan³, Tasmin Nahar⁴, Fabian Raudzus^{5,6}, Sebastian Neumann⁵, Neil Telling⁴, Rolf Heumann⁵, Jean-Michel Siaugue², Christine Ménager², Jérôme Fresnais², Catherine Villard³, Alicia El Haj⁷, Jacob Piehler⁸, Monte A. Gates⁹ and Mathieu Coppey^{1,*}

<https://curie.fr/publications/parallelized-manipulation-adherent-living-cells-magnetic-nanoparticles-mediated-forces>

Nanoparticules

Live-cell micromanipulation of a genomic locus reveals interphase chromatin mechanics

29 Juil, 2022 -Veer I. P. Keizer, Simon Grosse-Holz, Maxime Woringer, Laura Zambon, Koceila Aizel, Maud Bongaerts, Fanny Delille, Lorena Kolar-Znika, Vittore F. Scolari, Sebastian Hoffmann, Edward J. Banigan, Leonid A. Mirny, Maxime Dahan, Daniele Fachinetti, Antoine Coulon

<https://curie.fr/publications/live-cell-micromanipulation-genomic-locus-reveals-interphase-chromatin-mechanics-0>

Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticle-Based Delivery Systems for Biotherapeutics

[Hyejung Mok](#) and [Miqin Zhang](#) - jan 2013

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4167583/>

Magnetic fields for modulating the nervous system

Michael Christiansen, Polina Anikeeva - Physics Today 74, 2, 28 (2021)

<https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.4677>

Magneto-Electric Nano-Particles for Non-Invasive Brain Stimulation - Kun Yue, Rakesh Guduru, Jeongmin Hong, Ping Liang, Madhavan Nair, Sakhrat Khizroev -2012

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3434207/pdf/pone.0044040.pdf>

Systèmes magnétiques hybrides : du diagnostic à la thérapie (comprenant les liposomes ultra magnétiques) - Colloque vidéo 32:48 mn

<https://www.college-de-france.fr/agenda/colloque/interfaces-chimie-des-materiaux-biologie-medecine/systemes-magnetiques-hybrides-du-diagnostic-la-therapie>

<https://www.college-de-france.fr/agenda/colloque/interfaces-chimie-des-materiaux-biologie-medecine/vesicules-polymeres-biomimetiques-et-nanomedecine>

Le vaccin contre la grippe basé sur l'ARN combiné avec des nanoparticules :

<https://cordis.europa.eu/article/id/182709-rnabased-influenza-vaccine/fr>

Les interactions entre les membranes lipidiques et les nanoparticules :

<https://cordis.europa.eu/article/id/165075-nanoparticlelipid-membrane-interactions/fr>

Recherches Cordis nanoparticules et santé

[https://cordis.europa.eu/search/fr?q=applicationDomain%2Fcode%3D%27health%27%20AND%20\(%27nano%27particules%27\)&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing](https://cordis.europa.eu/search/fr?q=applicationDomain%2Fcode%3D%27health%27%20AND%20(%27nano%27particules%27)&p=1&num=10&srt=Relevance:decreasing)

" NanoMatériaux : Différentes voies de synthèse, propriétés, applications et marchés " - January 2008 -

Projects: [Prospectives](#) - Risks to health and environment - Physico-Chemical Properties of Nanomaterials -

[Nanotechnology - Nanomaterials : Applications and Development](#) :

https://www.researchgate.net/publication/236894831_NanoMateriaux_Differentes_voies_de_synthese_proprietes_applications_et_marches

Manipuler l'émission et l'absorption de transitions dipolaires magnétiques par l'utilisation de nano-antennes optiques

Cyrine Ernandes Sorbonne Université - Physique et Chimie des Matériaux - *Institut des NanoSciences de Paris / Nanostructures et optique - Laboratoire de Physique et d'Étude des Matériaux de Paris / Micro & Nano Caractérisation*

<https://theses.hal.science/tel-03141341/document>

Genetically targeted magnetic control of the nervous system

Michael A Wheeler^{1,2}, Cody J Smith^{1,7}, Matteo Ottolini^{3,7}, Bryan S Barker^{2,3}, Aarti M Purohit¹, Ryan M Grippo¹, Ronald P Gaykema³, Anthony J Spano¹, Mark P Beenhakker⁴, Sarah Kucenas^{1,5}, Manoj K Patel³, Christopher D Deppmann^{1,5,6} & Ali D Güler¹ - 2016

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4846560/>

Selective activation of mechanosensitive ion channels using magnetic particles

Steven Hughes, Stuart McBain, Jon Dobson* and Alicia J. El Haj Institute of Science and Technology in Medicine, Keele University School of Medicine, Stoke-on-Trent, Staffordshire ST4 7QB, UK

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsif.2007.1274>

Magnetic-field-synchronized wireless activation of action potentials by magnetoelectric nanoparticles

E. Zhang¹, M. Abdel-Mottaleb¹, P. Liang^{1,2*}, B. Navarrete¹, Y. Akin Yildirim¹, M. Alberteris

Campos¹, I. T. Smith¹, P. Wang¹, B. Yildirim¹, L. Yang¹, S.

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4167458

Ca²⁺ and CACNA1H mediate targeted suppression of breast cancer brain metastasis by AM RF EMF

Sambad Sharma a, Shih-Ying Wu a, Hugo Jimenez a, Fei Xing a, Dongqin Zhu a, Yin Liu a, Kerui Wu a, Abhishek Tyagi a, Dan Zhao a, Hui-Wen Lo a, Linda Metheny-Barlow b, Peiqing Sun a, John D. Bourland b, Michael D. Chan b, Alexandra Thomas c, Alexandre Barbault d, Ralph B. D'Agostino e, Christopher T. Whitlow f, Volker Kirchner g, Carl Blackman a, Boris Pasche a, Kounosuke Watabe a,

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2352396419303469?token=B775E5C492C942D350B408F1AAA2A4B187C03265A196A1170DBA2875BFAE499A2560072A73A9BF619B2A4364BA6F015E&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230107123143>

Interfaces cerveau-machine - Transhumanisme - Applications industrielles

Société Inbrain neuroelectronics - publications

<https://www.inbrain-neuroelectronics.com/#publications>

Des signaux cérébraux aux activités cognitives, approches géométriques et apprentissage statistique

Thèse - Sylvain Chevallier - Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes de Versailles (LISV EA 4048) - 2019

<https://theses.hal.science/tel-02542067/document>

Société Neuralink

<https://neuralink.com/>

Transhumanisme

<https://iatranshumanisme.com/category/neurosciences-sciences-medicales/>

<https://iatranshumanisme.com/2017/07/15/et-si-vous-pouviez-voir-directement-dans-le-cerveau-dune-autre-personne/>

Des projets pour notre cerveau...

http://gerardscheller.ch/Presentation_Human_Brain_Project-IEQ72.pdf

Rapport et recommandations de l'Académie Nationale de Médecine - Rapport 20-06 — Interfaces cerveau-machine : essais d'applications médicales, technologie et questions éthiques :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001407920306154>

Explorer la convergence bionumérique - Qu'arrive-t-il lorsque la biologie et les technologies numériques fusionnent ? Horizons de politiques Canada (Horizons) - 2019

<file:///C:/Users/Pierr/Downloads/Explorer-la-Convergence-bionumerique-FR-02102020-Good-FINAL.pdf>

Annales des Mines - Réalités industrielles 2021/3 (Août 2021), Introduction, pages 3 à 6

[Laure Tabouy](#), [Françoise Roure](#)

<https://annales.org/ri/2021/ri-aout-2021.pdf>

Privacy Challenges to the Democratization of Brain Data

Nicole Minielly, Viorica Hrinco, and Judy Illes - juin 2020

[https://www.cell.com/iscience/pdf/S2589-0042\(20\)30319-9.pdf](https://www.cell.com/iscience/pdf/S2589-0042(20)30319-9.pdf)

Big Brain Data: On the Responsible Use of Brain Data from Clinical and Consumer-Directed Neurotechnological Devices

Philip Kellmeyer - *Neuroethics* volume 14, pages 83–98 (2021)
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12152-018-9371-x>

Autres sites d'intérêt général

Le cerveau exploré CEA

<https://www.cea.fr/multimedia/Documents/publications/clefs-cea/Clefs62-cerveau-explore.pdf>

Engineering E. coli for magnetic control and the spatial localization of functions

Mary Aubry, Wei-An Wang, Yohan Guyodo, Eugénia Delacou, Jean-Michel

Guignier, Olivier Espeli, Alice Lebreton, François Guyot, Zoher Gueroui

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03038795/document>

Comment l'identification numérique peut aider les citoyens à accéder aux services gouvernementaux de n'importe où - Thalès 2021 : https://dis-blog.thalesgroup.com/identity-biometric-solutions/2021/07/27/how-digital-id-can-help-citizens-access-government-services-from-anywhere/?utm_source=twitter&utm_medium=Hootsuite&utm_term=&utm_content=&utm_campaign=DIS-Digital-Identity

Artificial Intelligence in Clinical Neuroscience: Methodological and Ethical Challenges

Marcello Lenca & Karolina Ignatiadis

<https://doi.org/10.1080/21507740.2020.1740352>

The Use and Abuse of Transcranial Magnetic Stimulation to Modulate Corticospinal Excitability in Humans

Martin E. Héroux, Janet L. Taylor, Simon C. Gandevia, Neuroscience Research Australia, Randwick, NSW, Australia, 2 University of New South Wales, Randwick,

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26629998/>

Portail HAN - ANR

<https://hal-anr.archives-ouvertes.fr/>

Cordis : recherche européenne

<https://cordis.europa.eu/fr>

Intra Mural Research Programm (USA) - National Center for Advancing Translational Sciences (NCATS)

<https://search.nih.gov/search?utf8=%E2%9C%93&affiliate=nihirp&query=electromagnetic+fields&commit=Search>