



Les incroyables progrès des neurosciences (?)

20 Mai 2022



claude@lemarson.com
<https://www.lemarson.com>

Sommaire



Les incroyables progrès des neurosciences (?)

- ❖ Combat qui mérite d'être mené... à condition de savoir le contrôler.
- ❖ Ce que sont les neurosciences.
- ❖ Ce qui motive Elon Musk, Facebook et les autres.
- ❖ Progrès "spectaculaires" ou véritables avancées.
- ❖ L'extraordinaire complexité du cerveau humain : mission impossible pour le décoder ?
- ❖ BCI et interfaces directes avec le cerveau.
- ❖ Exemples des implants rétiniens et contrôle d'une machine par la pensée.
- ❖ Réticences et problèmes d'éthique.
- ❖ L'avenir : se garder de trop d'illusions.

Le marché global des neurosciences qui était de 26 G\$ en 2020, devrait passer à 33 G\$ en 2027, avec un CAGR de 3,5 % C'est tout sauf un tsunami.

Ce que l'on appelle les neurosciences

- ❖ A l'origine des recherches : UCLA dans les années 70
- ❖ Ensemble des études qui portent sur le système nerveux, responsable de la coordination des actions avec l'environnement extérieur et de la communication entre les différentes zones du corps.
- ❖ Comporte une structure centrale, le cerveau, la moelle épinière et une structure périphérique qui comprend des ganglions et des nerfs. Les neurosciences portent à la fois sur la façon dont le système nerveux est structuré et sur son fonctionnement.
- ❖ Les neurosciences ont surtout pour objet de mesurer une émotion, interpréter une intention et de permettre aux personnes de contrôler leur environnement et ceci uniquement par la pensée.
- ❖ Plusieurs disciplines sont concernées :
 - ❖ Les sciences biologiques des neurosciences
 - ❖ Les sciences médicales des neurosciences
 - ❖ Les sciences cognitives des neurosciences : neurosciences comportementales, cognitives, sociales, affectives...
 - ❖ L'ingénierie et la technologie : imagerie cérébrale (IRM, tomographie), neuro-ingénierie (dont l'électro-encéphalogramme)...
 - ❖ Les applications des technologies numériques : IA...
- ❖ L'informatique et ses "filiales" font une entrée remarquée.
- ❖ Les grands de ce monde sont impliqués : Facebook, Google, IBM...



Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

3 / 21

Les neurosciences : de quoi s'agit-t-il ?

- ❖ Ensemble de spécialités diversifiées, dont une qui cherche à comprendre et modéliser le fonctionnement du système nerveux et celui du cerveau par des moyens informatiques.
- ❖ Son plus grand défi est de lier les neurones à la psychologie : la conscience, l'esprit, l'intelligence...
- ❖ Quelques exemples de questionnements actuels :
 - ❖ Où est stockée l'information (la mémoire), au niveau des neurones ou ailleurs ? Les neurones pourraient-ils ne servir que de relais ?
 - ❖ Comment se met en place l'organisation du système nerveux au cours du développement ? Comment peut-elle être altérée ?
 - ❖ Comment se déclenchent les maladies neurodégénératives.
 - ❖ Quel est le rôle des cellules gliales, qui enrobent les neurones ?
 - ❖ Quelles sont les relations entre perception et réalité ?
 - ❖ Comment expliquer les états modifiés de conscience (EMC), déviation par rapport à certaines normes générales de la conscience à l'état de veille : rêves, états hypnotiques, hallucinations, trances, méditation, états mystiques...



Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

4 / 21

Spectacle ou véritables avancées

- ❖ Une évidence : les neurosciences seront incontournables dans un futur ... très lointain.
- ❖ Ce n'est pas un fantôme, mais ... tout reste à faire.
- ❖ Compréhension trop réduite et limitée du cerveau et du système nerveux.
- ❖ Tout dépendra des liens fonctionnels que l'on arrivera à reproduire entre le cerveau et les organes.
- ❖ Mais ne pas confondre les effets sur le cerveau avec sa compréhension.
- ❖ C'est tout le problème de la complexité : 100 milliards de neurones, chacun connecté potentiellement à des milliers d'autres, ce n'est pas un petit réseau Ethernet.
- ❖ En 50 ans on a réalisé de très étonnantes "expériences", mais on est encore quasiment au point "0" des véritables applications des neurosciences : thérapies, médicaments, soins spécifiques...
- ❖ En 2022, on est encore dans le domaine de la recherche fondamentale et on y restera longtemps : ce sont d'excellents sujets de thèses, des moyens pour prouver notre niveau d'excellence... mais sur 7 milliards d'individus il n'y en a que quelques dizaines qui bénéficient d'une tentative thérapeutique liée aux neurosciences.
- ❖ C'est encore du "spectacle" scientifique : il faut à tout prix publier pour obtenir des budgets...
- ❖ Il est significatif de constater que les grands projets, ceux qui ont lancé la technologie, ont plusieurs années d'existence.

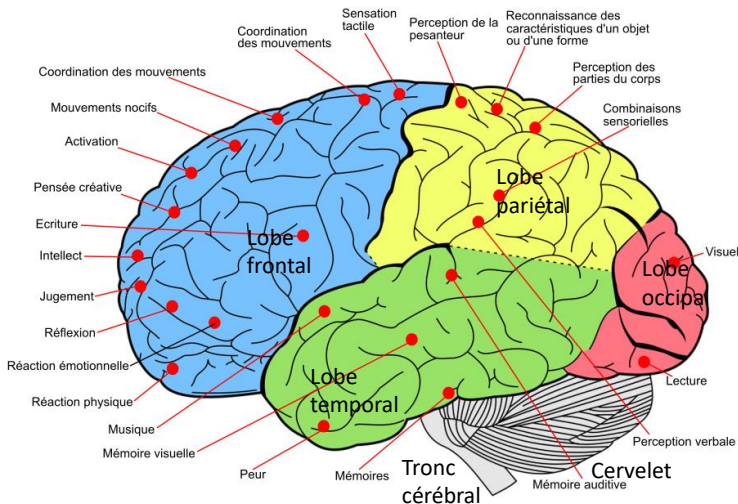


Laboratoire international de la Sorbonne (France)

Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

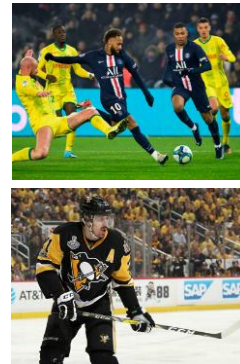
5 / 21

La connaissance du cerveau



- ❖ 80 à 100 milliards de neurones
- ❖ L'hémisphère gauche contient plus de neurones que l'hémisphère droit
- ❖ Plus de 160 000 km d'axones

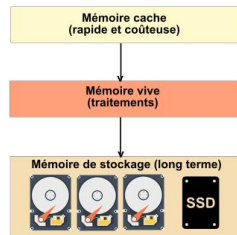
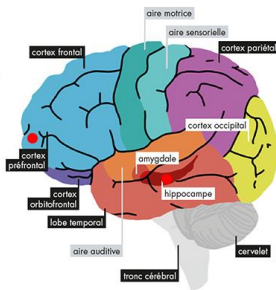
Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?



On cherche à comprendre les mécanismes du cerveau et ses liens avec les autres membres. Ce qui suppose que les cibles en possèdent un... ce dont on peut parfois douter...

6 / 21

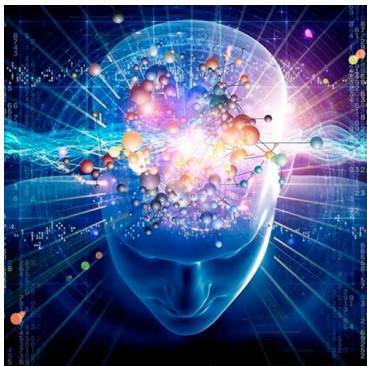
Mémoires machine et humaine : des analogies



- ❖ Dans un ordinateur, il y a en gros trois types de mémoires : la mémoire vive où s'exécutent les traitements, la mémoire cache ou antémémoire, très rapide, dans laquelle sont stockées les données et instructions, dont la probabilité est élevée pour qu'elles soient rapidement redemandées et la mémoire de stockage, qui enregistre les données pour les restituer plus tard

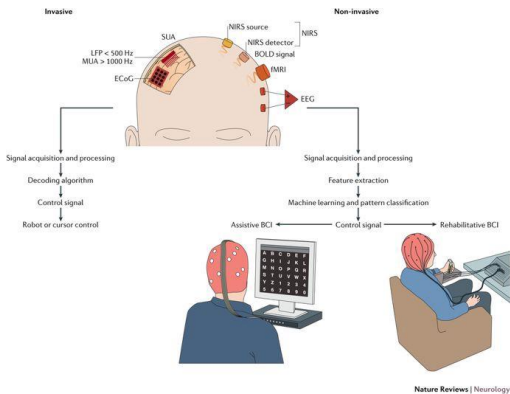
- ❖ Dans un cerveau humain, il y a aussi trois opérations distinctes : le codage, la consolidation et la recherche.
- ❖ Le **codage** correspond à ce qui se passe en mémoire vive. Contrairement aux machines, les données issues du codage ont un effet de transitivité, car une information peut être liée à une autre, dont on se souviendra.
- ❖ La persistance dans le cerveau dépend de l'attention qu'on leur aura accordées.
- ❖ Après le codage, le cerveau procède à une phase de **consolidation**, qui consiste à transférer les données vers la mémoire long terme.
- ❖ Comme sur un ordinateur, le cerveau fait une différence entre sa zone mémoire « court terme » (le cache de la machine) et sa zone mémoire « long terme » (disque ou mémoire SSD). Elles ne se situent pas au même endroit.
- ❖ La mémoire « court terme », est située dans le cortex préfrontal du cerveau, le transfert vers la mémoire « long terme » passant par l'hippocampe. Toutefois, selon la « nature » des données, d'autres parties du cerveau peuvent être impliquées, comme l'amygdale ou complexe amygdalien, une zone située dans le lobe temporal (à ne pas confondre avec les amygdales du pharynx...).
- ❖ In fine, l'enregistrement des données « long terme », en provenance de l'hippocampe, se fait dans la zone supérieure du cerveau, dite de néocortex, très étendue, qui fournit des capacités de stockage élevées.
- ❖ La troisième activité du cerveau est celle de la **recherche**, comme pour une machine.
- ❖ Durant ce processus, le cerveau réanime les cellules de l'hippocampe et du cortex supérieur (le néocortex) où ont été stockées les informations, une donnée fréquemment rappelée ayant plus de chance d'être rapatriée dans de bonnes conditions.

Peut-on imaginer un cerveau artificiel



- ❖ On sait localiser de nombreuses fonctions assurées par le cerveau, mais on ne sait pas comment elles sont opérées
- ❖ On comprend certains effets mais pas les mécanismes internes
- ❖ Personne ne sait comment les neurones agissent pour percevoir le sens, décoder la pensée et piloter mécaniquement le reste du corps
- ❖ On ne comprend pas les désordres neurologiques : Alzheimer, schizophrénie, etc
- ❖ Les neurochips ont progressé : association du cerveau humain avec des circuits artificiels, mais ils ne disent rien sur la "mécanique" fonctionnelle du cerveau
- ❖ Il y a 100 000 fois plus de neurones dans un cerveau que dans le réseau neuronal le plus "touffu" (1 million de neurones artificiels)
- ❖ Plusieurs projets ont été lancés :
 - ❖ U.S Brain Initiative
 - ❖ Humain Brain Project européen
 - ❖ China Brain Project
- ❖ Mais on ne sait toujours pas localiser la conscience, ni comprendre le "libre arbitre"
- ❖ L'avenir est à l' "augmentation" du cerveau humain, comme pour les pièces mécaniques du corps : accès depuis le cerveau à des mémoires de stockage importantes, ce qui n'oblige pas à comprendre comment le cerveau lit l'information

BCI (Brain Computer Interface)



NIRS : Near-Infrared Spectroscopy
 fMRI : Functional Magnetic Resonance Image (mesure de l'activité du cerveau par les changements associés aux flux sanguins)
 EEG : Electroencéphalogramme
 BOLD Signal : blood oxygen level dependent
 SUA : Single-Unit Activity
 MUA : Multi-Unit Activity
 LFP : Local Field Potential
 ECoG : Electrocoorticographie

- ❖ Difficile de faire la distinction entre les extensions d'organes existants pour les améliorer ou les remplacer
- ❖ Trois types d'interfaces :
 - ❖ Invasive avec implantation physique dans le cerveau
 - ❖ Externe au cerveau
 - ❖ Semi-intrusive
- ❖ Unidirectionnelle, dans un sens ou dans l'autre, mais pas en même temps
 - ❖ Ex de l'implant cochléaire qui vise à fournir un certain niveau d'audition pour les personnes atteintes de surdité profonde (surdités endocochléaires profondes) ou sévères et pour les personnes souffrant d'acouphènes, des sensation auditives dont l'origine est interne à l'organisme et inaudible par l'entourage. Des électrodes posées chirurgicalement permettent de stimuler directement les terminaisons nerveuses de l'audition situées dans la cochlée.
- ❖ Bidirectionnelle ou unidirectionnelle

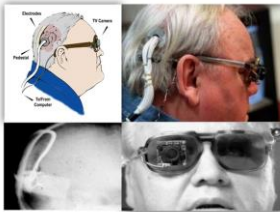
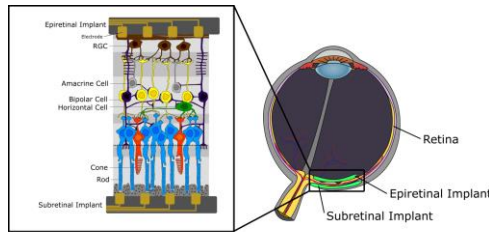
- ❖ Pertes de mémoire
- ❖ Cécité
- ❖ Paralysie
- ❖ Dépression
- ❖ Insomnies
- ❖ Douleurs
- ❖ Crises d'anxiété
- ❖ Dépendance
- ❖ Accidents vasculaires cérébraux

Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

9 / 21

Interfaces invasives : restauration de la vue

Les implants consistent en une grille d'électrodes implantée au niveau de la rétine. Deux types : **épirétiniens** (sur la rétine) et **subrétiniens** (derrière la rétine).



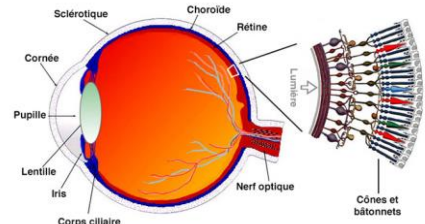
- ❖ William H. Dobelle est le premier à réaliser un implant rétinien. Il l'implante sur un aveugle adulte ("Jerry") en 1978 (technologie ancienne). Un réseau de 68 électrodes est implanté dans le cortex visuel.
- ❖ Une caméra est implantée dans des lunettes, qui envoie le signal à l'implant (il fallait une grosse machine en arrière-plan en permanence)
- ❖ En 2002, 2^{ème} génération de l'implant Dobelle, qui permet de percevoir des contours.
- ❖ L'aveugle Jens Neumann a pu conduire une voiture à petite allure.

Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

10 / 21

Implants rétiniens

- ❖ Les implants consistent en une grille d'électrodes implantée au niveau de la rétine. Deux types : **épirétiniens** (sur la rétine) et **subrétiniens** (derrière la rétine).
- ❖ Le système compense la dégénérescence des cellules photoréceptrices de la rétine (bâtonnets et cônes).
- ❖ Des caméras numériques sont intégrées dans une paire de lunettes qui transmettent les informations visuelles à un micro-ordinateur placé dans la poche ou à la ceinture du patient, qui les convertit en codes de signaux électriques, eux-mêmes transmis par ondes radio à un récepteur placé sur l'œil.
- ❖ Le signal est enfin traduit en courants électriques qui progressent sur la natte de fils pénétrant dans l'œil pour finalement atteindre l'implant composé d'électrodes et fixé sur la rétine.
- ❖ Ces implants se substituent donc aux photorécepteurs de la rétine : ils stimulent les neurones rétiniens par le biais d'électrodes (jusqu'à 1500 de nos jours).
- ❖ Exemples d'implants épirétiniens : Argus II (Second sight, Etats-Unis) et IRIS II (Pixium Vision, France)



Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

11 / 21

Interfaces invasives : restauration de la mobilité

- ❖ Restauration de la mobilité par le cerveau.
 - ❖ En 2005 : le tétraplégique Matt Nagle est le premier à contrôler une main artificielle.
 - ❖ L'implant est placé dans la zone du cerveau qui contrôle le déplacement du bras ("gyrus précentral").
 - ❖ Nagle pilote un ordinateur, la TV et l'éclairage.



Matthew Nagle a été le premier humain à être doté d'une interface neuronale directe. Suite à une paralysie à partir du cou, conséquence d'une attaque à l'arme blanche. Décédé en 2007.

Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

12 / 21

Une aide BCI à l'autonomie de mouvements

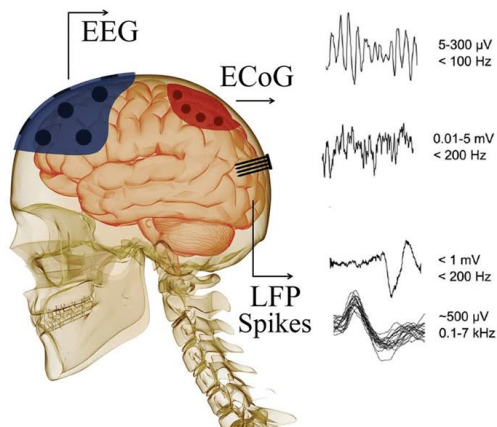
- ❖ Ian Burkhardt est totalement paralysé à la suite d'un accident
- ❖ Grâce à une interface invasive, il peut effectuer 7 mouvements avec son bras et même jouer de la guitare.
- ❖ Grande première de commande par la pensée, via une matrice implantée dans le cortex, qui pilote une électronique placée dans une manche, sans passer par la moëlle épinière.
- ❖ 15 mois de rééducation qui ont aboutit à saisir une bouteille, verser son contenu dans un bocal, tenir un téléphone à l'oreille, remuer un café, ramasser une cuillère au sol et jouer de la guitare via un jeu vidéo.
- ❖ Il est désormais autonome (principale restriction ressentie) et ne nécessite "plus" que 4 h de soins par jour, contre 12 h avant.



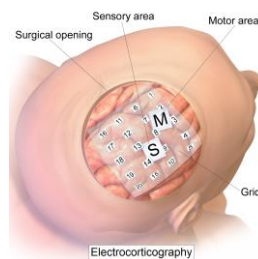
Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

Interfaces semi-invasives

- ❖ Un composant est implanté dans la boîte crânienne, mais sans pénétrer la masse cérébrale
- ❖ Ex de l'ECoG (Electrocorticographie), qui mesure l'activité électrique comme le fait l'électroencéphalographie.
- ❖ Un adolescent a pu jouer à "Space invaders" grâce à cet implant.



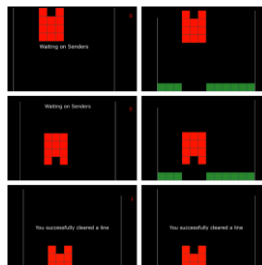
LFP Spikes : Pointes d'activité synaptique



Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

Le contrôle d'une machine par la pensée

- ❖ Il y a un lien électrique et chimique entre les différentes formes de pensée, que l'on peut capter.
- ❖ Il faut passer par un apprentissage de cette relation et apprendre à la machine à effectuer la même opération pour la même pensée.
- ❖ Deux australiens (Université de Melbourne) souffrant d'un trouble neurodégénératif ont reçu un implant cérébral, le Stentrode. Installé dans le cerveau en passant par la jugulaire, il permet de contrôler un ordinateur en pensant à des mouvements du corps.
 - ❖ Le Stentrode contient 16 capteurs. Il est relié par un fil de 50 centimètres à un transmetteur infrarouge logé dans la poitrine. Un récepteur externe est porté par-dessus cet emplacement et relié à un ordinateur. L'un des deux hommes, Philip O'Keefe, explique qu'il lui suffit d'imaginer un mouvement pour réaliser une action sur l'ordinateur, comme bouger sa cheville gauche pour un clic.
 - ❖ Le système permet d'écrire à une vitesse de 20 caractères à la minute, avec une précision de plus de 90 %.
- ❖ Mercedes-Benz aurait fait des progrès significatifs dans le pilotage par la pensée d'un véhicule automobile.
- ❖ Jeu vidéo à 3 "cerveaux" qui se parlent directement...
 - ❖ Le jeu consiste à faire tourner des blocs à l'écran pour les faire correspondre à un espace vide en bas de l'écran : celui qui fait tourner les blocs ne voit pas la ligne du bas et ceux qui la voient ne peuvent pas faire tourner les blocs.
 - ❖ L'interaction : un joueur demande au 3^{ème} de faire tourner un bloc, avec une commande "yes" ou "No", traduit à une LED qui flashe différemment.
 - ❖ Le système BCI se sert d'un EEG qui mesure l'activité du cerveau pour ces deux commandes.

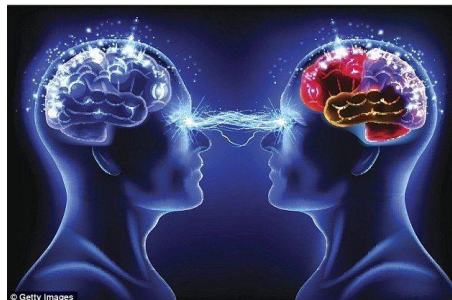


Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

15 / 21

La transmission de pensée : télépathie

- ❖ Probablement un mécanisme natif chez les êtres vivants...
- ❖ Mais que l'on ne comprend pas
- ❖ Deux personnes qui se connaissent bien, pensent à l'unisson à la même chose :
 - ❖ Soit parce qu'elles sont télépathes, mais personne ne sait à quoi cela correspond
 - ❖ Soit parce que le raisonnement cognitif (la discussion préalable) est une sorte d'apprentissage vers un objet, une idée, qui est partagée sans qu'on doive la préparer
- ❖ Certaines personnes captent surtout des pensées, d'autres des images, d'autres encore des sensations.
 - ❖ L'un pense à une chanson, l'autre se met à la chanter.
 - ❖ L'un a une phrase sur le bout de la langue, l'autre l'énonce.
 - ❖ Elle a envie de voir un film, il lui propose d'y aller sans qu'elle ait rien dit.
- ❖ Un tempérament empathique nous prédispose à éprouver dans notre corps les sensations et les émotions de l'autre, c'est vrai.
- ❖ Mais on n'y comprend rien...



Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

16 / 21

Neuralink, encore de la science fiction

Blow your mind !

- ❖ Initiative d'Elon Musk en 2020
- ❖ Mais pourquoi ? Mégalomanie, moyens financiers, image futuriste, faire des bénéfices...
- ❖ Objectif : s'attaquer aux dommages créés par les traumatismes du cerveau, jusqu'à la mémoire.
- ❖ Le principe est d'implanter un dispositif numérique (très encombrant) dans le cerveau, pour qu'il interprète et modifie les signaux électriques émis par les neurones.
- ❖ Correction de comportements déviés.
- ❖ La totalité des technologies présentées ont été initiées ailleurs...
- ❖ Avantage : pas de câblage, uniquement "Bluetooth Low Energy" : attention aux failles
- ❖ Elon Musk prévoit que les interventions chirurgicales nécessaires pour équiper un individu, seront exécutées par des robots.
 - ❖ L'électronique actuelle de Neuralink est placée à la périphérie du cerveau (semi-invasive)
 - ❖ Pour traiter certains traumatismes (Parkinson...), il faudra "creuser plus profond", ce qui est une autre technologie, plus traumatisante
- ❖ Avantage de Neuralink : elle a les moyens de faire avancer significativement le principe des BCI et de fédérer les recherches disséminées dans les labos des pays.



Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

17 / 21

Réticences et dangers avérés

- ❖ Crainte de perturber le métabolisme du corps.
- ❖ Domaine peu connu et mal compris.
- ❖ Certains refusent les vaccins covid... ce n'est pas pour accepter un implant.
- ❖ Effets à long terme : amiante, radioactivité...
- ❖ Principes philosophiques.
- ❖ Evidemment la marque de la bête : on peut toujours démontrer que les implants aboutissent à 666...
- ❖ Fake news : le cancer est inéluctable... C'est la fin du monde. Et le canadien va gagner un match.
- ❖ On ne voit pas à quoi ça sert.
- ❖ Expositions graves de sécurité : les criminels vont s'en donner à cœur joie et l'utilisateur se sentira toujours sous menace...
- ❖ Risque d'implantation sans notre autorisation.
- ❖ Usages non contrôlés, tout se fait à notre insu. Préconisations de médicaments en fonction d'un état constaté.
- ❖ Les contraintes réglementaires actuelles, type RGPD sont totalement dépassées.



Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

18 / 21

Des problèmes éthiques évidents

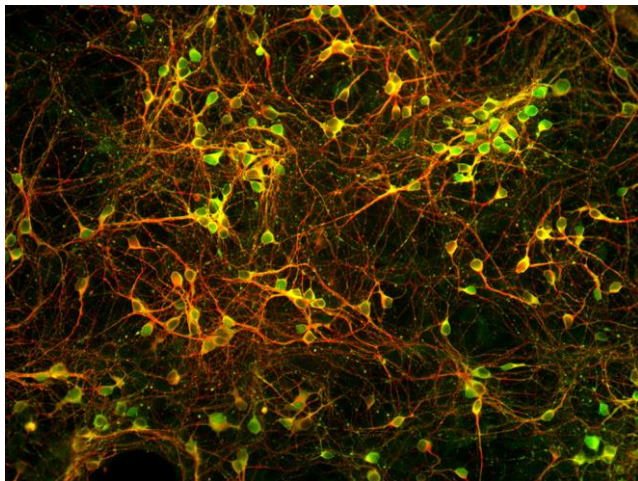
- ❖ Jusqu'où peut-on aller pour modifier la nature, même "cruelle" à notre égard.
- ❖ Quand on applique une thérapie BCI, comment obtenir l'accord du patient s'il ne peut pas communiquer ?
- ❖ On se pose des questions sur les conséquences sur la qualité de vie des patients : l'organisation de leur cerveau est fatalement modifiée et peut avoir des répercussions sur le reste du corps.
- ❖ N'y a-t-il pas un risque de modification des comportements natifs et des personnalités.
- ❖ Blocages religieux. Références parfois aux écritures : Car tout ce que Dieu a créé est bon, et rien ne doit être rejeté (Timothée).
- ❖ Amélioration de l'être humain, par implantation de prothèses numériques dans le cerveau.
- ❖ Théorie du transhumanisme (Kurzweil...) : les êtres humains vont trouver les ressources nécessaires pour se « transhumaniser », modifier leur comportement génétique et créer un genre nouveau, peut-être éloigné de ce qu'il est aujourd'hui. Les neurosciences pourraient contribuer à cette évolution. Implantation d'un hippocampe chez un rat...
- ❖ Discriminations entre ceux qui pourront accéder à ces soins et ceux qui ne le pourront pas.
- ❖ Quid des animaux qui nous servent de cobayes, on n'a pas demandé leur avis
- ❖ Terribles conséquences qu'aurait la capacité à lire les pensées : on en est très loin, mais ce que l'on a fait avec des animaux peut être reproduit sur des êtres humains.
- ❖ Capacité à contrôler le comportement d'un individu et de le piloter à distance.
- ❖ Que peut-il se passer si cette technologie était "pratiquée" par des états totalitaires ou terroristes.



Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

19 / 21

Se garder de trop d'illusions



Le cerveau humain, c'est comme la voie lactée : 100 milliards de neurones contre 50 milliards de planètes : on vient seulement de découvrir une éventuelle 9^{ème} planète pour le système solaire...

- ❖ Les neurosciences s'attaquent à un Himalaya de la technologie.
- ❖ Comprendre le fonctionnement précis du cerveau est plus difficile que le séquençage du génome humain qui ne concernait "que" 23 paires de chromosomes et comporte l'ensemble des informations génétiques... qui a demandé 15 ans...
- ❖ Les études et projets vont continuer et les GAFAM vont y contribuer pour des questions d'images
- ❖ Ne pas trop compter sur l'Intelligence Artificielle : les réseaux neuronaux ne sont qu'une pâle simulation des couches de neurones
- ❖ D'autres techniques sont et seront exploitées pour traiter des problèmes spécifiques de dégénérescence
- ❖ Régénération des neurones endommagés
 - ❖ Etudes sur les greffes depuis plusieurs années
 - ❖ Reprogrammation génétique des cellules gliales, sur des souris épileptiques, transformées en neurones dits « neurones induits » : a permis de réduire de moitié les crises épileptiques.
 - ❖ On peut imaginer de l'appliquer pour soigner certaines pathologies du système nerveux : Alzheimer, Parkinson.

Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

20 / 21



Les incroyables progrès des neurosciences (?)

20 Mai 2022

Nos prochains webinaires

27 Mai 2022 :
3 juin 2022 :
10 juin 2022 :
24 juin 2022 :
2 septembre 2022 :

La calamité de l'obsolescence
IBN et la programmation des comportements réseaux
DaaS : le cloud pour les besoins complexes de données
L'assistance "intelligente au codage"
Le "tout en un" de l'hyperconvergence



claudio@lemarson.com
<https://www.lemarson.com>

Les extraordinaires progrès des neurosciences. Vraiment ?

21 / 21