

Comprendre le cerveau par l'image : enjeux et limites

Communication du CEA

1. Les enjeux de la compréhension du cerveau

Comprendre le cerveau humain, son fonctionnement, son développement et ses dysfonctionnements constitue **l'un des défis majeurs du XXI^{ème} siècle**. Une meilleure compréhension du fonctionnement du cerveau humain aura un impact direct dans le domaine de la santé et des **neurosciences (neurochirurgie, neurologie et psychiatrie...)**, mais aussi en terme sociétaux (communication entre individus, éducation, ergonomie,...).

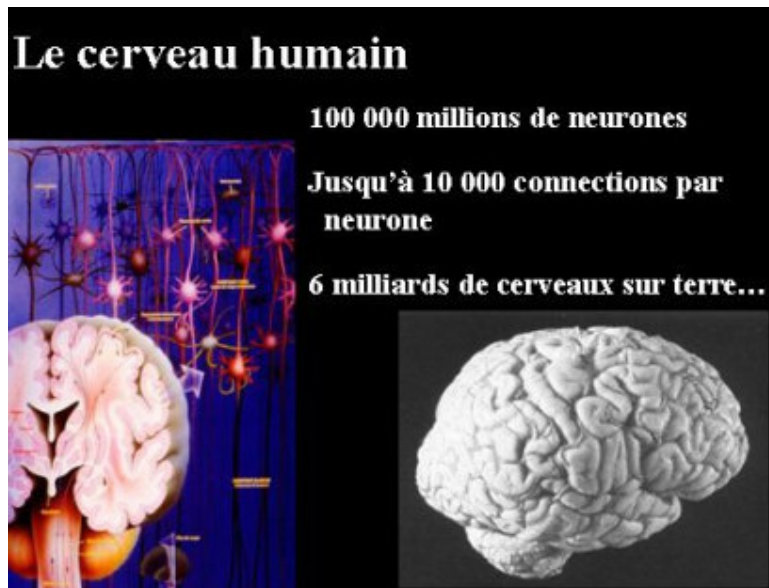
En effet, une fraction croissante de la population des pays développés est touchée chaque année par des affections neurologiques ou psychiatriques. Des sommes considérables sont dépensées pour le traitement et la rééducation de ces patients.

L'espérance de vie augmente et les bénéfices potentiels des **recherches sur le fonctionnement cérébral** dans une population vieillissante sont évidents.

Cette recherche participe à une meilleure compréhension des processus de communication entre individus, des comportements collectifs, de notre appréhension de l'art ou encore à une optimisation des méthodes d'apprentissage.

De nouveaux types d'ordinateurs "biologiques" s'inspirant du fonctionnement cérébral pourraient être conçus.

L'interface homme-machine (conception de robots, ergonomie des cockpits des avions ou des tableaux de bord des voitures,...) pourrait être améliorée par nos progrès dans la connaissances du fonctionnement cérébral.



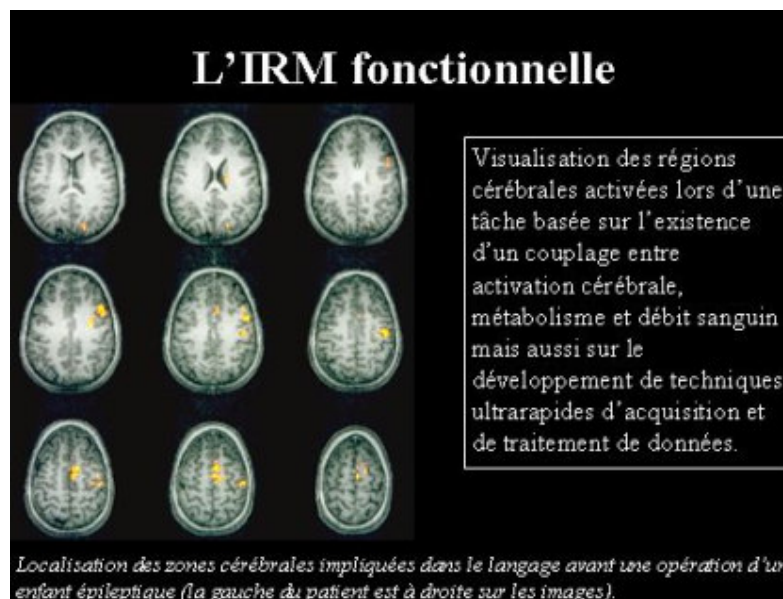
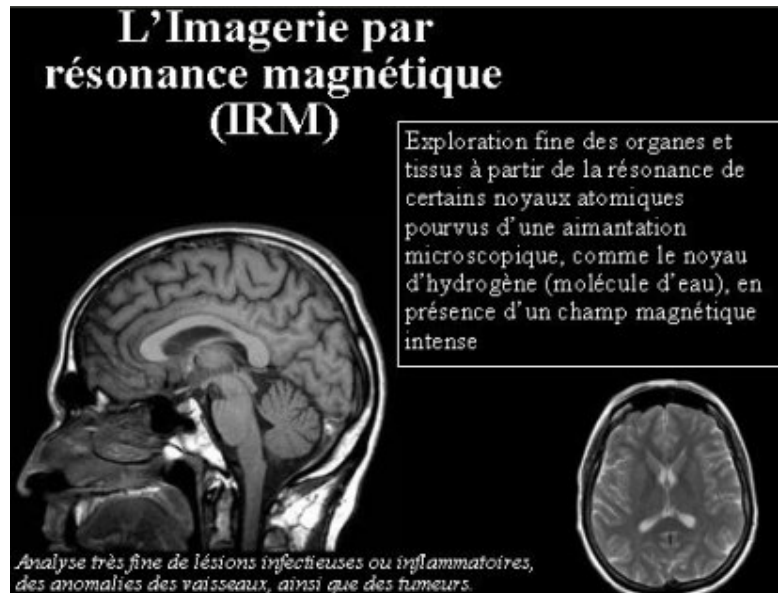
2. La neuro-imagerie

2.1 Une panoplie d'outils unique pour les neurosciences

Dans cette quête du cerveau humain, **l'imagerie neurofonctionnelle** détient aujourd'hui une place unique en permettant l'obtention d'informations **in vivo et in situ** sur le fonctionnement des organes, et ce, de manière **non invasive**.

Non seulement elle complète, mais elle affine les données biologiques provenant d'autres approches (telles la biologie moléculaire et l'électrophysiologie...).

Les images obtenues apportent **des informations couplées à la fois d'ordre anatomique** (agencement des tissus dans les organes) **et fonctionnel** (état métabolique, par exemple).



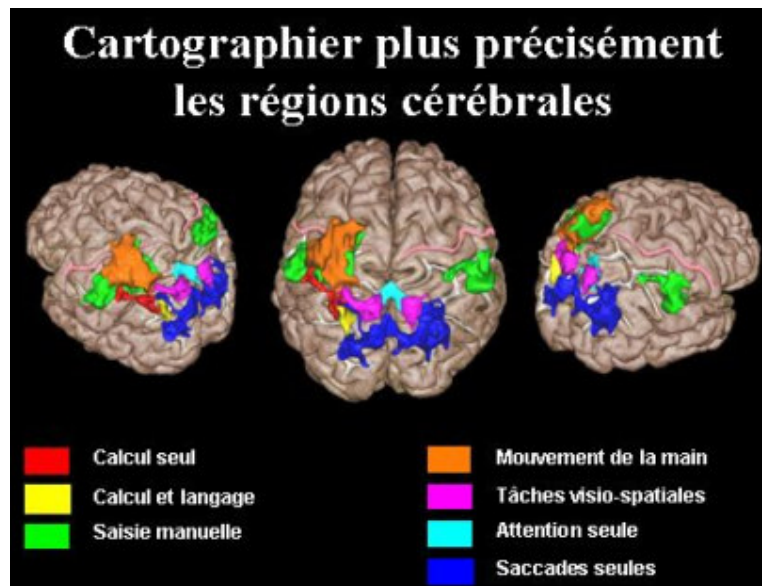
L'imagerie biomédicale s'est essentiellement développée, ces dernières années, dans deux directions : l'imagerie fonctionnelle cérébrale et l'imagerie moléculaire.

- a) **L'imagerie fonctionnelle cérébrale relève de l'étude des processus cognitifs humains, chez le sujet sain ou le patient.** Elle vise à relier les fonctions cognitives supérieures (perception des objets, langage, attention, mémoire, raisonnement, action...) avec leurs composantes biologiques, les neurones. Elle permet ainsi d'appréhender les bases cérébrales impliquées dans les processus cognitifs humains.
- b) **L'imagerie moléculaire s'intéresse au développement d'une imagerie de l'expression des gènes.** Elle permettra, à terme, de traduire la connaissance du génome en information fonctionnelle utilisable en physiologie, physiopathologie ou pharmacologie. Grâce à ces méthodologies, suivre, fonctionnellement et anatomiquement, le développement du cerveau d'un embryon de souris sera possible. Comprendre, prévenir ou traiter les maladies neurologiques causées par des anomalies génétiques ou acquises lors du développement cérébral constitue l'enjeu même de ces techniques d'imagerie.

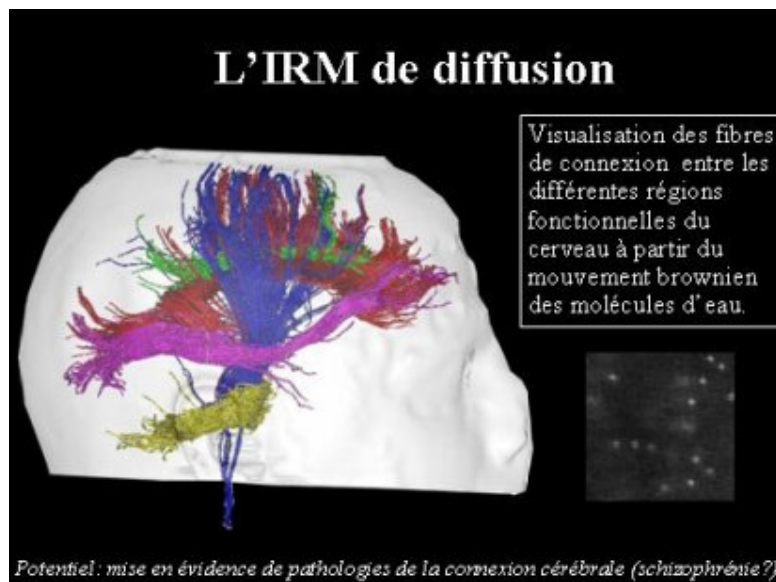
2.2 Objectifs des techniques de neuroimagerie

Les techniques de neuro-imagerie mises en œuvre visent notamment à :

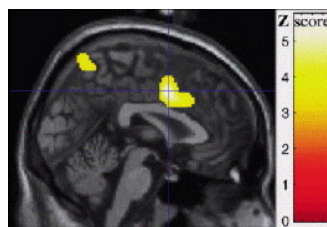
- a) **Cartographier les aires cérébrales sous-tendant les fonctions cognitives** de plus en plus précisément. Elles permettent de distinguer les assemblées de neurones (matrices) et les processus mentaux mis en jeu dans le langage, la mémoire, le calcul, la gestion sensorielle et affective de la douleur, la préparation à l'action, l'apprentissage de la lecture voire la conscience.



- b) **Comprendre le cheminement et le mode de traitement de l'information dans le cerveau,** en visualisant l'ordre d'activation des régions cérébrales activées dans le traitement d'une information et en montrant les **faisceaux de connexions** qui permettent la transmission de l'activation entre les différentes régions cérébrales.



- c) **Élucider le code neural.** L'objectif est connaître comment l'information est codée dans le cerveau. Ce codage, comme le code génétique pour l'ADN, doit reposer sur une **organisation très structurée dans l'espace des assemblées de neurones**. Cette organisation est en même temps **très modulable (plasticité cérébrale)** pour permettre l'adaptation à l'environnement et l'apprentissage, au cours du développement et même de tout au long de la vie.
- d) **Comprendre les pathologies cérébrales psychiatriques** (schizophrénie), **neurologiques** (sclérose en plaques), **neurodégénératives** ou du développement (**dyslexie, dyscalculie**), pour mieux les reconnaître, les prévenir et les traiter.



Régions altérées lors du contrôle des réponses dans une tâche de mémoire immédiate dans un cas de schizophrénie.

2. 3 Les limites de la neuro-imagerie

L'imagerie biomédicale se heurte aujourd'hui encore à un certain nombre de contraintes techniques qui limitent ses potentialités :

- **les résolutions spatiales** atteintes excèdent largement l'unité fonctionnelle qui sous-tend l'activité cérébrale c'est-à-dire des assemblées de quelques milliers de neurones ;

- **les résolutions temporelles** sont en général voisines de la seconde, trop grossières pour être réellement représentative des processus mis en jeu ;
- **les paramètres visualisés (débit sanguin) ne sont que le reflet indirect du fonctionnement des neurones.**
- D'autres méthodes doivent être développées pour voir directement l'activité des neurones ; il est fondamental d'étudier d'autres molécules que l'eau. Le métabolisme, la neurotransmission (chimique), l'expression des gènes mettent en jeu des molécules clés qu'il est nécessaire de visualiser et de quantifier.

3. L'IRM en champ intense ou NeuroSpin du CEA

Pour dépasser ces obstacles et repousser à l'extrême les limites actuelles de l'imagerie, **le CEA s'engage dans la construction de NeuroSpin**, un plateau technique où seront développés et utilisés des outils d'imagerie d'une puissance à ce jour inégalée.

La technique privilégiée par le CEA pour NeuroSpin est **l'imagerie par résonance magnétique (IRM) en champ intense.**

En effet, traduisant de très faibles aimantations des tissus, l'IRM permet l'observation, en trois dimensions et avec une grande précision, de la structure et de l'activité des circuits cérébraux avec **une sensibilité d'autant plus grande que le champ magnétique augmente.**



