

Imageries cérébrales

Scanner, IRM, EEG...

Différentes techniques pour
explorer notre cerveau



**Document réalisé par
l'association Raptor Neuropsychy**



**Mathieu CERBAI
Lucas RONAT**



Psychologues spécialisés
en Neuropsychologie

- Avril 2023 -

Sommaire

Introduction et Historique

Classification

Les techniques structurales

Scanner (TDM)

IRM anatomique

IRM de diffusion



Les techniques fonctionnelles

Métaboliques

PET-Scan (TEP)

SPECT



Hémodynamiques

IRM fonctionnelle (IRMf)



Electrophysiologiques

Electroencéphalographie (EEG)

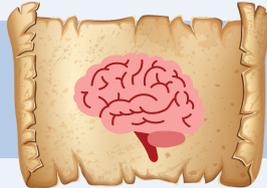
Magnétoencéphalographie (MEG)

Introduction et historique

Contexte

Les avancées techniques et médicales ont permis la création d'outils de plus en plus perfectionnés, qui aujourd'hui ont une place de choix dans le domaine de la santé : oncologie, neurologie, psychiatrie, gériatrie...

Pourtant... tout comme la ville de Rome, l'IRM ne s'est pas faite en un jour ! Alors on vous propose ici un voyage au coeur des connaissances acquises sur le cerveau au fil des siècles, pour vous présenter ensuite les méthodes que l'on utilise dans le milieu médical à l'heure où nous écrivons ces lignes.*



L'Antiquité

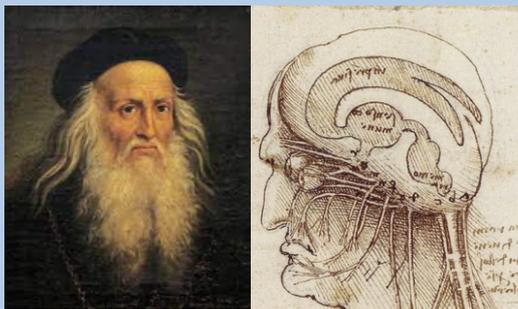
Écrit plus de 1600 ans avant notre ère, le papyrus chirurgical Edwin Smith décrit déjà des relations entre symptômes et lésions cérébrales. Parmi les auteurs, on retrouverait Imhotep, l'un des premiers médecins connus. En Grèce Antique, Hippocrate relie le cerveau aux émotions, mais certains de ses contemporains attribuent à cet organe central une place moins importante : pour Aristote, le cerveau ne sert qu'à refroidir le sang.

* Certaines techniques, comme l'IRM ou le scanner, ne sont pas utilisées que pour le cerveau ! Toutefois, nous décidons ici de nous focaliser sur l'utilisation qui en est faite dans l'exploration de cet organe.

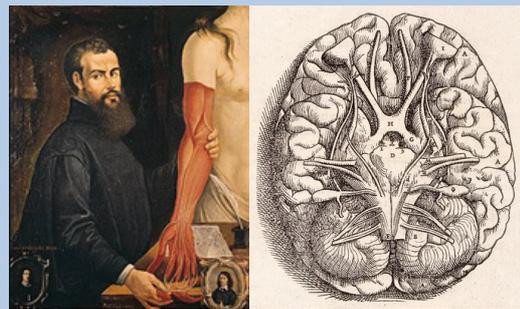
Renaissance

A la fin du XVème siècle, le très célèbre Léonard de Vinci réalise ensuite des croquis du cerveau, parfois remarquables, avec un penchant tout particulier pour le sens de la vision, car l'oeil serait le reflet de l'âme.

Un peu plus tard, au cours du XVIème siècle, l'un des plus grands anatomistes de la Renaissance, André Vésale, propose des illustrations toujours plus fines.



Léonard de Vinci (1508)



Vésale (1543)

XIXème siècle

Nous retrouvons ensuite Franz Gall*, qui invente la phrénologie, qui associe les bosses du crâne aux fonctions mentales... ce qui est évidemment faux !

A la fin du XIXème siècle et à l'aube du XXème, des aires cérébrales seront reliées à nos capacités langagières : l'aire de Broca et de Wernicke, du nom des médecins les ayant découvertes.

* Je sais à quoi vous pensez, mais non.

XXème siècle

Les découvertes concernant l'anatomie et le fonctionnement de notre cerveau explosent de manière exponentielle. Au fil des années, on découvre la synapse, les neurotransmetteurs, les propriétés électriques et chimiques des neurones...

La curiosité qu'attise notre cerveau, et l'indéfectible volonté de le comprendre, mènera à la conception d'outils permettant de l'observer de façon plus ou moins directe chez l'être humain... S'ouvre alors, en toute beauté, l'ère des révolutions médicales, avec l'émergence de la neuroimagerie.



Perspectives !

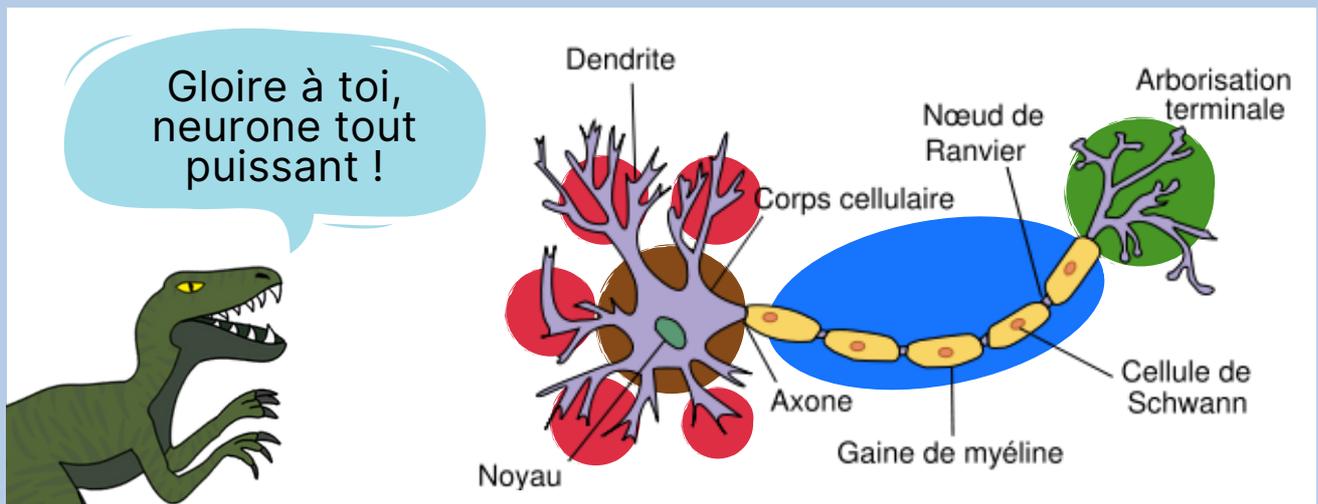
De nouvelles avancées techniques, toujours plus poussées, sont à prévoir !

Ainsi, nous pouvons espérer de belles évolutions des outils d'imagerie cérébrale, qui permettront :

- Des diagnostics plus précoces (e.g. Parkinson),
- Des interventions chirurgicales millimétrées
- Une meilleure compréhension des symptômes retrouvés dans certains troubles psychiques (e.g. schizophrénie)
- Des connaissances accrues sur la structure cérébrale chez les enfants présentant un trouble neurodéveloppemental (e.g. TSA, TDAH)
- Etc. !

Introduction et historique

Neurones : comment ça marche ?



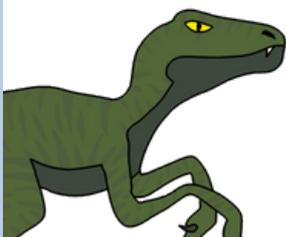
Les neurones peuvent se présenter sous différentes formes. En revanche, ils sont tous constitués des mêmes éléments : un **soma** (corps cellulaire), des **dendrites**, un **axone** et une **arborisation terminale**.



Ce sont les neurones qui transmettent, sous forme de signaux électriques et chimiques, les messages du cerveau vers le reste du corps.

➔ **Le Potentiel d'Action (PA)**

Et c'est ainsi que l'information est transmise et que le cerveau peut commander notre organisme !



C'est bien foutu quand même cette histoire !



Classification

Comment catégoriser les imageries ?

Les techniques structurales

Scanner (TDM)
IRM anatomique
IRM de diffusion



Les techniques fonctionnelles

Métaboliques

PET-Scan (TEP)
TEMP (principe de scintigraphie)

Hémodynamiques

IRM fonctionnelle (IRMf)

Electrophysiologiques

Electro-encéphalogramme (EEG)
Magnéto-encéphalogramme (MEG)

Structurale ou fonctionnelle ?

"L'imagerie **structurale** permet d'étudier l'**anatomie** du cerveau et tout ce qui peut la perturber (tumeur, hémorragie, déformation pathologique, etc.)"

"L'imagerie **fonctionnelle** rend compte de l'**activité** des zones cérébrales durant certaines tâches" (e.g. épilepsie, chirurgie)

Fondation pour la Recherche Médicale, 2016

Fondation pour la Recherche Médicale (2016) :

<https://www.frm.org/nos-publications/innovation-et-sante/imagerie-cerebrale-percer-les-mysteres-du-cerveau>

Scanner (TDM)

Fonctionnement

Si la technique avait déjà été imaginée plusieurs décennies auparavant, le premier appareil naît dans les années 70. Il vaudra d'ailleurs un prix Nobel à ses inventeurs.

Le scanner, ou *tomodensitométrie (TDM)*, s'appuie sur l'utilisation des rayons X. Ceux-ci, en pénétrant l'organisme, vont plus ou moins être absorbés par les différents tissus (e.g. nerveux, musculaire, osseux).

Ensuite, un ordinateur va pouvoir reconstituer les images des différentes structures, selon la pénétration de ces rayons. Il est alors possible de repérer d'éventuelles anomalies (e.g. traumatisme crânien, AVC).



A noter qu'on utilisera parfois un produit de contraste, contenant de l'iode, pour mieux visualiser les structures étudiées.

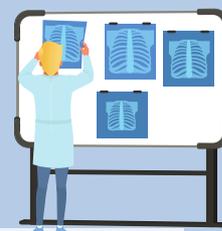


Avantages et Inconvénients

Simple et rapide, le scanner offre une exploration détaillée des organes et tissus. Il peut être une alternative à l'IRM (plus performante), en cas de contre-indications à passer celle-ci (e.g. présence d'un corps métallique, claustrophobie).

Toutefois, cette technique pouvant nécessiter l'injection d'un produit de contraste, il existe des réactions allergiques rares et dans la large majorité des cas bénignes (Berner et al., 2009) :

Le scanner implique une exposition aux rayons X, et doit donc être utilisé avec parcimonie pour en limiter les effets.



Contre-Indications et Effets Indésirables

Le scanner est déconseillé aux personnes enceintes et aux personnes susceptibles de faire une réaction allergique au produit de contraste (e.g. risque d'insuffisance rénale).

En cas d'injection, dans certains cas, on peut retrouver des effets indésirables sans gravité (e.g. sensation de chaleur, nausées, maux de tête).

<https://www.institut-de-radiologie.com/cerveau-moelle-epiniere/>
<http://www.radiologie-montpellier.fr/imageriemedicale/>

Berner, J., Poletti, P. A., Becker, C. D., & Nendaz, M. (2009). Réactions aux produits de contraste iodés: quelles mesures préventives?. *Rev Med Suisse*, 5, 2016-21.

IRM anatomique

Fonctionnement

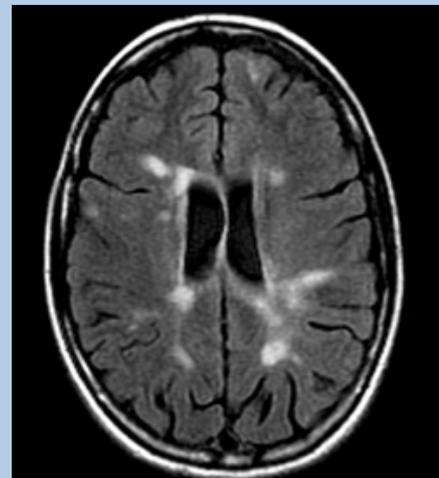
Née dans les années 1970, l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) est basée sur le principe de la résonance magnétique.

L'appareil est constitué notamment d'un aimant émettant des ondes électromagnétiques, qui font vibrer les atomes d'hydrogène dans les tissus de l'organisme. Sont alors produits des signaux captés par un matériel spécifique permettant de les retranscrire sur un ordinateur.

Cette procédure permet ainsi de reconstituer des images des structures du cerveau, et contribue au diagnostic de nombreux troubles : Sclérose en Plaques (SEP), Accidents Vasculaires Cérébraux (AVC), tumeurs, hydrocéphalie...



L'examen dure en moyenne entre 15 et 30 minutes, et peut parfois nécessiter l'injection d'un produit de contraste au Gadolinium pour mieux visualiser les structures.



Avantages et Inconvénients

A l'heure actuelle, l'IRM est la meilleure technique d'imagerie pour l'exploration du cerveau et la détection d'anomalies. Elle permet une exploration dans tous les plans de l'espace et l'obtention d'images en haute définition.

Contrairement au scanner, l'IRM est une technique non invasive (ne nécessite pas systématiquement l'injection d'un produit de contraste). Toutefois, l'appareil émet un bruit important ainsi qu'un fort champ magnétique, et son utilisation nécessite un certain confinement qui peut provoquer un ressenti désagréable (e.g. claustrophobie).



Contre-Indications et Effets Indésirables

En cas de présence de métaux dans le corps, ou de dispositifs comme un pace-maker ou une pompe à insuline, l'IRM n'est pas praticable. La technique est également contre-indiquée en cas de grossesse. Enfin, dans le cas où l'injection d'un produit de contraste est nécessaire, il existe des risques d'allergie. A discuter donc avec votre médecin !

<https://www.radiologieparisouest.com/irm-paris/>

<https://www.institut-vernes.fr/imagerie/les-differentes-techniques/irm/irm-contrindications/>

<https://irmparis14.fr/irm-cerebral/faq/produit-contraste>

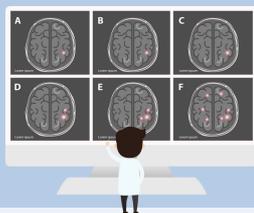
IRM de diffusion

Fonctionnement

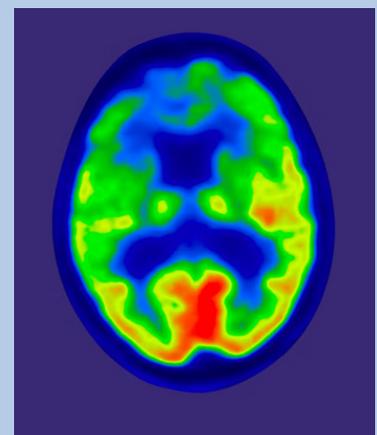
Mise au point dans les années 1990, la technique de l'IRM de diffusion observe les micro-mouvements des molécules d'eau, qui contiennent des atomes d'hydrogène, pour explorer le tissu cérébral.

Elle permet notamment l'examen des faisceaux de substance blanche, qui contiennent les axones des neurones (fibres nerveuses). Ainsi, cette technique met en évidence les connexions entre les structures du cerveau et est très utile dans les recherches en neurosciences.

En application clinique, l'IRM de diffusion permet d'investiguer les AVC ischémiques (causés par l'obstruction d'une artère), les tumeurs ou encore la sclérose en plaques.



L'examen, qui peut durer entre 40 minutes et 1 heure, présente les mêmes contre-indications que pour l'IRM classique.



<https://www.imaios.com/fr/e-mri/irm-tenseur-de-diffusion>

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

PET-Scan et SPECT

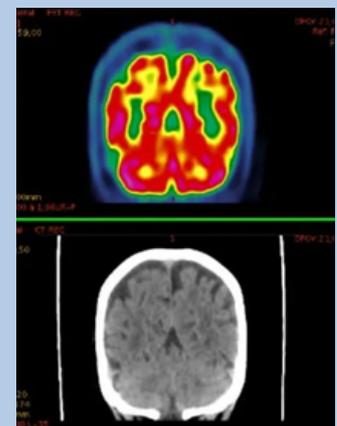
Fonctionnement

Techniques datant des années 70, la Tomographie par Emission de Positons (TEP ou PET-Scan) et la Tomographie par Emission MonoPhotonique (TEMP ou SPECT) sont des techniques basées sur le principe de **scintigraphie** : on injecte un traceur marqué (e.g. fluor) qui, avec la détection de particules, permet de cartographier le métabolisme du cerveau (débit sanguin, glucose...) !

La TEP, plus sensible que la SPECT, peut détecter des altérations précoces et s'utiliser dans le diagnostic de démences (e.g. atypiques, Alzheimer).

Moins précise et moins coûteuse, la SPECT est utile en oncologie et dans le cas des démences. Egalement, elle peut permettre de visualiser les voies dopaminergiques (DAT-Scan) et servir, entre autres, à la détection des syndromes parkinsoniens.

Durant entre 30 minutes et 1 heure, ces examens peuvent être inefficaces chez les personnes au diabète non traité, et sont déconseillés aux femmes enceintes ou en cas d'allergie au produit (traceur).



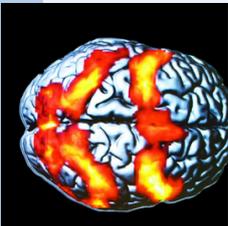
Stirn, S. (2018). L'évaluation neuropsychologique en clinique adulte. Dunod.

<https://www.hug.ch/neurologie/les-techniques-dimagerie-nucleaire>

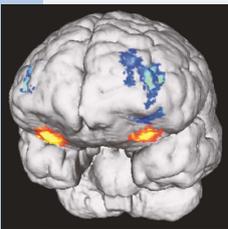
IRM fonctionnelle

Fonctionnement

Contrairement à l'IRM anatomique classique, qui cartographie les différentes **structures** du cerveau, l'IRM fonctionnelle (IRMf) permet de voir l'**activité cérébrale**.



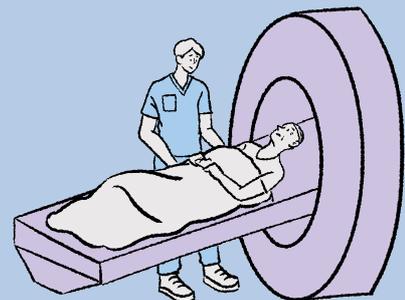
Elle se base sur l'**effet BOLD** (Blood Oxygen Level Dependent), qui traduit l'activité des diverses zones cérébrales observées. En effet, pour fonctionner, les régions de notre cerveau ont besoin d'être nourries en oxygène (O₂). Ce dernier est transporté par les cellules sanguines. En mesurant les variations d'O₂, on peut savoir quelles sont les zones du cerveau qui travaillent.



On obtient alors un enregistrement de l'activité cérébrale en direct, et pas simplement une image anatomique fixe !

L'IRMf est utilisée à des moments pré-chirurgicaux, pour bien connaître le cerveau de la personne et préparer les gestes du chirurgien en conséquence.

Malgré son excellente résolution spatiale, cette technologie ne donne l'information que de façon indirecte, et demeure coûteuse.



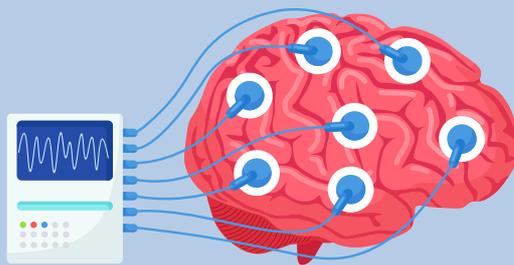
http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/neurosciences/actualisation-des-connaissances/methodes_etude_cerveau/irm-et-irmf/generalites-sur-irm

Electroencéphalographie (EEG) & Magnétoencéphalographie (MEG)

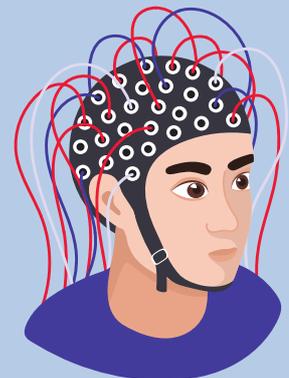
Fonctionnement

Mis au point en 1929, l'EEG permet la **mesure de l'activité électrique des neurones**. L'appareil est utile à l'observation des oscillations cérébrales (ondes gamma, beta, alpha theta, delta), et peut ainsi être utilisé dans le **sommeil**, le repérage des **foyers épileptiques** ou aussi dans les traumatismes crâniens et les maladies neurodégénératives.

Plus coûteuse et complexe que l'EEG, la MEG est plutôt utilisée dans la **recherche**, mais son utilité dans la clinique est croissante (e.g. cas complexes). Son fonctionnement se base sur les **champs magnétiques** induits par l'activité des neurones.



Les deux méthodes ont pour avantage une résolution temporelle excellente, car les phénomènes sont détectés en **temps réel**. Ainsi, EEG et MEG peuvent repérer des phénomènes cérébraux de courte durée.



https://sciences.brussels/printemps2/pds2006/docs/phys_magneto1.pdf

Notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**Document réalisé par
l'association Raptor Neuropsychy**



**Mathieu CERBAI
Lucas RONAT**



Psychologues spécialisés
en Neuropsychologie

- Avril 2023 -