

Dispositif Iseult : l'IRM la plus puissante du monde dévoile ses premières images du cerveau humain au CEA

1. INTRODUCTION

Iseult : C'est le nom du dispositif IRM installé sur le plateau de Saclay, près de Paris, dans les laboratoires du CEA. Il est doté d'un aimant hors norme qui a atteint un champ magnétique de 11,7 teslas, c'est-à-dire 200.000 fois le champ magnétique terrestre. C'est un record mondial. Grâce à lui on peut obtenir des images dix fois plus précises que celles fournies par les IRM classiques que l'on trouve dans les hôpitaux et qui ne dépassent pas les trois teslas. Il s'agit là d'une première mondiale qui a été présentée à la presse par le CEA le mardi 2 avril 2024.

2. HISTORIQUE

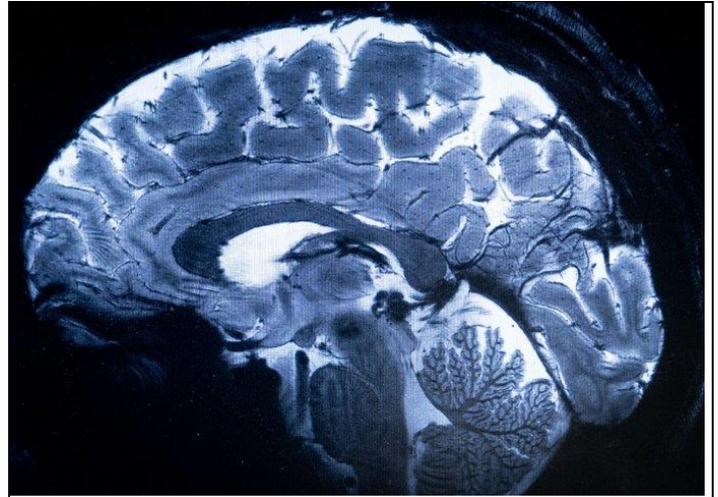
Ce dispositif IRM qui est le plus puissant au monde a livré ses premières images les plus jamais réalisées de cerveaux humains. Pas besoin d'être spécialiste pour comprendre cette avancée scientifique. C'est flagrant ! En un coup d'œil on voit la différence avec une image de cerveau produite par un IRM classique. C'est un peu comme si on passait d'une photo floue à une image nette, explique Nicolas Boulant, directeur de recherche au CEA : *"Avec ces images, on peut voir des détails assez époustouflants qui nous renseignent sur des détails anatomiques comme des veines ou des couches corticales qui sont inatteignables à plus bas champ magnétique. On pourrait égaler cette performance à trois teslas - c'est-à-dire en milieu clinique - mais il faudrait dans ce cas-là acquérir des données pendant plusieurs heures. Ce qui rend cette approche incompatible en clinique lorsque des gens sont allongés et qu'on leur demande de ne pas bouger."*

Ces images viennent couronner une vingtaine d'années de recherche qui ont permis d'appliquer les développements technologiques innovants réalisés pour le CERN à la recherche médicale.

Cette réalisation est également le fruit d'une coopération franco-allemande initiée en 2006, qui a impliqué des partenaires académiques, l'Université de Fribourg (Allemagne), et industriels, Bruker Biospin, Alstom intégré aujourd'hui à General Electric, Guerbet et Siemens Healthineers.

Ce dernier a d'ailleurs implanté les équipements d'imagerie de série MAGNETOM 11.7 teslas qui ont permis l'acquisition de ces premières images.

Coupe sagittale du cerveau humain : Crédit ©AFP ►



Des moyens hors norme : Installé au centre de neuro-imagerie Neurospin du CEA Saclay le dispositif ISEULT est constitué d'un gigantesque électroaimant de 5 mètres de diamètre pour 5 mètres de long pesant plus de 130 tonnes. Alimentée par un courant de 1.500 ampères, cette pièce maîtresse est composée de 182 kilomètres de fils supraconducteurs en alliage niobium-titane enroulés dans une bobine, qui pour fonctionner doit être refroidie à une température proche du zéro absolu (-271,35 °C) grâce à 7.500 litres d'hélium liquide superfluide. Poussés à la limite de leurs capacités, ce sont "les mêmes types d'aimants supraconducteurs" qui ont été développés pour l'accélérateur de particules du CERN à Genève.

Cet aimant a été conçu par une équipe du CEA qui avait déjà à son actif la conception d'aimants de Tokamak et des aimants des détecteurs du CERN ayant permis la découverte du boson de Higgs. Sa fabrication a débuté en 2010 dans l'usine de Alstom – devenu GE – à Belfort et aura demandé six ans. Près de quatre ans de travaux d'installation et de réglage minutieux pour atteindre l'homogénéité de champ requise auront ensuite été nécessaires pour arriver à sa mise en service opérationnelle en 2021.

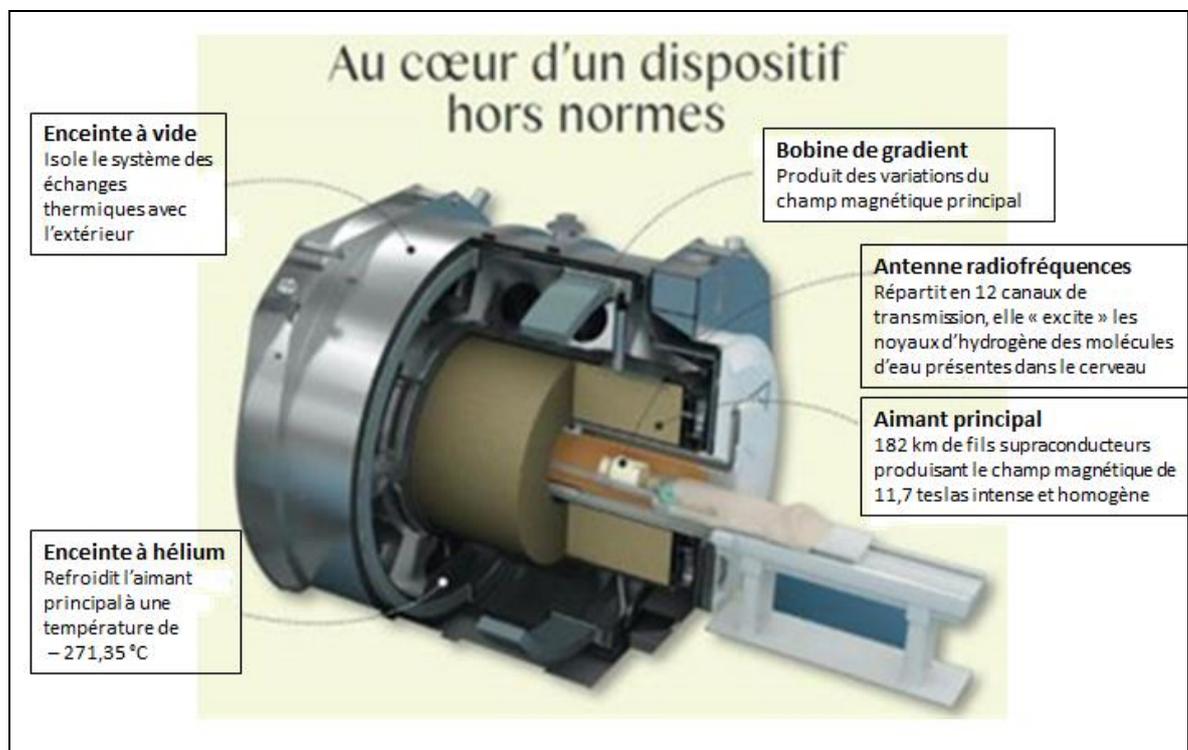
3. PERFORMANCES D'ISEULT ET PREMIERS RÉSULTATS

Dans un premier temps, les chercheurs ont testé Iseult en plaçant des potimarrons à l'intérieur. Ils ne sont passés au cerveau humain que ces derniers mois grâce à une vingtaine de volontaires qui se sont introduits à l'intérieur de l'appareil. Un cylindre de cinq mètres de long et de 132 tonnes. Le but de ces premières acquisitions d'images était, tout d'abord, de vérifier qu'il n'y avait pas de danger pour les personnes explorées, et ensuite de réaliser les premières images.

Il s'agissait avant tout de garantir l'innocuité de la machine. Les cobayes ont été soumis pour cela à une batterie de tests (cognitifs, physiologiques, génotoxicité, etc.), dans les heures qui ont précédé et suivi les examens, puis pendant plusieurs semaines. Les chercheurs ont pu prouver que le champ magnétique n'avait pas d'effets néfastes sur la santé.

De part sa puissance de 11,7 teslas, l'IRM Iseult¹ offre un réservoir de signaux et de contrastes entre les tissus biologiques qui permet une exploration plus fine du cerveau humain.

En termes de chiffres, le potentiel de ce dispositif peut produire des images d'une résolution de 0,2 millimètre dans le plan et 1 millimètre en profondeur. Soit un volume équivalent à quelques milliers de neurones seulement contre plusieurs millions avec les IRM standards.



Ecorché du dispositif Iseult Crédit : Sciences et Avenir

En atteignant des résolutions aussi fines, il sera possible d'accéder à des informations sur les neurones jusque-ici inatteignables, et de comprendre comment notre cerveau encode nos représentations mentales, nos apprentissages ou encore de découvrir quelles sont les signatures neuronales de l'état de conscience.

Grâce à cette exceptionnelle résolution spatiale des représentations du cerveau humain ainsi que les niveaux de contraste obtenus entre les différentes structures cérébrales le dispositif Iseult a notamment permis d'évaluer la concentration en fer pour l'identification de la pathologie de Parkinson, l'atrophie de l'hippocampe dans l'évolution de l'Alzheimer, ou la distribution du lithium administré aux patients atteints de troubles psychiatriques.

Ces premières explorations feront l'objet d'une étude scientifique qui sera publiée ultérieurement, puis présentée dans un rapport à l'Agence Nationale du Médicament et des produits de Santé (ANSM).

¹ L'anagramme « **Iseult** » a été choisi en raison d'un ambitieux projet franco-allemand baptisé lui-même Iseult, et certains disent que c'est en référence à l'opéra allemand écrit par Richard Wagner, « *Tristan und Isolde* ».

4. OBJECTIFS D'ISEULT

Le dispositif Iseult, conçu par les chercheurs du CEA, a pour vocation de réaliser des avancées importantes en recherche fondamentale, dans les sciences cognitives et la connaissance des pathologies cérébrales. Parmi les domaines explorés on peut citer :

- **La détection précoce des maladies neurodégénératives**

L'objectif de ces travaux est d'améliorer les connaissances autour de **maladies neurodégénératives**, comme Parkinson, Alzheimer ou mieux comprendre les **affections psychiatriques** (dépression, bipolarité, schizophrénie...). On sait par exemple qu'une zone en particulier - l'hippocampe - est impliquée dans la maladie d'Alzheimer, donc on espère pouvoir comprendre l'organisation, le fonctionnement des cellules de cette partie du cortex cérébral. La détection d'excès de fer cérébral permettrait également de diagnostiquer de nombreuses années à l'avance la maladie de Parkinson.

Autre exemple le lithium est utilisé en tant que médicament pour traiter la schizophrénie et le trouble bipolaire. Son action néanmoins n'est pas très bien comprise. Iseult, avec sa sensibilité inégalée, pourra permettre de sonder davantage la distribution de cet agent pour mieux comprendre son rôle.

- **La recherche médicale**

Outre l'obtention de données anatomiques et fonctionnelles, ce scanner IRM pourra sonder en effet la biochimie du cerveau. Et cartographier notamment les distributions de lithium, de glucose, de glutamate ou de fer, impliquées dans diverses maladies psychiatriques (bipolarité, schizophrénie) ou neurodégénératives.

L'appareil n'a pas vocation à devenir un outil de diagnostic clinique mais il est espéré que les connaissances acquises pourront ensuite se décliner à l'hôpital. De nouveaux volontaires sains devraient être recrutés d'ici la fin de l'été. Les cerveaux de patients malades ne seront, eux, pas étudiés avant quelques années encore.

5. CONCLUSION

Deux projets concurrents, aux Etats-Unis et en Corée du Sud, ont des ambitions similaires mais ne sont pas encore parvenus à l'étape cruciale de l'imagerie sur l'homme. L'un des objectifs de cet IRM hors norme est d'affiner la compréhension de l'anatomie du cerveau et les zones qui s'activent lors de la réalisation de certaines tâches....

Le dispositif Iseult constituera un outil de recherche ouvert aux scientifiques internationaux. Il aura dans les années à venir de multiples débouchés. Les informations anatomiques ultrafines caractériseront plus précisément, tout d'abord, certaines régions cérébrales comme les ramifications du cervelet ou la structure du cortex, fine couche plissée qui recouvre les deux hémisphères du cerveau. Grace aux analyses fonctionnelles, Iseult pourrait permettre aussi de mieux comprendre comment fonctionne le cerveau dans des processus cognitifs tels que la lecture, le langage ou le calcul mental.

6. SOURCES

[Réf. 1] : Communiqué de presse CEA du 2 avril 2024. Première mondiale : le cerveau dévoilé comme jamais grâce à l'IRM le plus puissant au monde <https://www.cea.fr/>

[Réf. 2] : L'aventure Iseult et ses premières images de cerveaux humains <https://www.cea.fr/>

[Réf. 3] : [L'IRM la plus puissante au monde dévoile ses premières images du cerveau humain - Sciences et Avenir](https://www.sciencesetavenir.fr/)

[Réf. 4] : Un espoir immense: l'IRM le plus puissant du monde dévoile ses premières images images <https://www.bfmtv.com/>