

SACLAY,
18 JUILLET 2019

COMMUNIQUE DE PRESSE

CONTACTS PRESSE

Camille DECROIX
camille.decroix@cea.fr
Tél. : + 33 1 64 50 17 16
+ 33 6 63 68 52 83

Tuline LAESER
tuline.laeser@cea.fr
Tél. : + 33 1 64 50 20 97

11,7 teslas, record mondial de champ magnétique pour un aimant d'IRM du corps humain



Face avant de l'aimant © Francis Rhodes / CEA

L'aimant du projet Iseult, en installation à Neurospin (CEA Paris-Saclay), a atteint son champ nominal de 11,7 teslas (T) le 18 juillet 2019. Il s'agit d'un record mondial pour un aimant IRM humain corps entier, qui vient couronner des années de R&D, à la pointe de l'innovation dans le domaine des aimants supraconducteur. Au cours des prochains mois, les équipements nécessaires pour réaliser les images cérébrales seront installés autour de l'aimant ainsi que dans son tunnel central, pour en faire un scanner IRM humain capable de sonder le cerveau à des précisions jamais atteintes, au bénéfice de la recherche fondamentale, des sciences cognitives et du diagnostic des maladies neurodégénératives.

En cours d'installation sur le site CEA Paris-Saclay depuis juillet 2017, le colosse magnétique de 132 tonnes est désormais pleinement opérationnel. Les équipes ont dû pour cela relever tous les défis que représente la mise en œuvre d'un tel équipement :

- Connecter l'aimant aux équipements auxiliaires déjà installés et testés (usine cryogénique, alimentations électriques, système de contrôle-commande).
- Atteindre une température homogène de 1,8 K : l'aimant doit être refroidi à 1,8 K (- 271 °C), température à laquelle l'hélium, son « liquide de refroidissement », est dans un état physique particulier, dit « superfluide ». À ce niveau de température, le conducteur qui compose l'aimant (alliage niobium-titan) n'oppose alors aucune résistance au courant électrique qu'il transporte, évitant ainsi toute dissipation du courant et tout échauffement : il est à l'état supraconducteur.

COMMUNIQUE DE PRESSE

CONTACTS PRESSE

Camille DECROIX
camille.decroix@cea.fr
Tél. : + 33 1 64 50 17 16
+ 33 6 63 68 52 83

Tuline LAESER
tuline.laeser@cea.fr
Tél. : + 33 1 64 50 20 97

- **Monter par palier pour atteindre 11,7 T¹** : une fois le conducteur refroidi à sa température nominale, il a fallu ensuite injecter progressivement le courant dans l'aimant pour atteindre le champ magnétique prévu de 11,7 T. Cette « montée en puissance » s'est réalisée en plusieurs étapes, avec de nombreux essais électriques et magnétiques, ainsi que des tests des procédures d'arrêt d'urgence. En tout, 1 300 procédures prévues pour détecter l'apparition de défauts potentiels ont été testées.

Pour atteindre son champ magnétique nominal, l'aimant est alimenté par un courant de 1 500 ampères, et les bobines de conducteur sont en permanence refroidies par 7 000 litres d'hélium à l'état superfluide. Avec un champ magnétique de 11,7 T c'est un record mondial dans le domaine de l'IRM, et un record absolu avec ce type de matériau supraconducteur. La fabrication de ce prototype de 132 tonnes, de 5m de longueur pour 5 m de diamètre extérieur, et 90 cm de diamètre intérieur, aura demandé six ans dans les usines de Alstom - devenu GE - à Belfort ; et près de deux ans de travaux d'installation et de tests, pour arriver à sa mise en service opérationnelle.

Au cours des prochains mois, de nombreux équipements seront ajoutés à l'aimant pour le transformer en appareil d'IRM à même de réaliser des images du cerveau de volontaires : bobines de gradients, antennes radiofréquences, lit patient, habillage extérieur.

À propos du projet Iseult

Les neuroscientifiques ont voulu se doter d'un scanner IRM à 11,7 T afin de sonder le cerveau humain avec des qualités d'observation jamais atteintes, que ce soit au niveau de la résolution spatiale ou de la résolution temporelle, ou encore au niveau de la précision des images obtenues. Le projet Iseult est né au tournant du 21^{ème} siècle avec l'objectif ambitieux de développer un aimant de très grande taille (90 cm d'ouverture) générant un champ magnétique de 11,7 T. Le projet a été porté conjointement par les chercheurs en neurosciences et des physiciens du CEA spécialistes des aimants à l'Irfu et de l'IRM à l'institut Joliot. La conception et la réalisation de cet aimant, cœur du scanner IRM, ont ainsi mobilisé les chercheurs et leurs partenaires - académiques et industriels - pour une livraison à Neurospin, sur le site du CEA Paris-Saclay, en mai 2017.

Le projet Iseult s'intègre dans une coopération franco-allemande initiée en 2006. Il résulte d'une collaboration entre :

- des partenaires industriels (Siemens Healthineers, Bruker Biospin, Alstom -intégré aujourd'hui à General Electric-, et Guerbet) ;
- des partenaires académiques (l'Université de Freiburg, la Direction de la Recherche fondamentale du CEA) ;

¹ Champ magnétique terrestre : $5 \cdot 10^{-5}$ T ; IRM hospitaliers standards : 1,5 à 3 T ; aimants du LHC : 8,5 T ; il existe également des IRM de faible diamètre, uniquement utilisés *dans le cadre de recherches précliniques*, pouvant atteindre des champs magnétiques de 17 teslas.

SACLAY,
18 JUILLET 2019

COMMUNIQUE DE PRESSE

CONTACTS PRESSE

Camille DECROIX
camille.decroix@cea.fr
 Tél. : + 33 1 64 50 17 16
 + 33 6 63 68 52 83

Tuline LAESER
tuline.laeser@cea.fr
 Tél. : + 33 1 64 50 20 97

- un soutien financier partiel d'agences publiques (en France : Bpifrance, en Allemagne : le Ministère fédéral allemand de l'Éducation et de la Recherche).

Comment le CEA est-il devenu fer de lance dans l'imagerie médicale ?

L'interdisciplinarité qui caractérise le CEA, entre les ingénieurs et physiciens, mathématiciens, biologistes, pharmacologues et médecins, constitue l'une des forces de ses recherches en imagerie médicale, et tout particulièrement pour la conduite du projet Iseult.

Les sciences du vivant font partie intégrante des activités menées au CEA depuis sa création en 1945. Les scientifiques du CEA ont participé à la genèse et à l'essor de l'imagerie médicale, de la création du Service hospitalier Frédéric Joliot au projet Iseult, en passant par l'invention de la technique d'IRM de diffusion. Aujourd'hui, les activités d'imagerie médicale sont principalement hébergées au sein de l'Institut des sciences du vivant Frédéric Joliot, basé sur le plateau de Saclay, incluant notamment les équipes de Neurospin.



Les grands aimants supraconducteurs sont des pièces maîtresses des expériences de physique conduites sur les accélérateurs de particules. L'Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'Univers (Irfu) est ainsi à l'origine de plusieurs aimants de l'accélérateur et des détecteurs du Large Hadron Collider (LHC) installés au CERN à Genève. Le CEA-Irfu mène un ensemble de R&D en collaboration avec des partenaires industriels et institutionnels, aux niveaux national et international, ce qui lui permet de figurer parmi les meilleurs dans le domaine, et ainsi participer à des projets uniques tels que le projet Iseult ou les tokamaks – réacteurs nucléaires de fusion – comme JT-60SA au Japon.



Face avant de l'aimant. Photo de gauche, l'élément à gauche de l'aimant, baptisé « le satellite », est l'élément par lequel transitent l'hélium et le courant pour rejoindre l'aimant. Photo de droite, vue actuelle de l'aimant dans son environnement clinique en cours d'aménagement © Francis Rhodes / CEA

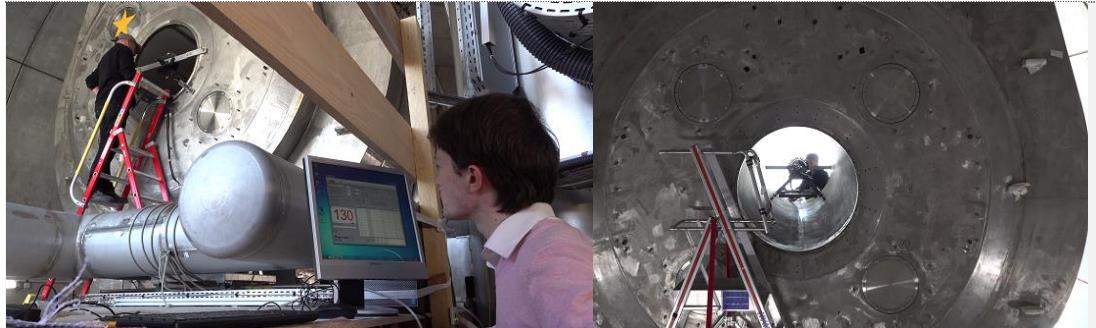
SACLAY,
18 JUILLET 2019

COMMUNIQUE DE PRESSE

CONTACTS PRESSE

Camille DECROIX
camille.decroix@cea.fr
Tél. : + 33 1 64 50 17 16
+ 33 6 63 68 52 83

Tuline LAESER
tuline.laeser@cea.fr
Tél. : + 33 1 64 50 20 97



L'aimant est raccordé au satellite en face arrière, par l'élément appelé « caloduc » (liaison en forme de tuyau au premier plan à gauche). C'est une structure mécanique complexe de 900 kilos, composée de près de 200 éléments positionnés au millimètre près pour anticiper les déformations mécaniques liées à la mise en froid. Le caloduc assure la connexion des circuits cryogéniques, des connections électriques et de l'instrumentation interne. Une fois l'élément installé, l'équipe a pu entamer la mise en froid, puis la mise sous tension de l'aimant. Photo de droite : mesure du champ magnétique produit au cœur de l'aimant © Francis Rhodes/CEA

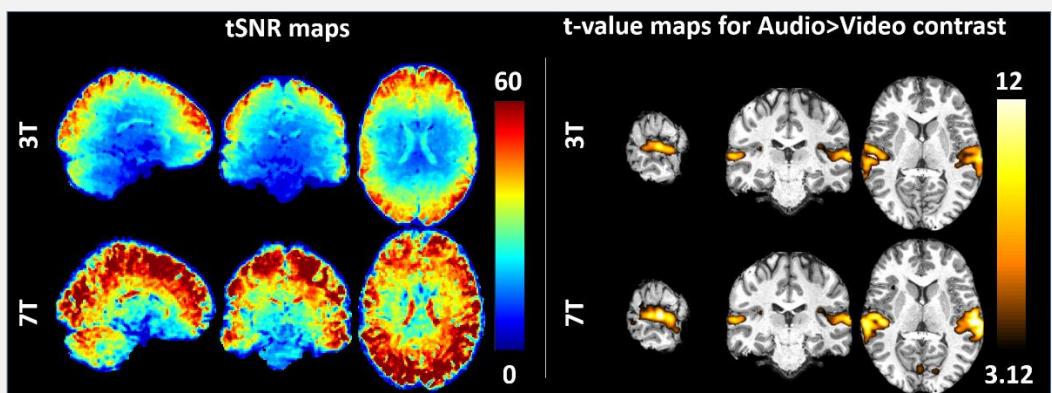


Illustration du gain obtenu en passant d'un IRM 3 T à 7 T pour une même résolution. À gauche : Rapport signal sur bruit. Images de droite : activations pour un paradigme développé dans le laboratoire. L'échelle de couleur correspond à l'intensité des activations et à la puissance statistique, c'est-à-dire le degré de confiance dans la détection des activations. Une semblable amélioration est attendue de 7 T à 11,7 T © Neurospin / CEA