

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE



## NeuroSpin

Visite du Premier ministre, Jean-Marc Ayrault  
Jeudi 10 octobre 2013



## DOSSIER DE PRESSE

---

Contact Presse : CEA / Service Information-Media

T. +33 (0)1 64 50 20 11 |

[presse@cea.fr](mailto:presse@cea.fr)

---

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Direction de la Communication | Service Information-Média

91191 Gif-sur-Yvette Cedex | T. +33 (0)1 64 50 20 11 | F. +33 (0)1 64 50 28 92

Établissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019

## NeuroSpin : une grande infrastructure de neuro-imagerie cérébrale en champ intense

NeuroSpin, centre de neuro-imagerie cérébrale par résonance magnétique nucléaire (IRM) en champ intense, est une grande infrastructure de recherche visant à repousser les limites actuelles de l'imagerie cérébrale. Les performances atteintes offriront la possibilité d'observer le cerveau et ses pathologies avec une précision encore plus fine, à une échelle plus représentative des phénomènes, cellulaires et moléculaires, qui l'animent.

Les méthodes de neuro-imagerie, non traumatiques comme l'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique), n'interfèrent pas avec la fonction cérébrale et permettent d'étudier le cerveau humain, chez des patients et des volontaires sains. Pourtant l'IRM est loin d'avoir atteint ses limites : en augmentant le champ magnétique des aimants on peut espérer gagner un facteur 5 à 10 dans la précision spatiale ou temporelle des images. On pourrait ainsi étudier le fonctionnement du cerveau à l'échelle de quelques centaines ou milliers de neurones (et non plus de millions), une échelle intermédiaire où se cache peut-être un « code neural » comme il existe un code génétique.



Alors que les scanners IRM médicaux atteignent généralement une puissance de 1,5 tesla<sup>1</sup> (T) (30 000 fois le champ magnétique terrestre), NeuroSpin rassemble plusieurs aimants à très haut champ, respectivement de 3,7 et 11,7 T, ce dernier étant en phase de mise au point (installation en 2014). Ces équipements permettent d'obtenir une sensibilité bien supérieure à celle des IRM « standards » opérant à 1,5 T.

Un aimant de 17 T. fonctionne également, pour des études sur le petit animal.

La réunion de ces équipements tient à l'originalité de la situation de NeuroSpin au CEA, qui rassemble en un même lieu acteurs méthodologiques et neurobiologistes du plus haut niveau. Pour relever les défis actuels de l'imagerie cérébrale, un dialogue permanent entre ceux qui développent et ceux qui utilisent ces instruments est indispensable. C'est précisément sur cette conjugaison de savoir-faire et de cultures et compétences différentes et complémentaires, de chercheurs, d'ingénieurs, de médecins, de techniciens, publics et privés, que reposent le fondement et l'originalité de NeuroSpin.

---

<sup>1</sup> Le Tesla est l'unité de champ magnétique. Le champ magnétique terrestre à Paris est de 0,000 05 T.

## NEUROSPIN, une infrastructure intégrée dans le paysage national et européen de la recherche

NeuroSpin s'inscrit dans des domaines d'excellence du Campus Paris-Saclay. Le projet 'Neurosciences et interface physique-médecine', sélectionné dans le cadre des Investissements d'avenir, concrétise l'ambition de réunir sur le plateau de Saclay les acteurs des neurosciences. NeuroSpin en constitue un élément majeur, pour la neuroimagerie.



NeuroSpin est également partenaire de deux projets de réseaux nationaux en biologie santé coordonnés par le CEA :

- FLI (*France Life Imaging*), infrastructure nationale pour la mise en réseau des acteurs et infrastructures en imagerie biomédicale ;
- NeurAtris, réseau d'acteurs pour la recherche translationnelle en neurosciences.

Ces projets s'inscrivent dans la perspective des grandes infrastructures de recherche européenne.

En janvier 2013, le *Human Brain Project* (voir plus loin), auquel participe NeuroSpin, a été désigné FET Flagship (pour *Future and Emerging Technologies*) par la Commission européenne, avec une dotation financière importante. Ce succès illustre l'ambition commune de tous les organismes partenaires de NeuroSpin pour développer les neurosciences, notamment l'Université, le CNRS, l'Inserm, l'Inria.

### L'avenir : l'Institut des Neurosciences Paris-Saclay

A l'horizon 2017, l'**Institut des Neurosciences Paris-Saclay** associera en un même lieu les équipes de recherche en neurosciences du CNRS (Institut de Neurosciences Alfred Fessard, INAF), de l'université Paris-Sud (Centre de Neurosciences de Paris Sud, CNPS), de l'INSERM et du CEA.

A terme, près de 350 chercheurs occuperont cet Institut et bénéficieront des plateformes technologiques nécessaires à leurs travaux, sur le Campus Paris-Saclay. Situé à proximité du centre d'imagerie NeuroSpin, l'Institut des Neurosciences Paris-Saclay renforcera la visibilité internationale de toutes ces équipes de recherche.

La compréhension du fonctionnement du cerveau nécessite des approches pluridisciplinaires, à la fois expérimentales, computationnelles et théoriques, croisant la biologie, la physique, l'informatique, les sciences cognitives et comportementales, et bien sûr la médecine.

La mutualisation des locaux et des équipements constitue une opportunité pour améliorer la connaissance du cerveau et de ses maladies. Elle permettra de progresser à toutes les échelles d'analyse du système nerveux et de ses pathologies, de la molécule à la cognition.

L'Institut des Neurosciences Paris-Saclay est un projet mené dans le cadre des actions « Opération Campus » et « Développement scientifique et technologique du plateau de Saclay ». L'IDEX Neurosciences a été créé dans ce cadre. Cet IDEX est centré sur l'exploration multiéchelle du système nerveux. Au-delà des aspects scientifiques, les missions de l'IDEX seront l'enseignement, une activité plate-forme, et la stimulation d'interactions entre le monde académique, le monde industriel et la société.

# Les enjeux de l'exploration du cerveau

Mieux comprendre le cerveau humain, son développement, son fonctionnement, constitue l'un des grands défis du XXI<sup>ème</sup> siècle. Les enjeux sociétaux sont en effet de taille : outre les bénéfices que l'on peut en attendre dans le domaine de la santé et des neurosciences (progrès en neurochirurgie, neurologie et psychiatrie...), la compréhension du cerveau permet de mieux connaître la façon dont les individus interagissent entre eux ou avec leur environnement, avec à la clé des progrès dans les domaines de la communication, de l'éducation, de l'ergonomie...

## 1- Identifier les circuits cérébraux qui sous-tendent les fonctions cognitives

Il s'agit de mettre en évidence de plus en plus précisément les aires cérébrales mises en jeu lors de l'exécution de tâches simples ou complexes comme le langage, la mémoire, le calcul, la préparation à l'action, l'apprentissage de la lecture voire même la conscience. Les chercheurs étudient le cheminement et le mode de traitement de l'information dans le cerveau, en visualisant l'ordre d'activation des régions cérébrales dans le traitement d'une information et en montrant les faisceaux de connexions et les « hub » (centres de connexions) qui permettent la transmission de l'activation entre les différentes régions cérébrales.

### *CONNECT, 1<sup>er</sup> atlas in vivo des connexions du cerveau humain et de leur microstructure*

*Dans le cadre du projet CONNECT, douze instituts de recherche européens et israéliens ont établi, à partir de sujets vivants, un atlas décrivant les connexions intracérébrales du cerveau humain. Ces fibres, aussi appelées « substance blanche » du cerveau, ont pour rôle de transmettre les informations entre neurones. Jusqu'à présent, les neurosciences s'appuient sur des atlas du cerveau humain réalisés à partir de coupes cérébrales post-mortem de donneurs. Les limites de ces atlas sont nombreuses, liées à différents problèmes techniques, comme par exemple la déformation du cerveau subie lors de son prélèvement, de sa fixation, de sa coupe...*



*L'atlas du projet CONNECT a été construit à partir de la combinaison d'images IRM 3D de cerveaux de plus de 100 sujets vivants et sains âgés de 25 à 35 ans. L'innovation provient à la fois de l'acquisition in vivo des données, et de la combinaison d'images de nombreux cerveaux pour en extraire des caractères communs.*

*Les chercheurs ont bénéficié d'images 3D d'un niveau inégalé de détails et de précision, comme la densité ou le diamètre des fibres qui composent la substance blanche du cerveau humain.*

*Cet atlas permet d'analyser les données de neuroimagerie de ces connexions et d'étudier avec précision leur rôle dans la physiologie et les pathologies du cerveau.*

## 2- Diagnostiquer les maladies de façon précoce pour mieux les prendre en charge

Les affections neurologiques et psychiatriques touchent une fraction croissante de la population. Améliorer le traitement et la rééducation de ces patients passe par une meilleure compréhension des dysfonctionnements cérébraux à l'origine de ces maladies. Avec l'augmentation de l'espérance de vie, les bénéfices potentiels des recherches sur le fonctionnement cérébral dans une population vieillissante sont évidents.

Les technologies d'imagerie offrent un champ d'investigation conséquent pour mieux comprendre les pathologies cérébrales psychiatriques (schizophrénie, autisme, addictions), les maladies neurologiques (sclérose en plaques, épilepsie) et neurodégénératives (Alzheimer, Parkinson), les anomalies du développement (dyslexie, dyscalculie) et in fine, les prévenir,

proposer un diagnostic précoce et les traiter. Certaines maladies comme les maladies de Parkinson ou d'Alzheimer débutent bien avant l'apparition des troubles perceptibles.

### 3- Comprendre les troubles du développement et du fonctionnement du cerveau à tous les âges de la vie

Pour comprendre les affections cérébrales et les anomalies de développement des fonctions cérébrales, il est essentiel de comprendre le développement « normal » du cerveau au cours de la vie. Une meilleure compréhension passe par la constitution de grandes bases de données, d'images et de données biologiques ou génétiques de sujets. L'organisation de ces bases de données et le développement de logiciels d'analyse constituent également un enjeu.

#### *Mise en place du CATI, Centre d'acquisition et de traitement automatisé de l'image*

*Le CATI est un projet national né en 2010 sous la double impulsion du CEA (Institut d'imagerie biomédicale) et de l'Institut du Cerveau et de la Moelle épinière (ICM, Pitié Salpêtrière), grâce au soutien de la fondation 'plan Alzheimer', pour offrir des services à la communauté de la recherche clinique en traitement des images de neuroimagerie. L'objectif de ce réseau est de faire émerger des protocoles standardisés d'acquisition et d'analyse d'images, pour obtenir une base de données aux caractéristiques harmonisées, avec un contrôle qualité systématique. La qualité des équipements et des images ayant beaucoup progressé ces dernières années, le CATI a aussi pour mission d'assurer le transfert des technologies qu'il met au point vers le milieu hospitalier.*

*Ce centre a notamment pour mission d'assurer le recueil des images des patients de la cohorte MEMENTO : il s'agit d'une cohorte de 2 300 personnes qui se plaignent d'un trouble cognitif et qui seront suivies sur plusieurs années afin de comprendre les mécanismes d'entrée dans la maladie d'Alzheimer.*

### 4- Modéliser le fonctionnement cérébral

En matière médicale, la modélisation est un atout pour un suivi personnalisé des patients. A partir de données personnelles, la modélisation permettra à terme de mieux détecter des anomalies pour un diagnostic à un stade précoce voire préventif, ou bien de suivre en temps réel l'effet d'un traitement. Ainsi, la modélisation est une clé pour adapter les traitements au plus près de chaque patient. Modéliser le fonctionnement cérébral requiert la coopération de multiples compétences ainsi que des moyens de calculs considérables pour manipuler, traiter, modéliser et archiver de très grands volumes de données issus de milliers de patients. Des logiciels spécifiques doivent être élaborés pour extraire de ces données les informations pertinentes et utiles au corps médical. C'est l'un des objectifs du projet « Human Brain project ».

#### *Human Brain Project, vers la modélisation du cerveau humain*



*Modéliser le cerveau humain et créer les moyens techniques nécessaires pour y parvenir : tel est l'objectif du Human Brain Project (HBP), une collaboration internationale impliquant spécialistes des neurosciences, médecins, physiciens, mathématiciens, informaticiens et éthiciens. Ce projet constitue une étape décisive dans la compréhension du cerveau humain. Il implique plusieurs laboratoires européens, dont l'unité de recherche CEA-Inserm de neuroimagerie cognitive expérimentale intégrée au centre NeuroSpin du CEA.*

*Le Human Brain Project a pour but de réunir toutes les connaissances actuelles sur le cerveau humain afin de le reconstituer, pièce par pièce, dans des modèles et des simulations informatiques.*

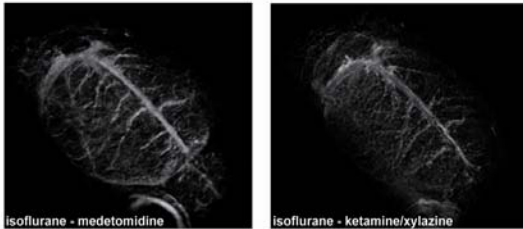
*Programmé sur 10 ans (2013-2023), et d'un coût estimé à 1,19 milliard d'euros, le projet fédère plus de 80 institutions de recherche européennes et internationales. Il sera coordonné par l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), la France prenant en charge trois des axes du projet : théorie des réseaux neuronaux, neurosciences cognitives et aspects éthiques.*

*(Représentation d'un neurone, Blue Brain Project . © EPFL Blue Brain Project Henry Markram)*

## Observer en temps réel les effets des anesthésiques sur le cerveau

Grâce à l'imageur IRM à ultra-haut champ magnétique (17,2 Teslas) destiné aux études sur le petit animal (rongeurs), des équipes du CEA, de l'Inserm, de l'Hôpital Henri Mondor (AP-HP) et de l'Université Paris-Est Créteil (UPEC) ont montré qu'il est possible d'observer en temps réel l'action des agents anesthésiques sur la vascularisation du cerveau.

« Les contrastes différents que nous observons dans nos images sont directement liés aux effets des différents agents anesthésiques sur le niveau de l'oxygénation du sang dans le cerveau du petit animal » explique Luisa Ciobanu, chercheuse à NeuroSpin, qui a mené cette étude. « Ces niveaux d'oxygénation reflètent des changements du débit sanguin cérébral ou du métabolisme basal, c'est-à-dire de la quantité d'énergie minimale permettant de faire fonctionner l'organisme au repos. L'étude sur le fonctionnement cérébral en temps réel par IRM à très haut champ apporte des informations que l'analyse du niveau d'oxygénation dans la circulation sanguine périphérique ne peut pas donner ».



A terme, ces développements permettront à terme de comprendre les effets encore mal connus de l'anesthésie générale sur le cerveau et l'action de nouveaux agents anesthésiques chez l'homme. Elle montre également le potentiel de ces dispositifs IRM à ultra-haut champ magnétique, qui fournissent des images plus précises de la physiologie cérébrale, de résolutions bien supérieures à celles obtenues avec les IRM actuellement utilisés dans les hôpitaux.

## 5- Élucider le « code neural »

« Élucider le code neural », autrement dit, connaître comment l'information est codée et traitée dans le cerveau.

De la même façon que le code génétique repose sur les assemblées d'atomes constituant l'ADN, un code neural existerait dans la structuration des assemblées de neurones. Cette organisation est en même temps très modulable pour permettre l'adaptation à l'environnement et l'apprentissage, au cours du développement et tout au long de la vie.

Nos connaissances sont limitées aujourd'hui par l'échelle, macroscopique (groupes de plusieurs millions de neurones), à laquelle nous regardons et étudions le cerveau... Des travaux remarquables (récompensés par des prix Nobel) ont beaucoup apporté sur la biochimie et la biophysique du neurone. C'est sans doute dans des réseaux spatiaux et temporels formés par des amas de quelques milliers de neurones (« mésoscale ») qu'il faut chercher cette spécificité fonctionnelle loco-régionale, ou l'existence d'un « code neural » ...

La connaissance de ce code permettra de progresser énormément dans la compréhension des mécanismes sous-tendant les processus cognitifs, normaux ou pathologiques. C'est l'un des objectifs que se sont donné le CEA et NeuroSpin avec l'arrivée de l'IRM 11,7 T.

**ISEULT : en 2014, un aimant aux performances record pour étudier le cerveau humain**



Pour aller plus loin dans la compréhension du cerveau, après l'installation d'aimants de 3 et 7 T, NeuroSpin sera doté en 2014 d'un aimant de 11,7 T destiné à l'homme, avec une ouverture de 90 cm. Compte tenu de la valeur du champ magnétique et du volume considéré, la réalisation de cet aimant, qui fait l'objet d'un partenariat franco-allemand, sera une première mondiale. En effet, non seulement les performances de niveau du champ magnétique sont aux limites, mais les caractéristiques à atteindre pour ce champ (stabilité dans le temps et homogénéité dans l'espace) sont un défi supplémentaire.

Pour développer cet aimant, les concepteurs devaient proposer une solution nécessairement originale compte tenu du cahier des charges : type d'aimant et de bobinage, valeur du courant électrique, type d'alimentation, mode de refroidissement cryogénique. L'aimant de 11,7 T intégrera notamment un blindage actif qui permettra de confiner le champ magnétique. Il s'agit là d'une première mondiale pour un aimant de cette puissance. Le CEA-Irfu (Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers), fort de son expérience dans la conception des grands aimants supraconducteurs du LHC (Large Hadrons Collider) collabore depuis plusieurs années à la conception de cet aimant et aux développements associés.

## NeuroSpin en bref

- Surface : 11 400 m<sup>2</sup>
- Début de l'exploitation : 1<sup>er</sup> janvier 2007
- Architecte : Claude Vasconi
  
- Personnel : médecins, pharmaciens, mathématiciens, physiciens, soit 200 personnes appartenant à des organismes publics (CEA, Inserm, INRIA, CNRS, Université, Collège de France) ou des laboratoires industriels (Guerbet, Siemens, laboratoires pharmaceutiques, ...).
  
- Instruments : MEG, IRM 3T, 7T, 11.7T en phase de développement (clinique), ainsi que 7T, 11,7T, 17.2T (préclinique), système de traitement et d'archivage informatique ;
- Quatre laboratoires : méthodologie IRM, neurosciences cognitives, recherche translationnelle et clinique, acquisition et traitement de l'information ;
- Espace clinique et médical (salles d'examens et d'enregistrement, lits d'hospitalisation) ;
- Espace préclinique (rongeurs et primates) ;
- Ateliers électronique, mécanique, chimie, histologie, culture cellulaire.



### Le centre CEA de Saclay

Le centre CEA de Saclay est un des 10 centres de recherche du CEA. Il constitue un centre de recherche et d'innovations de premier plan au niveau européen. Plus de 6 000 personnes y travaillent.

Il joue un rôle majeur dans le développement économique régional. Pluridisciplinaire, il exerce ses activités dans des domaines tels que l'énergie nucléaire, les sciences du vivant, les sciences de la matière, le climat et l'environnement, la recherche technologique et l'enseignement.