

NeuroSpin : plateforme de recherche translationnelle en neuro-imagerie par IRM à très haut champ magnétique



© DR

Denis LE BIHAN,

Fondateur de l'IRM de « diffusion moléculaire »⁽¹⁾, membre de l'Institut (académie des sciences) et directeur-fondateur de la toute récente plateforme technologique NeuroSpin de Saclay

La compréhension du fonctionnement de notre cerveau a bien sûr un vaste potentiel pour notre santé afin de traiter, rééduquer ou réinsérer les patients atteints de maladies du système nerveux (maladies neurologiques, neurodégénératives, psychiatriques, ... sans oublier les troubles du développement chez l'enfant ou encore le vieillissement cérébral, la rééducation), mais aussi pour améliorer nos performances cognitives : éducation, communications, art, comportements culturels et sociaux.

Pour cela la neuro-imagerie est devenue une approche instrumentale et conceptuelle fondamentale. La nature des tâches effectuées par les neurones est en effet très différente selon leur localisation. Les méthodes de neuroimagerie, non traumatiques comme l'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique), n'interfèrent pas avec la fonction cérébrale et permettent d'étudier le cerveau humain, non seulement chez des patients, mais aussi des volontaires sains. NeuroSpin est né de l'idée que l'IRM était 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 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.

NeuroSpin ce sont 11 000 m² de laboratoires, bureaux, plates-formes techniques et locaux de d'enseignement et à terme près de 160 personnes.

NeuroSpin est avant tout une interface pluridisciplinaire entre méthodologistes et neurobiologistes, médecins. Cette interface particulière constitue un environnement exceptionnel où sont relevés les défis actuels de l'imagerie cérébrale. Une telle plate-forme ne peut se faire sans un dialogue permanent entre ceux qui développent et ceux qui utilisent ces instruments. C'est précisément sur cette conjugaison de savoir-faire et de cultures différentes, de chercheurs, d'ingénieurs, de techniciens publics et privés, de compétences complémentaires que reposent le fondement et l'originalité de NeuroSpin. Le CEA, dont les physiciens conçoivent par ailleurs les énormes aimants destinés à la recherche en physique des particules élémentaires au CERN à Genève, est une des rares institutions en Europe, sinon dans le monde, à pouvoir réunir ces experts en un même lieu pour concevoir, construire et utiliser des aimants d'une puissance jusque-là inégalée, afin de repousser à l'extrême les limites actuelles de la neuro-imagerie, pour comprendre le fonctionnement du cerveau normal et pathologique.

Denis LE BIHAN ▶ *NeuroSpin : plateforme de recherche translationnelle en neuro-imagerie par IRM à très haut champ magnétique*

NeuroSpin intègre des équipes résidentes (CEA, INSERM, CNRS, INRIA, universités, ...) : elles assurent la continuité des travaux en développant et mettant sans cesse à disposition de nouvelles modalités méthodologiques, et en utilisant au maximum les possibilités des instruments pour répondre à des questions neurobiologiques et cliniques du plus grand intérêt, et des équipes d'accueil qui viennent pour des durées limitées pour leurs propres recherches, afin d'utiliser les instruments uniques de NeuroSpin.

Le concept de NeuroSpin s'articule sur trois approches complémentaires et indissociables :

▶ **L'instrumentation :** NeuroSpin dispose d'un système IRM 3 teslas (60 000 fois le champ magnétique terrestre) et du premier système français opérant à 7 **teslas** (140 000 fois le

champ terrestre) pour les études cliniques et les examens chez l'homme. Un autre système opérant à 11.7 teslas (record du monde) est en cours de réalisation (livraison prévue en 2011). Pour les études précliniques NeuroSpin est équipé d'aimants opérant à 7 teslas et bientôt à 17,6 teslas (autre record mondial). En parallèle, NeuroSpin est aussi équipé d'un appareil de Magnétoencéphalographie pour enregistrer les champs magnétiques infinitésimaux produits naturellement par le cerveau.

▶ **La modélisation :** la modélisation (mathématique, physique, physiologique) du 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.

▶ **La validation et les applications :** la plateforme NeuroSpin se structure en deux secteurs, clinique et pré-clinique. Un espace médicalisé avec des lits permet d'accueillir des patients hospitalisés. L'espace préclinique permet des études sur des lignées de souris transgéniques pour établir comment les assemblées de neurones se développent et s'organisent en fonction de l'environnement et de l'expression des gènes. Cette étape est indispensable avant l'utilisation de ces modèles pour leur objectif ultime, c'est-à-dire la compréhension des processus cognitifs humains, leurs pathologies et leurs thérapeutiques, assurées dans le secteur clinique. Ainsi c'est tout un continuum, de la souris à l'homme, qui doit pouvoir être étudié en parallèle et avec la même modalité d'imagerie. Un des objectifs de NeuroSpin est de mieux comprendre l'effet des rôles respectifs



© Antoine GONIN

Aimant 3T de NeuroSpin (CEA Saclay).

“ Un des objectifs de NeuroSpin est de mieux comprendre l'effet des rôles respectifs de nos gènes et de l'environnement dans le développement anatomique et fonctionnel des assemblées de neurones. ”

de nos gènes et de l'environnement dans le développement anatomique et fonctionnel des assemblées de neurones. Le « *code neural* » doit donc intégrer cette double faculté de répondre à un patrimoine génétique (code génétique) et d'être modulable par l'environnement. Comment ces ensembles de neurones sont-ils organisés dans l'ensemble du cortex cérébral ? Quel est leur rôle ? Comment échangent-ils de l'information ? Comment sont-ils formés pendant la phase de développement du cerveau ou après ? Comment sont-ils modifiés par l'environnement ? Telles sont les questions qui seront abordées à NeuroSpin.

NeuroSpin a d'emblée été placé comme un élément majeur du pôle de compétitivité « *santé* » (Medicen), réunissant d'importants partenaires académiques et industriels de la région Ile-de-France. NeuroSpin est aussi un partenaire majeur d'un RTRA (« *Ecole des Neurosciences de Paris* ») et d'un RTRS (« *FON-DAMENTAL* » pour les affections psychiatriques). NeuroSpin est amené à constituer un véritable moteur de l'innovation et de la diffusion technologique en favorisant les prises de brevets, les mises en routine clinique, les transferts vers l'industrie, le développement de PME, l'implantation de laboratoires pharmaceutiques, autant de développements qui bénéficieront en premier lieu au tissu industriel et économique de la région Ile-de-France. Si le CEA contribue majoritairement à son budget, NeuroSpin a



Bâtiment NeuroSpin CEA, architecte Claude Vasconi.

par ailleurs bénéficié, à sa conception, du soutien du Conseil régional d'Ile-de-France et Conseil général de l'Essonne. Il a aussi fait l'objet d'un engagement explicite franco-allemand réunissant un certain nombre d'industriels, comme Siemens et Bruker pour les imageurs ou Guerbet pour les agents de contraste et les traceurs de l'**imagerie moléculaire**. Il reste que d'autres sources de fonctionnement, comme les fondations, sont vitales pour

Denis LE BIHAN ▶ *NeuroSpin : plateforme de recherche translationnelle en neuro-imagerie par IRM à très haut champ magnétique*

maintenir NeuroSpin au plus haut niveau de performance sur la scène internationale.

Les retombées prévisibles de ce grand instrument sont tout à la fois scientifiques, cliniques, industrielles et économiques :

- Les verrous technologiques qui seront franchis avec ces nouveaux aimants pourraient modifier les concepts en vigueur pour le développement des scanners IRM cliniques.

- Le développement de nouveaux agents de contraste adaptés à de telles puissances de champs est d'ores et déjà envisagé. Ceux-ci permettront de mettre en évidence des pathologies à un stade très précoce (Alzheimer, accidents vasculaires cérébraux, tumeurs cérébrales) et de cibler plus précisément les traitements (imagerie moléculaire).

- Les modèles et outils développés bénéficieront en premier lieu aux hôpitaux, soit par un accès direct à la plate-forme clinique prévue à NeuroSpin, soit par le biais de formations, soit à travers les retombées que de tels développements auront sur les protocoles et systèmes IRM des milieux hospitaliers. Rappelons qu'il faut souvent plus d'une dizaine d'années entre la première publication scientifique d'une idée innovante ou un brevet industriel et son utilisation en routine clinique. Un des enjeux de NeuroSpin est justement d'accélérer cette **recherche translationnelle** pour faire bénéficier les patients au plus vite de l'innovation.

(1) Un concept utilisé dans le monde entier pour étudier le cerveau et obtenir, pour la première fois, des images spectaculaires des connexions intracérébrales.



Aimant 3 Tesla (Service hospitalier Frédéric Joliot).

© C. BOULZE/CEA



MINI-LEXIQUE

du Pr Neurone

I Tesla / Unité d'induction magnétique.

I Recherche translationnelle / Mise en application médicale des résultats de la recherche fondamentale.



POUR
EN SAVOIR + @

I Connectez-vous sur notre site :
www.frc.asso.fr

Pour nous joindre, voici nos coordonnées : **Fédération pour la recherche sur le cerveau** : 9, avenue Percier 75008 Paris