

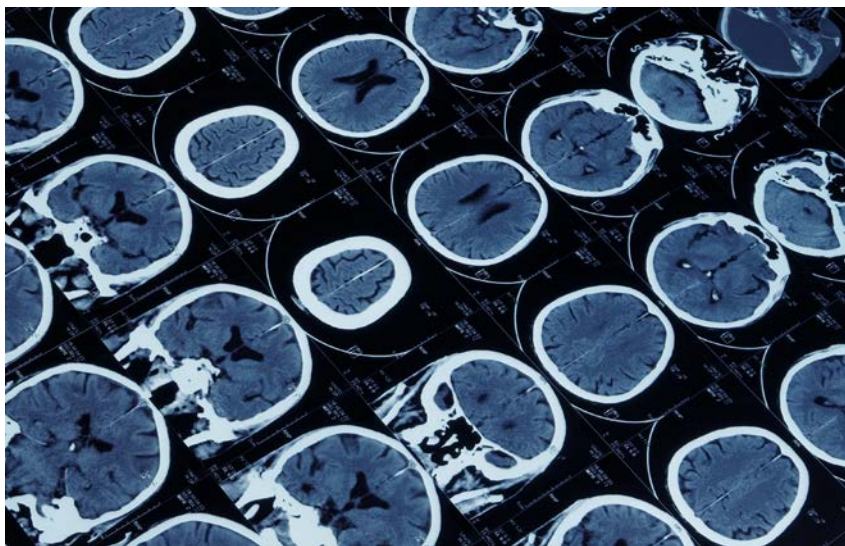
de financement des projets scientifiques à grande échelle – la Big Science – manque de transparence et le peu de contrôle exercé a favorisé l'énorme gabegie qu'est devenu le projet. « Le vrai problème n'est pas le *Human Brain Project*, mais le processus de prise de décision au sein de l'Union européenne », explique Andreas Herz, professeur de neurosciences computationnelles à l'université Louis-et-Maximilien de Munich, en Allemagne, et membre du comité de médiation.

Big Science, big questions

Depuis l'avènement de la Big Science, dans le sillage de la Seconde Guerre mondiale et du projet Manhattan, chercheurs et experts n'ont cessé de débattre de son bien-fondé. Dans un article paru en 1961, Alvin Weinberg, directeur du Laboratoire américain d'Oak Ridge, se demandait si les projets de grande envergure tels que les collisionneurs de particules ou les vols spatiaux habités ruinaient la science ou nous ruinaient. Il craignait que le spectaculaire prenne le pas sur la science et que les sommes engagées ne forcent les chercheurs avant tout à justifier leurs dépenses plutôt que leur raisonnement.

Les préoccupations sont les mêmes aujourd'hui, et aucun projet récent ne les a autant mises en exergue que le *Human Brain Project*. La Big Science porte sur des projets de recherche et développement collaboratifs, souvent interdisciplinaires, à grande échelle. Ils sont de plus en plus financés par des gouvernements du monde entier, soucieux de stimuler l'innovation.

Plusieurs raisons à cette prolifération. De nombreux domaines de recherche sont devenus si complexes et coûteux que les collaborations à grande échelle sont le meilleur moyen d'avancer. La Big Science est depuis longtemps la norme en physique des hautes énergies, où l'exploration des limites de la nature exige l'utilisation de gigantesques accélérateurs de particule, tel le LHC (Grand collisionneur de hadrons) au Cern, près de Genève. En biologie, les débuts de la Big Science datent des années 1990, avec le projet *Génome humain*. Concentré sur 13 ans, il a été cofinancé à hauteur de trois milliards



L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE nucléaire permet de visualiser l'activité de régions du cerveau. Le *Human Brain Project* a pour objectif de simuler les quelque 86 milliards de neurones du cerveau humain et leurs interactions.

■ L'AUTEUR



Stefan THEIL est journaliste et éditeur basé à Berlin. Il est depuis peu résident du centre

Joan Shorenstein à l'université Harvard, aux États-Unis.

de dollars par les Instituts de la santé et le département de l'Énergie américains, avec pour objectif d'établir le séquençage de l'ADN humain. Au début des années 2010 vient le tour des neurosciences. Presque en même temps que le projet européen, les États-Unis dévoilent l'initiative *BRAIN* (*Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies*). Israël, le Canada, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, le Japon et la Chine annoncent eux aussi la mise en place d'importants programmes de recherche en la matière. Pour Tom Insel, directeur de l'Institut américain de santé mentale, l'une des entités gérant le projet *BRAIN*, ce sont à la fois l'inquiétude liée à l'extension et au coût des troubles mentaux, et l'enthousiasme suscité par les techniques de neuromanipulation – telle l'optogénétique –, qui ont galvanisé les responsables politiques et les scientifiques.

Pourtant, en montrant comment ce type de projet peut vite s'égarer, le *Human Brain Project* montre les limites de ces dépenses somptuaires à l'égard de problématiques complexes. Fructueuses quand elles s'appliquent à des objectifs technologiques bien définis, tels que la construction de fusées ou le décodage du génome, ces coûteuses initiatives gérées par un petit groupe de scientifiques et d'administrateurs sont-elles à même de développer un projet aussi fondamental que la compréhension du cerveau humain ?

Parmi les neuroscientifiques de la génération de Henry Markram (il a aujourd'hui 53 ans),

peu rivalisent avec lui en termes d'accomplissement scientifique et d'ambition. En 2005, il a lancé le *Blue Brain Project*, auquel a contribué IBM en construisant le supercalculateur *Blue Gene* à l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Le projet vise à simuler une petite région du cerveau d'un rat. Mais s'il fournit des connaissances sur la modélisation des circuits neuronaux, des critiques soulignent que ce type de modélisation n'améliore pas la compréhension du fonctionnement cérébral. Jusqu'en octobre dernier, Henry Markram n'a pas publié d'article scientifique exhaustif sur les résultats de *Blue Brain Project* (un tel article est paru le 8 octobre, voir l'encadré page ci-contre). Pourtant, il s'est vite lancé dans un projet plus ambitieux encore : *Human Brain Project*.

Aux compétences scientifiques de Henry Markram s'ajoute une exceptionnelle force de persuasion. Charismatique et photogénique, il a acquis une réputation de visionnaire en neurosciences. Il a aussi toujours été prompt à balayer les critiques de ceux qui, selon lui, sont peu enclins à embrasser « la révolution conceptuelle » que représente le *Human Brain Project*. Nombre de ses détracteurs en contestent le fondement scientifique. La plupart des neuroscientifiques pensent que simuler le fonctionnement du cerveau avec la précision imaginée par Henry Markram n'apporterait rien en matière de cognition, de mémoire ou d'émotion – de même que copier atome par atome le matériel informatique d'un ordinateur nous dirait peu sur le logiciel qui fonctionne à l'intérieur. Les critiques accusent aussi Markram d'avoir surestimé les applications potentielles du projet.

Malgré le scepticisme de la communauté neuroscientifique, Henry Markram convainc les personnes qui comptent : les bailleurs de fonds au sein de la Commission européenne, qui semblent avoir moins examiné la faisabilité scientifique du projet que ses potentielles retombées économiques et politiques. En 2009, mue par la crainte d'être devancée outre-Atlantique en matière d'informatique, de numérique et d'autres technologies, la Commission européenne a lancé un concours pour des projets phares, avec à la clé au moins un milliard d'euros pour chacun. Visant tout autant la politique industrielle que les sciences, ces projets sont censés « permettre à l'Europe d'occuper une position de leader » dans le

secteur des technologies émergentes. Avec ses promesses de retombées pour les neurosciences, la médecine, la robotique et la technologie numérique, le *Human Brain Project* correspond tout à fait aux aspirations d'une administration qui croit un tel projet réalisable en dix ans.

Parce que ce programme a été envisagé comme une vitrine, en dehors du processus habituel de financement des projets scientifiques, et parce qu'il fallait bien justifier un budget aussi colossal, les responsables politiques, les bureaucrates et même les scientifiques sont incités à exagérer ses promesses. Un jury secret de 25 experts (dont au moins un neuroscientifique) venus de toute l'Europe a ainsi choisi, parmi les six finalistes, deux projets, dont le *Human Brain Project*, chacun doté d'environ un milliard d'euros, versés par tranches de 100 millions.

L'autre vainqueur est le projet *Graphène* – selon lequel un consortium de chercheurs académiques et industriels de 23 pays doit développer les applications de ce nanomatériau prometteur dans les domaines de l'électronique, de l'énergie et dans d'autres secteurs industriels. Ce projet doit de plus aider l'industrie européenne à ne pas se laisser doubler par des pays asiatiques tels que la Corée du Sud, où Samsung travaille aussi sur ce matériau.

Cependant, contrairement au *Human Brain Project*, le projet *Graphène* n'a pas suscité de polémique et les acteurs de la recherche industrielle y ont vite souscrit partout en Europe. L'une des différences capitales réside dans le fait que le projet *Graphène* n'est pas fondé sur la vision d'une unique personne. Il a été élaboré de manière collaborative et décentralisée. Ainsi, tandis que Henry Markram et un petit groupe de personnes contrôlent la structure du *Human Brain Project* et son financement, le projet *Graphène* est un réseau ouvert, coordonné avec souplesse par le porteur du projet, l'université technologique Chalmers de Göteborg, en Suède. Peut-être plus important encore, le projet *Graphène* a un objectif technique bien défini : développer une technologie dédiée à la commercialisation d'un matériau éprouvé. Contrairement à la modélisation du cerveau, cet objectif ne nécessite pas de combler de vastes lacunes dans les fondements mêmes d'un domaine.

Le projet
correspondait
aux aspirations d'une
administration
qui croyait une telle entreprise
réalisable en dix ans

« La médiation laisse espérer que la crise sera réversible »

A la suite des recommandations de la médiation sur le *Human Brain Project*, rendues en mars dernier, les nouvelles orientations du projet se précisent. Le point avec Yves Frégnac, professeur en sciences cognitives à l'École polytechnique, directeur de l'Unité neuroscience, information et complexité (UNIC) au CNRS et membre de la division Architecture cognitive du projet.

POUR LA SCIENCE

Le *Human Brain Project* a-t-il produit des résultats ?

YVES FRÉGNAC : Le *Human Brain Project* (HBP) a été présenté comme un projet nouveau et audacieux pour mieux comprendre et simuler le cerveau, soigner les maladies mentales et développer de nouvelles technologies de l'information. Il n'a pas encore à son actif de contributions majeures correspondant à son ambition initiale. Ce constat n'est pas inquiétant, après seulement deux ans de fonctionnement. Néanmoins, une avancée notable a eu lieu en octobre. Jusqu'à présent, il manquait au projet une « preuve de concept », démontrant la faisabilité de simuler de façon réaliste le fonctionnement du cerveau humain. Cette preuve vient de lui être fournie partiellement par le *Blue Brain Project*, lancé sept ans plus tôt.

Une équipe internationale dirigée par Henry Markram a simulé la structure et la fonction d'un tiers de millimètre cube du néocortex du rat nouveau-né. Le comportement électrique du tissu cérébral virtuel reconstruit (30 000 neurones connectés par près de 40 millions de synapses) a été simulé avec des superordinateurs approchant l'exaflop (10^{18} opérations par seconde). Ce premier pas vers une simulation du cerveau représente l'apogée de 20 ans d'expérimentations et 10 ans de calculs informatiques pour développer

les algorithmes et construire l'écosystème logiciel nécessaire à la représentation complète d'une colonne corticale.

Ce tour de force technique ne répond cependant pas à toutes les interrogations. Par exemple, les simulations sont fondées sur des données chez le nouveau-né, à la différence d'autres projets utilisant comme référence la connectivité adulte. Pour de nombreux spécialistes de la plasticité synaptique, il paraît peu vraisemblable qu'une « photo » de la connectivité *in vitro* chez l'animal nouveau-né, aussi réaliste soit-elle, puisse rendre compte de la dynamique corticale observée *in vivo* chez l'adulte.

PLS

Quels sont les nouveaux objectifs du HBP ?

Y.F. : Au cours des premiers mois de son fonctionnement, un long débat a eu lieu dans la presse scientifique internationale concernant un changement de ses objectifs. Les dirigeants du projet affirment que, dès le départ, il est défini comme un ensemble d'infrastructures de type plateformes informatiques à haute performance et de calcul neuromorphique (inspiré du vivant). Pourtant, pour certains participants de la première heure et la plupart des chercheurs en neurosciences, l'objectif principal annoncé était la compréhension du fonctionnement du cerveau. Cet axe fondamentaliste a bel et bien

disparu des objectifs réaffirmés du programme, au profit de la simulation à haute performance et des bases de données multi-omiques (les « big data », rassemblant les données sur les neurones – transcriptome, protéome... – et leurs interactions – le connectome).

Les limitations qui découlent de la radicalisation technologique du projet ne sont pas à minorer, puisque simuler le cerveau ne signifie pas obligatoirement comprendre les mécanismes de la pensée et le code neuronal. Cependant, le remarquable travail de médiation, mené par Wolfgang Marquardt, a obligé le HBP à reconsidérer sa décision hâtive de dissoudre sa division de neurosciences cognitives et laisse espérer que la crise de confiance auprès de la communauté des neurosciences sera réversible. Déjà, le HBP a clarifié le statut des infrastructures, destinées à être mises au service de la communauté, et renforcé le financement de projets visant à utiliser les infrastructures pour faire émerger des fonctions cognitives. L'avenir nous dira si les neuroscientifiques européens viendront peupler les bases de données construites à leur intention et s'en serviront.

PLS

**Est-ce réalisable ?
En combien de temps ?**

Y.F. : La date promise de la simulation complète du cerveau humain est 2023, mais cette date est arbitraire et correspond à la durée prévue du contrat (10 ans) ! Les spécialistes espèrent des progrès majeurs pendant cette période, mais envisagent que HBP survive sous la forme d'une ressource européenne pérenne (un futur

« cérébroscopie »). La promesse d'une date butoir affaiblit le sérieux de la démarche scientifique, car elle pousse chercheurs et responsables européens à affirmer une valeur ajoutée sociétale très au-delà de ce que l'état des connaissances sur le cerveau nous permet d'entrevoir.



Yves FRÉGNAC, directeur de recherche au CNRS.

PLS

Le projet a-t-il trouvé une réelle utilité à présent ?

Y.F. : Il me semble que tous les acteurs (chercheurs, institutions nationales, Europe) se trouvent maintenant face à leur responsabilité. Une action radicale reste nécessaire pour relancer la confiance et l'enthousiasme des communautés concernées. Elle ne pourra se faire, à mon avis, qu'en réduisant les conflits d'intérêt et en accueillant au sein du HBP les grands instituts de neurosciences théoriques (Gatsby, Bernstein) encore largement hostiles au projet. Leur participation est nécessaire pour unifier les théories du cerveau. L'ironie de cette crise est que le HBP, en promettant un investissement européen exceptionnel dans la recherche sur le cerveau humain, a stimulé la création d'initiatives à grande échelle en neurosciences aux États-Unis, en Chine et au Japon. Faut-il échouer ici pour réussir ailleurs ?

*Propos recueillis
par Marie-Neige CORDONNIER*