

L'informatisation des neurosciences en France

par Elsa Bonnard, université Claude Bernard, Lyon

Conclusions par l'auteur d'un mémoire de Master soutenu par une bourse de l'AHTI

Cette étude interroge les conditions et les conséquences de l'introduction des ordinateurs dans les programmes de recherche des sciences du cerveau. Elle fut guidée par les questions que pose la circulation des savoirs et des techniques scientifiques : qu'est-ce qui constitua un terrain favorable à l'introduction de l'ordinateur ? Quel fut le médiateur ? Qu'est-ce qui fut transféré avec lui et modifia ce champ de recherche ? La quête de réponses nous conduisit au coeur même de la naissance de la bioinformatique et de l'informatique médicale, où nous rencontrâmes l'ingénieur.

De la pratique minoritaire à la technologie dominante

En l'espace d'un demi-siècle, la recherche biomédicale s'est informatisée. L'ordinateur personnel avec lequel le chercheur pilote son expérience, analyse ses données, écrit ses articles, communique avec ses collègues, est si commun que l'on oublie qu'il fut rare : il y a quelques décennies, seuls quelques laboratoires biomédicaux, avant-garde de la nouvelle technologie, pouvaient exposer fièrement leurs encombrants calculateurs. L'informatisation de la recherche biomédicale apparaît comme un processus qui ne va pas de soi, comme en témoigne une étude menée à la fin des années soixante au sein d'une des communautés de spécialistes les plus intéressés par les calculateurs : les cliniciens et les chercheurs utilisant l'électro-encéphalographie. Celle-ci se répartit en quatre catégories¹ :

- La très grande majorité (94%) est constituée d'«électro-encéphalographistes praticiens hospitaliers qui emploient des moyens traditionnels et qui se contentent jusqu'à présent de réaliser des enregistrements directs à l'encre. ».
- 2% des électro-encéphalographistes enregistrent sur une bande magnétique analogique et doivent avoir recours à des centres de calcul ou des services de calcul d'autres laboratoires.
- 3% des électro-encéphalographistes peuvent également « faire certains traitements particuliers des données grâce à des appareils « spécifiques » comme des analyseurs d'amplitude : CAT ; ART1000. ».
- Et seulement 1% des électro-encéphalographistes possèdent en plus ou ont accès à un « ordinateur à programme ».

Le premier groupe est constitué de médecins-cliniciens, tandis que les trois derniers groupes sont constitués par des chercheurs neurologues, neurophysiologistes ou psychophysiologistes à l'approche intégrative, dont les recherches s'inscrivent dans la tradition de l'EEG quantitative. Cette dernière reste donc très minoritaire. Dix ans plus tard, à la fin des années soixante-dix, l'un des premiers ouvrages français majeurs sur l'EEG quantitative, est publié : c'est la thèse d'Etat de l'ingénieur devenu neurophysiologiste Pierre Etevenon. Celui-ci décrit l'ensemble des méthodes mathématiques développées depuis l'après-guerre dans le domaine du

¹ Etude menée par le neurophysiologiste Antoine Rémond et présentée dans le bulletin *Trace* de son groupement pour les applications à l'informatique en neurophysiologie (GAIN) [Trace.V4.N1.01/11/1970, p.350].

traitement du signal : transformée de Fourier, transformée d'Hilbert, analyses d'amplitude instantanée type Rice, analyses statistiques diverses. Il fut l'un des premiers à appliquer ces méthodes en cartographie cérébrale. Etevenon se réjouit que, dans un congrès international de biologistes et cliniciens, 20% des travaux présentés fassent appel à l'EEG quantitative !² Ce qui semble bien peu en regard des années quatre-vingt, où avec l'essor de l'imagerie médicale et la commercialisation des micro-ordinateurs alliée au développement de logiciels d'analyse et de bases de données en ligne³, l'outil informatique rentre en force dans les laboratoires et services biomédicaux. Outil sans lequel il est impossible de mettre en oeuvre ces techniques d'imagerie. Plus encore, le savoir-faire acquis et les méthodes développées dans des laboratoires d'EEG quantitative font de ces derniers les premiers utilisateurs des nouvelles technologies d'imagerie cérébrale au service de la recherche, notamment de la magnéto-encéphalographie.

Au cours des années quatre-vingt, l'informatique diffuse aussi plus largement dans les approches réductionnistes. Ainsi elle permet le développement de l'imagerie cellulaire, toute image étant aujourd'hui traitée numériquement. Répondant également à un besoin de synthèse, elle permet l'intégration d'un plus grand nombre de données expérimentales accumulées à mesure que s'améliorent les capteurs, dans des modèles neuronaux dont l'activité peut être simulée, offrant ainsi au chercheur la possibilité de tester des hypothèses parfois inaccessibles à l'expérimentation. Initiant ainsi un nouveau domaine de recherche que sont les neurosciences computationnelles.

Le modèle américain

Joseph A. November fournit un tableau du paysage de la recherche biomédicale américaine dans les années 1950-60, où les neurophysiologistes se comptent parmi les premiers utilisateurs des ordinateurs⁴. Dans les récits des biologistes et des médecins français comme dans leurs rapports, la recherche américaine apparaît comme une référence. Intégrée dans un puissant complexe scientifique, militaire et industriel, elle éblouit les visiteurs européens par son dynamisme et sa richesse, par la hardiesse avec laquelle elle conquiert des voies nouvelles – nouvelles par leurs thèmes mais aussi par leurs approches.

Quels sont les moyens de diffusion du modèle américain ? Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, des jeunes chercheurs et médecins français sont envoyés aux Etats-Unis pour se former à l'utilisation des calculateurs ou d'autres instruments nouveaux, et pour s'initier à de nouvelles thématiques de recherche, notamment celle, dans les années quarante, du rôle de la formation réticulée dans la régulation des états de vigilance, ou une décennie plus tard la thématique de la latéralisation cérébrale. Des chercheurs français sont également envoyés en missions par leurs pairs pour définir les lignes du développement des moyens en calcul pour leur communauté. Ils rédigent des rapports qui diffusent leurs observations et leurs recommandations, généralement favorables à l'adoption du modèle américain, en tout ou en partie.

² Le jury, présidé par le Pr D. Albe-Fessard était constitué de deux rapporteurs, les Pr. Buser et Grémy, ainsi que de chercheurs invités : Bancau, Boissier, Goldstein (Etats-Unis) et un ingénieur centralien devenu professeur de biomathématiques à la faculté de Médecine de Paris : Cherruault. La thèse de Pierre Etevenon fut publiée l'année suivante. (Etevenon, 1978 : *Etude méthodologique de l'électroencéphalographie quantitative. Application à quelques exemples*).

³ L'évolution des atlas du cerveau retracée par Anne Beaulieu est, à ce sujet, particulièrement éclairant (Beaulieu, 2001).

⁴ Cette question reste largement discutée (cf. les travaux de Dominique Barjot, de John Krige ou encore de Richard F. Kuisel).

Cet actif transfert de techniques et de concepts des Etats-Unis à la France est favorisé par la constitution d'une communauté internationale des spécialistes du cerveau organisant des colloques dès 1947 ou encore se réunissant dans des sociétés savantes qui en découlent comme The International Brain Research Organization fondée en 1960.

Sur quoi s'exerce l'influence américaine ? L'influence américaine semble affecter la recherche biomédicale française à plusieurs niveaux :

- Au niveau de l'organisation et des moyens d'action des agences de recherche gouvernementales qui la soutiennent et l'organisent. Ainsi les actions concertées de la DGRST, directement inspirées du système de financement par contrat en oeuvre aux Etats-Unis, permettent d'organiser les sciences du cerveau et de lancer le génie biologique et médical. Signalons l'adoption par l'Inserm, directement influencée par la DGRST, de ce système de gestion de la recherche par objectifs au début des années 1970. La DGRST joue ici un rôle de relais d'un modèle américain vers un organisme de recherche français.

- Au niveau du choix des programmes de recherche dans ces agences, comme l'illustre le cas du génie biologique et médical inspiré du *biomedical engineering*, s'organisant aux Etats-Unis dans les années 1950, soit une décennie plus tôt.

- Au niveau des pratiques et des approches à l'échelle du laboratoire, soutenues et encouragées par ces programmes ainsi que par « l'expérience américaine » des chercheurs rentrant de séjours aux Etats-Unis.

Américanisation de la recherche française ou influence américaine ?

Sans pouvoir évaluer quantitativement le degré d'assimilation du modèle de recherche américain, signalons quelques différences au niveau des pratiques et de la structure de la recherche française qui marquent ses limites. Par exemple, le souci du *publish and perish* ne traverse que lentement l'Atlantique : dans les années 1950 et même 1960, on rencontre encore des chercheurs français qui ne se soucient guère de publier ou même de rédiger leur thèse, préférant ne pas sacrifier du temps de recherche à l'écriture ! Des quelques exemples que nous avons recueillis, peut-on inférer une différence entre les modes de gestion des carrières et un souci plus ou moins grand de faire carrière entre les chercheurs des deux pays à cette époque ?

Soulignons également l'importance de la différence d'échelle entre les Etats-Unis et la France de leur développement économique. En effet, tandis que la recherche biomédicale américaine suscite le développement du LINC, le programme Génie biologique et médical souffre d'un manque d'investissement de la part des constructeurs français de calculateurs, et de manière générale des fabricants d'instruments scientifiques, privilégiant des marchés déjà assurés comme les calculateurs pour la physique ou l'informatique de gestion. Participant à la naissance de la mini-informatique « temps-réel », le LINC est un succès et contribue à la transformation des technologies de l'information. En France, une tentative similaire tarde et n'aboutit pas (le Strada), d'autres restent à usage très local (comme le micro-ordinateur « Micromegas » du CEMI) : les chercheurs parviennent seulement, et non sans peine, à obtenir des constructeurs qu'ils adaptent les logiciels et créent des « systèmes informatiques » répondant à leurs besoins. Conséquemment, l'importation et surtout l'emploi du matériel américain jugé mieux adapté et plus performant sont renforcés, notamment des mini-ordinateurs PDP de la firme américaine Digital Equipment Corporation. Ce qui a peut-être pu conduire à une circulation préférentielle des logiciels, sous-tendant des méthodes d'analyse des données donc des approches particulières, des Etats-Unis vers la France. Cette importation de matériels et de logiciels américains bute cependant sur la politique d'achat préférentiel national, qui conduit les laboratoires français à être techniquement distancés par les laboratoires américains sur le plan de l'équipement des calculateurs.

Les Etats-Unis apparaissent comme un modèle d'organisation de la recherche biomédicale et de pratiques scientifiques, comme un ouvreur de voies de recherche et comme un producteur d'instruments, permettant et encourageant la mise en oeuvre d'approches quantitatives gourmandes en calcul. La construction précoce d'une communauté internationale des spécialistes du cerveau suggère que ce champ de recherche constitua par sa perméabilité l'une des portes d'entrée précoces des ordinateurs dans la recherche biomédicale française.

Les sciences du cerveau, zones privilégiées pour l'introduction des ordinateurs

Qu'est-ce qui, dans les sciences du cerveau, favorisa l'introduction précoce des calculateurs ? Par leur objet même, les sciences du cerveau constituent un lieu de rencontres où convergent techniques, approches et concepts. En effet, au-delà de l'organe, il y a la fascination pour la pensée, la conscience et les fonctions dites « supérieures ». Il attire ainsi à lui des spécialistes de tous horizons, qui composent et recomposent ce champ de recherche dans un mouvement incessant entre spécialisation et unification.

C'est par exemple la rencontre entre psychologues et physiologistes (psychophysologie), neurologues et ingénieurs-physiciens (l'essor de l'EEG quantitative) ou encore neurophysiologistes et mathématiciens (neurophysiologie théorique). Plus largement encore, la cybernétique brassa idées et spécialistes. Ce qui caractérise ces rencontres est la volonté précoce d'intégrer des données nombreuses, récoltées par des capteurs de plus en plus perfectionnés, et des niveaux de description différents (activité du neurone, activité cérébrale, comportement...) en puisant des méthodes et des instruments dans différents domaines des sciences et techniques. En particulier, des outils mathématiques sont développés dans le cadre de la théorie de l'information, initialement élaborées dans le milieu des télécommunications.

Les biologistes les appliquent aussi bien à l'analyse d'un tracé électro-encéphalographique qu'à la modélisation de l'activité d'un ou plusieurs neurones. Cette dernière approche, longtemps marginale, prendra son essor dans les années quatre-vingt.

Mettant en oeuvre une approche quantitative, encore très peu répandue, quelques spécialistes du cerveau et du comportement se dotent de machines à calculer, analogiques puis digitales au rythme des progrès techniques. Ces machines permettent d'une part à ces spécialistes de faire face à la masse et à la complexité croissantes des données à traiter, d'autre part elles renforcent et élargissent leurs possibilités d'analyse mathématique, éveillant ainsi de nouvelles questions ou renouvelant d'anciennes. C'est par exemple, le codage de l'information sensorielle en corrélant l'activité unitaire, multi-unitaire ou globale à la réponse comportementale, la localisation des fonctions cognitives ou encore la genèse des rythmes cérébraux.

108

Comment les spécialistes du cerveau contribuèrent-ils à l'informatisation de la biologie et de la médecine ? La première institution qui réponde aux besoins de calcul, donc de calculateurs, des spécialistes du cerveau est la DGRST. Créée au début de la Ve République pour moderniser la recherche française, la DGRST fournit à ces spécialistes comme à l'ensemble des chercheurs du secteur biomédical qui veulent « techniciser » et notamment informatiser leurs disciplines, l'instrument d'une politique scientifique et d'une promotion de pratiques nouvelles, ainsi qu'un cadre pour se réunir en un véritable comité d'action disposant de moyens financiers. C'est ainsi que l'action concertée Génie biologique et médical est lancée en 1966.

Au début des années 1970, le programme Génie biologique et médical est partiellement transféré de la DGRST à l'Inserm. Participant au pilotage de ce programme dans ces deux institutions et jouant le rôle d'experts-conseils, en même temps qu'ils mènent directement les recherches, les spécialistes du cerveau continuent à soutenir le développement de l'informatique biomédicale (celle-ci ne se scindera que plus tard en bio-informatique et informatique médicale). Dans leur domaine, ces spécialistes deviennent les adaptateurs de cette nouvelle technologie, favorisant un renouvellement des approches. S'ils n'ont pas nécessairement les compétences pour la mettre en oeuvre par eux-mêmes, ils ont un programme de recherche qui les justifie et les conduit à intégrer des personnes formées à l'ingénierie dans leur laboratoire et plus largement dans leur domaine.

L'ingénieur un passeur technologique

Les modalités de transfert des calculateurs, avec les concepts et méthodes qui s'y attachent, des milieux des mathématiques appliquées, de l'ingénierie ou de la physique vers la recherche biomédicale, par ces zones privilégiées de contact, établis autour des adaptateurs, sont multiples. Trois d'entre elles sont observées dans notre étude :

- La « commande », mettant en jeu une interaction faible de nature commerciale. Des centres de calculs, des laboratoires d'électronique publics ou des constructeurs de l'industrie développent des instruments à finalité biomédicale à la demande des chercheurs. L'introduction de ces instruments peut conduire à la formation spécifique de chercheurs, voire au recrutement de techniciens ou d'ingénieurs pour leur utilisation.

- La « collaboration » mettant en jeu une interaction forte entre des chercheurs du secteur biomédical avec des collègues physiciens ou des ingénieurs de l'industrie. Elle consiste à mettre en commun des compétences et des techniques autour de la conception d'instruments spécifiques.

- « L'intégration » consistant à recruter un ingénieur au sein du laboratoire biomédical où il adapte la nouvelle technologie aux besoins spécifiques de la recherche. En devenant lui-même biologiste pour comprendre en profondeur les besoins et les problèmes des utilisateurs finaux, il apporte une culture professionnelle fondée à la fois sur le réflexe de la modélisation mathématique, sur l'emploi systématique des calculateurs, sur les procédures de gestion de la recherche-développement de l'industrie. C'est ainsi qu'il contribue à transformer les pratiques et à créer une culture hybride dans la recherche biomédicale.

Le modèle du passeur technologique est proposé comme un élément d'un processus plus vaste, la transformation de la recherche biomédicale en *Big Science*, processus par lequel s'immiscent non seulement les produits, mais certaines valeurs du milieu industriel, participant ainsi à la recomposition de la connaissance scientifique.