

Cognition, langage, traitement de l'information, systèmes naturels et artificiels

Président

Pierre ZWEIGENBAUM

Membres de la section

Nathalie AUSSENAC-GILLES

Nicolas BALACHEFF

Muriel BOUCART

Francis CORBLIN

Henri COULAUD

Michel DE GLAS

Georges DI SCALA

Chantal ENGUEHARD

Inès GALLAY

Vincent HAKIM

Christophe JOUFFRAIS

Louis LEVY GARBOUA

Marion LUYAT

Bernard MAZOYER

Sylvie MELLET

Marie-Noëlle METZ-LUTZ

Isidora STOJANOVIC

Laurence TACONNAT

Simon THORPE

1. Introduction

A l'heure où la séparation du CNRS en 10 instituts se poursuit, la question de l'avenir des domaines de recherche interdisciplinaire est devenue un enjeu primordial. En effet, pour assumer son rôle de pilotage, il est vital que le CNRS puisse avoir une politique cohérente pour les domaines de recherche à l'interface entre plusieurs instituts. Le cas des sciences cognitives, qui sont au centre des préoccupations de la CID 44, est un exemple particulièrement évident d'un domaine essentiel qui ne peut être traité ni par un seul institut du CNRS, ni par un autre organisme de recherche national. En effet, les sciences cognitives intéressent au moins 6 des 10 instituts du CNRS.

Globalement, le champ de recherche qui intéresse la CID 44 concerne l'étude des systèmes intelligents, qu'ils soient naturels ou artificiels. Pour ce qui est des systèmes naturels, il s'agit d'étudier l'intelligence à tous les niveaux, des organismes dotés de systèmes nerveux relativement simples, jusqu'à l'homme vu au niveau individuel, ou en société. Pour cela, il est nécessaire de faire appel à de très nombreuses disciplines. Certaines, comme les neurosciences et l'étude du comportement animal (l'éthologie) font partie des domaines centraux de l'INSB (Sciences Biologiques). D'autres, comme la linguistique, les sciences de langage, la philosophie, la sociologie, et les sciences de l'éducation relèvent de l'INSHS (Sciences de l'Homme et de la Société). Signalons la place particulièrement critique de la psychologie, qui est véritablement à la frontière entre l'INSB et l'INSHS. En ce qui concerne l'intelligence vue du côté des systèmes artificiels, il va de soi qu'un domaine comme l'informatique va intéresser directement l'INS2I (Sciences Informatiques et leurs Interactions) mais également l'INSIS (Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes) dans lequel se retrouvent les recherches en robotique. Les outils mathématiques peuvent être sollicités pour assister et modéliser les recherches sur l'intelligence des systèmes naturels et des systèmes artificiels ce qui explique la pertinence de l'INSMI (Sciences Mathématiques et leurs Interactions) pour la CID 44. Enfin, notons qu'en plus de ces 5 instituts, plusieurs chercheurs en Physique dépendant de l'INP ont apporté des contributions très importantes dans divers domaines de recherche, plus particulièrement celui de l'étude des systèmes neuromimétiques.

2. La CID 44 et les sections du comité national

A cause de cette grande diversité de rattachements institutionnels, les activités de la CID44 relèvent d'un nombre impressionnant de sections du comité national. Six des 40 sections du Comité National sont officiellement reconnues comme étant directement concernées par la CID 44. Il s'agit de la section 01 (Mathématiques et interactions des mathématiques), la section 07 (Sciences et technologies de l'information (informatique, automatique, signal et communication)), la section 27 (Comportement, Cognition, Cerveau), la section 34 (Langues, langage, discours), la section 36 (Sociologie - Normes et règles), et enfin la section 40 (Politique, pouvoir, organisation). Mais les domaines directement liés aux activités de la CID 44 concernent au moins six autres sections. Tout d'abord, la section

02 (Théories physiques : méthodes, modèles et applications). Ensuite, la section 09 (Ingénierie des matériaux et des structures - Mécanique des solides – Acoustique), qui inclut une composante importante concernant l'acoustique et la perception auditive, particulièrement pertinente pour la CID44. Certaines études en neurosciences peuvent également impliquer des chercheurs en biologie qui ne font pas partie de la section 27, mais relèvent des sections 24 (Interactions cellulaires), et 25 (Physiologie moléculaire et intégrative). Une autre section qui logiquement a toute sa place au sein de la CID 44 est la section 35 (Philosophie, histoire de la pensée, sciences des textes, théorie et histoire des littératures et des arts), surtout lorsqu'il s'agit de questions relevant de la philosophie de l'esprit. Enfin, certains domaines comme l'étude des mécanismes de prise de décisions et ce que l'on peut appeler la neuroéconomie relèvent également de la section 37 (Économie et gestion). Cette diversité est bien représentée au sein de la CID 44 qui comporte parmi ses membres, outre des chercheurs des sections 7, 27 et 34, des chercheurs des sections 02, 35, et 37.

Si les sciences cognitives impliquent des chercheurs appartenant à de très nombreuses sections du comité national, et au moins six des 10 instituts du CNRS, il ne faut pas conclure qu'il s'agit d'une simple juxtaposition de tous ces thèmes de recherches. Pour faire partie de la communauté des sciences cognitives, il faut que la recherche adresse d'une manière ou d'une autre l'une des grandes fonctions fondamentales de la cognition, telle que la perception (vision, audition, olfaction, gustation, somesthésie), le contrôle moteur, la mémoire, l'attention, la prise de décision, l'émotion, l'intelligence, la compréhension, le raisonnement, la communication, ou même la conscience. Vu sous cet angle, il devient clair que même en neurosciences, une partie très conséquente des recherches ne doit pas être assimilée aux sciences cognitives. Il va de soi que ceci est également le cas en ce qui concerne les mathématiques, la physique, l'informatique ainsi que plusieurs disciplines des sciences humaines et sociales.

3. Panorama des Sciences Cognitives en France

En prenant une définition assez stricte des sciences cognitives, et à partir des informations de Labintel, on peut recenser au moins 107 structures de recherches CNRS travaillant dans des domaines qui relèvent de la CID. Ces structures, dont 67 UMR, 6 FRE, 12 GDR, 10 IFR et 4 UPR, sont dans leur très grande majorité associées à plusieurs sections et Instituts. Les sections d'affectation principalement concernées sont, par ordre de fréquence, la section 27 (60 structures), la section 34 (34 structures), la section 07 (31 structures), la section 25 (19 structures), la section 9 (10 structures), et les sections 01, 02, 35 et 27 avec quelques laboratoires chacune. Sur le plan des instituts, 71 structures sont associées à l'INSB, 46 à l'INSHS, 38 à l'INSIS, 35 à l'INS2I, 17 à l'INP et 8 à l'INSMI (voir détails en annexe).

Si une partie importante de ces structures se trouve à Paris et en région Parisienne (environ 40 %, comme la proportion en Île-de-France des unités CNRS toutes thématiques confondues), il existe d'importantes concentrations de chercheurs avec 10 structures à Aix-Marseille, 9 à Lyon, 8 à Toulouse, 6 à Grenoble, 5 à Bordeaux, 3 structures à Dijon, Montpellier, Nantes et Strasbourg, et deux à Caen, Nancy, Poitiers, Lille et Rennes. Enfin, on trouve également des structures travaillant en sciences cognitives à Clermont-Ferrand, Nice et Valenciennes.

Bien évidemment, le CNRS n'est pas le seul organisme concerné par les recherches en sciences cognitives. L'INRIA a également un nombre très important d'équipes travaillant dans ce domaine, et ceci dans tous ses centres (Grenoble, Nancy, Rennes,

Roquencourt, Sofia Antipolis...). Une quarantaine d'équipes travaillent sur la thématique «Perception, Cognition, Interaction», couvrant un nombre important de domaines spécialisés telles «Vision, Perception et interprétation multimédia», «Interaction et Visualisation», «Représentation et traitement des données et des connaissances», «Robotique» et «Langue, parole et audio». Il existe également plusieurs équipes INRIA travaillant sur la thématique Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC), avec des applications visant spécifiquement la médecine et les neurosciences.

L'INSERM a également une activité importante dans l'étude des bases cérébrales de la cognition et leurs implications pour la santé notamment de par le nombre important de chercheurs CNRS qui travaillent dans des laboratoires INSERM sur ce domaine. Citons, par exemple, le Laboratoire de Neurosciences Cognitives, UMR-S ENS-INSERM, à l'ENS, le INSERM-CEA Cognitive Neuroimaging Unit à Saclay, le Stem Cell & Brain Research Institute (INSERM U846) à Lyon, et le laboratoire «Espace et Action» (INSERM U864), également à Lyon. D'autres laboratoires INSERM travaillant sur la cognition se trouvent dans des villes comme Bordeaux, Marseille, Strasbourg et Toulouse.

Des laboratoires du CEA (plus spécifiquement à Neurospin, et à Caen) ou de l'INRA accueillent également des chercheurs en sciences cognitives. Et, en dehors des EPST, il existe plusieurs centres universitaires où ce domaine de recherche est bien implanté comme, par exemple, l'équipe COSTECH à l'IUT de Compiègne, l'équipe TechCICO de l'université de Troyes, le Laboratoire d'Automatique Humaine et de Sciences Comportementale (LASC) à Metz, et l'Unité de REcherche en sciences Cognitives et Affectives (URECA) à Lille, pour ne citer que quelques exemples.

Si de nombreux organismes de recherche et universités sont actifs dans le domaine des sciences cognitives, il est clair que seul le CNRS peut avoir la vision d'ensemble, regroupant toutes les indispensables composantes. Pour cette raison, dans l'éventualité de la mise en place d'une structure nationale avec vocation de piloter les recherches dans le domaine, le CNRS semble le seul EPST pouvant réellement jouer un rôle pilote.

4. Les enjeux

Quels sont les enjeux des recherches interdisciplinaires en sciences cognitives et plus généralement dans l'étude des systèmes intelligents? Globalement, on peut différencier trois axes : (1) Innovation technologique, (2) Santé, autonomie, qualité de vie, et (3) Éducation.

4.1 Innovation technologique

Le statut de la France comme générateur de technologies innovantes dépendra sans doute de sa capacité à produire des systèmes informatiques dotés de fonctions intelligentes, telles que la capacité d'interagir avec des utilisateurs de façon naturelle. Dans un monde peuplé d'ordinateurs, de smart-phones et de terminaux de toutes sortes, l'avenir appartiendrait à ceux qui peuvent exploiter ce type de technologie de façon optimale. Historiquement, la France a su innover : citons par exemple l'introduction du Minitel dès 1980 qui a permis à la France d'avoir une véritable longueur d'avance technologique par rapport à ses concurrents. Or, l'arrivée de l'internet a complètement bouleversé la donne, et aujourd'hui, il faut admettre que l'essentiel des innovations technologiques est réalisé à l'étranger. Mais cette situation n'est pas obligatoire. La France possède une très grande culture en ingénierie et en informatique, avec un potentiel important pour la fabrication des composants électroniques. Pour pouvoir compter dans le monde technologique de demain, il va falloir être capable de développer des systèmes dotés

d'intelligence, et pour cela, il faut réaliser un effort très important pour susciter de fructueuses collaborations entre chercheurs venant d'horizons différents.

La vision constitue un autre domaine où la recherche sur les mécanismes biologiques pourrait contribuer de façon bien plus importante aux développements technologiques. Au début des années 80, David Marr avait déjà proposé que la vision, qu'elle soit naturelle ou artificielle, soit étudiée comme une discipline commune. En effet, les problèmes posés pour ces systèmes de vision sont quasi-identiques : le système doit pouvoir détecter, identifier et localiser des objets importants dans des scènes naturelles complexes avec une fiabilité et une rapidité optimales. Surtout, il faut réaliser ces performances avec un coût énergétique, un poids et un espace physique minimal. Le monde des systèmes visuels biologiques regorge de systèmes visuels hyper-optimisés qui pourraient servir de modèles pour les ingénieurs. C'est une approche qui a été particulièrement développée en France, avec les travaux pionniers de chercheurs comme Nicolas Franceschini, qui a quasiment inventé ce que l'on peut appeler la biorobotique.

En effet, la robotique constitue un autre domaine riche en potentiel pour une recherche interdisciplinaire productive. Fabriquer des machines capables de réaliser des gestes avec la précision et la fiabilité d'un être humain reste toujours un vieux rêve. Des progrès dans ce domaine, ainsi que dans le développement des systèmes de navigation et de décision embarqués (ce que l'on peut appeler « cognition située ») trouveraient un nouvel essor grâce à une recherche interdisciplinaire de haut niveau.

4.2 Santé, autonomie, qualité de vie

Les recherches en sciences et technologies cognitives ont un impact sociétal important, aussi bien dans le domaine du vieillissement que celui des déficiences sensorielles, motrices ou cognitives. Le nombre de personnes vivant avec de telles déficiences est d'ailleurs très corrélé avec l'augmentation de l'âge de la population. Les recherches en sciences et technologies cognitives ont pour objectif sociétal de favoriser l'inclusion et l'autonomie des personnes et donc leur qualité de vie, quels que soient la déficience ou le handicap que ces personnes présentent.

Plusieurs groupes de chercheurs interdisciplinaires travaillent sur la caractérisation de ces déficiences ainsi que sur la définition des besoins des personnes et sur la conception de technologies de rééducation, d'assistance ou de suppléance.

À titre d'exemples, nous pouvons citer, pour chaque type de déficience, des recherches illustrant ces différentes approches.

Il y a en France des équipes reconnues dans le domaine des déficiences auditives. Celles-ci couvrent un empan large, incluant les recherches portant sur les bases neurales du codage auditif en étroite collaboration avec les médecins ORL, les informaticiens et les industriels proposant des implants cochléaires. Cette approche a donné lieu à des systèmes qui ont déjà fait leurs preuves, mais qui deviendront encore plus performants grâce à l'approche interdisciplinaire. D'autres recherches portant sur la communication assistée se focalisent sur les technologies qui permettent d'améliorer l'inclusion et l'autonomie des sourds en améliorant la place attribuée à la langue des signes, à son instrumentation informatique, à sa diffusion et à la possibilité de l'utiliser dans l'éducation et dans les actes de la vie quotidienne. Il existe des exemples similaires dans le domaine des déficiences visuelles, avec des équipes qui travaillent sur les interfaces neurales qui, une fois implantées dans le système visuel, permettent de restaurer certaines fonctions visuelles (les neuroprothèses visuelles). Nous pouvons ici aussi citer des exemples de recherches portant sur les technologies d'assistance

qui visent à équiper des non-voyants avec un dispositif embarqué de vision artificielle (caméras miniaturisées et traitement d'image) et dont l'objectif consiste à restaurer par réalité augmentée ou substitution sensorielle la perception de l'environnement.

Dans le domaine moteur, des équipes reconnues travaillent sur les interfaces neurales (périphériques ou centrales, implantées ou de surface) et leurs applications, ainsi que sur les technologies d'assistance (claviers virtuels, robotique, etc.). Tous ces projets ont pour objectif d'améliorer la communication ou la mobilité et donc l'insertion des déficients moteurs.

Dans le domaine des pathologies cognitives enfin, plusieurs projets ont pour objectif de caractériser les substrats et les processus neuraux sous-jacents, mais aussi de concevoir et utiliser des outils de remédiation basés sur des technologies de l'information et de la communication et notamment la réalité virtuelle.

Ces recherches en suppléance, dont nous venons de donner quelques exemples, reposent sur un équipement embarqué par ou dédié à l'utilisateur. Or, la recherche sur l'intelligence ambiante se développe aujourd'hui très rapidement. Le domaine de la santé et de l'autonomie constitue un champ d'application particulièrement fécond pour les systèmes ambiants. Les personnes déficientes sont immergées dans un environnement interactif constitué de capteurs et d'entités de traitement intelligent des données, capables de détecter et d'interpréter des événements (une chute par exemple, mais aussi le désir d'effectuer une action), d'assister la personne dans sa vie courante (domotique, robotique d'assistance) mais aussi de suivre son évolution à long terme (perte progressive de mobilité par exemple), de faciliter la mise en œuvre de services et l'accès à des données telles que les prescriptions, les visites prévues, etc. Les différents personnels d'assistance ou de soin qui interviennent au domicile ont également vocation à être équipés de dispositifs mobiles qui interagissent de manière contextuelle avec le système ambiant du domicile.

Toutes ces recherches ont pour objectif d'améliorer l'inclusion et la qualité de vie des personnes déficientes. Elles peuvent aussi être déployées dans un domaine connexe, celui de la santé et avoir pour objectif d'améliorer tous les aspects de la prise en charge des patients (sécurité, information, suivi, maintien à domicile, hospitalisation à domicile, etc.) ainsi que de concevoir des outils innovants au service des médecins (diagnostic, rééducation, chirurgie assistée, etc.). Plusieurs laboratoires français développent actuellement des simulateurs et des environnements expérimentaux permettant de concevoir et d'évaluer ces nouvelles technologies qui permettent de réparer, assister ou augmenter le corps et le cerveau humains.

Toutes ces recherches impliquent de nombreuses disciplines comme les neurosciences et la psychologie cognitive évidemment, mais aussi la médecine, l'informatique (dont plusieurs sous-disciplines telles que l'interaction homme-machine, les réalités virtuelle et augmentée, le traitement de l'image, le traitement automatique des langues, les systèmes multi-agents, etc.), l'ergonomie cognitive, la sociologie, la robotique et les nanotechnologies.

Il est important de mettre en évidence l'intérêt des technologies cognitives émergentes dans le cadre de la rééducation, de l'assistance ou de la suppléance. Il faut cependant aussi noter que l'usage de ces technologies ouvre de nouvelles questions sur la cognition médiée par ces technologies.

4.3 Éducation

La demande de technologies pour l'éducation, la formation, et plus largement l'apprentissage humain sous toutes ses formes s'est largement développée avec des exigences d'adaptabilité, de flexibilité et d'efficacité qui soulèvent des

problèmes d'une grande diversité mais avec toujours à leur cœur la question des processus cognitifs en termes de conceptualisation, de construction du sens et d'acquisition de savoir-faire. Les principaux problèmes s'organisent autour de la question du passage des modèles et des concepts des sciences cognitives à leur mise en œuvre dans des dispositifs informatiques, de la question d'ingénierie des situations permettant les apprentissages et d'évaluation de l'efficacité des technologies dans les divers contextes d'usage à l'école ou sur le lieu de travail, pour satisfaire des besoins privés ou professionnels, par des sujets aux compétences et aux besoins d'une grande diversité (de l'enfant à la personne âgée, sous la contrainte de handicaps ou de pathologies cognitives ou motrices).

La recherche dans ce domaine, organisée au sein de la thématique « environnements informatiques pour l'apprentissage humain » (EIAH), est par nature fortement pluridisciplinaire, impliquant divers secteurs de l'informatique (e.g. interfaces humain-machine, intelligence artificielle, génie logiciel) et des SHS (e.g. pédagogie, psychologie, didactique). Elle porte sur les principes de conception, de développement et d'évaluation d'environnements informatiques qui permettent à des êtres humains d'apprendre. Par sa dimension théorique, cette recherche est en amont d'une ingénierie, mais en interaction profonde avec elle dans sa dimension méthodologique. Elle requiert la construction et la validation de modèles computationnels de processus didactiques. Le caractère « didactique » tient à ce que chaque EIAH engage de fait une déclaration sur les objets ou les enjeux de l'apprentissage, d'une part, et, d'autre part, appelle la définition de moyens permettant de vérifier la réalisation des objectifs ainsi affichés. De plus l'apprentissage recherché doit être obtenu au terme d'une durée qui soit acceptable aux yeux de celui qui apprend et/ou de l'institution d'enseignement ou de formation, sous les contraintes économiques et technologiques du support choisi.

Ces problèmes à la fois technologiques, cognitifs et sociaux demandent que soient revisités bien des questions spécifiques de l'informatique : modélisation des connaissances, du raisonnement, de l'interaction, ergonomie des interfaces etc. L'une des raisons qui peut faire comprendre à quel point cette reprise de thèmes classiques doit être effectivement et activement conduite, c'est que l'utilisateur d'un EIAH est dans une certaine mesure sous le contrôle de la machine — et non l'inverse — au sens où les savoirs et pratiques de références sont du côté du dispositif formateur. Bien sûr, celui qui apprend dispose de connaissances qui ont fait leurs preuves — y compris dans le domaine visé par l'apprentissage — mais la position d'apprenant signifie la recherche, voulue ou provoquée, d'une évolution de ces connaissances en acceptant la tutelle d'un « connaisseur » de référence (ce que la langue anglaise traduit assez bien par "a knowledgeable other").

5. Le Rapport PIRSTEC

Les domaines couverts par la CID 44 ont récemment fait l'objet de l'atelier de réflexion prospective PIRSTEC « Prospective Interdisciplinaire en Réseau pour les Sciences et Technologies Cognitives ». Cet atelier, sélectionné et financé par les Départements STIC, Biologie-Santé et SHS de l'ANR s'est déroulé entre octobre 2008 et fin 2009. Il a permis l'organisation d'une quarantaine de réunions de réflexion impliquant environ 1200 participants. Ces activités ont été regroupées selon 6 grands axes chacun associés à une série de défis, détaillés dans le rapport final de l'atelier. Ici nous reprenons les éléments essentiels de ce rapport.

Le premier thème concerne les fonctions perceptives, cognitives et exécutives et soulève les quatre défis suivants. Défi n° 1 : Quels sont les mécanismes d'analyse et de segmentation des scènes

perceptives, et les principes de contrôle des systèmes moteurs ? Défi n°2 – Comment se construisent les relations entre un organisme et son environnement ? Comment sont sélectionnées et contrôlées les interactions perceptuo-motrices dans la boucle intégration-décision-prédiction ? Comment sont-elles modulées par le contexte émotionnel, situationnel, motivationnel ? Comment sont-elles investies par les mécanismes d'interaction sociale ? Défi n°3 – Quelles sont les bases génétiques, neurobiologiques, cognitives du langage humain ? Quelles sont les spécificités des mécanismes et des fonctions du langage ? Défi n°4 – Comment utilisons-nous nos capacités cognitives et langagières pour communiquer et interagir, et construire des systèmes interactifs adaptés ?

La deuxième thématique va de la cognition individuelle à la cognition sociale et implique deux autres défis. Défi n°5 – Peut-on faire dériver des capacités d'interactions sociales humaines de capacités cognitives individuelles ou de mécanismes d'interactions animales préexistants ? Peut-on définir les bases cognitives et génétiques des pathologies de la cognition sociale ? Défi n°6 – Comment intégrer mécanismes cognitifs individuels et mécanismes d'interaction collective au sein de principes d'interaction sociale réalistes et de systèmes socio-techniques efficaces ?

Le troisième thème concerne les substrats de la cognition, les neurosciences, la modélisation et les technologies et relève deux défis principaux. Défi n°7 – Comment réaliser un système artificiel qui, à partir de compétences initiales simples, développe des capacités cognitives complexes en interagissant avec son environnement ? Défi n°8 – Le système nerveux étant un exemple réussi de substrat physique support de fonctions cognitives, comprendre ses constituants peut-il permettre de mieux comprendre les fondements de la cognition ou de développer d'autres systèmes physiques dont le fonctionnement soit compatible avec le substrat physiologique et sa cognition émergente ? Les trois autres thématiques sont, a priori, plus liées aux enjeux sociétaux et économiques.

Ainsi, la quatrième thématique concerne les usages, les médiations techniques et l'ingénierie cognitive, et relève deux défis principaux. Défi n°9 – Comment les technologies éclairent-elles et comment transforment-elles la cognition humaine ? Comment fonctionnent les co-adaptations entre cognition et technologies ? Défi n°10 – Comment développer une démarche bien fondée en ingénierie pour des IHM complexes, adaptées aux architectures cognitives humaines, dans ses principes ou dans ses usages ? Comment mieux cerner les voies que les technologies nous ont véritablement ouvertes ?

Le cinquième thème s'intéresse à la Santé et aux handicaps et plus spécifiquement aux technologies pour l'évaluation, le diagnostic, le pronostic et la remédiation. Deux défis de taille sont signalés. Défi n°11 – Comment développer de nouveaux outils technologiques pour assister, réparer, augmenter le fonctionnement du corps et du cerveau ? Défi n°12 – Comment définir des outils, des systèmes, des modèles pour accompagner les handicaps cognitifs, du pronostic au diagnostic, de la remédiation (rééducation) à l'évaluation.

Enfin, dans le sixième thème qui concerne l'apprentissage, l'éducation et les technologies éducatives pose le Défi n°13 – Comment définir des outils, des systèmes, des modèles pour apprendre autrement, pour apprendre mieux ?

6. Les sciences cognitives dans les instituts

6.1 INSB

L'INSB joue un rôle très significatif dans les sciences cognitives. Environ 70% des structures CNRS du domaine sont rattachées de façon principale ou secondaire à l'INSB, et jusqu'à récemment, c'était le département des Sciences de la Vie du CNRS qui pilotait la CID 44 (et sa version précédente, la CID 45) depuis sa création en 2003. La plupart des laboratoires en sciences de vie concernés par la CID 44 appartiennent à la section 27, où la quasi-totalité des unités travaillent dans le domaine des sciences cognitives, et plus spécifiquement les neurosciences intégrées et la psychologie. Un nombre important des laboratoires du domaine sont également associés à la section 25, essentiellement des laboratoires de neurosciences. Vu cette densité importante, on pourrait imaginer que l'INSB puisse gérer sa propre recherche dans le domaine des sciences cognitives, en se focalisant sur l'interface entre Neurosciences et Psychologie. En effet, la section 27 a, depuis longtemps, réussi à développer cette interface importante. Or, il y a clairement de nombreuses situations où la recherche ne se limite pas à ce qui peut être piloté à l'intérieur de l'INSB. Citons quelques cas parmi les plus évidents.

Recherche sur le langage. Si les chercheurs travaillant sur le langage peuvent trouver une place au sein de la section 27, la frontière entre l'étude du langage vue de l'INSB et l'étude du langage vue de l'INSHS, et plus particulièrement au sein de la section 34 n'est pas nette. De nombreux chercheurs utilisent des méthodes expérimentales issues de la psychologie expérimentale et des neurosciences afin d'adresser des questions tout à fait pertinentes pour les sciences du langage.

La modélisation informatique. Depuis une vingtaine d'années, une discipline nouvelle s'est construite à l'interface entre informatique et neurosciences, discipline qui se retrouve sous l'appellation de neurosciences computationnelles. C'est un domaine en plein essor, en partie parce que les développements en informatique rendent faisables des simulations de très grande taille. Citons, par exemple, le projet SpiNNaker de l'Université de Manchester qui vise à relier entre eux des milliers de processeurs de type ARM (ceux que l'on trouve dans de très nombreuses technologies de style «Smartphone»). Avec ce système, le professeur Steve Furber croit pouvoir simuler jusqu'à un milliard de neurones de type «integrate and fire». Vu que le néocortex humain dans sa totalité n'est composé que de 16 milliards de neurones environ, la possibilité de simuler réellement certains aspects de la complexité du système visuel est potentiellement à la portée des chercheurs dans un avenir pas si lointain.

Traitement du signal. Un autre domaine où les chercheurs en Neurosciences et Psychologie ont vraiment besoin d'une approche interdisciplinaire est celui du développement des techniques d'étude et d'analyse par imagerie. Les progrès dans ce domaine ont été fulgurants depuis les premières études en tomographie par émission de positrons (TEP) à la fin des années 80, puis l'introduction de l'Imagerie par Résonance Magnétique pour l'étude de l'activation cérébrale (IRMf) dès 1992, et enfin les méthodes comme l'EEG et la MEG. La France est très bien placée sur le plan international, avec plusieurs centres d'imagerie de premier plan, comme Neurospin à Saclay et des centres d'imagerie à Bordeaux, Caen, Grenoble, Lyon, Marseille et Toulouse. Or, le développement de ce type de recherche exige une collaboration très poussée entre des ingénieurs, mathématiciens et physiciens, spécialistes du traitement du signal et du développement technique, et les chercheurs en neurosciences et en psychologie.

6.2 INSHS

L'INSHS est aussi l'un des instituts qui entre en forte interaction avec la CID 44. Rien d'étonnant à cela puisque la cognition est une des fonctions supérieures de l'homme à l'œuvre dans son développement personnel et social. Historiquement d'ailleurs, les sciences cognitives se sont structurées à partir de problématiques croisées entre la psychologie d'une part, la philosophie, les sciences du langage, la logique d'autre part – ces dernières relevant en tout ou en partie des SHS ; l'informatique est très vite venue s'adjoindre à ce groupe initial, avant que la dynamique propre à ce nouveau domaine de recherche n'élargisse encore sa couverture interdisciplinaire. On parle désormais aussi d'anthropologie cognitive, d'économie cognitive, de cognition sociale (réseaux sociaux d'agents cognitifs), etc.

On ne saurait donc énumérer ici toutes les recherches qui, en SHS, ont un rapport avec les sciences cognitives et sont intéressées à pouvoir dialoguer avec une CID forte et bien reconnue. On se contentera donc d'évoquer quelques domaines particulièrement riches et innovants, exemples parmi d'autres dans lesquels les sciences humaines et sociales, en interdisciplinarité interne et investissant de surcroît le champ cognitif, font la preuve de leur capacité à poser de nouveaux questionnements, à inventer de nouveaux modèles, à proposer de nouveaux paradigmes.

Ainsi un domaine dans lequel la complémentarité des sciences humaines et de la biologie s'est révélée particulièrement pertinente est celui du développement cognitif, des apprentissages et de la maturation cérébrale. Plusieurs études américaines récentes associant des sociologues, des psychologues et des neurobiologistes ont démontré l'impact de l'environnement socio-économique non seulement sur le développement cognitif mais aussi sur la maturation cérébrale et la spécialisation fonctionnelle.

Il convient de mentionner aussi les nombreuses recherches de pointe qui touchent au langage. Le lien entre la compétence linguistique et ses bases neuronales fait l'objet de recherches qui prennent pour objet des capacités de plus en plus élaborées en syntaxe et sémantique. La plausibilité des modélisations neuronales est considérée dans certains travaux comme un moyen de décider entre des théories linguistiques concurrentes. Inversement, les progrès récents de la sémantique cooccurrence, en appui sur le traitement quantitatif de très grands corpus numérisés, apportent de nouvelles données et de nouveaux arguments dans le débat autour des différents modèles neuronaux d'activation sémantique. Les relations entre psychologie expérimentale et recherche fondamentale en linguistique ont aussi connu des développements récents présentant les mêmes traits : prise en compte de mécanismes plus élaborés (implicatures, présuppositions) et recours à la psychologie expérimentale pour évaluer la plausibilité de modélisations linguistiques.

Autre perspective : les progrès du dialogue entre linguistique et traitement automatique du langage permettent d'améliorer sensiblement la construction et l'exploitation intelligentes de corpus : une tendance assez nette se dessine pour l'injection de catégorisations linguistiques fines dans des ressources linguistiques de taille importante ; la prise en compte des contradictions connues entre robustesse et précision dans les systèmes de traitement automatique jointe à la prise en compte des comportements des utilisateurs sont encore des problèmes cruciaux pour le développement des applications, qui ne peuvent trouver de solution que dans un environnement pluridisciplinaire.

Les très grands corpus de textes atteignent par ailleurs une taille comparable à celle de l'ensemble des productions langagières auxquelles a été exposé un humain — ils diffèrent certes dans

leur composition relative. Cela ouvre des perspectives nouvelles pour l'étude des langues et de leur acquisition.

L'ancrage de la langue dans le monde est une dimension complémentaire que des chercheurs abordent de façon croissante, par l'intermédiaire par exemple de grands corpus où des textes sont associés à des images ou des vidéos, et où les caractéristiques des objets rencontrés dans ces modalités différentes sont mises en relation avec le contenu des textes.

Une autre discipline des SHS est au cœur des interactions avec les sciences cognitives : la philosophie. En effet, aujourd'hui, la recherche en philosophie se divise en deux entreprises distinctes. L'une s'inscrit dans le projet global des humanités guidées par la démarche historique et l'interprétation des textes. L'autre vise conjointement à élucider des énigmes conceptuelles engendrées par la démarche scientifique et à transformer en questions scientifiques des problèmes jusqu'alors inaccessibles à la démarche scientifique. La seconde démarche s'inscrit naturellement dans le contexte d'une étroite coopération avec d'autres disciplines scientifiques. Comme leurs noms l'indiquent, la philosophie de la logique, la philosophie des mathématiques, la philosophie de la physique et la philosophie de la biologie explorent les énigmes conceptuelles soulevées par le développement des sciences exactes correspondantes. La philosophie du langage est indissociable de la recherche en sémantique et, plus généralement, en linguistique. Depuis un quart de siècle, la philosophie de l'esprit, la philosophie de la perception et la philosophie de l'action ont été profondément modifiées par la recherche expérimentale et formelle dans les sciences cognitives. L'esthétique et la philosophie morale elles-mêmes ont été affectées par le développement de la philosophie de l'esprit et des sciences cognitives. Dans ces différents domaines, la recherche en philosophie partage avec la recherche dans les autres domaines scientifiques le souci de suivre une démarche objective qui s'appuie essentiellement à la fois sur les recherches empiriques et sur l'argumentation logique, et s'expose ouvertement au jugement et aux objections des pairs. Il s'agit d'une démarche à caractère fortement interdisciplinaire, qui a sa place naturelle au sein de la CID44.

Enfin, on citera pour clore ce chapitre les développements récents en économie : on assiste depuis une vingtaine d'années à une véritable révolution scientifique en économie. Alors que cette discipline s'appuyait sur des données d'observation statistique ou comptable où la motivation des acteurs ne se révèle qu'indirectement et imparfaitement au travers de leurs choix sur les marchés ou dans les urnes, et où ces choix eux-mêmes se manifestent dans des contextes et des environnements hétérogènes, inobservables et incontrôlables, l'essor prodigieux de l'économie expérimentale et de la « neuroéconomie » en fait aussi, désormais, une science expérimentale. Procédant de plus en plus couramment à des expériences en laboratoire et sur le terrain, l'économie s'est beaucoup rapprochée de la psychologie — cognitive, sociale, expérimentale — et des neurosciences. L'économie comportementale bouscule ainsi les théories de la décision et des jeux et pénètre au cœur de la théorie économique. Mais la généralité et la précision des concepts économiques pourraient bien rejaillir prochainement en retour sur les modèles de la psychologie et des neurosciences.

Ce rapprochement des disciplines a sans doute été ralenti en France par le cloisonnement disciplinaire de nos universités. Mais de nouvelles formations pluridisciplinaires commencent à apparaître dans les domaines de la cognition, de l'économie et de la psychologie.

6.3 INS2I

Si l'INS2I est par définition interdisciplinaire, il est vital de positionner cette interdisciplinarité au delà de la simple interface avec l'INSIS. En effet, cette zone de recouvrement, qui

implique plus particulièrement les sections 7, 8, 9 et 10 du comité national, était déjà un souci avant la séparation du domaine ST2I en deux instituts, et il ne faut certainement pas négliger cette interface dans l'avenir. Or, s'il est important que les chercheurs en informatique collaborent de façon intensive avec ceux qui travaillent sur le développement et l'ingénierie des systèmes, les vrais enjeux pour l'interdisciplinarité au sein du CNRS sont peut être ailleurs et plus spécifiquement dans les interfaces avec les sciences de la vie et avec les sciences humaines. Pour être plus explicite, l'interface entre informatique et ingénierie des systèmes est également en plein centre des préoccupations de l'INRIA. Mais seul le CNRS a la couverture qui permet de promouvoir efficacement des collaborations entre les chercheurs travaillant sur les systèmes naturels et artificiels.

L'intelligence artificielle est un domaine de l'informatique fortement lié aux sciences cognitives. Que ce soit la philosophie dans le raisonnement et la modélisation des connaissances, la sémantique linguistique dans la fouille des masses de données textuelles, l'inspiration neuronale dans toute une famille d'algorithmes d'apprentissage, ou encore l'inspiration éthologique ou sociologique pour les systèmes multi-agents, l'informatique bénéficie d'apports de nombreuses autres disciplines.

Considérons le web sémantique, fondé sur la modélisation sous forme d'« ontologies » des éléments de connaissance que des systèmes informatiques vont échanger entre eux. La formalisation de ces ontologies est directement inspirée de deux millénaires de philosophie de la connaissance et de logique ; leur construction, qui s'appuie la plupart du temps, au moins partiellement, sur des termes et définitions en langue naturelle, bénéficie des apports de la sémantique linguistique et de la terminologie.

La société de l'information génère une quantité croissante de données langagières pour lesquelles des traitements informatiques nouveaux ou plus performants doivent être conçus : c'est le cas de la recherche d'information, de la fouille de données textuelles (intelligence économique, veille concurrentielle, opinion, etc.), et plus généralement de l'extraction d'informations à partir de masses de documents numériques faisant appel à différents médias : textes (écrits numérisés et textes bruts), images (fixes ou animées), ou parole (audio, vidéo).

Nombre de verrous dans la modélisation du matériau sur lequel s'opèrent ces traitements et dans la performance des algorithmes que l'on y applique ne pourront sauter sans une compréhension réelle des propriétés de ce matériau. Les disciplines des sciences du langage contribuent à cette compréhension : au-delà des grands champs habituellement cités, mentionnons la modélisation des accents, des disfluences, des genres et types de discours, dont l'importance de l'influence sur les performances des systèmes automatiques est avérée. Au delà des sciences du langage, l'informatique interroge l'ergonomie, la psychologie ou la sociologie pour identifier la complémentarité entre ces types d'information et l'exploiter pour mieux répondre à des recherches d'utilisateurs et imaginer des services innovants.

L'interaction humain-machine est un autre champ de l'informatique dont le succès repose sur la prise en compte de connaissances sur les facultés cognitives humaines et sur l'analyse des collectifs. Ces connaissances, qu'apportent les disciplines des sciences cognitives, par exemple l'ergonomie cognitive, interviennent de deux façons. D'une part, pour modéliser les capacités, les comportements et les attentes de l'humain, seul ou au sein d'un groupe, en interaction avec l'ordinateur. D'autre part, comme dans la démarche de l'intelligence artificielle, pour créer des artefacts informatiques dont le comportement soit rationnel et naturel pour l'humain qui interagit avec eux. Citons au passage le développement d'artefacts communicationnels comme les agents conversationnels animés, qui viennent assister l'interaction en lui apportant une touche plus humaine

(par exemple, par l'expression et d'autres signes non verbaux, allant jusqu'à la restitution d'émotions).

Les environnements pour l'apprentissage humain, évoqués plus haut dans ce rapport, instancient cette problématique pour une tâche d'enseignement, ce qui renforce la nécessité du recours aux SHS pour arriver à des modèles computationnels appropriés.

6.4 INSIS

L'INSIS, Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes, est un institut dont l'objet d'étude est par essence demandeur d'interdisciplinarité. Nous en citons ci-dessous quelques exemples qui mobilisent les interactions entre systèmes complexes, sciences humaines et sociales, informatique, et cognition.

Le fantastique développement du web a créé un système complexe désormais incontournable dans notre vie personnelle et professionnelle, générateur quotidien de nouvelles applications et de services, à l'origine d'entreprises dont la valeur a dépassé celle d'entreprises plus traditionnelles. Son support informatique, son utilisation comme vecteur de communication et d'inscription de connaissance humaine, la nature multimodale et peu structurée des masses de données qu'il porte, langue, son, image, pour ne citer que quelques unes de ses dimensions, mobilisent des disciplines multiples dont la collaboration est nécessaire pour avancer dans sa modélisation et sa compréhension.

Autre exemple de système complexe, la réalité virtuelle fait intervenir des dimensions perceptives multimodales (visuelles, auditives, haptiques, etc.), qui en font sans doute l'un des domaines dans lesquels l'imbrication entre système artificiel et cognition humaine est la plus forte. Ici encore, ingénierie, systèmes, informatique, ergonomie cognitive doivent collaborer pour dépasser ce que chacune peut apporter individuellement.

Citons enfin la robotique cognitive qui traite tous les problèmes de la cognition humaine puisque les capacités de décision, d'anticipation et de réflexivité sont nécessaires à un robot pour produire un comportement qui ne soit pas purement réactif, mais qui permette d'accomplir des tâches complexes. Le système robotique autonome perçoit à travers ses capteurs un environnement inconnu avec lequel il doit interagir à travers ses effecteurs. Sur la base de son interprétation sémantique de l'environnement et de son propre état, le robot doit décider de ses actions et par là-même anticiper les états futurs de l'environnement, raisonner sur les conséquences de ses actions, et effectuer des choix.

Ces capacités cognitives s'appuient sur des représentations sémantiques qui doivent tenir compte de l'incertitude de l'interprétation et de l'incomplétude de la perception. Elles impliquent de modéliser un processus de planification et d'exécution d'actions dont la mise en œuvre doit être supervisée et contrôlée par des mécanismes réactifs. Évidemment, l'apprentissage est transversal à toutes les capacités du robot — tant décisionnelles que perceptuelles — pour l'élaboration de représentations de l'environnement, d'objets, de concepts ou de situations dynamiques.

Enfin, toutes ces fonctions cognitives de perception, de décision et d'action doivent être intégrées dans une architecture permettant l'interaction entre ces composantes, l'apprentissage et le dialogue avec l'homme.

6.5 INSMI

Les divers programmes de recherche consacrés aux fondements mathématiques des processus cognitifs et

aux fondements cognitifs des mathématiques, au-delà des divergences qui s'y manifestent, présentent l'intérêt de montrer en quoi nombre de problèmes issus des sciences cognitives sont, peut-être avant tout, des problèmes mathématiques ou de philosophie des mathématiques. Les grands paradigmes qui s'affrontent dans le champ des sciences cognitives se laissent volontiers définir comme des façons de mettre les mathématiques au service d'une science de l'esprit. Les progrès des sciences cognitives sont d'ailleurs pour une large part tributaire du rôle croissant qu'y jouent la modélisation mathématique et les techniques de simulation informatique. Les concepts et les théories mathématiques dont il s'agit ne se limitent pas à la donnée d'une simple boîte à outils pour l'analyse des données (probabilités, statistiques, transformée de Fourier, etc.) Il s'agit aussi, et surtout, de structures mathématiques et d'algorithmes spécifiques permettant de modéliser et de simuler des classes spécifiques de phénomènes. En outre, les mathématiques constituent par elles-mêmes un champ d'investigation privilégié pour les sciences cognitives quand il s'agit de comprendre les fondements cognitifs de la discipline ou encore d'aborder le problème de leur enseignement. Enfin, la modélisation en sciences cognitives donne naissance à des problèmes mathématiques originaux qui engendrent l'apparition de théories nouvelles. Ces diverses interactions entre mathématiques et sciences cognitives peuvent s'appuyer en France sur une communauté mathématique dynamique et, symétriquement, sur une communauté de chercheurs en sciences cognitives souvent enclins — c'est l'une des spécificités de la recherche française en sciences cognitives — au questionnement des fondements théoriques de leur interdiscipline. Cependant beaucoup reste encore à faire pour impliquer davantage les mathématiciens. L'essence de leur démarche réside dans les démonstrations et dans la production d'algorithmes mais les mathématiques se nourrissent de questions qui prennent origine dans les autres sciences.

On connaît les grands apports, déjà anciens, des mathématiques aux neurosciences, notamment à travers l'équation d'Hodgkin-Huxley, équation qui demeure fondamentale pour les modèles de neurones, mais qui nécessite encore des aménagements (comme ceux que propose la théorie des bifurcations de systèmes dynamiques). La description mathématique de la dynamique interne des activations biochimiques et des expressions génétiques en est encore à ses débuts. En revanche, les méthodes probabilistes en général ont trouvé un large terrain d'applications (codage par population, analyse bayésienne, apprentissage statistique, etc). Les réseaux de Hopfield, autre référence importante dans le domaine des neurosciences, sont susceptibles de nombreux développements sur le plan proprement mathématique.

Pratiquement, toutes les mathématiques appliquées sont convoquées dans les recherches en sciences du cerveau. Dans certains secteurs, la recherche mathématique a clairement rejoint la recherche en neurosciences. Les domaines les plus actifs sont l'analyse d'images, l'analyse bayésienne, les statistiques, la théorie de l'information (probabiliste et algorithmique), les systèmes dynamiques (équations différentielles, systèmes statistiques), les équations aux dérivées partielles et la géométrie différentielle. L'analyse d'images et la vision artificielle impliquent l'analyse harmonique, à travers la théorie du signal (ondelettes), les équations aux dérivées partielles (filtrage échelle-espace, équations de diffusion non linéaires, géométrie multiéchelle, modèles variationnels), la topologie et la géométrie différentielles. Sans doute les structures mathématiques permettant une meilleure compréhension de la dynamique cérébrale sont-elles encore à améliorer et, pour certaines, à inventer. L'une des difficultés majeures est que le cerveau fonctionne à plusieurs niveaux, du plus concret jusqu'au plus abstrait, et que ces niveaux sont le plus souvent couplés et mêlent les échelles. Il est sans doute indispensable de préciser ou d'établir les liens, sur

le plan intra-mathématique et en termes de modélisation, entre des structures, connues, d'algèbre, de logique, d'analyse et de géométrie mais aussi d'inventer d'autres structures dans ces diverses branches des mathématiques et à leurs jonctions.

Ces questions sont d'ailleurs d'un intérêt général pour les sciences cognitives tant il est vrai que l'apport, actuel ou potentiel, des mathématiques aux sciences cognitives ne se limite pas aux neurosciences. Les modèles dynamicistes de syntaxe d'attracteurs, fondés sur la théorie des bifurcations et des déploiements universels de singularités, sont proches de ceux, développés en linguistique cognitive, qui s'attachent à étudier les liens entre la perception et les descriptions linguistiques associées. Le problème, loin d'être résolu dans son ensemble, est de construire les outils mathématiques pour modéliser les structures topologico-dynamiques, donc l'information morphologique, extraites des représentations perceptives et traitées par la sémantique des langues. Plus généralement, la mathématisation des concepts linguistiques (catégorisation, temps et espace, ...) doit mettre en jeu divers formalismes issus de la topologie, de la géométrie mais également du lambda-calcul, de la logique et de la théorie mathématiques des catégories. Il en va de même d'autres domaines des sciences sociales (cognitives) dont le degré de formalisation est moindre mais qui sont néanmoins susceptibles d'une approche formelle : formalisation de l'espace en géographie, formalisation du raisonnement juridique, interdépendances des représentations et de préférences en économie cognitive, ...

Les liens entre logique et géométrie, établis grâce à la théorie des faisceaux, la théorie des catégories et des topoï (et d'autres structures catégoriques plus générales) permettent, via une « géométrisation » de la vérité, d'appréhender à nouveaux frais des problèmes fondamentaux en sciences cognitives. Les catégories de faisceaux sur un espace donné possède un certain nombre de propriétés catégoriques fondamentales qui lui confère une structure (une structure de topos dans le cas d'un espace topologique) permettant d'interpréter un langage des prédicats dans une catégorie d'objets et de considérer la catégorie des faisceaux comme un univers de discours dont les objets sont des entités variables dépendant d'une localisation spatiale. Cette dépendance spatiale est constitutive des valeurs de la vérité et, à ce titre, possède une pertinence sémantique. Les questions liées à la catégorisation, au raisonnement, à certains aspects de sémantique linguistique ainsi que celle du « sens » des concepts mathématiques sont, dès lors, susceptibles d'une appréhension essentiellement nouvelle. Par ailleurs, la géométrisation de la logique s'opère, grâce aux réseaux de preuves, dans la structure même des preuves. Ces évolutions de la logique ouvrent des horizons nouveaux en matière de mathématisation de champs spécifiques en sciences cognitives et, en retour, permettent de dégager un nouveau statut épistémologique pour la logique et les mathématiques.

Les liens entre mathématiques et sciences cognitives offrent, en effet, une nouvelle compréhension des mathématiques, de nouveaux points de vue sur les fondements des mathématiques émergeant de questions cognitives. Des questions, telles l'énigme de l'efficacité des mathématiques ou la constitution de l'objectivité mathématique, relèvent d'une longue tradition et a inspiré de nombreux mathématiciens selon des points de vue différents (Poincaré et Riemann, Frege et Hilbert, Weyl et Thom), tradition qui mérite d'être poursuivie et approfondie. La question de l'intuition et la construction de l'espace et du temps (faisant appel à la fois aux notions physiques et aux concepts psychologiques), donc de l'origine de la géométrie et, plus généralement, de l'origine sensible des mathématiques ; la dialectique platonisme – constructivisme ; la question des figures, de leur perception et des opérations qu'ils supportent, constituent un immense champ de recherche en sciences cognitives.

6.6 INP

Les physiciens sont impliqués de diverses façons dans l'étude des processus et systèmes cognitifs. Des données toujours plus nombreuses et diverses sont disponibles, que ce soit à l'échelle des molécules, des génomes, des cellules, des tissus et des organes ou même des individus et de leurs interactions. Les physiciens jouent un rôle important à la fois dans la collecte de ces données et leur analyse.

La connaissance des phénomènes biologiques, qui sous-tendent les processus cognitifs, a énormément progressé au cours des dernières décennies, en partie grâce au développement de procédés divers d'imagerie et d'enregistrement. La physique joue un grand rôle dans l'acquisition même de ces données que ce soit par le développement de techniques performantes de microscopie ou d'imagerie (IRMf), de nouveaux marqueurs fluorescents (nano-cristaux), ou bien encore de techniques pour manipuler des objets biologiques au niveau des molécules individuelles (pincettes optiques, magnétiques, ...), des cellules et des tissus (microfluidique, surfaces structurées, ...). Elle a aussi grandement contribué au développement des outils de communication entre individus et d'enregistrement de leur activité (internet, puces émettrices/capteurs de tailles réduites, ...).

L'apport des physiciens à l'analyse théorique des processus cognitifs est aussi très significatif que ce soit par le développement de modèles de mémoire associative, d'apprentissage, de traitement de l'information où bien encore par l'analyse de différents phénomènes dynamiques (oscillations, états d'activité haut ou bas, plasticité synaptique à court et long terme, ...). En conséquence, de nombreux centres de neurosciences théoriques dans le monde sont dirigés par des physiciens théoriciens.

L'étude des réseaux de toutes sortes (neuronaux, internet, réseaux sociaux ou économiques) est aussi un sujet d'étude en évolution très rapide. L'analyse de leurs structures, de la manière dont ils se forment, de leur dynamique, de la façon dont ils traitent et transmettent l'information posent de nouvelles questions, qui ont été abordés avec succès avec des méthodes inspirées de la physique statistique. Les modèles proposés ont suscité un grand intérêt dans l'ensemble de la communauté scientifique et cela paraît annonciateur de développements futurs très intéressants. L'interaction entre la physique et les sciences humaines n'en est encore qu'à ses débuts mais, que ce soit en « éconophysique », pour la propagation des épidémies ou la formation des opinions, elle paraît fructueuse et promise à un bel avenir.

La contribution des physiciens aux sciences cognitives ne se réduit évidemment pas à un simple transfert de techniques expérimentales ou d'analyse théorique. Bien au contraire, la spécificité et la difficulté des questions posées par les sciences cognitives demandent le développement d'outils, de mesure ou conceptuels, nouveaux et constituent une source d'enrichissement réel pour la physique elle-même. L'interface entre la physique et les sciences cognitives, en plein développement et très fertile, mérite donc un soutien fort.

7. Quatre pistes pour la promotion de l'interdisciplinarité en Sciences Cognitives

Dans cette section finale, nous explorerons quatre moyens pour promouvoir la recherche interdisciplinaire, plus spécifiquement dans le cas des sciences cognitives.

7.1 Le rôle de la formation

L'avenir de la recherche dépendra de l'existence de filières de formation innovantes qui permettent aux étudiants de se former dans un nombre important de domaines complémentaires. Les vingt dernières années ont vu une nette amélioration de l'offre, compensant, au moins en partie, la rigidité de certains aspects du système d'éducation supérieure en France. L'existence historique des facultés de sciences et de lettres, prolongée dans de très nombreux endroits par une séparation nette entre des universités spécifiquement dédiées aux sciences dures, et des universités vouées aux sciences humaines, a été problématique pour le développement de programmes d'enseignement large. Le problème est particulièrement clair dans le cas de la psychologie, un domaine de recherche qui se doit d'être au cœur des sciences cognitives. Or, dans la plupart des universités françaises, la psychologie a été associée à des facultés de lettres. Cela dit, le regroupement des universités au niveau local dans des PRES (Pôles de Recherche et d'Enseignement Supérieur) permet aujourd'hui d'envisager plus facilement l'organisation de programmes en sciences cognitives large. Il faut intensifier cette démarche.

Un autre problème historique, conséquence de l'existence du système d'Écoles d'Ingénieur très spécialisées, est la difficulté pour les étudiants d'accéder à une formation dans les différents domaines des sciences cognitives. Or, lorsque l'on offre aux étudiants des Grandes Écoles la possibilité de suivre des formations riches et variées, les résultats peuvent être spectaculaires. L'exemple le plus saisissant est sans doute le DEA de Sciences Cognitives créé par Michel Imbert à Paris à la fin des années 80. Cette formation innovante proposait des cours dans pratiquement tous les domaines clés des sciences cognitives (psychologie cognitive, neurosciences, modélisation informatique, intelligence artificielle, philosophie, épistémologie, logique, linguistique, anthropologie), et impliquant de très nombreux chercheurs de grande renommée dans l'équipe d'enseignants. Habilitée par l'ENS, l'École Polytechnique, l'EHESS et plusieurs universités parisiennes, la formation attirait de très nombreux étudiants et étudiantes parmi les plus brillants. Les conséquences ont été à la hauteur, car si l'on prend en compte par exemple les étudiants qui ont suivi cette formation entre 1989 et 2002, on peut en compter plus d'une trentaine qui ont déjà été recrutés par les grands organismes de recherches comme le CNRS et l'INSERM, sans compter le nombre également élevé de ces étudiants recrutés par les universités.

Le succès du DEA de Sciences Cognitives a été repris dans de nombreuses universités, et des Masters interdisciplinaires ont été créés dans des villes comme Bordeaux, Grenoble, Lyon, Marseille, Nancy, et Toulouse. Mais, malgré ces progrès, il est clair que les passerelles permettant aux jeunes d'obtenir une formation véritablement interdisciplinaire manquent dans de nombreux endroits, ou restent insuffisamment attractives.

7.2 Le rôle des programmes de recherche

Depuis trente ans, il y a eu de nombreuses tentatives pour promouvoir la recherche interdisciplinaire. Des programmes tels « Cognisciences » (1990) qui a permis la création de sept pôles régionaux, le GIS Sciences de la Cognition (1995), Cognitique (1998), l'ACI Neurosciences Computationnelles (2002) et TCAN (Traitement des Connaissances, Apprentissage et Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) en 2003 ont tous participé au développement des sciences cognitives en France.

Avec l'introduction de l'Agence Nationale de la Recherche en 2005, la programmation de la recherche en France est entrée

dans une nouvelle phase. Certains appels d'offre ont directement ciblé les sciences cognitives, comme l'appel « Apprentissages, connaissances et société » lancé par le comité Sciences Humaines et Sociales en 2006, et les programmes « Contenus et Interactions » et le Défi Robotique « Cartographie par RoboT d'un Territoire (CAROTTE) » lancés par le comité Sciences et Technologies de l'Information en 2009. Mais, si le souhait de promouvoir la recherche interdisciplinaire est présent dans nombre d'appels d'offres, il est clair que l'existence de comités de sélection avec une orientation plutôt disciplinaire est loin de faciliter l'évaluation de projets interdisciplinaires. Aujourd'hui, l'ANR souhaite soutenir un pourcentage accru de projets non-thématiques à travers les programmes « Blanc » et « Jeunes Chercheurs ». Or, en absence d'un véritable comité de sélection en sciences cognitives à large spectre, le choix d'experts peut être compliqué. Si l'on considère les Comités Scientifiques Sectoriels « Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication », « Sciences Humaines et Sociales », et « Biologie-Santé », il est loin d'être évident que le domaine des sciences cognitives trouve vraiment la place qui devrait être la sienne. Une partie importante des dossiers blancs et jeunes chercheurs peut raisonnablement être traitée par le comité SHS2 (« Développement humain et cognition, langage et communication »), mais il est clair que cette instance ne peut traiter qu'une partie des thématiques à moins qu'elle ne puisse s'adjoindre la présence d'experts dans d'autres domaines et notamment celui des neurosciences et de l'informatique. Le traitement des sciences cognitives mériterait une discussion approfondie, impliquant le CNRS et les autres organismes concernés.

7.3 Le rôle des centres de recherches interdisciplinaires et du RISC

Une autre façon de promouvoir l'interdisciplinarité consiste à créer de véritables fédérations de recherche regroupant plusieurs laboratoires et équipes d'horizons différents. L'une des illustrations les plus réussies est sans doute le Département d'Études Cognitives (DEC), un département transdisciplinaire de l'École normale supérieure. Ce centre, créé relativement récemment, regroupe 5 structures CNRS et deux laboratoires INSERM couvrant une étendue remarquable de domaines allant de la Physique Théorique à la Psycholinguistique et la Philosophie, en passant par les Neurosciences Cognitives, l'Audition, et les Neurosciences Computationnelles. Il faut insister sur le fait que ces interactions doivent permettre à chacun de conserver la spécificité de ses démarches tout en s'enrichissant et en s'ouvrant à de nouveaux domaines au contact des autres.

Un autre exemple d'un centre spécialisé dans la recherche interdisciplinaire est l'Institut des Sciences Cognitives, créé par Marc Jeannerod à Lyon. Officiellement créé en Janvier 1997, et installé dans son nouveau bâtiment en Avril 1998, l'Institut regroupe deux laboratoires CNRS, le Centre de Neurosciences Cognitives (UMR 5229) et le Laboratoire Langage, Cerveau, Cognition (UMR 5230), couvrant ainsi une partie importante des sciences cognitives, et plus spécifiquement l'interface entre Neurosciences, Psychologie et Sciences du Langage. À Marseille, le pôle 3C sur le site de St Charles de l'Université de Provence est un autre endroit où l'interface entre Psychologie et Neuroscience a pu être renforcée par le regroupement de plusieurs laboratoires CNRS sur le même site. D'autres groupements de recherches interdisciplinaires se trouvent à Toulouse (où le pôle PRESCOT a joué un rôle fédérateur important de 1990 à 2002) et plus particulièrement à Grenoble, où le Pôle Grenoble Cognition va regrouper des laboratoires venant de tous les domaines des sciences cognitives.

Enfin, soulignons aussi l'importance du RISC (le Relais d'information sur les sciences de la cognition, l'UMS 3332) pour le développement de la recherche en sciences cognitives — voir

son site <http://www.risc.cnrs.fr/>. C'est une source d'information très précieuse pour les chercheurs du domaine, où l'on trouve les annonces des conférences, ateliers et workshops, mais également une carte interactive des centres impliqués avec plus de 360 adresses. Le RISC héberge également un nombre important de sites web concernés par les sciences cognitives, tels FRESCO (Fédération française des étudiants et jeunes chercheurs en sciences cognitives), COGIGER (Un réseau en Ingénierie Cognitive), ainsi que les sites web de plusieurs projets financés par des programmes ANR. Le RISC a également piloté les ateliers PIRSTEC.

7.4 Le rôle de la CID 44

La dernière piste concerne le rôle des Commissions Interdisciplinaires, telles la CID 44. L'un de ses rôles principaux est le recrutement et la promotion de chercheurs dont les contributions appartiennent par définition à des domaines d'expertise variés et sont donc difficilement évalués par les sections classiques du Comité National. C'est un rôle très important, qui nécessite que chacun des membres soit très attentif à tous les domaines devant interagir. Ce rôle est assumé avec beaucoup de sérieux par tous ses membres. En huit ans, depuis sa création en 2003, la CID 44 (et son prédécesseur, la CID 45) a procédé au recrutement de 16 chercheurs DR2, 12 chercheurs CR1 et 26 chercheurs CR2.

L'un des critères souvent utilisés par la CID est la prise de risque et la volonté des candidats d'explorer des domaines de recherche qui sortent des sentiers battus. En effet, pour le CNRS, il est primordial de recruter des chercheurs créatifs, capables de changer de direction au cours de leur carrière et d'être à l'avant garde de la recherche. Souvent, ces chercheurs ont dû prendre des risques lors de leur formation en se formant dans plusieurs domaines. Ainsi, un élève ingénieur qui décide de faire une thèse dans un domaine très différent comme la psychologie cognitive ou les neurosciences peut réduire ses chances d'être recruté sur un poste d'enseignant classique. Et même dans les sections du comité national, une candidature un peu originale relevant de plusieurs domaines peut avoir des difficultés puisqu'une partie de son activité relève de domaines qui ne sont pas dans les compétences de la section.

Un autre aspect intéressant du processus de recrutement au sein d'une CID vient du fait que, vu sa composition, aucune sous discipline ne peut avoir une majorité de votants à elle seule. Le classement des candidats nécessite donc un réel consensus entre des spécialistes venant d'horizons très variés. Il est ainsi possible d'éviter des situations de blocage qui peuvent exister dans des sections classiques lorsqu'il y a séparation entre plusieurs « écoles ».

Depuis ses débuts, les postes affectés aux CID ont été attribués par les départements scientifiques du CNRS, et plus récemment par les instituts. L'une des conséquences de cette politique est une tendance à utiliser des coloriages voire des fléchages qui ont été, certaines fois, très ciblés. Ce mode de fonctionnement nous paraît loin d'être optimal. En général, il est beaucoup plus attractif de proposer des concours ouverts, afin de susciter la plus grande diversité de candidatures. De plus, il faut insister sur l'importance d'avoir la possibilité de bénéficier d'un concours ouvert à tous les niveaux de recrutement — DR2, CR1 et CR2.

La CID 44 a déjà joué un rôle important dans le recrutement et la promotion de chercheurs au niveau DR2, et dans l'avenir elle doit pouvoir également jouer un rôle dans les promotions au niveau DR1 et classe exceptionnelle. Ouvrir cette possibilité est d'une extrême importance si le CNRS veut favoriser la mobilité thématique de ses chercheurs. En effet, l'existence même des commissions interdisciplinaires est un encouragement aux chercheurs qui hésitent à diversifier leurs thématiques de recherche ou à travailler en collaboration aux interfaces. Avec

la division du CNRS en instituts, cette souplesse est devenue encore plus vitale.

Enfin, il faut insister sur le fait que, si en règle générale, les CIDs n'ont pas vocation à être pérennes, le cas des sciences cognitives est particulier. Il s'agit là d'un véritable domaine de recherche interdisciplinaire qui existe depuis longtemps et qui est en évolution perpétuelle. Il ne s'agit pas d'un domaine qui pourrait être repris par des sections traditionnelles du comité national, car aucune de ses sections ne pourrait inclure l'ensemble des thématiques qui le constitue. Pour toutes ces raisons, la pérennité d'une structure telle que la CID44 pour promouvoir les recherches en sciences cognitives au sein du CNRS semble incontournable.

Annexe 1 : Unités CNRS travaillant dans les sciences cognitives

UMR5020	Neurosciences sensorielles, comportement, cognition	Lyon	Rémi GERVAIS	Marseille	Jonathan GRAINGER
UMR5022	Laboratoire d'étude de l'apprentissage et du développement (LEAD)	(LEAD) Dijon	Emmanuel BIGAND	Marseille	Christian XERRI
UMR5105	Laboratoire de psychologie et neurocognition	Grenoble	Sylviane VALDOIS	UMR6155	Laboratoire de neurobiologie de la cognition (LNC) Marseille
UMR5167	Physiopathologie des réseaux neuronaux du cycle veille-sommeil	Lyon	Pierre Herve LUPPI	UMR6166	Laboratoire d'informatique Fondamentale de Marseille (LIF) Marseille
UMR5169	Centre de recherches sur la cognition animale (CRCA)	Toulouse	Martin GIURFA	UMR6193	Institut de neurosciences cognitives de la méditerranée, approches fondamentale et clinique (INCM) Marseille
UMR5175	Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE)	Montpellier	Jean-Dominique LEBRETON	UMR6196	Plasticité et physio-pathologie de la motricité (P3M) Marseille
UMR5191	Interactions, Corpus, Apprentissage, Représentations (ICAR)	Lyon	Lorenza MONDADA	UMR6207	Centre de physique théorique (CPT) Marseille
UMR5205	Laboratoire d'Informatique en Images et Systèmes d'Information (LIRIS)	Lyon	Villeurbanne	UMR6232	Centre d'imagerie - neurosciences et d'applications aux pathologies (CI-NAPS) Caen
UMR5216	GIPSA	Grenoble	St Martin d'Herès	UMR6233	Institut des sciences du mouvement - Etienne-Jules Marey (ISM) Marseille
UMR5217	Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG)	Grenoble	St Martin d'Herès	UMR6234	Centre de recherches sur la cognition et l'apprentissage (CeRCA) Poitiers/Tours
UMR5220	Centre de Recherche et d'Applications au Traitement de l'Image et du Signal (CREATIS)	Lyon	Villeurbanne	UMR6265	Centre des sciences du goût et de l'alimentation (CSGA) Dijon
UMR5227	Laboratoire mouvement adaptation cognition	Bordeaux	Jean Rene CAZALETS	UMR6552	Ethologie animale et humaine (EthoS) Rennes
UMR5228	Centre de neurosciences intégratives et cognitives	Bordeaux	Talence	UMR6597	Institut de recherche en Communications et Cybernétique de Nantes (IRCCyN) Nantes
UMR5229	Centre de neuroscience cognitive	Lyon	Jean-Rene DUHAMEL	UMR7018	Laboratoire de Phonétique et Phonologie (LPP) Paris
UMR5230	Laboratoire sur le langage, le cerveau et la cognition (L2C2)	Lyon	Bron	UMR7023	Structures formelles du langage Paris
UMR5231	Imagerie moléculaire et fonctionnelle : de la physiologie à la thérapie	Bordeaux	Chretien MOONEN	UMR7102	Neurobiologie des processus adaptatifs (NPA) Paris
UMR5263	Cognition, Langues, Langages, Ergonomie (CLLE)	Toulouse	Jean-Francois BONNEFON	UMR7114	Modèles, Dynamiques, Corpus (MoDyCo) Paris
UMR5505	Institut de recherche en informatique de Toulouse (IRIT)	Toulouse	Luis FARINAS DEL CERRO	UMR7118	Analyse et Traitement Informatique de la Langue Française (ATILF) Nancy
UMR5506	Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier (LIRMM)	Montpellier	Michel ROBERT	UMR7152	Laboratoire de physiologie de la perception et de l'action (LPPA) Paris
UMR5525	Techniques de l'Ingénierie Médicale et de la Complexité - Informatique, Mathématiques et Applications de grenoble (TIMC-IMAG)	Grenoble	La Tronche	UMR7206	Eco-Anthropologie et ethnobiologie Paris
UMR5549	Centre de recherche cerveau et cognition (CERCO)	Toulouse	Michele FABRE THORPE	UMR7210	Institut de la vision Paris
UMR5596	Dynamique du langage	Lyon	Francois PELLEGRINO	UMR7222	Institut des Systèmes Intelligents et Robotiques (ISIR) Paris
UMR5800	Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique (LaBRI)	Bordeaux	Talence	UMR7225	Centre de recherche de l'institut du cerveau et de la moelle épinière (CRICM) Paris
UMR6024	Laboratoire de psychologie sociale et cognitive (LAPSCO)	Clermont Ferrand	Markus BRAUER	UMR7503	Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications (LORIA) Nancy
UMR6039	Bases corpus et langage (BCL)	Nice	Tobias SCHEER	UMR7534	Centre de recherches en mathématiques de la décision (CEREMADE) Paris
UMR6057	Laboratoire Parole et Langage (LPL)	Aix en Provence	Philippe BLACHE	UMR7637	Laboratoire de neurobiologie Paris
UMR6059	Centre d'épistémologie et ergologie comparatives (CEPERC)	Aix en Provence	G a b r i e l l a CROCCO	UMR7656	Centre de recherche en épistémologie appliquée (CREA) Paris
UMR6072	Groupe de REcherche en Informatique, Image, Automatique et Instrumentation de Caen (GREYC)	Caen	Etienne GRANDJEAN	UMR8022	Laboratoire d'informatique fondamentale de Lille (LIFL) Lille
UMR6146	Laboratoire de psychologie cognitive (LPC)	Marseille		UMR8051	Equipe Traitement de l'Information et Systèmes (ETIS) Paris
				UMR8094	Langues, textes, traitements informatiques, cognition (LATTICE) Paris
				UMR8119	Laboratoire de neurophysique et physiologie (LNP) Paris
				UMR8129	Institut Jean-Nicod Paris
				UMR8158	Laboratoire psychologie de la perception (LPP) Paris
					John Kevin O'REGAN

UMR8163	SAVOIRS, TEXTES, LANGAGE (STL)		
Lille Villeneuve d'Ascq	Christian BERNER		
UMR8195	Centre de neurosciences Paris-Sud		
Paris Orsay	Serge LAROCHE		
UMR8550	Laboratoire de physique statistique de l'ENS (LPS)	Paris	Eric PEREZ
UMR8554	Laboratoire de sciences cognitives et psycholinguistique (LSCP)	Paris	Ann e CHRISTOPHE-SIRET
UMR8557	Centre d'analyses et de mathématiques sociales (CAMS)	Paris St Cloud	Henri BERESTYCKI
UMR8590	Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques	Paris	Jacques DUBUCS
UMR9912	Sciences et Technologies de la Musique et du Son (STMS)	Paris	Hugues VINET
UMS3042	Moyens Informatiques Multimedia, Information Scientifique (MI2S)	Grenoble	N i c o l a s BALACHEFF
UMS3332	Relais d'information sur les sciences de la cognition (RISC)	Paris	Jean LORENCEAU
UMS838	Unité mixte de service de la maison de la recherche de l'université de Toulouse le Mirail (UMSTM)	Toulouse	Bertrand JOUVE
UMS839	Institut Henri Poincaré (IHP)	Paris	Cédric VILLANI
UPR3251	Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur (LIMSI)	Paris Orsay	Patrick LE QUERE
UPR3293	Unité de neurosciences, information et complexité (UNIC)	Paris Gif sur Yvette	Y v e s FREGNAC
UPR7051	Laboratoire de mécanique et d'acoustique (LMA)	Marseille	Dominique HABAULT
UPR8001	Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS)	Toulouse	Raja CHATILA
URA2182	Gènes, synapses et cognition	Paris	Pierre-Marie LLEDO
USR3246	Centre émotion-remédiation et réalité virtuelle	Paris	Roland JOUVENT
FR2559	Typologie et universaux linguistiques : données et modèles	Paris	Stephane ROBERT
FRE3234	Laboratoire d'analyse et modélisation de systèmes pour l'aide à la décision (LAMSADE)	Paris	Vangelis PASCHOS
FRE3289	Laboratoire d'imagerie et de neurosciences cognitives (LINC)	Strasbourg	Christian KELCHE
FRE3291	Laboratoire de neurosciences fonctionnelles et pathologies (LNFP)	Lille	Muriel BOUCART
FRE3292	Laboratoire de psychologie et neuropsychologie cognitives	Paris Boulogne	Bilancourt Nicole FIORI
FRE3304	Laboratoire d'automatique, de mécanique et d'informatique industrielles et humaines (LAMIH)	Valenciennes	Thierry Marie GUERRA
GDR3045	Groupement de recherche en vision (GDR Vision)	Paris	Pascal MAMASSIAN
GDR3072	Robotique Montpellier		Etienne DOMBRE
GDR3169	Psychologie ergonomique et ergonomie cognitive (Psycho Ergo)	Nantes	Jean-Michel HOC
GDR3195	Langues, Langage oral, cognition : acquisition et dysfonctionnements - nouvelles approches	Paris	M a y a HICKMANN-PERRIN
GDR720	Information, signal, images, vision (ISIS)	Paris	Jean-Pierre COCQUEREZ
GDR722	Information-interaction-intelligence		(I3)
Toulouse	Florence SEDES		

Annexe 3 : Fédérations

IFR1	RMN biomédicale et neurosciences	Grenoble	Jean-François LE BAS
IFR131	Sciences du cerveau et de la cognition	Marseille	Bruno POU CET
IFR19	IFR des neurosciences de Lyon	Lyon	François JOURDAN
IFR25	Réseau fédératif de recherche sur le handicap	Paris Villejuif	Jean-François RAVAUD
IFR2819	ATLANSTIC	Nantes	F r é d é r i c BENHAMOU
IFR37	Institut fédératif de recherche en neurosciences	Strasbourg	Paul PEVET
IFR49	Institut d'imagerie neurofonctionnelle	Paris Gif sur Yvette	Denis LE BIHAN
IFR8	Institut des neurosciences de Bordeaux	Bordeaux	Bernard BIOULAC
IFR92	Qualités des aliments et sensorialités	Dijon	Yves ARTUR
IFR95	Institut des neurosciences des Saints-Pères	Paris	Philippe DJIAN
IFR96	Institut des sciences du cerveau de Toulouse : handicap et neurosciences.	Toulouse	François CHOLLET
FRC2118	Institut de Neurobiologie Alfred Fessard (INAF)	Paris Gif sur Yvette	Yves FREGNAC

Annexe 2 : Groupements de Recherche

GDR2286	Mathématique des systèmes perceptifs et cognitifs (MSPC)	Paris	Gabriel PEYRE
GDR2647	STIC Santé		Stephen THOMAS
Paris Evry			
GDR2657	Approche pluridisciplinaire de la production verbale écrite	Poitiers	Denis ALAMARGOT
GDR2822	GDR d'éthologie	Rennes	Martine HAUSBERGER
GDR2905	Neurosciences de la mémoire (NeuroMem)	Paris Orsay	Serge LAROCHE
GDR2967	Groupe de recherche en audiologie expérimentale et clinique (GRAEC)	Paris	C h r i s t i a n LORENZI