

FONCTIONS MENTALES – NEUROSCIENCES INTÉGRATIVES – COMPORTEMENTS

Jean PAILHOUS

Président

– neurosciences comportementales et cognitives normales et pathologiques, homme et modèles animaux, imagerie cérébrale fonctionnelle ;

Mireille Bastien

Claude Baudoin

Manuel Bouvard

Yves Burnod

Lionel Collet

Michel Denis

Michèle Fabre-Thorpe

Michel Fayol

Maya Hickmann

Anne-Yvonne Jacquet

Robert Jaffard

Françoise Joubaud

Olivier Koenig

Jean-Paul Lachaud

Jacques Micheau

Bruno Poucet

Jean-François Rouet

Simon Szmidt

Catherine Thinus-Blanc

Nicolas Vibert

– psychologie : psychologie cognitive, psycholinguistique, psychologie sociale, psychologie du développement, neuropsychologie ; processus normaux et pathologiques ;

– éthologie : mécanismes et fonctions Psychiatrie et psychopathologie ;

– modélisation des processus cognitifs et neurosciences computationnelles Ergonomie cognitive ;

– développement, plasticité, apprentissage, mémoire ;

– processus sensoriels, perceptifs, moteurs et sensori-moteurs ;

– représentations, fonctions et processus cognitifs ;

– langage, raisonnement, attention, émotions.

La section 29 a établi son rapport de conjoncture à l'issue d'un colloque réunissant les deux tiers (200 personnes) de la section. Les orientations et les enjeux définis dans le texte qui suit ainsi que l'intitulé de la section ont ainsi reçu l'aval de notre communauté scientifique.

Le colloque de section a eu deux objectifs principaux, étroitement liés :

1. définir la conjoncture et la prospective des années à venir :

Comment a évolué scientifiquement la section 29 dans ses disciplines (éthologie, psychologie, neurosciences, etc.), dans ses thèmes (mémoire et apprentissage, sensorimotricité, développement, langage, relations sociales, etc.), dans ses méthodes (homme-animal, imagerie, modélisation, implémentation, etc.).

Que souhaitons-nous développer ? ; Quelle politique de recrutement ? ; Quels critères d'évaluation ? ; Quels laboratoires ? ; Quelles relations entre les partenaires Université-CNRS, INSERM-CNRS (sans exclure l'INRA, etc.) ?

2. redéfinir les contours de la section :

Cet ensemble de recherche doit-il être maintenu ensemble dans une section 29 largement reconduite dans ses orientations ou bien doit-on reventiler tout ou partie de ce potentiel dans de sections à définir.

La création (pour le prochain concours) d'une section interdisciplinaire 07, 29, 34, peut de ce point de vue apporter des éclaircissements.

Pour aborder ces questions la section a pris deux décisions :

– a) s'adresser le plus largement possible à la communauté, pour tenter de dégager dans un cadre consensuel des souhaits collectifs ;

– b) d'axer le débat sur la pluridisciplinarité :

– Interne à la section au sein des thèmes, à travers les disciplines,

– Externe à la section :

– avec la section 26, pour un débat sur les neurosciences intégratives,

– avec la section 30 pour les relations éthologie et écologie (comportement notamment),

– avec la section 34 pour les relations entre la psycholinguistique et les sciences du langage,

– et avec la section 07 pour les relations homme-TIC.

Les questions épistémologiques toujours très présentes dans notre section (relations genèse-épigénèse, neuroscientifisme, cognitivisme) ne devraient ni être éludées, ni bloquer les analyses et les propositions qui doivent être dégagées dans leur grands principes, à l'issue du colloque.

1 – INTERFACE AVEC LES SCIENCES DU LANGAGE

• La psycholinguistique constitue un champ de recherche fondamental au sein de la Section 29, consacré à l'étude de l'activité langagière chez l'Homme, qui reste l'un des plus grands défis pour les sciences cognitives du futur. Il comprend des thématiques très diversifiées : l'acquisition du langage, envisagée sous plusieurs angles (contexte social, contraintes cognitives, diversité des langues, bilinguisme, capacités précoces du nourrisson) ; la compréhension et la production du langage parlé ou écrit chez l'adulte et chez l'enfant ; les comportements langagiers associés à des déficits sensoriels (non-voyants, non-entendants) ; les dysfonctionnements langagiers (dyslexie, aphasie, autisme, dysphasie) ou plus généraux (Williams, Down, retards mentaux, hyperactivité). Parmi les grandes questions qui animent ces recherches se trouvent le rôle de l'inné et de l'acquis et l'existence de périodes critiques, la relation entre langage et cognition, les propriétés des systèmes qui sont ou non spécifiques à l'espèce humaine, la variabilité (inter-individus, inter-tâches, inter-langues), l'autonomie ou l'interactivité des différentes composantes du langage et l'étude des bases neurales du comportement langagier chez le sujet sain ou en pathologie. Il s'agit d'un champ intrinsèquement interdisciplinaire, engagé depuis toujours dans une interaction avec la linguistique et, plus récemment, avec

les neurosciences. Dans le passé, les représentations proposées par les psycholinguistes se sont souvent inspirées des modèles issus de la linguistique, mais ceux-ci s'appuient de plus en plus fortement sur les résultats des recherches menées en psycholinguistique, tandis que les architectures décrivant le flux du traitement se fondent sur la modélisation issue de la psychologie cognitive et sur les mesures de l'activité cérébrale empruntées aux neurosciences.

Dans le contexte d'un éventuel redécoupage général du CNRS, les représentants des deux sections 29 et 34 considèrent que le maintien des contours actuels de la section 29 est la solution la plus pertinente sur le plan scientifique. En particulier, la psycholinguistique, telle qu'elle est représentée et pratiquée dans la section 29, n'envisage pas d'être séparée des autres disciplines ou sous-disciplines de cette section (autres branches de la psychologie, neurosciences, éthologie), souhaitant fonder une véritable interdisciplinarité sur une appartenance disciplinaire forte. Cette appartenance doit se traduire par le maintien de la psycholinguistique dans sa section mère, qui lui confère son ancrage fondamental et qui se définit tant par ses objets d'étude que par l'intégration de ses niveaux d'analyses multiples et par sa démarche expérimentale dans l'étude des comportements langagiers et de leurs bases neurales. Par ailleurs, si la Section 34 désire activement promouvoir ses relations avec la psycholinguistique, elle est en même temps fortement attachée à maintenir ses contours pour assurer et promouvoir la cohérence qui existe actuellement entre différentes approches en linguistique, dont la diversité est fondamentale au sein de cette section.

- Les participants à l'atelier sont tous favorables à la promotion de l'interdisciplinarité entre les sections 29 et 34. Néanmoins, ils ont exprimé le souhait que cette interdisciplinarité se concrétise sous formes d'actions ciblées et concertées, pouvant se situer à trois niveaux.

Une première forme d'interdisciplinarité implique des échanges continus entre laboratoires. Celle-ci pourrait se concrétiser par le biais de groupes de recherche et de

grands programmes inter- ou intra-organismes impliquant les deux sections. Il est fortement souhaité que soient mis en place des grands programmes sur le langage, qui pourront consolider les acquis des actions précédentes et poursuivre les directions de recherche qui s'en sont dégagées. Dans les dernières années, un certain nombre de GDR et surtout d'ACI novatrices de grande envergure (par exemple, les programmes « Cognitive », « École et Sciences Cognitives » ou « Origines de l'Homme, des langues et du langage ») ont fortement contribué au développement des recherches interdisciplinaires sur le langage. De telles actions sont vitales pour permettre de réelles avancées dans les recherches futures et il est impératif d'assurer leur relève, voire leur extension.

Par ailleurs, l'interdisciplinarité peut se situer à l'intérieur des laboratoires d'une section. Cette forme d'interdisciplinarité nécessite l'implantation de chercheurs, voire même plutôt d'équipes de chercheurs d'une autre section, par le biais de postes fléchés de la 29 à la 34 et de la 34 à la 29. De ce point de vue, une réflexion prospective, concertée et inscrite dans le temps (donc prévue à l'avance pour éviter des prises de décisions dans l'urgence) est nécessaire quant à la nature de ces postes en fonction de l'évolution des disciplines et en relation directe avec les laboratoires concernés.

Enfin, l'interdisciplinarité doit être promue chez un même individu, par le biais d'une formation initiale ou continue qui serait spécifique aux objectifs des recherches interdisciplinaires engagées. Une réflexion sur la formation est hautement souhaitable, afin d'assurer à la fois une compétence forte à l'intérieur d'une discipline et une formation complémentaire dans au moins un autre champ disciplinaire. Parmi les options qui ont été explorées, la formation interdisciplinaire pourrait impliquer des stages doctoraux ou post-doctoraux, des co-directions de travaux, la mise en relation de plusieurs thésards sur un même objet de recherche, etc. Par ailleurs, une telle réflexion nécessite une coordination systématique entre le CNRS et l'Université, afin que des actions parallèles puissent être engagées en phase.

• Les avis ont été partagés quant au futur des commissions interdisciplinaires. En particulier, les participants ont formulé des doutes concernant la nature, la constitution et les fonctions de la CID 3 (« Cognition, communication, traitement de l'information : systèmes naturels et artificiels »). La discussion a abouti aux conclusions suivantes.

En ce qui concerne la gestion du recrutement sur les postes fléchés, une partie importante des participants s'est exprimée en faveur d'une commission interdisciplinaire restreinte, provisoire et de nature purement « technique ». Il est vivement recommandé que cette commission soit restreinte aux sections 29, 34 et 07, d'une part, et qu'elle soit définitivement non pérenne, d'autre part. Par ailleurs, si cette commission pourrait siéger dans les deux années à venir, afin de gérer de façon efficace les recrutements fléchés jusqu'au terme du présent Comité National, elle ne doit pas anticiper un redécoupage éventuel des sections pouvant aboutir à une nouvelle section. Enfin, aucune majorité ne s'est dégagée en faveur de la prise en charge par cette commission de l'évaluation des chercheurs et des unités. L'avis général est que toutes les évaluations doivent rester dans les missions des sections d'origine.

Une autre solution, qui doit être envisagée pour le prochain Comité national, consisterait à accroître la souplesse du fonctionnement des sections, permettant ainsi de s'assurer la compétence d'un plus grand nombre d'experts appartenant à une section (éventuellement d'experts extérieurs au CN choisis par les sections) qui pourraient participer tant au recrutement qu'à l'évaluation dans une autre section.

2 – INTERFACE AVEC LES SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

Toutes les grandes fonctions cognitives (perception, représentation, apprentissage, mémoire, raisonnement, planification) sont mises à contribution dans la boucle du traitement de l'information et de la communication, que cette boucle implique uniquement des sujets humains ou bien qu'elle implique des humains interagissant avec des artefacts intelligents. À ce titre, la section 29 est partie prenante dans le programme scientifique des STIC et veille à entretenir une concertation soutenue avec la section 07 dans un esprit interdisciplinaire. Ainsi, un large champ de collaboration est ouvert pour la psychologie cognitive et pour les neurosciences computationnelles, à travers le développement de modèles d'inspiration biologique en vue de construire des systèmes artificiels. La recherche en neuropsychologie cognitive et en psychiatrie donne, elle aussi, une grande importance à la modélisation des processus cognitifs et émotionnels et contribue au développement de systèmes de communication au service de la réhabilitation des patients. Les relations de la psycholinguistique avec les STIC se développent, quant à elles, dans des projets de modélisation computationnelle, dont certains ont des retombées en intelligence artificielle et dans le domaine des interactions homme-machine. Les chercheurs qui visent à rendre compte du traitement cognitif des objets et des documents complexes rencontrent des questions qui touchent directement les STIC, comme la gestion des flux d'informations et le développement d'algorithmes de recherche automatique dans de grands ensembles de données.

La psychologie ergonomique s'intéresse à la modélisation des activités de raisonnement et de planification et apporte une contribution unique à la conception et à l'évaluation des interfaces et, plus généralement, des systèmes homme-machine.

De nombreux logiciels de pédagogie sont proposés maintenant sur le marché. Les méthodes de la psychologie cognitive et de la psychologie développementale peuvent apporter beaucoup à la compréhension des bénéfices pour l'enfant, en phase avec le développement de ses capacités mentales.

D'autre part, les personnes handicapées visuelles et motrices commencent à bénéficier des STIC : par exemple accès généralisés aux livres pour les enfants handicapés aveugles en couplant serveur Internet et synthèse vocale. Il est important de personnaliser les interfaces en associant très directement la compréhension des déficiences sensorielles, motrices et cognitives.

- Au total, la communauté de la Section 29 est directement concernée par la nécessité reconnue aujourd'hui d'inclure les disciplines centrées sur l'humain dans la démarche globale des STIC.

- Deux domaines à l'interface STIC, Cognition et Cerveau, ont actuellement une croissance très rapide sur le plan international, celui des Neurosciences Computationnelles et celui de l'Imagerie Cérébrale

2.1 NEUROSCIENCES COMPUTATIONNELLES

La compréhension de la cognition naturelle et la compréhension de ses bases neuronales s'appuient sur des modèles mathématiques qui permettent d'intégrer les propriétés de larges ensembles neuronaux comme base des fonctions sensorimotrices et cognitives (vision, contrôle moteur, communication, etc.).

La simulation de ces modèles sur ordinateur permet d'analyser leur valeur d'explication et de prédiction des résultats expérimentaux, ainsi que leur capacité à reproduire la fonction. L'implémentation sur des robots interagissant avec le monde environnant, riche et complexe, est la façon la plus directe de comprendre les capacités adaptatives de ces modèles neuronaux.

Les interactions entre modèles de la cognition naturelle et de la cognition artificielle, représentés respectivement par les sections 29 et 07, ont une valeur heuristique très importantes. Les modèles de la cognition artificielle jouent un rôle important comme outils d'analyse de la cognition naturelle. Les modèles de la cognition naturelle fournissent des pistes nouvelles pour la cognition artificielle.

Cette interaction connaît un développement très rapide dans d'autres pays européens (par exemple centre Neuroinformatique de Bochum, en Allemagne, etc.), aux États Unis (MIT, Caltech, Carnegie Mellon) et au Japon (RIKEN MITI), en phase avec une demande industrielle manifesté par de nombreux contrats. La recherche interdisciplinaire en France dans ce domaine est basée sur un petit nombre d'individus pionniers, et plusieurs partent bientôt à la retraite. Il y a urgence à transmettre à des jeunes chercheurs un savoir faire unique, et il y a urgence à augmenter la force de frappe dans ce domaine.

2.2 IMAGERIE CÉRÉBRALE

Les nouvelles méthodes d'imagerie cérébrale, en particulier TEP, IRMf, ERP et MEG, donnent un accès direct aux activations cérébrales chez l'homme. L'enjeu actuel est de comprendre l'architecture fonctionnelle du cerveau humain. La recherche sur le plan international est extrêmement active. L'investissement en machines se fait progressivement en France, grâce au soutien du CNRS et des régions. La mise en route du centre d'imagerie de Marseille décidé par l'IFR de NeuroSciences Cognitives est de ce point vu exemplaire. L'investissement humain est très en retard sur d'autres pays européens (Angleterre, Allemagne, etc.), sur les États-Unis et le Japon. L'une des raisons est que la formation (associant psychologie cognitive, statistiques sophistiquées, traitement du signal, anatomie fine, physique, etc.) est très lourde, et demande aux étudiants un investissement personnel très important, qui leur prend

au moins deux ans de plus que les autres, et pénalise leur production. Il faut absolument valoriser cette formation technique en imagerie cérébrale au niveau du recrutement si l'on veut construire en France une communauté forte dans ce domaine (comme le fait la section 07 pour les formations techniques lourdes). Cette nouvelle communauté à construire bénéficiera de façon évidente des investissements actuels en plateaux techniques, et de la force de la communauté STIC dans le domaine de l'imagerie. La France bénéficie d'un fort potentiel sur le plan méthodologique. Il faut encourager les laboratoires communs et les interactions autour des plates formes d'imagerie cérébrale. Le triplet gagnant cognition- méthodologie -modélisation autour des plate forme d'imagerie rend possible la compréhension des bases neurales de la cognition chez l'homme et permet de faire le lien avec les études très actives sur les bases neurales de la cognition chez l'animal.

3 – ÉTHOLOGIE, DÉVELOPPEMENT, ÉVOLUTION

- Au sein de la section 29 l'éthologie correspond au champ de recherche dont l'objet d'étude est le comportement animal. Son premier objectif est la production de connaissances sur la diversité des solutions adaptatives retenues au cours de l'évolution des espèces et, en conséquence, sur ce qui est spécifiquement humain chez l'Homme. Elle permet aussi d'élaborer des réponses aux exigences de bien-être animal et humain et de répondre aux demandes sociales actuelles.

L'approche comparée propre à l'éthologie permet de caractériser les comportements individuels et sociaux, les mécanismes biologiques en jeu lors de la genèse et de l'épigénèse comportementale, et leurs fonctions adaptatives. Les diffé-

rents niveaux étudiés, allant de l'individu à la société, conduisent ainsi à des modèles originaux pour connaître les interactions gènes-environnement lors du développement comportemental.

L'éthologie, étudiant historiquement les espèces animales dans leur milieu naturel, est maintenant appliquée également à l'étude de nouveaux modèles biologiques (par exemple, des modèles génétique et des modèles pathologiques expérimentaux) dans des milieux contrôlés, et à la robotique. Il s'agit d'une approche pluridisciplinaire et intégrative du comportement animal. Aux apports méthodologiques de l'éthologie classique s'ajoutent ceux d'autres domaines : sciences cognitives, biologie moléculaire, génétique, physiologie, biologie des populations et écologie, etc.

La place de l'éthologie est à l'interface des sciences du cerveau et des sciences qui étudient les populations et l'évolution des espèces animales. L'objet de cet atelier était d'aborder ces différents aspects et de préciser l'articulation entre l'éthologie actuelle (section 29) et l'écologie comportementale (section 30).

- Les principales conclusions sont résumées ci-dessous :

Le comportement animal est l'objet central du questionnement (approche éthologique) ou bien il est un outil pour renseigner sur une atteinte neurologique, pharmacologique, etc. ou sur les conséquences d'une manipulation génétique (approche psychophysiological) ou sur le fonctionnement d'une population et sur les mécanismes évolutifs (écologie comportementale).

Le niveau d'étude en éthologie est celui de l'organisme en situation dans un contexte spécifique. Il s'agit donc d'un niveau hautement intégré d'organisation et d'une analyse fonctionnelle dans le cadre de la théorie de l'Évolution.

L'éthologie apporte des modèles animaux originaux pour comprendre les fonctions du cerveau et son rôle dans l'adaptation de l'individu à son environnement physique et social.

L'approche comparative interespèces permet de faire ressortir les homologies et les analogies des mécanismes adaptatifs.

Cette approche est complémentaire des approches psychologiques et de neurosciences intégratives.

La communauté des éthologistes manifeste son souhait de rester au sein de la section du Comité National de la recherche scientifique avec les sciences psychologiques et les neurosciences intégratives (actuelle section 29).

En effet le niveau d'étude de l'éthologie est celui des individus et du groupe social (mécanismes, développement et fonctions), tandis que celui de l'écologie comportementale se situe principalement au niveau populationnel (causes évolutives), ce qui justifie le rattachement de celle-ci à la section 30.

Comme le souligne le Contrat d'Action Pluriannuel 2002-2005, « une attention particulière sera portée à l'éthologie » (p. 29). Le secteur de l'éthologie en France fait apparaître un besoin urgent de renforcer le cœur de la discipline par un soutien régulier et par des recrutements dans des unités associées ciblées (+ possibilité de création d'un GDR pour faire apparaître un pôle « éthologie » bien identifié).

Il est admis de façon consensuelle que les relations entre sections 29, 30 et d'autres dans les secteurs SHS (31, 34 par exemple) et STIC soient renforcées grâce à des actions de formation (une École Thématique sur le comportement animal par exemple), des réunions communes, et des recrutements sur postes affichés en fonction de demandes sociales particulières.

4 – INTERFACE AVEC LA NEUROBIOLOGIE INTÉGRATIVE DANS LA PERSPECTIVE DU POST-SÉQUENÇAGE

Les recherches au sein de la section 29 ont pour objectif général l'étude des fonctions mentales et des comportements intégrés. Il

s'agit de parvenir à relier le fonctionnement du cerveau à celui de la pensée et du comportement, en intégrant les caractéristiques et les pressions de l'environnement. Cette mission est accomplie grâce à l'action coordonnée des recherches dans plusieurs domaines *a priori* distincts telle que les neurosciences intégratives, la psychologie expérimentale, l'éthologie cognitive sans oublier les neurosciences computationnelles et la modélisation. La communauté des chercheurs en neurosciences est attachée à cette interdisciplinarité qu'elle pratique depuis de nombreuses années, et qui a, sans aucun doute, contribué au renouveau de plusieurs disciplines en France, telles que la neuropsychologie et la neuroéthologie.

Pour des raisons évidentes, liées non seulement aux progrès technologiques qui ont marqué le xx^e siècle, mais aussi aux avancées conceptuelles qui ont accompagné ces évolutions technologiques, les recherches en neurosciences intégratives menées dans la section se sont, depuis longtemps déjà, affranchies des cloisonnements disciplinaires et méthodologiques. Ainsi, la compréhension du fonctionnement du cerveau et de la genèse des grandes fonctions comportementales (telles que les processus de perception et planification de l'action, d'apprentissage et de mémoire, d'attention et de raisonnement, pour ne citer que quelques exemples) repose sur des approches combinant de nombreuses techniques, transcendant ainsi les habituelles frontières entre disciplines. Le chercheur désireux de rendre compte des propriétés d'un type de récepteur dont on soupçonne l'implication dans certaines fonctions cognitives pourra par exemple utiliser les outils de la biologie cellulaire ou moléculaire s'il le juge nécessaire, cette approche lui permettant d'apporter un éclairage particulier sur l'aspect cognitif en question.

De nature pluridisciplinaire, les recherches conduites au sein de la section 29 n'ont, pour autant, pas vocation à se substituer aux recherches de physiologie, définie comme l'étude de l'émergence des fonctions d'un tissu à partir de sa complexité moléculaire et structurale. Ces recherches relèvent plus de la section 26 dont l'intitulé est « Fonctions du vivant et régulations »

et dont un des axes majeurs est centré sur la neurobiologie, la neurophysiologie et la neurotransmission. Dans cette perspective, on peut concevoir le rôle des recherches menées dans la section 26 comme pouvant aider la structuration des neurosciences intégratives et comportementales dans une démarche allant de la molécule à la fonction pour autant que celle-ci ne soit pas comportementale. Ainsi, l'approche physiologique des fonctions cognitives et comportementales ainsi que des grandes fonctions cérébrales relève bien des missions de la section 29 qui doit certainement veiller à renforcer ses liens et sa coordination avec la section 26 lors de phases aussi cruciales que lors du recrutement et d'évaluation des chercheurs et lors de la définition de profils interdisciplinaires.

Les enjeux des neurosciences intégratives sont immenses puisqu'il s'agit non seulement de mieux comprendre le fonctionnement du cerveau en relation avec les processus mentaux, mais aussi de répondre au coût économique et social que représente aujourd'hui la prévalence des maladies mentales, l'incidence accrue des démences comme la maladie d'Alzheimer, les désordres neurologiques moteurs, l'épilepsie ou encore les comportements addictifs. Pour aboutir à la conception de nouvelles approches thérapeutiques, les recherches doivent avant tout déterminer comment le cerveau se construit à la fois du point de vue génétique et épigénétique. Dans cette optique, on se doit de prendre en compte les récentes avancées du décryptage du génome qui montrent, contre toute attente, que le nombre de gènes chez l'Homme est très réduit. La complexité biologique semble, dès lors, résulter des multiples interactions entre ces gènes et le milieu dans lequel ils s'expriment. Ces données ouvrent de nouvelles perspectives dans le domaine biomédical, mais pour cela, il devient urgent de mettre en place une politique incitative de rapprochement entre biologistes moléculaires, neurophysiologistes et comportementalistes pour réussir une véritable approche pluridisciplinaire sur le cerveau. L'objectif sera d'aboutir à une compréhension holistique de la fonction des systèmes complexes de régulation et d'interaction géniques et protéiques qui

règlent la construction et le fonctionnement du cerveau et qui sont à l'origine des dysfonctionnements pathologiques. Le tissu de la recherche française est particulièrement favorable, pour la mobilisation des forces sur un tel projet interdisciplinaire dont les enjeux sont considérables aussi bien pour la recherche fondamentale que pour la recherche appliquée ou le secteur industriel. Les chercheurs de la section 29 sont, de toute évidence, idéalement placés pour se lancer dans cette aventure. D'une part les outils moléculaires que les récentes avancées dans les domaines de la biologie et de la génétique moléculaires ont permis de mettre au point leur seront indispensables pour construire des modèles de fonctionnement cognitif encore plus fins, ce qui pourrait, à terme, modifier la nature même des questions qui seront posées. D'autre part, ils souhaitent mettre à la disposition de la communauté les outils d'analyse des processus comportementaux et cognitifs les plus performants, tout en veillant à conserver l'essence de leur mission de recherche fondamentale et à ne pas succomber à la tentation du phénotypage en série.

Il existe en France et à l'étranger une quasi-étanchéité entre les communautés travaillant chez l'invertébré et le vertébré. Or, certaines découvertes majeures en neurosciences ont été faites sur des préparations d'invertébrés. De plus, l'étude des manipulations génétiques est grandement facilitée sur l'invertébré, et nous savons depuis les années 1980 que les neurones d'invertébrés sont aussi complexes que ceux des vertébrés. Il est donc probable que certains principes de fonctionnement des systèmes nerveux d'invertébrés se retrouvent chez les vertébrés. Comme les recherches sur l'invertébré sont beaucoup plus avancées que celles sur les vertébrés dans la découverte de ces principes, il paraît essentiel pour fertiliser le domaine de faciliter au maximum les interactions entre ces différentes communautés. Il est donc important de promouvoir une bonne interaction entre les utilisateurs de méthodes et modèles animaux différents. Cette interaction passe souvent par l'utilisation de modèles formels, et la modélisation mathématique et statistique doit être

présente pour unifier les différents niveaux et modèles animaux. Malgré les difficultés inhérentes à ce genre d'entreprise, la section doit considérer les neurosciences computationnelles et la modélisation comme partie intégrante de ses domaines de compétence.

5 – INTERFACE AVEC LES CENTRES HOSPITALIERS ET LES EPST ENGAGÉS DANS LA RECHERCHE MÉDICALE

Après avoir été pendant longtemps l'apanage de l'INSERM, la recherche biomédicale a été intégrée plus ou moins explicitement dans la politique et les préoccupations du CNRS. Des moyens (programmes interdisciplinaires, Actions Concertées, etc.) sont mis en œuvre pour renforcer et développer les interactions entre le CNRS et l'INSERM. Ces actions s'inscrivent dans la politique plus générale du CNRS en faveur de la valorisation et des applications qui, dans le cas de la santé, concernent de nombreux domaines (réhabilitation, remédiation des handicaps et des dépendances à des substances toxiques, dépistage précoce de la maladie d'Alzheimer, etc.).

En section 29, cette appropriation s'est faite naturellement au travers des nombreuses approches de recherche fondamentale ayant recours à des « modèles » pathologiques. Ces approches concernent des traitements cognitifs, à des niveaux intégrés. C'est ce qui constitue la spécificité des travaux conduits en section 29 par rapport à l'INSERM.

À l'heure actuelle, la section 29 représente un élément fort de la recherche biomédicale. En effet, 80 % des demandes d'expérimentation relevant de la loi Huriet, dont le CNRS est promoteur, proviennent de membres de cette section.

5.1 RECHERCHE ET BIO-ÉTHIQUE

Les questions de bio-éthique sont au centre des débats concernant la recherche biomédicale au CNRS. Selon la loi Huriet, il n'est pas fait de différence entre sujet sain et patient. Il s'agit de la protection des personnes, quelles qu'elle soient. Cependant, le responsable de projet doit être un médecin. Il endosse donc la responsabilité totale du projet et pas seulement ses aspects médicaux. Il est souhaitable que la responsabilité soit partagée entre le médecin et le chercheur pour les aspects de la recherche qui les concernent respectivement. Il est demandé que le CNRS se manifeste à cet égard si, comme il est prévu, les directives européennes en la matière sont amendées.

Par ailleurs l'agrément des locaux pour l'expérimentation, sous le contrôle de la DRRASS reste un problème, même dans le cadre hospitalier (un texte est sorti récemment). Il est demandé que les possibilités d'accréditation des locaux hors CHU soient accrues et la procédure facilitée.

5.2 LE PARTENARIAT AVEC L'INSERM

Ce partenariat se caractérise par une réciprocité pour le moins déséquilibrée. En effet, des chercheurs sont recrutés par le CNRS, et notamment par la section 29, pour effectuer leurs recherches dans des unités INSERM. La réciprocité n'existe pas en raison d'un certain désintérêt de cet organisme pour les niveaux d'approche intégrés qui font, comme on l'a déjà mentionné, la spécificité de la section 29. Le renouvellement de la section 07 de l'INSERM devrait s'accompagner d'un changement de politique qui pourrait se traduire par l'affichage de postes dans le domaine des Neurosciences intégratives. On peut se demander si ces postes seront attribués à des chercheurs conduisant leur recherche dans des UMR.

La différence de financement que reçoivent les unités relevant du CNRS et celles de l'INSERM n'est pas favorable à un rapprochement entre les deux organismes. En effet, les dotations par unité INSERM sont quasiment le double de celles du CNRS. De ce fait, certains laboratoires qui comprennent des chercheurs relevant des deux organismes préfèrent appartenir à l'INSERM. Ce biais n'est pas favorable à des rapprochements et à des interactions. Une politique concertée des deux organismes quant au financement des unités permettrait de résoudre ce problème.

5.3 LE PARTENARIAT AVEC LES HÔPITAUX

Pour les hôpitaux, la recherche biomédicale se fait à l'INSERM. Le CNRS n'y est pas véritablement reconnu. Là encore, on observe un déséquilibre. Des postes de Praticiens Hospitaliers de Recherche (PHR) existent et sont financés conjointement par l'AP et le CNRS, permettant à un assistant-chef de clinique ou à un interne d'effectuer une année de recherche à plein temps dans une unité CNRS. En revanche, les chercheurs CNRS ne sont pas reconnus à l'hôpital, et ils n'y ont aucun statut. Il est donc nécessaire d'élargir les conventions entre le CNRS et les hôpitaux. Cela est possible par différents moyens : création de vraies équipes de recherche en milieu hospitalier, postes de techniciens de recherche clinique, vacations et reconnaissance statutaire pour les chercheurs travaillant à l'hôpital à temps partiel, etc.

6 – DÉVELOPPEMENT ET APPRENTISSAGES

Le développement animal et humain constitue un domaine d'exploration central et fédérateur pour les recherches actuelles et futures

dans la section 29. Si le rôle de l'hérédité dans l'ontogenèse reste une question fondamentale, un nombre croissant de recherches concernant les capacités (perceptives, motrices, cognitives, sociales, langagières) au cours du développement (de la période intra-utérine jusqu'à la fin de la vie) montre l'importance de considérer les facteurs multiples pouvant déterminer le développement et les apprentissages ainsi que leurs pathologies. Ces déterminants incluent aussi bien l'héritage biologique de l'espèce que de nombreux aspects de son environnement dont seule l'étude conjointe permettra d'articuler les capacités précoces et les évolutions brutales ou au contraire, très graduelles, qui surviennent sur un empan temporel très large. Hormis l'étude des substrats neuronaux du comportement et de son évolution saine ou pathologique, les recherches mettent en relation l'ensemble des mécanismes endogènes et exogènes déterminant le développement et les apprentissages dans leur globalité. Les applications évidentes de telles recherches sont nombreuses et répondent, chez l'humain, à des besoins pressants dans le soutien institutionnel quotidien, dans la prévention, le diagnostic et la rééducation des troubles du développement et des apprentissages.

Dans cette perspective, cinq thèmes au moins semblent faire l'objet de débats critiques.

6.1 GÉNÉTIQUE ET DÉVELOPPEMENT COGNITIF

Dans la recherche des liaisons gènes-comportements, aucune des méthodes privilégiées (méthode des jumeaux, méthode des adoptions) n'a permis de mettre en évidence des liens directs entre gènes et comportement et encore moins de connaître les gènes. Le développement extraordinaire de la génétique moléculaire, le séquençage du génome humain et d'autres espèces, ont modifié profondément le paysage. Une approche particulièrement prometteuse pour la recherche des liens entre génétique et cognition dans notre espèce,

consiste à étudier les personnes ayant des maladies génétiques. On peut montrer que les profils psychologiques d'enfants atteints de pathologies telles que le syndrome de Williams, le syndrome du X fragile, le syndrome de Down, par exemple, sont bien différenciés malgré un tableau commun de déficit cognitif. Il est alors possible de rechercher les liens entre le trouble génétique et la spécificité du tableau psychologique. Ceci nécessite la collaboration étroite de différentes disciplines : psychologie, neuropsychologie, neurosciences, génétique et aussi spécialistes du modèle animal.

6.2 ENFANCE ANIMALE, ENFANCE HUMAINE : ASPECTS ÉPIGÉNÉTIQUES

Quelle que soit la lorgnette (psychologique, éthologique, physiologique) à travers laquelle on examine un organisme dans les phases précoces de son développement, on ne peut que reconnaître qu'il est un concentré de solutions « intelligentes » pour répondre à un nombre réduit de problèmes psycho-biologiquement désignés. Cet héritage de solutions « intelligentes » sélectionné en réponse à des contraintes de l'environnement incontournables, désigne les enfants animaux et humains comme des modèles d'étude particulièrement pertinents pour ceux qui tentent de comprendre les phénomènes de développement, d'apprentissage et de plasticité.

– a) l'étude de modèles animaux constitue une approche productive d'une part pour générer des hypothèses comparatives et stimuler des recherches analogues chez l'homme et d'autre part pour modéliser des principes fonctionnels qui sont expérimentalement inaccessibles chez l'humain pour des raisons éthiques.

– b) la cognition infantile émerge du jeu de déterminants multiples et redondants. Deux catégories globales de mécanismes contribuent à la construction de l'information qui régule les

conduites précoces et oriente les trajectoires de développement qui s'ensuivent : des mécanismes d'acquisitions et des mécanismes prédisposés.

– c) systèmes prédisposés et systèmes d'acquisition plastique coopèrent pour optimiser les réponses adaptatives immédiates et différées de l'organisme, coopération que se fait de façon privilégiée au cours de périodes dites sensibles. La délimitation temporelle de ces périodes sensibles et leurs mécanismes d'ouverture et fermeture sont mal connues et sont des voies ouvertes à une exploration interdisciplinaire du comportement aux gènes et retour.

– d) dire que des mécanismes de traitement et d'intégration de l'information sont plastiques ou prédisposés n'a rien d'explicatif. Encore faudrait-il analyser la nature des interactions gènes-système nerveux et système nerveux-environnement qui font émerger ces mécanismes ainsi que la nature du changement développemental qu'ils induisent (stabilisation sélective, parcellisation cérébrale, encapsulation, transformation des représentations).

– e) les acquisitions précoces peuvent exercer une influence durable au cours du développement.

Une approche convergente des développementalistes de toute discipline est possible s'ils sont incités à appliquer de concert les méthodes que chacun possède sur de mêmes modèles de transitions psychobiologiques et ceci en s'appuyant sur des études longitudinales qui ont apporté et continuent d'apporter dans d'autres pays, des connaissances essentielles sur diverses facettes du développement sain et déviant.

6.3 DÉVELOPPEMENT ET APPRENTISSAGE

La distinction classique entre développement et apprentissage s'est progressivement atténuée au cours des dernières décennies

en psychologie cognitive avec les modèles connexionnistes et le renouveau des approches associationnistes. Toutefois, le raisonnement et la rationalité ont longtemps constitué un domaine où était conçu un développement distinct de tout apprentissage. Or l'étude développementale du raisonnement conditionnel, par exemple, laisse peu de doute sur le fait que non seulement ce raisonnement évolue fortement entre l'enfance et l'âge adulte même en dehors de tout apprentissage, mais qu'en outre cette évolution converge vers de comportements de plus en plus conformes à ce que prescrit la logique standard. Il semble par ailleurs que les écarts à cette logique sont explicables par les contraintes fortes que l'activité de raisonnement exerce sur des systèmes à capacité limitée. Ces conclusions ont été rendues accessibles par l'analyse développementale des comportements de sujets mis en situation de production d'inférences ou d'interprétation d'énoncés. Ces approches développementales ont par ailleurs permis d'élaborer des modèles fonctionnels extrêmement précis des processus en jeu dans le raisonnement. Ces modèles devraient rendre possible l'investigation des substrats neuronaux qui supportent les activités dites de haut niveau qui ont jusqu'ici été souvent négligées par les neurosciences.

6.4 VIEILLISSEMENT

Les pays industrialisés sont confrontés à un phénomène de vieillissement de la population. Cette augmentation de l'espérance de vie ne présente pas que des aspects positifs. Deux phénomènes préoccupants affectent en effet la qualité de vie et l'autonomie des personnes âgées. L'un est la fréquence de la dépression qui augmente avec l'âge et qui constitue un facteur de risque de suicide, particulièrement chez les hommes. L'autre est la fréquence accrue avec l'âge des maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer dont la prévalence passe de 0,7 % à 65 ans à 20 % à partir de 90 ans.

Si l'âge est le premier facteur de risque de la maladie d'Alzheimer, d'autres facteurs n'en demeurent pas moins importants : facteurs génétiques, facteurs liés aux pathologies vasculaires, facteurs liés au développement, facteurs sociaux, facteurs nutritionnels pour ne citer que les principaux. Alors que la détection de la maladie d'Alzheimer à un stade démentiel n'est plus un problème de recherche appliquée depuis une dizaine d'années, la détection des sujets qui décrochent progressivement de la normalité pour évoluer vers un stade démentiel est en revanche un thème où recherche fondamentale et recherche appliquée se renforcent mutuellement. En effet, la destruction progressive de l'appareil cognitif permet de mieux comprendre l'architecture normale. Par ailleurs la compréhension des pertes cognitives intervenant au cours du vieillissement nécessite de comprendre la mise en place de l'appareil cognitif au cours de l'ontogenèse et au cours de la phylogenèse.

Dans les recherches sur le vieillissement, il est donc important de resituer l'étude du vieillissement dans l'ensemble du développement. La recherche sur le vieillissement est et doit continuer à être multidisciplinaire : épidémiologie, neuropsychologie, psychologie cognitive, psychologie sociale, psychologie du développement, ergonomie mais également imagerie cérébrale fonctionnelle permettant d'appréhender chez l'homme des phénomènes de plasticité cérébrale et modèles animaux indispensables pour comprendre les mécanismes neurobiologiques de bouclage entre facteurs de risques, cerveau et cognition.

6.5 LES TROUBLES DU DÉVELOPPEMENT

La psychiatrie s'est ouverte ces dernières années aux apports de la psychologie expérimentale, en intégrant les notions de compétences et de continuité développementales.

Cette évolution a permis de distinguer en pathologie les troubles psychiatriques des troubles du développement. Parmi ces derniers, la distinction entre troubles spécifiques, touchant une compétence particulière et les troubles globaux du développement dans lesquels différentes compétences sont atteintes. Les troubles autistiques ont été ainsi intégrés dans cette dernière catégorie, définis par l'altération développementale des processus d'interaction et de communication. Cliniquement, ce tableau conduit à un retrait social marqué avec une perte des capacités d'initiation et de maintien de la relation, une altération importante de la communication verbale et non verbale, et un intérêt limité aux détails pour l'environnement associé à des routines comportementales très ancrées et difficiles à interrompre. À ce tableau, s'associe dans la majorité des cas (environ 75 %) un retard cognitif, caractéristique par son caractère hétérogène, avec un relatif maintien des capacités visuo-spatiales.

Ces perspectives développementales en pathologie ont ouvert des pistes de recherche importantes notamment avec les neurosciences et la psychologie expérimentale, permettant d'intégrer des modèles physiopathologiques complexes. Loin d'une causalité unique et linéaire, les troubles du développement apparaissent comme la conséquence d'un ensemble de facteurs dont la conjugaison conduit à difficultés majeures dans l'adaptation et le fonctionnement du sujet.

Une des questions soulevées est celle de la différence dans les processus normaux et pathologiques. La médecine a longtemps fonctionné sur un modèle catégoriel visant à « caricaturer » les différences entre le normal et le pathologique. Dans le domaine de la psychiatrie, ce modèle a son intérêt pour déterminer les stratégies thérapeutiques, mais également ses limites, en se heurtant, notamment aux définitions du normal en matière de développement. L'approche dimensionnelle, qui vise à isoler des dimensions cliniques pertinentes et continues, constitue un apport essentiel aux perspectives de recherche dans le champ de la psychopathologie.

7 – ANALYSE PROSPECTIVE SCIENTIFIQUE ET GESTION PRÉVISIONNELLE DES EMPLOIS ET DES COMPÉTENCES

- L'analyse prospective réalisée par la section 29, la définition d'axes prioritaires du projet d'établissement traduits en action dans le contrat d'action pluriannuel, ainsi que le départ à la retraite massif de chercheurs et d'ITA dans les prochaines années vont conduire à la mise en place de réseaux multidisciplinaires, de laboratoires et équipes-projets pluridisciplinaires, à des conversions thématiques et à des redéploiements de postes. Ces évolutions ne pourront s'accomplir sans qu'il y ait parallèlement une réflexion sur la gestion prévisionnelle des emplois et des compétences et *in fine* un effort important en formation.

- L'objectif du colloque du 24 et 25 septembre 2002 de la section 29 était d'identifier les axes de recherche à privilégier à l'avenir. Parallèlement à la préparation de ces journées scientifiques, un groupe de travail a été constitué par le président de section avec les correspondants formation de la section, des directeurs de laboratoires, des correspondants formation de laboratoires et des professionnels des ressources humaines (observatoire des métiers, formation). Ce groupe de travail s'est donné pour objectif d'élaborer un schéma directeur de formation qui traduira les orientations scientifiques prises par la section en compétences nouvelles à acquérir en prenant en compte les ressources actuelles identifiées, prévisibles et à prévoir (départs à la retraite, recrutements, mobilités, formations, partenariats, etc.). En effet, la prospective scientifique engagée doit être confrontée, pour trouver tout son sens, à l'état des lieux des ressources humaines de la section (effectifs, pyramides d'âge, compétences disponibles et transférables par formations internes, etc.).

- Élaboration du schéma directeur de formation

- Pour concrétiser ce schéma, une fois les axes scientifiques prioritaires énoncés et validés, scientifiques et DRH auront à :

Traduire les thématiques retenues, porteuses et émergentes en compétences nécessaires

On peut supposer que le développement des neurosciences computationnelles implique de conforter les compétences en mathématiques des chercheurs concernés. Le développement des sciences cognitives va certainement nécessiter des compétences croissantes en enregistrement de l'activité cérébrale (potentiels évoqués, MEG, IRM, IRMf, oculométrie, etc.), en acquisition et traitement des données, en statistiques et modélisation, le recrutement d'ingénieurs spécialistes en imagerie, en réalité virtuelle, etc. Le recours croissant à l'homme comme sujet d'expérimentation nécessitera de la part de l'ensemble des expérimentateurs d'être formés à cette approche du point de vue éthique, juridique, et de disposer d'une solide formation méthodologique en psychologie cognitive expérimentale. En outre, le post-génome est un enjeu majeur et il faut pouvoir établir des passerelles entre la population travaillant sur la génomique et celle des neurosciences. C'est ainsi que l'appropriation de la génomique par les neurosciences nécessitera un investissement important en biologie moléculaire pour, par exemple, l'obtention de souris transgéniques, voire l'analyse de l'expression des gènes par puces à ADN ou en protéomique, etc.

Identifier les populations nécessitant l'acquisition de ces compétences ou leur élargissement

Les animaliers auront besoin d'être formés (notamment dans le cadre de la préparation et du traitement des animaux transgéniques). Les chercheurs spécialisés dans l'étude du comportement devront élargir leurs connaissances et compétences théoriques dans des domaines tels que les techniques de mesure et d'analyse de l'activité cérébrale, la méthodologie expérimentale en psychologie cognitive,

l'éthique, la génomique, etc. Des experts en biologie moléculaire devront être recrutés par mobilité et formés aux neurosciences de façon à favoriser le travail en commun.

Identifier les populations potentiellement fragilisées :

- par un pyramidage des âges élevé : par exemple, les ingénieurs en sciences sociales dont, si rien n'est fait, les effectifs vont disparaître dans les 8 années à venir ;

- par les sous-traitances prévisibles : dans le cas où certaines opérations ne justifient plus le maintien d'un emploi spécifique au sein du laboratoire ;

- par la réorganisation de certaines infrastructures : par exemple, le développement des plateaux techniques ou encore le regroupement des petites animaleries.

- C'est donc à partir des décisions qui seront prises au niveau de la section et validées par le département scientifique que des plans de formation pour ces populations pourront être conçus.

Mise en œuvre du schéma directeur de formation.

À partir de là, les professionnels de la formation auront à construire/proposer les actions de formation qui répondent aux besoins identifiés, facilitant les (ré)orientations thématiques, conceptuelles et méthodologiques, en s'appuyant sur :

- les ressources internes identifiées ou à rechercher ;

- l'enquête menée par les correspondants formation de la section qui a mis en évidence une série de compétences que les détenteurs étaient prêts à transférer (offres de formation), par exemple :

- étude du comportement sensori-moteur en réalité virtuelle (sous forme d'école thématique) ;

- expérimentation chez l'homme couplant études comportementales et imagerie cérébrale (sous forme de cours et d'atelier) ;

– acquisition de données et programmation du système temps réel Keithley (sous forme de tutorat) ;

– les écoles doctorales ;

– les formations interdisciplinaires mises en place par les universités (par exemple : Sciences Cognitives) ;

– d'éventuels experts étrangers ;

– etc.

Ce schéma directeur de formation servira de référent pour les plans de formation d'unité dont la conception devra être généralisée et approfondie.

