

Journée en l'honneur de Pierre et Arlette Buser

De la sensori-motricité à la cognition

Paris, Jussieu, Bâtiment Esclangon, Vendredi 20 Juin 2003

Organisation : Jean-Gaël Barbara, André Calas, Jean Mariani

Programme

09:00	Accueil et Présentation : Jean Mariani et André Calas
09:15	
Introduction : Pierre Buser	
Première Séance, présidences : Marie-Jo Besson et Yves Laporte	
09:15	Claude Debru Le problème du temps : de la psycho- à la neurophysiologie (1830-1930)
09:45	
09:45	Robert Naquet Arlette et Pierre Buser : de la science aux organisations internationales
10:15	
10:15	Chantal Milleret Intégration interhémisphérique visuelle par le corps calleux et plasticité chez le Mammifère supérieur
10:45 - 11:00	Pause
Deuxième séance, présidences : Marc Jeannerod et Henri Korn	
11:00	Marie-Françoise Montaron et Jean-Jacques Bouyer Rythmes thalamo-corticaux d'attention
11:30	
11:30	Marie-Hélène Canu Origine thalamique et système de contrôle des rythmes électrocorticaux d'attention
12:00	
12:00	Jean-Marie Cabelgue Plasticité des réseaux locomoteurs des Vertébrés
12:30	
13:00	Buffet
14:45	
Troisième séance, présidences : Mario Wiesendanger	
15:00	Alain Berthoz Bases neurales du contrôle du regard=
15:30	
15:30	Michel Imbert Les interactions multimodales dans le cortex primaire
16:00	
16:00	Michèle Fabre-Thorpe Voir et agir : études chez le Chat, le Singe et l'Homme
16:30	
16:30	Susan Sara Attention, comportement d'attente et activité des neurones du locus caeruleus
17:00	Collation

Résumés

Le problème du temps : de la psycho- à la neurophysiologie (1830-1930)

Claude Debru

Département de philosophie, Ecole normale supérieure, rue d'Ulm, Paris

Nous souhaitons rappeler dans cette communication certains des soubassements historiques des conceptions actuelles sur la temporalité psychophysiologique et les rythmes cérébraux. La psychophysiologie s'est constituée pour l'essentiel dans les pays germaniques au XIXe siècle, dans le sillage du psychologue Johann Friedrich Herbart (qui a tenté de donner une estimation de la durée maximale présente à la conscience, sorte d'unité de temps de la conscience parfois baptisée également présent spécieux) et du physiologiste Johannes Müller (dont la théorie de l'énergie spécifique des nerfs a beaucoup animé les discussions en la matière vers le milieu du siècle). Contre l'opinion de son maître Johannes Müller, qui jugeait la chose impossible, le physicien et physiologiste Hermann von Helmholtz mesura en 1850 la vitesse de l'influx nerveux. La physiologie devient alors un champ d'application pour la physique, dans une extraordinaire efflorescence de travaux dont les plus importants sont ceux de Fechner, de Helmholtz, de Mach, travaux qui concernent, entre autres, l'aspect psychophysiologique du problème du temps (mesure du "sens temporel" de l'audition par Mach en 1865, mesure du temps nécessaire à un stimulus visuel pour parvenir à la conscience par Helmholtz en 1870) - travaux auxquels participent également des philosophes comme Wilhelm Wundt (notable pour sa théorie des inférences inconscientes, partagée avec Helmholtz, et pour son intérêt pour les erreurs temporelles) et Hermann Lotze (auteur des théories du signe local et du signe temporel, qui avec Fechner soutient l'idée que l'âme ne perçoit que les aspects intensifs de la transmission nerveuse, c'est-à-dire essentiellement les fréquences). L'école allemande se caractérise par un mélange exceptionnel de subtilité expérimentale et d'audace spéculative. A la fin du XIXe siècle émerge l'école anglaise de physiologie, dont les deux plus illustres représentants sont Sherrington et Adrian. Nous rappellerons les travaux qui, dans l'école anglaise, ont amené Lord Edgar Douglas Adrian à découvrir le codage fréquentiel, transformation de l'intensité du stimulus en fréquence de décharge, l'un des acquis les plus importants de la neurophysiologie au XXe siècle, base physiologique des travaux ultérieurs sur les rythmes cérébraux.

Intégration interhémisphérique visuelle par le corps calleux et plasticité chez le Mammifère supérieur

Chantal Milleret

Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action, Collège de France, Paris

Chez les Mammifères, les hémisphères cérébraux coopèrent l'un avec l'autre par l'intermédiaire des commissures cérébrales. Parmi celles-ci, le corps calleux est la plus importante au moins par le nombre de fibres qui la compose (200 à 800 millions suivant les espèces). Bien que celui-ci ait été considéré comme la localisation de l'âme au 18ème siècle, par De La Peyronie par exemple, il est maintenant bien établi qu'il transporte des messages aussi divers que des messages visuels, limbiques, auditifs, somesthésiques et moteurs d'un hémisphère à l'autre. Aussi, le corps calleux s'est-il révélé être impliqué dans des fonctions cognitives supérieures telles la perception sensorielle, la motricité, l'apprentissage et la mémoire.

En dépit de l'établissement de ces concepts importants, la connaissance du corps calleux reste encore extrêmement incomplète, que ce soit chez l'adulte ou au cours du développement, qu'il s'agisse des conditions normales ou pathologiques. Ainsi, par exemple, si l'on sait que le système visuel des mammifères supérieurs est organisé de telle sorte que chaque moitié (droite et gauche) du champ visuel est représentée dans l'hémisphère contralatéral, et que le corps calleux participe activement à la fusion des deux hémichamps visuels en établissant des connexions interhémisphériques réciproques, la contribution exacte du corps calleux dans la perception du champ visuel global reste réellement à définir tant d'un point de vue anatomique que fonctionnel. En d'autres termes, la façon dont les caractéristiques de l'intégration interhémisphérique conditionne la perception visuelle est encore à l'heure actuelle fort mal connue. Or, ces questions sont essentielles puisqu'elles posent directement le problème du rôle de l'intégration interhémisphérique calleuse dans la perception visuelle dans les conditions normales ; elles touchent également le problème du rôle de cette même intégration dans les processus de réorganisation et de compensation qui peuvent se développer tout au long de la vie dans le cas d'une vision anormale.

Voici maintenant une vingtaine d'années, Pierre Buser et moi-même avons précisément décidé d'aborder ces questions fondamentales en étudiant les connexions calleuses reliant les aires visuelles corticales *primaires* 17 et 18 dans différentes situations expérimentales (normales et pathologiques de vision) chez le Chat. Notre objectif a donc été de définir les caractéristiques anatomo-fonctionnelles de l'intégration interhémisphérique entre ces aires dans ces différentes conditions. Notre objectif a été aussi d'identifier au moins certains des mécanismes responsables de sa plasticité. Au fil des années, nous avons ainsi étudié les bases neurales de la perception de la portion médiane verticale centrale du champ visuel, c'est-à-dire une région hautement stratégique d'un point de vue perceptif. En effet, cette région non seulement participe à la fusion des deux hémichamps visuels, mais elle inclut aussi la vision foveale, elle est très fortement impliquée dans la perception stéréoscopique et, de plus, elle constitue une référence de verticalité à la fois perceptive et posturale.

Au cours de cette Conférence, je résumerai nos résultats principaux en comparant tout particulièrement les capacités adaptatives de l'intégration interhémisphérique dans les conditions anormales de vision (vision monoculaire ou strabisme unilatéral), alors que ces conditions ont été induites soit au cours de la période de développement postnatal soit à l'âge adulte. De façon surprenante, nous verrons alors apparaître à la fois des différences mais également des similitudes dans les deux situations, alors que les mécanismes mis en jeu sont totalement différents. Je montrerai aussi comment cette série d'études dans le domaine des Neurosciences Intégratives a permis, et permettra plus encore à l'avenir, d'établir des ponts entre des disciplines aussi diverses que la Biologie Moléculaire, la Génétique, la Biologie Cellulaire, la Psychophysique, la Médecine, la Modélisation et les Mathématiques

Rythmes thalamo-corticaux d'attention

Marie-Françoise Montaron et Jean-Jacques Bouyer

Unité INSERM 588, Physiopathologie du comportement, Bordeaux

Pendant de nombreuses années, l'électroencéphalographie ou électrocorticogramme (ECoG) chez l'animal permettait de faire la distinction entre les états de veille caractérisés par un tracé ECoG désynchronisé et le sommeil qui se reconnaissait aux grandes oscillations en forme de « fuseaux ».

L'originalité du travail de notre équipe a été d'observer que pendant la veille, l'ECoG n'était pas entièrement désynchronisé, et qu'à condition de placer les électrodes à des endroits bien précis du cortex, il était possible d'enregistrer des rythmes particuliers lors de différents états attentionnels. Dès lors, il était possible à partir de l'analyse de ces activités rythmiques de raisonner non plus en termes de vigilance mais bien en classes d'attention. Nous avons donc mis au point plusieurs situations standard, stables et bien définies, favorisant sans aucune habitation l'attente ou la focalisation de l'attention.

Ainsi pendant l'attention focalisée, lorsque le sujet s'immobilise pour regarder, écouter ou sentir, on recueille sur le cortex frontal et sur l'aire pariétale 5a des bouffées de rythmes de fréquence voisine de 40 Hz, appelés rythmes bêta. Ces rythmes se retrouvent homorythmiquement dans le groupe POm du thalamus et sont sous contrôle dopaminergique.

Lors de l'attente, lorsque le sujet porte son attention sur un objet absent mais hautement susceptible d'apparaître, des rythmes de fréquence voisine de 10 Hz sont recueillis dans l'aire somesthésique SI. Parallèlement à ces rythmes de type mu, des rythmes alpha sont recueillis dans l'aire visuelle. Ces deux activités participeraient à l'attente, les rythmes mu en maintenant l'immobilité, les rythmes visuels en empêchant le traitement de l'information visuelle.

A coté de ces situations d'attention, il existe des situations de non-attention ou de retrait d'attention pendant lesquelles des rythmes lents à environ 5Hz peuvent être recueillis aussi bien dans les aires somesthésiques que visuelles ou auditives.

En conclusion, l'ensemble du travail réalisé dans l'équipe d'Arlette Rougeul-Buser a montré qu'à chaque classe d'attention correspondait une classe de rythmes.

Chacun des rythmes néocorticaux a son « patron » précis avec sa localisation, sa bande de fréquence. De plus, il s'agit non tant seulement de rythmes corticaux que d'entités thalamo-corticales modulées par des systèmes monoaminergiques.

Origine thalamique et système de contrôle des rythmes électrocorticaux d'attention

Marie-Hélène Canu

Laboratoire de Plasticité Neuromusculaire, Université Lille1, Villeneuve d'Ascq

Depuis 1974, A. Rougeul s'intéresse aux activités rythmiques électrocorticales globales. Elle a montré qu'il existe une relation stricte entre certains comportements naturels d'attention et les activités électrocorticographiques. Ainsi la focalisation de l'attention sur un objet présent dans l'environnement s'accompagne-t-elle toujours chez le chat de l'apparition sur le cortex fronto-pariétal de rythmes rapides « bêta », de fréquence comprise entre 35 et 45 Hz selon les sujets. De même, l'attente d'un objet absent mais hautement susceptible d'apparaître s'accompagne de rythmes plus lents « mu », entre 12 et 18 Hz, sur l'aire somesthésique primaire.

Rythmes bêta et rythmes mu sont loin d'être des phénomènes purement corticaux ; ils ne sont sur le cortex que la partie visible de circuits très complexes impliquant de nombreuses structures sous-corticales. Chacun des rythmes d'attention a notamment un foyer thalamique bien délimité, et nous avons constaté que les activités électro-encéphalographiques étaient homorythmiques dans les deux foyers, superficiel et profond.

Nous avons alors entrepris une exploration unitaire au sein des foyers thalamiques impliqués. Cette étude montre que, pour les différentes classes d'attention, chacun des rythmes corticaux étudiés tire son origine d'un petit noyau thalamique précis, et dans ce noyau, d'un faible nombre de cellules homorythmiques (<10% du total des cellules étudiées), dispersées à l'intérieur du noyau et non pas groupées en un foyer, et synchrones. Ainsi, chaque situation d'attention est liée à l'activité d'un canal thalamocortical : POm à cortex pariétal (5a) pour les rythmes bêta d'attention focalisée, VP cortex somesthésique primaire pour les rythmes mu d'attente.

Une étape supplémentaire a été franchie lorsque nous avons montré que ces ensembles de cellules sont tous deux modulés par des structures monoaminergiques du cerveau postérieur. Ainsi les rythmes mu n'apparaissent qu'après blocage de l'activité noradrénérinique NA issue du locus coeruleus, alors que l'aire tegmentale ventrale, structure dopaminergique, joue un rôle permissif dans le déclenchement des ondes successives de l'activité rythmique corticale bêta. Nous savons déjà que les rythmes alpha ont un foyer thalamique dans le corps genouillé latéral, et les rythmes lents somesthésiques dans un noyau thalamique médian. Il est vraisemblable que tous ces systèmes thalamo-corticaux impliqués dans les différentes classes d'attention fonctionnent suivant le même mécanisme.

Plasticité des réseaux locomoteurs des Vertébrés

Jean-Marie Cabelguen

Physiopathologie des Réseaux Neuronaux Médullaires. INSERM E 358, Institut F. Magendie, Bordeaux

La plasticité des réseaux neuronaux locomoteurs de Vertébrés peut revêtir plusieurs formes. Ce peut être l'adaptation de la commande locomotrice aux contraintes environnementales (« plasticité fonctionnelle ») ou la restauration, totale ou partielle, de l'activité locomotrice après lésion médullaire (« plasticité post-lésionnelle »).

En ce qui concerne la plasticité fonctionnelle, l'existence d'une organisation complexe de la commande centrale de l'activité locomotrice (« locomotion fictive ») ainsi que le contrôle de son expression par les informations périphériques/centrales ont été initialement démontrés, il y a une vingtaine d'années, au sein du Laboratoire de Neurophysiologie Comparée (Perret 1976 ; Perret et Cabelguen 1976, 1980 ; Vidal et Viala 1979). Les concepts issus de ces travaux ont été "retrouvés" (cf. Burke 1999, 2001) et certain d'entre eux validés pour d'autres activités motrices rythmiques (cf. Feldman et al. 1988), ce qui somme toute témoigne de leur robustesse. Par ailleurs, de nombreux travaux ont mis en évidence la plasticité post-lésionnelle des réseaux médullaires locomoteurs,

les possibilités de restauration d'un contrôle supraspinal de la locomotion étant toutefois limitées aux Vertébrés inférieurs (cf. Schwab and Bartholdi 1996; Rossignol 2000). Cependant, les mécanismes neurobiologiques qui sous tendent la récupération de la fonction locomotrice sous-lésionnelle sont inconnus.

Nos travaux de recherche actuels ont pour objectif de mieux comprendre les mécanismes de ces deux formes de plasticité médullaire, à l'échelon cellulaire et à celui du réseau neuronal.

Pour aborder cette question, nous avons choisi comme modèle expérimental un tétrapode primitif, l'urodèle *Pleurodeles waltl*, car, d'une part, cet animal peut exprimer spontanément deux modes locomoteurs (nage/marche terrestre) (plasticité fonctionnelle) et, d'autre part, il manifeste à l'âge adulte des capacités spontanées de restauration locomotrice à la suite d'une transection complète de sa moelle épinière (plasticité post-lésionnelle). Les urodèles présentent en outre l'avantage d'avoir un système nerveux qui, même à l'âge adulte, peut survivre plusieurs heures en conditions *in vitro*. Cela crée donc des conditions expérimentales favorables à l'emploi des techniques électrophysiologiques, pharmacologiques et morphologiques d'exploration au niveau cellulaire et moléculaire des réseaux médullaires locomoteurs et de leurs modifications post-lésionnelles.

Nos études *in vivo* (Delvolvè et al. 1997; Cabelguen et al. 2003), *in vitro* (Delvolvè et al. 1999) et de modélisation (Bem et al. 2003; Ijspeert and Cabelguen 2003) montrent que les deux modes locomoteurs sont engendrés à partir d'une même chaîne d'oscillateurs couplés, le niveau d'activation de cette chaîne et les influences proprioceptives déterminant le mode locomoteur. De plus, nos résultats obtenus chez l'animal spinal (Cabelguen and Chevallier 2001; Potapova and Cabelguen 2002; Chevallier et al. 2003) mettent en évidence des modifications post-traumatiques, à court et à long terme, de l'architecture des réseaux locomoteurs et de leur contrôle par les neuromodulateurs ainsi que leur ré-innervation par des axones réticulospinaux sérotoninergiques et glutamatnergiques. Les mécanismes moléculaires et cellulaires qui sous-tendent ces modifications sont en cours d'étude. Leur connaissance devrait permettre la mise au point de stratégies thérapeutiques visant à retarder ou à minimiser l'altération de la fonction locomotrice apparaissant après lésion médullaire ou à améliorer sa restauration chez l'Homme.

Bases neurales du contrôle de l'orientation du regard

Alain Berthoz

Collège de France. Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'action CNRS

L'orientation du regard est assurée par la saccade oculaire et des mouvements d'orientation de la tête. Ceux ci sont organisés avec une hiérarchie de mécanismes que nous avons étudié chez le chat et chez l'homme.

On trouve au niveau du tronc cérébral, dans la formation réticulée pontique, un générateur de saccades horizontales dont nous avons étudié les éléments en utilisant l'injection intra-axonale de peroxydase du raiort chez l'animal éveillé. Cette méthode permet de reconstruire à la fois l'anatomie et la physiologie des neurones dans des conditions de comportement normal. Ce générateur est sous contrôle de neurones inhibiteurs qui effectuent un contrôle temporel de la saccade. Ce générateur saccadique reçoit des commandes de deux grands réseaux neuronaux qui contrôlent la saccade:

Le premier est un réseau rétino-tecto-réticulo-spinal qui assure les mouvements d'orientation rapides vers des cibles visuelles (ou acoustiques) d'intérêt pour l'animal. Nous avons étudié les transformations visuo-motrices dans le premier réseau chez l'animal. Les neurones tecto-réticulo-spinaux sont le siège d'une activité phasique qui contrôle les paramètres dynamiques de la saccade oculaire, l'intégration étant effectuée au niveau de la réticulée (noyau prépositus hypoglossi).

Le second réseau est cortical, nous en avons étudié les principales stations chez l'homme par des techniques d'imagerie cérébrale (IRMf). Nous avons découvert un réseau pariéto-frontal d'aires impliquées successivement dans les mouvements endogènes volontaires les plus simples (champ oculomoteur frontal, champ oculomoteur supplémentaire, cortex cingulaire antérieur). Les séquences de saccades mémorisées qui impliquaient une tache visuo-motrice les memes trois aires ci dessus plus un réseau pariéto-frontal. Les séquences de saccades nouvellement apprises qui impliquent l'activation du cortex préfrontal. Et enfin les mouvement d'orientation qui exigent une décision. Ils impliquent plusieurs régions du cortex préfrontal et du cortex cingulaire.

Ces donnée permettent aussi de décrire les différences entre l'animal et l'homme. par exemple l'existence chez l'homme de deux champs oculomoteurs frontaux. Elle permettent aussi de proposer une théorie pour expliquer que les mêmes régions du cerveau sont activées par l'imagination du mouvement et son exécution. Enfin elle fournissent des données anatomo-fonctionnelles utiles pour guider les procédures des eneuro-chirurgie.

En suivant la voie tracée par Pierre et Arlette Buser nous avons engagé (en collaboration avec des neurologues et des spécialistes de la synchronisation et des oscillations) des travaux d'enregistrement intra-cérébraux chez des patients épileptiques.

Berthoz A (1988) *The role of gaze in compensation of vestibular dysfunction: the gaze substitution hypothesis*. Prog. Brain Res. 76: 411-420 Berthoz A (1996) *The role of inhibition in the hierarchical gating of executed and imagined movements*. Cognitive Brain Research 3: 101-113 . Grosbras MH, Lobel E, Van De Moortele PF, LeBihan D, Berthoz A (1999) *An anatomical landmark for the supplementary eye fields in human revealed with functional magnetic resonance imaging*. Cereb. Cortex 9: 705-711 . Israël I, Rivaud S, Gaymard B, Berthoz A, Pierrot-Deseilligny C (1995) *Cortical control of vestibular-guided saccades in man*. Brain 118: 1169-1183 . Lopez-Barneo J, Darlot C, Berthoz A, Baker R (1982) *Neuronal activity in prepositus nucleus correlated with eye movement in the alert cat*. J. Neurophysiol. 47: 329-352.Petit L, Orssaud C, Tzourio N, Crivello F, Berthoz A, Mazoyer B (1996) *Functional anatomy of a prelearned sequence of horizontal saccades in humans*. J. Neurosci. 16: 3714-3726 . Petit L, Orssaud C, Tzourio N, Salamon G, Mazoyer B, Berthoz A (1993) *PET study of voluntary saccadic eye movements in humans: Basal ganglia-thalamocortical system and cingulate cortex involvement*. J. Neurophysiol. 69: 1009-1017. Yoshida K, McCrea RA, Berthoz A, Vidal PP (1982) *Morphological and physiological characteristics of inhibitory burst neurons controlling horizontal rapid eye movements*. JNP 48: 761-784

Les interactions multimodales dans le cortex primaire

Michel Imbert

Institut Universitaire de France, DEC-ENS, rue d'Ulm, Paris

Il est classique de considérer que les différentes modalités sensorielles restent bien séparées depuis les récepteurs jusqu'aux aires primaires. Pourtant, tout ce qui arrive à un moment donné dans le monde engage simultanément plusieurs entrées sensorielles, ce

qui fait que dès les stades les plus précoce du développement, ce sont des informations multimodales, généralement cohérentes, qui convergent dans le cerveau. Des discordances entre plusieurs modalités sensorielles existent en permanence au cours de la croissance normale d'un organisme, l'exemple classique étant l'accroissement de la distance entre les deux yeux ou entre les deux oreilles ; la correspondance entre la direction d'un son ou d'une cible visuelle d'une part, et la disparité binaurale ou la disparité binoculaire d'autre part, va être altérée. Il faudra donc en permanence re-calibrer les processus discordants entre eux pour ramener le traitement vers plus de véracité ; ces corrections seront d'autant plus efficaces si la susceptibilité à l'erreur est prise en compte dans leur calcul.

Nous nous proposons de passer en revue un certain nombre d'expériences qui suggèrent que l'idée généralement acceptée, héritée de Johannes Müller, selon laquelle les fonctions sensorielles primaires seraient isolées les unes des autres, et que le cortex sensoriel primaire serait spécifique d'une modalité, devrait être révisée.

Voir et agir : études chez le Chat, le Singe et l'Homme

Michèle Fabre-Thorpe

Centre de Recherche Cerveau et Cognition UMR 5549, Faculté de Médecine de Rangueil, Toulouse

J'ai toujours été passionnée par les traitements complexes que notre cerveau était capable de réaliser dans la vie quotidienne avec une surprenante précision et une extraordinaire rapidité. Pendant mes quinze premières années de recherche, dans le laboratoire de Neurophysiologie Comparée du Pr. Buser je me suis intéressée au comportement de prédation. Les processus cérébraux qui permettent le contrôle d'un mouvement dirigé vers une cible fixe sont encore loin d'être totalement élucidés, mais le problème devient plus ardu encore lorsque le mouvement est réalisé vers une cible qui se déplace de façon aléatoire, puisque le système doit faire preuve d'anticipation et d'une parfaite connaissance du découpage temporel de ses actions. Pour déterminer les structures cérébrales *indispensables* à l'exécution d'un pointage vers une cible mobile, nous avons choisi de travailler chez le chat, prédateur né, en remplaçant la souris par un levier puis plus tard par un point de lumière. A l'époque le modèle qui animait les conférences était celui de Allen et Tzukahara (1974). Il faisait apparaître le noyau ventrolatéral du thalamus comme une étape cruciale dans le contrôle moteur. Ma contribution la plus importante a sans doute été de montrer que la lésion de cette structure reste sans effet sur le geste acquis, mais qu'elle perturbe à la fois l'apprentissage de ce geste et la récupération fonctionnelle qui se développe après une autre lésion cérébrale.

Mes intérêts se sont ensuite dirigés vers un autre comportement, d'apparence banal, mais qui nécessite des traitements d'une incroyable complexité. L'analyse visuelle rapide des scènes naturelles, celle qui nous permet de zapper d'une chaîne de TV à l'autre ou de feuilleter rapidement les feuillets d'un magazine. A Toulouse, au CERCO, je me suis intéressée au traitement visuel rapide des scènes naturelles, et plus spécifiquement aux traitements mis en jeu dans une tâche de catégorisation visuelle rapide (animal versus non animal) dans des conditions extrêmes de fonctionnement du système, puisque les photographies ne sont présentées que pendant 20 ms. Ces études menées en parallèle chez le singe macaque et chez l'homme ont montré de grandes similarités entre ces deux espèces. Elles ont caractérisé les premières réponses comportementales obtenues à des latences dont la brièveté était difficile à expliquer avec les modèles alors disponibles. Le système utilise les informations magnocellulaires (robustesse à l'absence de couleur, aux modifications de contraste et de luminance), les traitements sont effectués à une vitesse optimale (ils ne sont pas accélérés lorsque les photographies sont devenues familières) et le parallélisme du système est impressionnant (traitement simultané de deux images sans coût temporel). Les traitements rapides seraient ainsi massivement parallèles et essentiellement feed-forward.

L'évolution pourrait avoir doté hommes et singes de processus de traitement rapides et efficaces communs aux deux espèces. L'idée serait celle d'un traitement séquentiel. Dans des conditions exemptes de contraintes temporelles, la première analyse rapide (mise en évidence dans la catégorisation rapide) pourrait orienter de façon « intelligente » le déroulement de processus plus tardifs, aboutissant à une perception fine et détaillée.

Attention, comportement d'attente et activité des neurones du locus cœruleus Neuromodulation et Processus

Mnésiques, UMR

Susan J. Sara

7201 Université Pierre & Marie Curie, Paris

Le travail d'Arlette et de Pierre Buser et de leurs collaborateurs a nettement distingué deux états d'attention induits chacun par une situation comportementale spécifique et possédant chacun un rythme cortical caractéristique. Le premier est un état d'attention focalisée, illustré par un chat en contact visuel avec une souris et qui manifeste une prédominance de rythme gamma au niveau du cortex somesthésique. L'autre est un état d'attente et d'anticipation, qui est typiquement celui d'un chat guettant une souris cachée dans une fente. Ici, le rythme caractéristique est un rythme μ d'environ 12 Hz. Les études de lésions et les études pharmacologiques suggèrent que l'apparition de l'état d'attention focalisée dépend des systèmes monoaminergiques du tronc cérébral et particulièrement du noyau noradrénal du locus cœruleus.

Au cours des dernières années, nous avons régulièrement enregistré, chez le rat, les unités du locus cœruleus, dans des situations comportementales variées. Nos premières études nous ont permis d'établir que le système noradrénal était impliqué dans l'attention à la nouveauté (Vankov et al., 1997), ou lorsque l'attention était mobilisée à nouveau par un changement des relations entre stimulus et renforcement (Sara & Segal, 1991). Des études plus récentes, avec un protocole comportemental conçu pour solliciter successivement l'attention focalisée et l'attente au cours du même essai, suggèrent que les neurones du locus cœruleus donnent une réponse d'excitation à un stimulus alertant, donné en début d'essai (et contribuant à focaliser l'attention?) et ensuite une réponse d'inhibition juste avant la présentation du signal discriminatif anticipé. Nous ne savons pas si des rythmes gamma et μ corticaux sont associés à ces variations de l'activité unitaire du locus cœruleus. En revanche, il est clair que l'activité du locus cœruleus change avec les états d'attention induits par le protocole, d'une manière prévisible à partir des expériences des Buser.

Témoignages

Ayant eu le privilège de suivre l'enseignement de Pierre Buser dans le DEA de neurosciences et sciences cognitives de Paris VI et Paris VII en 1990, je souhaite dire que cet enseignement fait partie des deux ou trois enseignements scientifiques qui m'ont le plus profondément marqué. Pierre, tout le monde le sait, est un maître de précision dans un domaine qui ne tolère pas l'à peu près. En

matière scientifique comme en matière humaine, son jugement est d'une peu commune acuité. J'en fais régulièrement l'expérience : il a déjà compris très à l'avance ce que j'ai l'intention de lui dire et l'a d'ailleurs beaucoup mieux compris et mieux formulé que je ne puis le faire moi-même. Par une adéquation très remarquable à son domaine de recherche, sa pensée est aussi véloce et sûre que l'activité neurophysiologique qu'il étudie, activité dont on sait aujourd'hui, en partie grâce à des travaux menés à l'Institut des Neurosciences par ses collaborateurs, qu'elle peut être beaucoup plus rapide qu'on ne le pensait naguère. Comme l'était René Wurmser pour la biophysique ou la physicochimie biologique, Pierre Buser est, dans notre pays, l'un des détenteurs de la science neurobiologique du vingtième siècle et l'un des esprits les plus clairvoyants quant à celle du vingt-et-unième. Mais son expertise, son jugement, s'étendent bien au delà, vers la médecine, la psychologie, la psychologie des profondeurs pour ne pas dire la psychanalyse, la philosophie, l'histoire des sciences, sans compter la musique, et la littérature allemande dont le Strasbourgeois qu'il est de naissance - alors que Goethe ne l'était que d'adoption - a été imprégné.

On ne peut parler de Pierre sans parler d'Arlette, et réciproquement - symbiose scientifiquement et humainement exemplaire. On ne peut penser à eux sans penser à leurs travaux, pionniers, à la fugacité des activités corticales qu'ils enregistrent par des techniques nouvelles d'électro-encéphalographie - au fameux rythme à 40 Hz qu'Arlette a découvert avec Bouyer et dont la carrière a été celle que l'on sait. On ne peut penser à eux sans penser aux animaux qu'ils élèvent en les étudiant. Pierre et Arlette m'ont appris - entre autres choses - que la science n'est pas faite seulement de formules, de graphiques, ou de diverses espèces d'images. La science du vivant est faite du vivant, de l'animal en particulier, parfois si proche de l'homme, de son comportement et de son milieu. L'électrophysiologie sur tranches ne remplacera pas le travail avec l'animal. On ne peut parler non plus de Pierre et d'Arlette sans parler de la famille qu'ils ont construite, et de la grande famille de leurs amis, collègues et élèves nombreux sur lesquels ils font la plus forte impression et qu'ils guident, merveilleux accomplissement humain qui nous montre - ce que l'on ne sait pas encore assez - que la science et l'humanité sont choses consubstantielles.

Claude Debru

A Pierre Buser,

Il est parfois bien difficile d'exprimer par des mots tout ce que l'on peut ressentir tout au fond de soi pour un Homme tel que Pierre Buser qui m'a tellement donné pendant ces deux dernières décennies. A la fois Maître, Mentor et Ami, il m'a formé, conseillé et guidé dans mes initiatives, sans concession, avec exigence et sens critique, mais également avec attention, générosité et patience. Il m'a communiqué son amour pour notre métier, et m'a montré aussi ce qu'est le sens de l'effort et donner toujours le meilleur de soi (et plus encore) en toutes circonstances. Aujourd'hui, face à un tel privilège, je ne peux que lui dire « Merci » pour m'avoir autant donné et lui exprimer toute mon admiration, mon respect, mon amitié et mon affection.

A Arlette Rougeul-Buser,

Mes pensées admiratives, respectueuses, amicales et affectueuses vont également à Arlette. Femme de Science, j'ai toujours apprécié son immense passion pour notre métier et son omniprésent « dynamisme dans les rythmes ». Alors que nous avons collaboré quelque temps ensemble, de telles qualités ne pouvaient que me marquer et susciter mon admiration. Femme d'une grande Culture, nous avons aussi souvent discuté de sujets divers et variés et j'ai toujours appris de ces discussions. Femme d'une grande Générosité, elle m'a aussi toujours beaucoup touché par cette qualité si formidable mais qui, malheureusement, se fait de plus en plus rare par les temps qui courent dans le monde qui nous entoure. Aujourd'hui, je ne puis là encore que lui dire « Merci » pour ce qu'elle m'a apporté au fil des années.

Chantal Milleret

Ma première rencontre avec Monsieur Buser m'a laissé un souvenir bien présent. Je venais pour m'inscrire au DEA de Neurosciences et demander un stage de recherche dans son laboratoire. J'avais été amenée à cette démarche par Jean-Jacques Bouyer, mon vieil ami des années d'études à qui je dois la découverte de la recherche. J'ai tout de suite été confrontée au sourire rayonnant qui caractérise Monsieur Buser et aux sereines relations qu'il entretenait avec Simone Boffa... secrétaire et efficace cerbère contre lequel il n'a cessé de maugréer ce jour-là en l'affublant d'un nom de mammifère dont on sait qu'il regarde passer les trains! Mon sort a été vite réglé... avant d'envisager un DEA encore fallait-il que je me forme aux Neurosciences! Et je dois avouer que mes études en géologie, biologie animale et biologie végétale ne m'étaient pas d'une grande aide en Neurophysiologie Comparée... Je revins à l'attaque l'année suivante, parée d'une maîtrise de Neurosciences pour finalement décrocher mon stage. Monsieur Buser m'a offert le sujet qui a occupé toute la première partie de ma vie de chercheur : « le contrôle du pointage en direction d'une cible mobile ». L'élément central du poste expérimental qui a fonctionné plusieurs années était une grande casserole qu'il avait « payée de sa poche » au BHV et qui « ne lui avait pas coûté la peau des fesses !! ». La valeur du « point chercheur » de l'époque doit pouvoir faire pâlir d'envie nos gestionnaires actuels.

Nous n'avions rien pour nous entendre, il a toujours détesté la verdure et les anticyclones, fermé les fenêtres que j'ouvrais, enfumé mon bureau, mangé sans matières grasses, et adoré me provoquer sur mes opinions politiques. Pourtant nous nous sommes bien entendus ! Sollicité de toutes parts, il croulait sous les tâches administratives, mais pour chacun de mes problèmes, du plus gros au plus petit, la porte de son bureau m'a toujours été ouverte. Cette perpétuelle disponibilité m'étonne encore plus aujourd'hui, alors que je peux mesurer la lourdeur des charges qu'il assumait. Lorsque le problème se faisait trop ardu chacun se souviendra du lachique « ben mes agneaux, on n'est pas sorti de l'auberge ! » que Mario Wiesendanger sait nous imiter à la perfection. Mon « chef », comme je l'ai toujours appelé, n'a jamais eu très bon goût pour ses cravates, mais le scientifique a été un précurseur dans bien des domaines. Nous sommes aujourd'hui réunis pour rendre hommage à Monsieur et Madame Buser, un hommage bien mérité. Pierre Buser a été le premier à lever le voile sur le « silence sensoriel » des aires associatives et à montrer que le cortex moteur répondait à des stimulations visuelles et auditives, et il n'est pas besoin de rappeler les travaux d'Arlette Buser sur les rythmes corticaux maintenant si à la mode. Les résultats qu'ils ont tous deux obtenus au cours de leur carrière n'ont pas eu la reconnaissance internationale qu'ils méritent. Il faut sans doute en chercher l'explication dans l'ambition qui les animait, toute entière tournée vers la connaissance scientifique plutôt que la renommée ou la production à gros facteur d'impact. J'entends encore Monsieur Buser me dire « que voulez-vous Michèle, je n'ai pas su vendre ma salade! Et puis je n'aime pas faire le trottoir devant un poster ! » (à dire vrai la phrase a été légèrement modifiée !). Arlette et Pierre Buser n'ont jamais suivi les modes, ils ont toujours suivi leurs convictions.

Madame Buser m'a peut-être sauvé la vie un jour de Juillet 1986 et Monsieur Buser m'a tout appris de mon métier de chercheur c'est donc peu dire que je leur dois d'être là. Accessoirement Monsieur Buser m'a aussi appris le français (même si j'ai pesté de

nombreuses fois lorsque SON « en revanche » remplaçait MON « par contre » et décalait toute ma pagination à une époque où la machine à écrire était de mise), et il a aussi tenté (vainement) de m'apprendre la patience avec l'une de ses phrases les plus célèbres « il est urgent d'attendre ». Nous avons bien assez attendu pour vous rendre à tous deux cet hommage plus que mérité.

Michèle Fabre-Thorpe

C'est dans la grande famille « Attention et rythmes » que je fus accueillie dès mon DEA. Dans cette équipe fusaient de nombreuses discussions vives, animées et toujours très enrichissantes. Femme de Sciences d'une grande culture, Arlette, dans un grand souci d'ouverture d'esprit et sans aucun dirigisme a toujours permis à chacun d'entre nous de s'exprimer et d'entreprendre de nouvelles expériences. Arlette a su nous faire partager son enthousiasme débordant et son analyse novatrice et originale de l'ECoG. Peut-être trop avant-gardiste pour cette fin de siècle.

Et comment oublier ce jour, où Arlette appelée par le vétérinaire du jardin des plantes pour surveiller l'EEG d'un vieux chimpanzé qui allait être anesthésié m'a amenée avec elle et où nous nous sommes retrouvées dans la cage de ce mastodonte endormi sans pouvoir placer une seule électrode tant sa masse musculaire était importante.

C'est Pierre Buser qui m'a formée à l'électrophysiologie unitaire, je ne pouvais rêver d'avoir meilleur maître, même si nos manips commençaient souvent, très souvent, par cette phrase encourageante «je n'ai pas l'impression que l'on aura grand-chose aujourd'hui. Cette préparation ne me dit rien qu'y vaille !! ». Phrase rapidement suivie par « nous sommes face à une préparation cœur-poumons isolés !! »

Et puis la manip continuait et lorsqu'elle finissait c'était toute l'histoire des Neurosciences qui m'était comptée, mon seul regret ne pas avoir pris de notes.

Indissociables dans mon esprit je dirais avec affection respectueuse et admirative Merci Les Buser.

Marie-françoise Montaron