



L'annuaire du Collège de France

Cours et travaux

111 | 2012

Annuaire du Collège de France 2010-2011

Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action

CNRS-Collège de France UMR-7152

Sidney Wiener



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/annuaire-cdf/1733>

DOI : 10.4000/annuaire-cdf.1733

ISBN : 978-2-7226-0324-0

ISSN : 2109-9227

Éditeur

Collège de France

Édition imprimée

Date de publication : 1 avril 2012

Pagination : 929-934

ISBN : 978-2-7226-0156-7

ISSN : 0069-5580

Référence électronique

Sidney Wiener, « Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action », *L'annuaire du Collège de France* [En ligne], 111 | 2012, mis en ligne le 22 novembre 2013, consulté le 22 août 2022. URL : <http://journals.openedition.org/annuaire-cdf/1733> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/annuaire-cdf.1733>

Tous droits réservés

Laboratoire de Physiologie de la Perception et de l'Action CNRS-Collège de France UMR-7152

Responsable : Sidney WIENER

Le LPPA poursuit ses recherches avec des approches multidisciplinaires dans le champ des Neurosciences Intégratives chez l'homme et des modèles expérimentaux animaux. Nos thèmes de recherche sont centrés sur les bases neurales des fonctions cognitives, en mettant l'accent sur les interactions entre perception et action et bases neurales de la mémoire. Cette année, nos recherches se sont concentrées sur les points suivants :

Développement perceptif et intégration inter-hémisphérique

Équipe : Chantal MILLERET, Jérôme RIBOT, Alexej GRANTYN,
Emmanuel E. BUI QUOC, Yonane AUSHANA, Agathe LEGRAND, Cynthia LIONS

Chez les mammifères supérieurs, l'expérience visuelle postnatale détermine l'organisation anatomique et fonctionnelle des cartes neuronales présentes à chacun des niveaux du système visuel, jusqu'au cortex cérébral. Par là même, elle détermine la « qualité » de la perception visuelle elle-même. Mais son impact sur leur développement est en fait mal connu, surtout quand l'expérience visuelle postnatale est anormale. Dans le cadre de cette thématique, au cours de l'année qui vient de s'écouler, nous avons entre autres développé les deux axes de recherche suivants :

1) L'implication du cortex visuel primaire dans les processus de compensation qui se développent après cécité totale précoce via l'audition. Il est bien connu que des réponses auditives se développent au niveau du cortex visuel primaire des mammifères supérieurs aveugles précoces. Mais on ne savait pas si ces réponses étaient organisées et, dans l'affirmative, qu'elle était cette organisation. Chez des animaux adultes élevés à l'obscurité depuis leur naissance, nous avons tout d'abord confirmé que des réponses à des sons purs sont effectivement présentes au niveau de leur cortex visuel primaire. Nous avons en outre démontré que ces réponses sont organisées et ce de façon « discontinue », en « patches ». Alors que le cortex visuel présente une telle organisation dans les conditions normales de vision et que le cortex auditif présente au contraire une organisation « continue », « en bandes », ceci signifie que c'est le cortex visuel et non le cortex auditif qui « dicte » l'organisation de ces réponses après cécité.

2) L'étude des mouvements oculaires de saccades chez des enfants strabiques, avant et après chirurgie. Après strabisme, les mouvements oculaires sont bien entendu anormaux. Mais l'incidence d'une telle anomalie lors de l'exécution d'une tâche cognitive précise est mal connue, que ce soit avant ou après chirurgie du strabisme. Tel est le problème sur lequel nous nous sommes penchés chez des enfants âgés de 6 à 11 ans. Leurs mouvements oculaires ont été enregistrés avant et après chirurgie à l'aide d'un système video-oculographique non invasif, le « mobile Eyebrian Tracker » (Mobile EBTR), au cours d'une tâche de lecture ou d'une tâche de recherche d'une lettre précise (« r »). Nous avons ainsi démontré que l'amplitude moyenne de disconjugaison oculaire pendant et après la saccade

était anormalement élevée avant chirurgie, en particulier chez les sujets n'ayant aucune vision binoculaire, ce qui rendait pour eux les tâches à exécuter extrêmement difficiles. Mais leurs performances devenaient bien meilleures quelques mois après chirurgie.

Mémoire spatiale et navigation

Équipe : Sidney WIENER, Susan SARA, Michaël ZUGARO, Gabrielle GIRARDEAU, Anne CEI, Erika CERASTI, Julien CATANESE, Alessandro VIGGIANO

1) Détermination du délai de mise à jour des représentations des positions futures au sein de l'hippocampe

Nous nous intéressons tout particulièrement à l'hippocampe, une structure cérébrale qui est la première cible des altérations cellulaires et morphologiques accompagnant la maladie d'Alzheimer. Cette structure est connue pour jouer un rôle central dans la mise en mémoire des événements (mémoire épisodique). Certains neurones de l'hippocampe émettent des signaux électriques (en forme de potentiels d'actions) signalant le choix imminent de trajectoire de l'animal dans son environnement (« activité prospective »). Notre question est de savoir dans quelle mesure et avec quelle dynamique temporelle ces réponses prospectives hippocampiques peuvent-ils être reliées aux réseaux cérébraux impliqués dans la prise de décision. Dans ce dessein, nous avons enregistré l'activité prospective du rat au cours d'une tâche de prise de décision. Nous avons mis au point un paradigme permettant de comparer deux conditions expérimentales : 1/ alternation spontanée entre les bras d'un labyrinthe en T (la décision est anticipée), 2/ changements soudains de décision après la présentation d'un stimulus inattendu. Nous avons pu mettre en évidence que les activités anticipatrices apparaissent de façon retardée dans la condition où le rat change sa décision par rapport à la condition initiale de référence. Ce retard est de durée de plusieurs centaines de millisecondes (420 +/- 50ms) et semble plutôt long. En effet des mesures de délai du même type au niveau du colliculus supérieur ne correspondent qu'à 150 ms. Pris ensemble ces résultats suggèrent fortement que la décision serait prise en amont par d'autres structures comme le striatum bouclant avec le cortex préfrontale. Ainsi nous formulons l'hypothèse que les informations relatives à la décision sont transmises à l'hippocampe pour une éventuelle mise en mémoire épisodique via les cellules prospectives. Ces mécanismes permettraient ainsi la mise en mémoire de nos intentions.

2) Régulation de la dynamique des ondulations hippocampiques après plasticité synaptique résultant d'un apprentissage.

L'hippocampe est une structure cérébrale qui joue un rôle central dans la consolidation de la mémoire, c'est-à-dire dans la stabilisation et dans le stockage à long terme des informations acquises pendant l'éveil. Nos travaux précédents ont montré que ce processus mettait en jeu des oscillations hippocampiques rapides, appelées « ondulations », qui se produisent pendant le sommeil à ondes lentes, et au cours desquelles les neurones reproduisent spontanément l'activité produite au cours du comportement. Quel lien y a-t-il entre l'apprentissage de nouvelles connaissances et le déclenchement de ces ondulations ? D'un côté, le nombre d'ondulations augmente transitoirement après un entraînement sur une tâche d'apprentissage spatial. Mais par ailleurs, les réactivations des neurones n'ont lieu que pendant la première heure de sommeil suivant cette expérience, heure au cours

de laquelle ces réactivations diminuent graduellement. Ceci suggère que les ondulations augmentent ou diminuent en fonction des besoins de consolidation.

Nous avons donc testé si le fait d'interférer avec la consolidation affecterait l'activité hippocampique, en supprimant sélectivement les ondulations pendant le sommeil. Les résultats montrent qu'après apprentissage d'une tâche de mémoire spatiale sur un labyrinthe radial à huit bras, interrompre les ondulations induit une augmentation de leur fréquence d'apparition, comme par compensation. Fait remarquable, une telle augmentation ne se produit pas lorsqu'au lieu d'être confronté au labyrinthe, l'animal doit simplement se déplacer aléatoirement dans une enceinte circulaire familière pour recevoir des récompenses alimentaires : la perturbation des ondulations n'entraîne pas de compensation. Ceci suggère que ce phénomène est spécifiquement lié à l'apprentissage : il pourrait dépendre de modifications plastiques dans l'hippocampe et le cortex qui auraient lieu pendant l'entraînement, et qui nécessiteraient une consolidation pendant le sommeil. Pour tester cette hypothèse, nous avons injecté avant l'entraînement un bloquant des récepteurs NMDA, connus pour leur rôle dans la plasticité et l'étiquetage des synapses. Ceci a eu pour effet de supprimer l'augmentation des ondulations induite par notre protocole de perturbation, ce qui confirme l'implication de mécanismes de plasticité dépendant des récepteurs NMDA pendant la phase d'apprentissage.

Ainsi, les ondulations hippocampiques sont-elles soumises à une régulation dynamique liée à l'activation des récepteurs NMDA pendant l'acquisition durant l'entraînement. Ces résultats nous permettent de mieux comprendre le rôle et la physiologie des ondulations hippocampiques.

Approche probabiliste et perception active

Équipe : Jacques DROULEZ, Alain BERTHOZ, Pierre BESSIÈRE, Manuel VIDAL, Daniel BENNEQUIN, Guillaume THIBAUT, Jean-Luc PETIT, Delphine BERNARDIN, Najate JEBARA, Bérangère THIRIOUX, Laurent DOLLE, Steve N'GUYEN, Alexandre CONINX, Adrien BARTHOU, Gabriel SYNNAEVE

Nous étudions les interactions entre perception et action dans différentes tâches comportementales telle que perception des objets et du mouvement, rôle du regard et de la stabilisation de la tête dans la locomotion, apprentissage ou rôle de l'action dans la mémoire spatiale.

Études des fonctions sensorielles

Les interactions audio-visuelles sont étudiées dans le cadre de la rivalité binoculaire. Nous avons mesuré l'influence de la stimulation auditive sur les oscillations perceptives et l'influence du stimulus visuel supprimé sur la perception auditive. Nous avons également développé une nouvelle méthode d'analyse de la géométrie des canaux semi-circulaires basée sur la reconstruction des lignes de flux centrales. Cette méthode est applicable à différentes espèces fossiles ou vivantes et ouvre la voie à une comparaison interspécifique morphologique et fonctionnelle précise.

Études des fonctions mnésiques

Nous étudions l'impact de l'activité sur différentes composantes de la mémoire épisodique (ME) dans une tâche de navigation nécessitant des processus décisionnels ou moteurs, en simple ou double tâche. Nous avons montré que l'action peut améliorer certaines composantes de la ME mais uniquement lorsque l'action implique un processus simple. Nous étudions également la capacité de mémoriser des environnements 3D. Des premières études suggéraient que les sujets mémorisent préférentiellement l'organisation spatiale par plancher. Nous avons mené une étude récente, en collaboration avec EDF, qui montre que cette préférence résulte essentiellement de la façon dont l'environnement a été exploré pendant l'apprentissage.

Bases neurales des relations à autrui

Nous avons décrit différentes phases d'activation cérébrales, associées à des rythmes cérébraux spécifiques entre 80 et 400 ms, sous-tendant l'interaction avec autrui, à partir de données EEG de surface et intracrânielles. Nous avons testé notre paradigme moteur permettant de distinguer l'empathie de la sympathie sur une population de patients schizophrènes.

Regard et locomotion

Dans le cadre du projet européen RoboSoM, nous enregistrons les mouvements du corps et du regard pendant la locomotion humaine. Nous avons montré que le regard anticipe les mouvements de la tête et du corps. Ces données vont nous permettre de mieux comprendre comment les sujets planifient et contrôlent leur trajectoire en fonction de la tâche locomotrice.

Modélisation probabiliste

Depuis plusieurs années, nous avons publié un certain nombre de modèles Bayésiens de la sensori-motricité et du comportement humain ou animal. Une question ouverte est de comprendre les mécanismes qui permettent au cerveau de coder et de calculer les probabilités. Nous explorons l'idée selon laquelle les réseaux biochimiques de la signalisation cellulaire sont capables d'effectuer ces tâches computationnelles. Des modèles probabilistes sont aussi appliqués à la programmation des robots. Par exemple, nous développons actuellement un contrôleur probabiliste de l'équilibre et de la marche d'un robot humanoïde.

Participation aux programmes européens : CLONS et RoboSom.

PUBLICATIONS 2010-2011

Foubert L., Bennequin D., Thomas M.A., Droulez J., Milleret C., « Interhemispheric synchrony in visual cortex and abnormal postnatal visual experience », *Front. Biosci.*, 15, 2010, 681-707.

Grantyn A., Kuze B., Brandi A.-M., Thomas M.-A., Quenech'Du N., « Direct projections of omnipause neurons to reticulospinal neurons: A double labelling light-microscopic study in the cat », *J. Comp. Neurol.*, 518(23), 2010, 4792-812.

Legrand A., Bui Quoc E., Wiener-Vacher S., Ribot J., Lebas N., Milleret C., Bucci M., « Postural control in children with strabismus: effect of eye surgery », *Neurosci. Letters* (sous presse).

Benchenane K., Peyrache A., Khamassi M., Tierney P.L., Gioanni Y., Battaglia F.P., Wiener S.I., « Coherent theta oscillations and reorganization of spike timing in the hippocampal-prefrontal network upon learning », *Neuron*, 66(6), 2010, 921-36.

Battaglia F.P., Benchenane K., Sirota A., Pennartz C.M., Wiener S.I., « The hippocampus: Hub of brain network communication for memory », *Trends Cogn. Sci.*, 15, 2011, 310-318.

Eschenko O., Magri C., Panzeri S., Sara S.J., « Noradrenergic neurons of the locus coeruleus are phase locked to cortical up-down states during sleep », *Cereb. Cortex*, 2011 [Epub].

Gais S., Rasch B., Dahmen J.C., Sara S., Born J., « The memory function of noradrenergic activity in non-REM sleep », *J. Cogn. Neurosci.*, 23, 2011, 2582-2592.

Girardeau G., Zugaro M., « Hippocampal ripples and memory consolidation », *Curr Opin. Neurobiol.*, 21, 2011, 452-459.

Sara S.J., « Reactivation, retrieval, replay and reconsolidation in and out of sleep: connecting the dots », *Front Behav Neurosci.*, 4, 2010, 185-4.

Berthoz A., Thirioux B., « A spatial and perspective change theory of the difference between sympathy and empathy », *Paragrana* 19(1), 2011, 32-61.

Boë L.-J., Schwartz J.-L., Granat J., Heim J.-L., Serrurier A., Badin P., Captier G., Bessière P., « L'émergence de la parole : Aspects historiques et épistémologiques d'une nouvelle réarticulation », *Faits de Langues*, 37, 2011, 15-67.

Bullens J., Iglói K., Berthoz A., Postma A., Rondi-Reig L., « Developmental time course of the acquisition of sequential egocentric and allocentric navigation strategies », *J. Exp. Child Psychol.*, 107(3), 2010, 337-50.

Cleret de Langavant L., Remy P., Trinkler I., McIntyre J., Dupoux E., Berthoz A., Bachoud-Lévi A.C., « Behavioral and neural correlates of communication via pointing », *PLoS One*, 6(3), 2011, 1-10.

Chaperon Th., Droulez J. et Thibault G., « Reliable camera pose and calibration from a small set of point and line correspondences: a probabilistic approach », *Computer Vision and Image Understanding*, 115(5), 2011, 576-575.

Colas F., Diard J., Bessière P., « Common bayesian models for common cognitive issues », *Acta Biotheoretica*, 58(2-3), 2010, 191-216.

David R., Droulez J., Allain R., Berthoz A., Janvier R. et Bennequin D., « Motion from the past. A new method to infer vestibular capacities of extinct species », *C.R. Palevol.*, 9(6-7), 2010, 397-410.

Diard J., Gilet E., Simonin E., Bessière P., « Incremental learning of Bayesian sensorimotor models: from low-level behaviours to large-scale structure of the environment », *Connection Science*, 22, 4, 2010.

Galati G., Pelle G., Berthoz A., Committeri G., « Multiple reference frames used by the human brain for spatial perception and memory », *Exp. Brain Res.*, 206(2), 2010, 109-20.

Gilet E., Diard J., Bessière P., « Bayesian Action-Perception Computational Model: Interaction of Production and Recognition of Cursive Letters », *PLoS One*, 6(6), 2011.

Houillon A., Bessière P., Droulez J., « The probabilistic cell: implementation of a probabilistic inference by the biochemical mechanisms of phototransduction », *Acta Biotheoretica*, 58, 2-3, 2010, 103-120.

Iglói K., Doeller C.F., Berthoz A., Rondi-Reig L., Burgess N., « Lateralized human hippocampal activity predicts navigation based on sequence or place memory », *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 107(32), 2010, 14466-71.

Landgraf S., Krebs M.O., Olié J.P., Committeri G., van der Meer E., Berthoz A., Amado I., « Real world referencing and schizophrenia: are we experiencing the same reality? », *Neuropsychologia*, 48(10), 2010, 2922-30.

Lebranchu P., Bastin J., Pelegrini-Issac M., Lehericy S., Berthoz A., Orban G., « Retinotopic coding of extraretinal pursuit signals in early visual cortex », *Cereb. Cortex*, 20(9), 2010, 2172-87.

Meilinger T., Berthoz A., Wiener J.M., « The integration of spatial information across different viewpoints », *Mem. Cognit.*, 2011, (sous presse).

Pham Q.C., Berthoz A., Hicheur H., « Invariance of locomotor trajectories across visual and gait direction conditions », *Exp. Brain Res.*, 210(2), 2011, 207-15.

Piccardi L., Berthoz A., Baulac M., Denos M., Dupont S., Samson S., Guariglia C., « Different spatial memory systems are involved in small- and large-scale environments: evidence from patients with temporal lobe epilepsy », *Exp. Brain Res.*, 206(2), 2010, 171-7.

Poirel N., Vidal M., Pineau A., Lanoë C., Leroux G., Lubin A., Turbelin M.-R. et al., « Evidence of different developmental trajectories for length estimation according to egocentric and allocentric viewpoints in children and adults », *Experimental Psychology*, 58(2), 2011, 142-146.

Waisblat V., Mercier F.J., Langholz B., Berthoz A., Cavagna P., Benhamou D., « Effect of rocking motion on labor pain before epidural catheter insertion in the sitting position », *Ann. Fr. Anesth Reanim.*, 29(9), 2010, 616-20.

Wiener J.M., Berthoz A., Wolbers T., « Dissociable cognitive mechanisms underlying human path integration », *Exp Brain Res.*, 208(1), 2011, 61-71.

Zanelli G., Cappa P., Petrarca M., Berthoz A., « Vestibular and proprioceptive estimation of imposed rotation and spatial updating in standing subjects », *Gait Posture*, 33(4), 2011 582-7 Epub 2011.

Circuits neuronaux et comportement

Alexander FLEISCHMANN, CIRB

Notre laboratoire s'intéresse aux circuits neuronaux qui sous-tendent la perception des odeurs. Nous utilisons une combinaison d'approches expérimentales chez la souris, incluant génétique moléculaire, imagerie *in vivo*, et analyse du comportement, pour comprendre la logique du codage de l'information sensorielle par les différents relais olfactifs du cerveau.

La perception des odeurs : du nez au cerveau

La perception des odeurs repose d'une part sur la reconnaissance des divers composants odorifères en périphérie et d'autre part sur des mécanismes généraux dans le cerveau qui permettent la discrimination des odeurs. Chez les souris, les odeurs sont reconnues au niveau de l'épithélium olfactif par des neurones sensoriels olfactifs qui fixent les molécules odorantes par l'intermédiaire de récepteurs métabotropes. Chaque neurone olfactif exprime l'un des 1 300 gènes du répertoire des récepteurs olfactifs, et tous les neurones exprimant le même récepteur olfactif projettent leurs axones vers deux points stéréotypés dans le bulbe olfactif, appelés