

Partitions neuronales

Chez les oiseaux chanteurs, les zones du cerveau dévolues à la production du chant connaissent des variations de volume. Plus qu'une bizarrerie, ce phénomène aide les neurobiologistes dans leur quête de l'élucidation des fondements cérébraux des comportements complexes.



En entendant chanter moineaux, pinsons ou canaris, vous n'imaginez pas le jeu étrange auquel se livre leur cerveau tout au long de l'année. Au gré des saisons, en effet, les noyaux cérébraux qui contrôlent les vocalisations des passereaux (1) voient leur taille se modifier, parfois dans d'importantes proportions. Appréhendée sous l'angle de la neurobiologie, l'étude de ce phénomène spectaculaire est propice au développement de modèles permettant de mieux cerner comment un comportement complexe - en l'occurrence, le chant - s'appuie sur une «dynamique» du vivant impliquant d'étroites relations entre un substrat neuroanatomique (des structures nerveuses) et des mécanismes neuroendocriniens et neurochimiques.

La présence, chez plusieurs espèces de passereaux, d'une intense neurogenèse périodique au



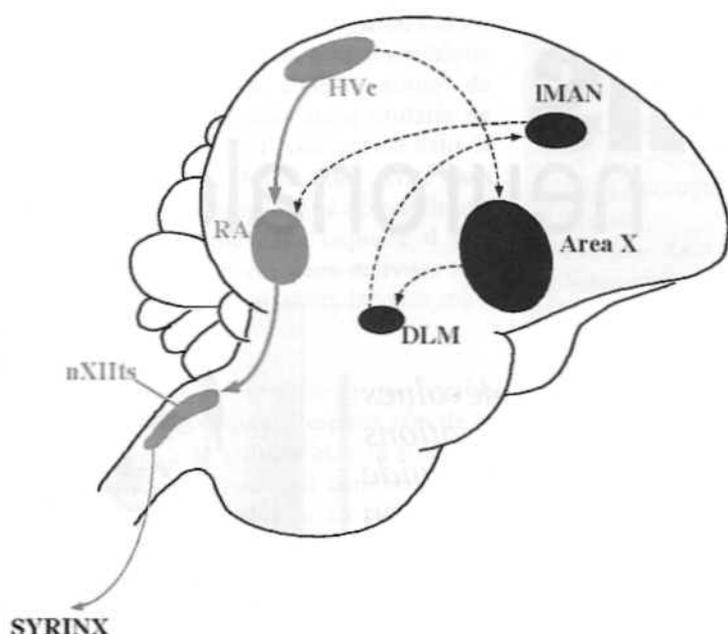
sein de certains noyaux du chant n'a pas échappé aux chercheurs. Comprendre les lois qui gouvernent l'émergence de nouveaux neurones dans ces régions du cerveau s'inscrit dans la sphère de la recherche fondamentale, mais balise également un chemin qui pourrait conduire un jour à l'homme et dessiner les contours de voies thérapeutiques originales pour le traitement de maladies dégénératives du système nerveux central.

A l'université de Liège, le professeur Jacques Balthazart dirige le groupe de recherches en neuroendocrinologie du comportement. Il s'efforce entre autres de percer les secrets de l'apprentissage et de la production des vocalisations chez les oiseaux chanteurs.

Depuis une trentaine d'années, les oiseaux chanteurs suscitent un intérêt soutenu de la part des scientifiques. Quel en fut le catalyseur?

A l'époque, confirmant ce que présentaient notamment les ornithologues, Peter Marler, un éthologiste anglais qui travaillait alors à l'université de Cambridge, démontra que les passereaux apprennent leurs vocalisations à partir de l'environnement dans lequel ils vivent. On sait aujourd'hui que les psittacés (perroquets, peruches, cacatoès) et les colibris partagent la même caractéristique. Par contre, les autres oiseaux ont des vocalisations que l'on peut qualifier d'innées. Ainsi, un coq placé en isolement total dès sa naissance développera malgré tout son cocorico. Cela étant, la contribution essentielle de Marler fut de démontrer le mécanisme de l'apprentissage du chant chez les passereaux. Prenons le cas du pinson, auquel il s'intéressa

(1) Les passériformes (passereaux) constituent un ordre d'oiseaux qui comprend les trois cinquièmes de toutes les espèces vivantes; ils sont répandus sur toute la Terre. Les passériformes ont une taille modeste et des ailes bien développées; ils ont un aspect qui varie beaucoup selon les espèces. Ils vivent sur les arbres ou sur le sol, construisent des nids qui peuvent parfois être très complexes. Ils sont insectivores, granivores, omnivores. Le corbeau, l'hirondelle, le moineau, le rossignol, etc. appartiennent à l'ordre des passériformes. (Source: Encyclopédie des sciences, Le Livre de Poche, collection La Pochotèque).



Ci-dessus: le système de contrôle du chant se compose d'une voie motrice postérieure (en rouge) et d'une voie d'apprentissage plus antérieure (en bleu).

Ci-contre: le diamant mandarin (*Taenioeygia guttata*) est un oiseau chanteur qui se reproduit aisément en captivité. Aussi est-il largement utilisé dans les études du contrôle des vocalisations.

particulièrement. Dans un premier temps (de septembre à décembre), l'animal se contente d'écouter ses congénères et stocke leurs chants en mémoire. Ensuite, en janvier et février, il s'exerce, produit des vocalisations - un *sub-song* (2), disent les Anglo-Saxons - qu'il compare avec les modèles qu'il a mémorisés. Bref, il procède par essais et erreurs. A cette phase, succède la troisième étape: la cristallisation, qui a lieu en mars, au cours de laquelle il sélectionne, parmi les vocalisations qu'il a émises, celles qui correspondent aux chants inscrits dans sa mémoire. Le pinson produit alors un chant stable, le chant adulte. Chez certaines espèces, tel le diamant mandarin, un moineau australien, il y a néanmoins recouvrement partiel entre la phase auditive et la phase active de production. L'étourneau, lui, apprend de nouvelles vocalisations toute sa vie. Le processus d'acquisition du chant en trois étapes, comme chez le pinson, est absolument semblable au mécanisme d'apprentissage du langage humain. D'abord, l'enfant emmagasine du vocabulaire sans pouvoir le reproduire, puis vient le temps du babillage, l'équivalent du *sub-song* chez l'oiseau, et, enfin, émerge le langage articulé. Suite aux travaux de Marler, le mode d'apprentissage du chant chez les passereaux devenait donc un modèle potentiel pour l'étude du développement du langage humain. Toutefois, la question allait déborder de la sphère de l'éthologie comparée pour interpeller les neurosciences. En effet, le contrôle des vocalisations est latéralisé dans le cerveau de l'oiseau - hémisphère droit ou hémisphère gauche selon les espèces -, et cette latéralisation rappelle celle du langage humain, qui dépend du cerveau gauche. Une précision s'impose cependant: les systèmes du

chant chez l'oiseau et de la parole chez l'homme sont analogues, mais non homologues. Pourquoi? Parce que les aires impliquées dans les productions vocales de l'animal n'ont rien de commun avec les aires de Broca et de Wernicke propres à notre production langagière.

Rien qu'aux Etats-Unis, le cerveau des oiseaux chanteurs représente actuellement le principal pôle d'intérêt de plusieurs centaines de neurobiologistes. Ce sont, je crois, deux anciens étudiants de Peter Marler qui sont à l'origine de cet engouement?

Effectivement. Lorsqu'il travaillait à la *Rockefeller University*, à New York, Marler a eu deux étudiants extrêmement brillants: Fernando Nottebohm et Mark Konishi. Depuis longtemps, les scientifiques essaient de comprendre sur quelles bases neuroanatomiques s'appuie le contrôle des comportements complexes. Le système du chant offrait un avantage particulier, dans la mesure où les vocalisations de l'oiseau sont émises par un organe spécifique unique: la syrinx, qui, par parenthèse, est très éloignée du larynx, l'organe vocal chez l'homme. L'idée de Nottebohm était qu'il devait être possible de cartographier, par l'étude des dégénérescences résultant de la section de terminaisons axonales (3), les zones du cerveau connectées aux muscles actionnant la syrinx. Il mit d'abord le doigt sur un noyau moteur intermédiaire situé



dans le tronc cérébral, le noyau du nerf 12, avant d'identifier dans le cerveau plusieurs autres noyaux interconnectés: ceux qui contrôlent le chant. Ces derniers définissent une voie motrice postérieure et une voie plus antérieure. La première est composée du *HVC* (*High Vocal Center*), qui se projette de façon unilatérale sur un autre noyau, *RA* (*Robustus archistriatalis*). Ce dernier se projette à son tour sur le noyau du

nerf 12, lequel innerve la syrinx. A côté de la voie motrice existe une voie antérieure beaucoup plus complexe, où HVC se projette sur une zone appelée l'Area X. Le trajet des connexions neuronales est alors le suivant: de l'Area X à un noyau appelé DLM, de celui-ci à un autre noyau dénommé IMAN, de IMAN à RA. En d'autres termes, l'information en provenance de HVC peut aboutir de deux façons à RA, directement ou indirectement. Les travaux de Nottebohm débouchèrent donc sur une description complète des substrats neuroanatomiques du contrôle du chant. De la sorte, ils polarisèrent l'attention de nombreux neurobiologistes, puisqu'ils leur proposaient un cadre de référence parfaitement circonscrit pour mener leurs études sur les mécanismes neuroendocriniens et neurochimiques présidant à un comportement complexe.

Que sait-on de la fonction des différents noyaux constitutifs du système du chant?

Primo, diverses expériences ont révélé que la lésion d'un noyau quelconque de la voie motrice rend l'oiseau totalement muet. Secundo, on s'est aperçu que la destruction de la voie antérieure chez l'adulte n'a aucun effet immédiat sur le chant. Néanmoins, en cas de lésion au niveau de l'Area X ou du noyau IMAN, la stabilité des vocalisations produites est un peu altérée au bout de quelques mois: le tempo se ralentit ou s'accélère, les harmoniques perdent en qualité. Par contre, si on lèse n'importe quel maillon de la chaîne antérieure chez l'oiseau jeune, il n'apprendra jamais à chanter. Cela signifie que le réseau antérieur est impliqué dans l'apprentissage et le réseau postérieur (la voie motrice), dans la production. On comprend mieux aussi pourquoi deux chemins mènent de HVC à RA. Ils permettent à l'oiseau d'établir une comparaison entre sa production vocale et les éléments stockés dans sa mémoire auditive. Ce qui explique les dérives rencon-

trées après plusieurs mois chez les oiseaux adultes dont l'Area X ou le noyau IMAN ont été endommagés. De même, un oiseau rendu sourd continue longtemps à chanter parfaitement mais, incapable de «recalibrer» ses vocalisations par rapport à celles de ses congénères, qu'il n'entend plus, il finit par être en proie à une dégradation du tempo et des harmoniques de sa production vocale.

Le cadre posé, l'étude des noyaux allait réserver une première surprise aux chercheurs?

En effet, Nottebohm et ses collaborateurs ont mis en évidence d'importantes variations dans la taille des noyaux entre mâles et femelles. De surcroît, on s'est rendu compte que ces différences sexuelles avaient une amplitude variable en fonction de l'espèce. Chez le diamant mandarin, par exemple, le noyau HVC du mâle est cinq fois plus développé que celui de la femelle, alors que le rapport est de deux et demi chez le canari. Chez certaines espèces tropicales, en revanche, aucun dimorphisme sexuel ne se manifeste au niveau des noyaux du chant. Or que sait-on par ailleurs? Que chez le diamant mandarin, la femelle n'émet aucun chant, mais que son homologue canari chante un peu et que, chez les espèces tropicales que nous évoquions, elle chante autant que le mâle.

Par conséquent, sont nées des théories reliant la taille des noyaux à la quantité de chant produite par l'animal ou au nombre de chants qu'il a encodés. Nottebohm a également montré chez le canari que la taille de HVC est corrélée à la diversité de son répertoire. De là à conclure que ce noyau s'apparentait à une bibliothèque servant au stockage des chants, bibliothèque d'autant plus grande qu'elle renfermait un nombre élevé de «volumes», il n'y avait qu'un pas. Il fut franchi au début des années 80, mais il est remis en cause aujourd'hui. Quoi qu'il en soit, l'acti-

(2) En français, on pourrait parler de «sous-chant».

(3) Prolongement unique de la cellule nerveuse, l'axone en est en quelque sorte le câble de sortie. Il se termine par une arborisation de terminaisons nerveuses qui contribuent à la formation des synapses.

La similarité entre l'apprentissage du chant chez certains passereaux, tel le pinson, et l'acquisition du langage chez l'homme a éveillé l'intérêt de nombreux chercheurs. En effet, l'existence d'une dissociation entre les processus d'apprentissage et de production d'un vocabulaire et, plus largement, d'une langue n'est pas sans conséquence. Si l'on apprend du vocabulaire «bébé» à un enfant au cours de ses deux premières années de vie, il n'engrangerà dans son cer-

De l'oiseau à l'enfant

veau que des mots sans grand intérêt pour la suite. Ce n'est pas parce que le très jeune enfant commence par babiller lorsqu'il accède à l'expression verbale qu'il est incapable d'assimiler très tôt des mots comme «table» ou «chien». Simplement n'est-il pas encore à même de les produire. Les études actuelles sur le développement du vocabulaire chez

l'enfant indiquent que sa production de mots augmente de façon exponentielle dans les premiers mois succédant à la période de babillage. Que faut-il en déduire? Probablement que nous avons affaire à un phénomène de restitution d'un vocabulaire préalablement emmagasiné dans le cerveau. Exactement comme chez le pinson, quand l'oiseau se met à émettre un chant adulte dont les vocalisations ont été apprises de ses congénères à une époque où il était encore prisonnier de sa mutité.

tivité vocale des oiseaux chanteurs est intimement liée à la production des hormones stéroïdes, laquelle influe sur la taille des noyaux. La testostérone remplit un rôle capital à ce niveau. D'ailleurs, quand on en administre à une femelle de canari, par exemple, elle se met à chanter abondamment.

(4) Dendrites: prolongements multiples et ramifiés de la cellule nerveuse qui reçoivent de nombreux contacts synaptiques avec des terminaisons axonales, collectent les signaux qu'elles produisent et les transmettent au corps du neurone (ou soma).
Source: *L'homme neuronal*, par Jean-Pierre Changeux. Editions Fayard, 1983, 379 pp. ISBN: 2-01-009635-5.

Une parenthèse éthologique: quelle est l'utilité du chant chez l'oiseau? Revêt-il une valeur symbolique?

Il est composé de syllabes, c'est-à-dire de signaux simples qui se succèdent au cours d'une séquence temporelle. Apparemment, ces syllabes ne peuvent être comparées aux mots du langage humain. Le chant doit donc s'appréhender comme un ensemble sémantique global qui est utilisé soit pour assurer la défense du territoire, soit pour attirer une femelle. Une mésange mâle, par exemple, passe le plus clair de ses matinées à patrouiller dans son territoire de quelques centaines de mètres carrés et à chanter en différents points de ses limites frontalières. Si on fait en sorte qu'elle ne puisse plus remplir cette fonction, une demi-heure suffit pour que le territoire soit envahi par des voisins. Par contre, si on remplace l'animal par des haut-parleurs qui, l'un après l'autre, diffusent un enregistrement de son chant à partir des postes de guet successifs où il le produisait, l'intégrité du territoire sera sauvegardée.

En ce qui concerne la fonction d'attraction sexuelle, il apparaît que les mâles qui émettent les chants les plus complexes ou les plus diversifiés sont choisis préférentiellement par les femelles. Tout se passe comme si la règle était: plus on est capable de chanter de «partitions» compliquées, plus on est apte à défendre son territoire et à être un bon géniteur. En outre, Michel Kreutzer, du Centre national de la recherche scientifique (Cnrs), à Paris, a montré que, chez le canari, les rares individus capables de chanter indépendamment avec les deux côtés de la syrinx et, partant, de produire des harmoniques d'une grande complexité, reçoivent toujours la préférence des femelles. Autrement dit, leur chant est jugé très «sexy».

Le chant des oiseaux d'une même espèce varie-t-il selon les régions?

Absolument. D'une part, on a pu mettre en évidence que des oiseaux vivant dans des lieux relativement distants chantent de façon assez différente. Autrefois, beaucoup de personnes en Wallonie élevaient des pinsons. Pour un «pinsonnier» expérimenté, il n'était pas sorcier de déterminer d'où provenait tel ou tel spécimen.

En effet, il existe des dialectes locaux; un pinson de la région liégeoise, par exemple, peut aisément être distingué d'un pinson de la région carolorégienne ou de la région montoise. L'origine de ces spécificités locales tient évidemment au fait que le chant est appris par l'animal jeune au contact de ses proches congénères. Un cas extrême nous est fourni par certains moineaux de la côte ouest des Etats-Unis. Quelques centaines de mètres suffisent pour que leur dialecte change. Il faut en conclure que, durant sa période d'apprentissage, le jeune moineau de cette espèce se forge ses propres vocalisations à partir des chants d'un nombre très restreint de congénères. Dans les années 80, Françoise Lemaire, une éthologiste liégeoise à l'oreille très exercée, parvenait à identifier l'origine de nombreux oiseaux migrateurs venus passer l'hiver sur le sol africain. Imaginez-la au Tanganyika. Elle prête l'oreille: «Tiens, une fauvette venue du nord de l'Allemagne.»

Revenons à la taille des noyaux. Est-elle constante?

Non, elle fluctue au gré des saisons. Du moins chez le canari, principale cible des études en la matière. Concrètement, les noyaux de l'oiseau sont très gros au printemps, décroissent à partir de l'été au moment où les testicules diminuent de volume, atteignent une taille minimale en automne, puis recroissent progressivement pour atteindre à nouveau leur maximum à la fin de l'hiver et au printemps suivant. La question est alors: comment s'opèrent ces variations dont on croit savoir qu'elles sont parallèles à celles de la sécrétion de testostérone par les testicules et à celles du répertoire produit? Il est acquis aujourd'hui que les mécanismes sous-tendant les variations de volume de *HVC* et de *RA*, les deux noyaux les plus étudiés, ne sont pas les mêmes. Dans *RA*, on observe des modifications de la taille des neurones, de leur espacement et de leurs branchements dendritiques (4). Au printemps, par exemple, ils sont plus gros, réalisent plus de connexions et sont plus espacés. D'où un noyau plus volumineux. Dans *HVC*, le mécanisme en vigueur pour *RA* est en partie présent, mais il n'est pas le seul.

En effet, on constate également l'incorporation de nouveaux neurones dans le noyau. En d'autres termes, intervient un phénomène de neurogenèse. Lors de sa découverte, celui-ci prit des allures de révélation, car il allait à l'encontre d'un vieux dogme de la neurobiologie: le cerveau des vertébrés adultes à sang chaud - les homéothermes - ne produit pas de nouveaux neurones. Certes, on savait que les poissons renouvellent leur «patrimoine neuronal» tout au long de leur vie, mais on était persuadé qu'un

phénomène similaire était exclu chez l'oiseau. Or qu'a-t-on décelé par la suite? Ni plus ni moins, l'existence d'une neurogenèse extrêmement active dans tout le télencéphale (5) de l'animal. Une partie significative des neurones concernés migrent de ce qu'il est convenu d'appeler la paroi ventriculaire, où ils sont produits, vers *HVC*, où ils établissent des connexions fonctionnelles critiques pour l'apprentissage et l'expression de nouveaux chants.

Comment définir la nature du lien unissant un élément morphologique, le changement de taille de certains noyaux du cerveau, et une expression comportementale apprise, la production de chants?

C'est la question clé sur laquelle planchent la plupart des laboratoires concernés par les recherches sur les oiseaux chanteurs. Dans les années 80, Fernando Nottebohm avait proposé l'existence d'une corrélation entre le nombre de chants différents produits par le canari et le volume de *HVC*. D'où l'idée que ce noyau était une sorte de bibliothèque et sa taille, le reflet de la complexité du répertoire de l'animal. Des études subséquentes ont indiqué que cette conclusion n'était pas toujours valide. Aujourd'hui, on a tendance à considérer que la taille de *HVC* n'est pas corrélée à la diversité du répertoire de l'oiseau, mais à la quantité de vocalisations qu'il émet. Nous assistons donc peut-être à une inversion du lien de causalité. En effet, on estimait initialement que le volume de *HVC* conditionnait la richesse du répertoire, alors qu'on en vient à présent à penser que la taille du noyau est la conséquence d'une activité vocale plus abondante, un peu comme si l'oiseau «musclait» son cerveau en chantant beaucoup.

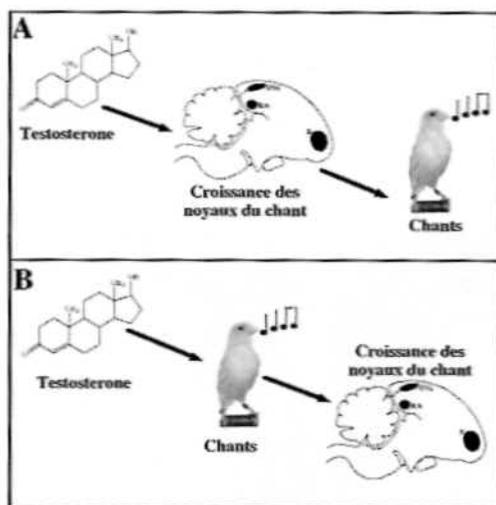
Connait-on la fonction des nouveaux neurones qui prennent place dans *HVC*?

Ce sont des neurones qui se projettent tous sur *RA*, donc jamais sur l'*Area X*. Or *HVC* et *RA* constituent la voie motrice, tandis que *X* appartient à la voie antérieure impliquée dans le stockage des chants en mémoire. La diminution de la taille de *HVC* durant l'été et une partie de l'automne est le fruit d'une mort neuronale accélérée qui affecte l'échange d'informations entre les deux composantes de la voie motrice. Si un tel phénomène touchait la voie antérieure, la mémoire des chants s'en trouverait dégradée, appauvrie.

Est-ce pour cela qu'elle est préservée? Sans doute. Mais il s'agit là d'une interprétation finaliste ne reposant actuellement sur aucune certi-

tude scientifique. En revanche, une chose est sûre: les variations saisonnières des noyaux et de la neurogenèse sont parallèles à celles de la taille des testicules et, par conséquent, de la production de testostérone. Le volume des gonades mâles est lui-même contrôlé par la photopériode. Ainsi, l'oiseau connaît un développement testiculaire important quand les jours s'allongent avec le retour du printemps.

Dans ces conditions, des neurobiologistes se sont demandé si la photopériode ne pouvait pas avoir un effet direct sur la taille du cerveau, abstraction faite de toute action de la testostérone. Gregory Ball, un chercheur de la *Johns Hopkins University*, à Baltimore, avec qui nous entretenons une collaboration suivie, a montré que la réponse était oui. En tout cas, chez plusieurs espèces. Il s'est principalement intéressé à une espèce de bruants américaine qui se reproduit de façon extrêmement rapide dans des régions de très haute latitude. En Alaska, notamment. L'expérience consistait à castrer le mâle et, selon les cas, à l'exposer à des jours courts ou à des jours longs.



Que constatait-on dans la seconde hypothèse? Que les noyaux du chant se développaient en l'absence de testostérone. Leur taille était néanmoins légèrement inférieure à celle rencontrée chez des oiseaux non castrés. Ce qui laisse supposer que la testostérone a malgré tout un rôle à jouer, même si, en l'occurrence, l'impact de la photopériode s'avère prépondérant chez cette espèce. Selon toute vraisemblance, l'importance relative de ces deux facteurs varie d'une espèce à l'autre. En fait, le jeu est d'une rare complexité et l'écheveau, très difficile à débrouiller. Pourquoi? Parce qu'on dénombre plusieurs types de corrélations étroitement intriquées impliquant la photopériode, le taux de testostérone, le nombre de chants émis, la taille du noyau *HVC* et, jusqu'à un certain point, le

(5) Le télencéphale est une formation encéphalique située dans la partie supérieure du cerveau. Formé des deux hémisphères cérébraux et des lobes olfactifs, il est l'ancêtre évolutif du cortex des mammifères, siège de l'activité psychique supérieure. Chez l'oiseau, les noyaux du chant sont logés dans le télencéphale.

Représentation schématique des liens causaux qui lient les variations saisonnières de la complexité et de la fréquence du chant à celles de la taille des noyaux du cerveau qui les contrôlent. On pense que la testostérone induit la croissance des noyaux du chant avec, pour conséquence, une augmentation du nombre et de la complexité des vocalisations (A). Certains chercheurs ont cependant suggéré récemment que les variations de volume des noyaux du cerveau pourraient plutôt être la résultante de l'activité vocale accrue au printemps (B).

Le manganèse injecté dans le cerveau est capturé par les neurones et transporté le long des axones vers les structures cibles. Il peut alors être visualisé par résonnance magnétique nucléaire. En injectant du manganèse dans HVC, il est donc possible de visualiser *in vivo*, sur un oiseau anesthésié, les deux cibles qui reçoivent des projections denses depuis ce noyau. A savoir RA et l'Area X.

répertoire vocal. Pour l'heure, nous menons, le laboratoire de Gregory Ball et le mien, des expériences au cours desquelles nous rendons des canaris muets en pratiquant une destruction chirurgicale partielle de la syrinx. Ces oiseaux ne pourront plus produire de vocalisations, mais les voies nerveuses qui commandent habituellement leur exécution demeurent intactes. La taille de HVC va-t-elle être affectée par la mutité de l'animal? Si oui, il faudra en déduire qu'elle est directement corrélée à l'importance de la production vocale. Ce qui est l'hypothèse la plus plausible aujourd'hui.

Des expériences effectuées récemment par votre laboratoire en collaboration avec Gregory Ball et Lauren Ritters, une de ses anciennes étudiantes travaillant aujourd'hui à l'université de Madison, ont dévoilé un lien inattendu entre le système du chant et les voies de contrôle du comportement sexuel? Quelle en est la teneur?

Si on lèse chez un étourneau le noyau préoptique médian, structure essentielle à l'expression du comportement sexuel, l'oiseau chante moins. Ce constat est étonnant, car on était persuadé jusqu'ici que si l'aire préoptique et l'hypothalamus étaient impliqués dans le comportement sexuel *sensu stricto*, le système du chant ne concernait, au niveau cérébral, que des struc-

comportement sexuel. Quelle est la nature de ce lien? Les techniques dites de traçage rétrograde ne permettent de visualiser aucune connexion directe entre l'aire préoptique et la voie motrice du chant. Aussi est-il probable que HVC et le noyau préoptique médian soient l'un et l'autre en relation avec une troisième structure, où seraient synchronisées leurs actions respectives. Selon des données indirectes tirées de nos expériences récentes, cette structure intermédiaire pourrait se situer dans le mésencéphale, la troisième vésicule du cerveau. Nos travaux suggèrent en effet que HVC et l'aire préoptique envoient et reçoivent des projections de cette zone.

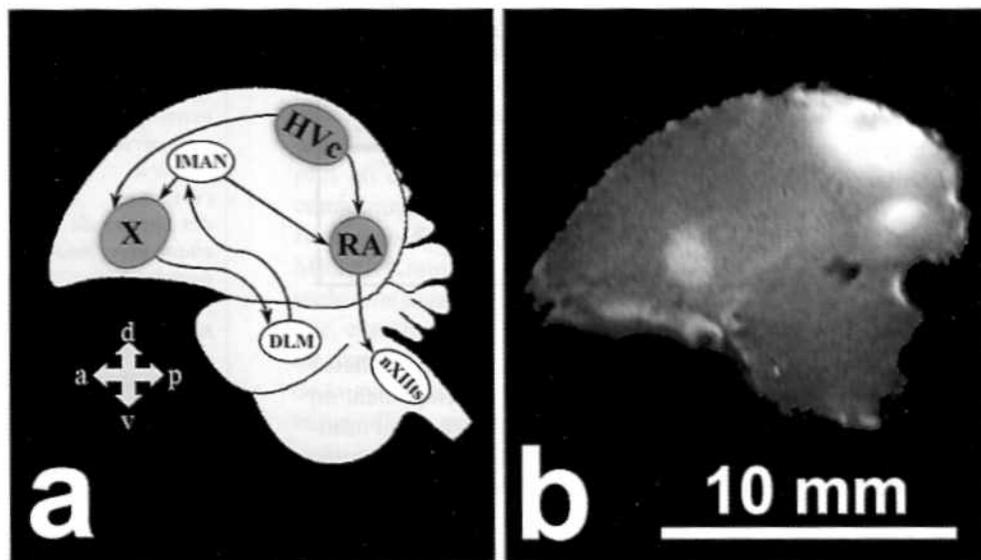
Il y a peu, Constance Scharff, une collaboratrice de Fernando Nottebohm, a réussi le tour de force de détruire spécifiquement, chez le diamant mandarin, les neurones de HVC qui se projettent dans RA. A quels enseignements ont conduit ses travaux?

La mort de ces neurones entraîne une détérioration du chant alors que la destruction des neurones de HVC qui se projettent sur l'Area X n'a pas d'effet sur cette production. Cela dit, il est difficile de démonter avec précision le mécanisme sous-jacent et, vu la diversité des espèces, de tirer des conclusions générales de l'expérience menée par Constance Scharff. On savait

qu'un phénomène de neurogenèse se manifeste chez le diamant mandarin et chez le canari et, l'an dernier, mon collaborateur Philippe Absil a montré qu'il en allait de même chez l'étourneau. Très peu d'espèces ont donc été étudiées. Par ailleurs, elles sont fort dissemblables quant à la neurobiologie du chant.

Ainsi, le diamant mandarin n'apprend plus aucun chant à l'âge adulte, cependant que le canari, lui, en exprime de nouveaux chaque année. Mais les apprend-il pour autant au fil des ans? On l'ignore. Peut-être les a-t-il stockés une fois pour toutes quand il était jeune et

exprime-t-il, le moment venu, une partie différente de son répertoire? Les choses paraissent cependant plus claires chez l'étourneau: il assimile de nouvelles vocalisations durant toute son existence. Pour l'heure, les recherches sont freinées par de lourdes contraintes méthodologiques. Le seul moyen de savoir s'il y a apparition de nouveaux neurones consiste à injecter au moment de la neurogenèse potentielle, c'est-à-



tures du télencéphale. Il n'en est rien puisqu'il existe bel et bien une corrélation entre la taille du noyau préoptique médian, dont le volume se modifie au fil des saisons, lui aussi, et la quantité de chants produits par les étourneaux.

Que faut-il en déduire? Qu'il doit y avoir une interaction entre la voie motrice du chant (HVC, RA, noyau du nerf 12) et l'aire contrôlant le

Vous avez dit continuité ?

La licence en zoologie terminée (1971), Jacques Balthazart s'intéressa immédiatement au sujet qui allait baliser toute sa carrière de chercheur: l'endocrinologie du comportement. Et ses travaux, qu'il axa sur le contrôle du comportement reproducteur, se portèrent presque exclusivement sur des modèles aviaires. Bref, chez lui, la continuité n'est pas un vain mot.

Après l'obtention d'un doctorat en sciences zoologiques à l'université de Liège, en 1977, Jacques Balthazart passa un an à la *Rutgers University*, à Newark, dans le New Jersey. Outre-Atlantique, ses études se focalisèrent sur la tourterelle rieuse. De retour à Liège en septembre 79, il se tourna vers la caille japonaise puis, dans le cadre de recherches ultérieures sur le contrôle du chant chez les passe-reaux (*notre article*), vers le canari et le diamant mandarin.

Son retour des Etats-Unis coïncida également avec un certain changement de cap - un changement dans la continuité. Non que son intérêt pour le comportement reproducteur des oiseaux se fût édulcoré, mais

parce qu'il suivit l'évolution de la recherche, délaissant l'endocrinologie du comportement pour la neuroendocrinologie du comportement. «*Je suis passé à l'étape «cerveau» après avoir démarré au niveau périphérique*», commente-t-il.

Aujourd'hui responsable du groupe de recherches en neuroendocrinologie du comportement à l'université de Liège,

Jacques Balthazart est l'auteur d'environ 300 articles scientifiques. Il a en outre créé en 1983, à l'échelle européenne, un cycle de conférences sur le thème *Hormones, cerveau et comportements*, dont il a assuré la publication des comptes rendus.

Président élu de la *Society for Behavioral Neuroendocrinology*, une société internationale essentiellement basée aux Etats-Unis et dont le but est de promouvoir la recherche en neuroendocrinologie du comportement, le chercheur liégeois (52 ans) suit par ailleurs, pas à pas, l'avancement des recherches relatives aux mécanismes d'orientation des oiseaux, en particulier des pigeons voyageurs. «*C'est mon hobby, confie-t-il. Il semble que les pigeons voyageurs soient guidés en partie par des informations olfactives. Or, en 1972-73, je consacrais une partie de mes propres recherches à l'olfaction chez les oiseaux.*»

Continuité. Nostalgie, peut-être.

Adresse e-mail du professeur
Jacques Balthazart:
jbalthazart@ulg.ac.be



dire présumée, un marqueur d'ADN permettant de déterminer si telle ou telle cellule duplique son ADN et se divise. Les procédés de marquage imposent des manipulations coûteuses et complexes; en outre, elles nécessitent de sacrifier des contingents d'animaux pour observer, aux divers moments des variations saisonnières des noyaux, les «marques» laissées dans leur cerveau. Néanmoins, cette situation pourrait évoluer sous peu.

Nous collaborons actuellement avec le laboratoire d'imagerie biologique de l'université d'Anvers pour mettre au point des techniques de résonance magnétique nucléaire (Rmn) qui permettent de visualiser le volume des noyaux du chant *in vivo*. S'ouvrent ainsi des perspectives fascinantes, dans la mesure où il n'est pas interdit de penser que l'on puisse étudier prochainement la variation desdits noyaux chez des animaux vivants soumis à une expérience. Lors de l'utilisation de la Rmn, le manganèse nous sert

de traceur. Nous avons observé à l'occasion de premiers travaux sur des animaux anesthésiés durant la phase d'imagerie que le transport du manganèse est accéléré quand on présente à l'oiseau des chants spécifiques de son espèce, via des écouteurs. Cette constatation suggère l'existence d'une activité électrique beaucoup plus intense entre *HVC* et *RA* dans ces conditions.

Les noyaux *HVC*, *RA* et *X* possèdent, entre autres, des récepteurs à la noradrénaline et des récepteurs à la dopamine. Votre laboratoire s'intéresse de près aux rôles que pourraient jouer ces deux neurotransmetteurs?

Oui. Nous ne sommes d'ailleurs pas les seuls. Des travaux réalisés par David Margoliash et ses collaborateurs, à l'université de Chicago, semblent indiquer que la noradrénaline permet le filtrage de l'information transmise par *HVC* à *RA*. Tous les chants auxquels on soumet un ani-

