

Sc et Avenir
n°506 - Avril 1989

ENTOMOLOGIE

LA MEMOIRE DES INSECTES

PATRICK PASQUES

Soumises à des tests de laboratoire, abeilles, fourmis et autres mouches font preuve d'étonnantes capacités de mémoire.

Dont l'étude devrait permettre une meilleure compréhension des mécanismes qui rendent notre cerveau capable d'enregistrer des souvenirs.

S I vous croisez une mouche dans un couloir, elle sera peut-être capable de vous reconnaître quelques minutes plus tard. Car une mouche a de la mémoire, comme tous les insectes qui rampent, volent ou sautent. Trop longtemps on a méprisé les capacités intellectuelles de ces modèles réduits de la Création : les scientifiques en sont parfaitement convaincus. A présent, ils tentent de découvrir le fonctionnement du millimètre cube de cellules nerveuses enfermé dans les petits crânes de chitine. Et il se pourrait bien que les modestes insectes nous permettent de mieux comprendre nos prestigieux 1 500 grammes de matière grise.

Prenons le cas des abeilles. Ce n'est pas un hasard si elles ont compté parmi les premières espèces étudiées.

A nos yeux, un insecte sociable, possédant un registre de comportements complexe, devait être forcément plus malin qu'un solitaire tapi au fond de son trou. Et puis, les abeilles avaient inventé un langage, cette fameuse danse décrite par von Frisch au début du siècle. Par l'intermédiaire de ces trémoussements ordonnés, codifiés, les butineuses papotent et s'informent de l'emplacement des nouveaux marchés de nectar. *Apis mellifica*, c'est son nom en latin, faisait donc, intellectuellement parlant, meilleure impression que le reste de la communauté des insectes.

Une réflexion, toute simple, pouvait d'ailleurs nous convaincre qu'elle avait de la mémoire. L'un des rôles d'une butineuse est de découvrir de nouveaux champs de fleurs. Implicitement, il lui faut bien en retenir les emplacements, l'abondance, si elle

veut en faire part à ses collègues restées à la ruche. Si ce n'est pas là faire preuve de mémoire !...

Apis est donc entrée au laboratoire et les chercheurs lui ont fait passer toute une série de tests pour mesurer l'étendue de ses capacités. Au programme, des tests comparables à ceux que le célèbre Pavlov avait réalisés sur des chiens. Souvenez-vous : Pavlov associait un son de cloche à la présentation d'un morceau de viande. Après quelques essais, le tintement seul fai-

Au laboratoire de neurobiologie comparée des Invertébrés (INRA/CNRS) de Bures-sur-Yvette, après l'apprentissage d'une odeur suivie d'une récompense, lorsqu'on approche à nouveau cette odeur de l'antenne de l'abeille (en haut), celle-ci, « conditionnée », sort immédiatement sa trompe (en bas).



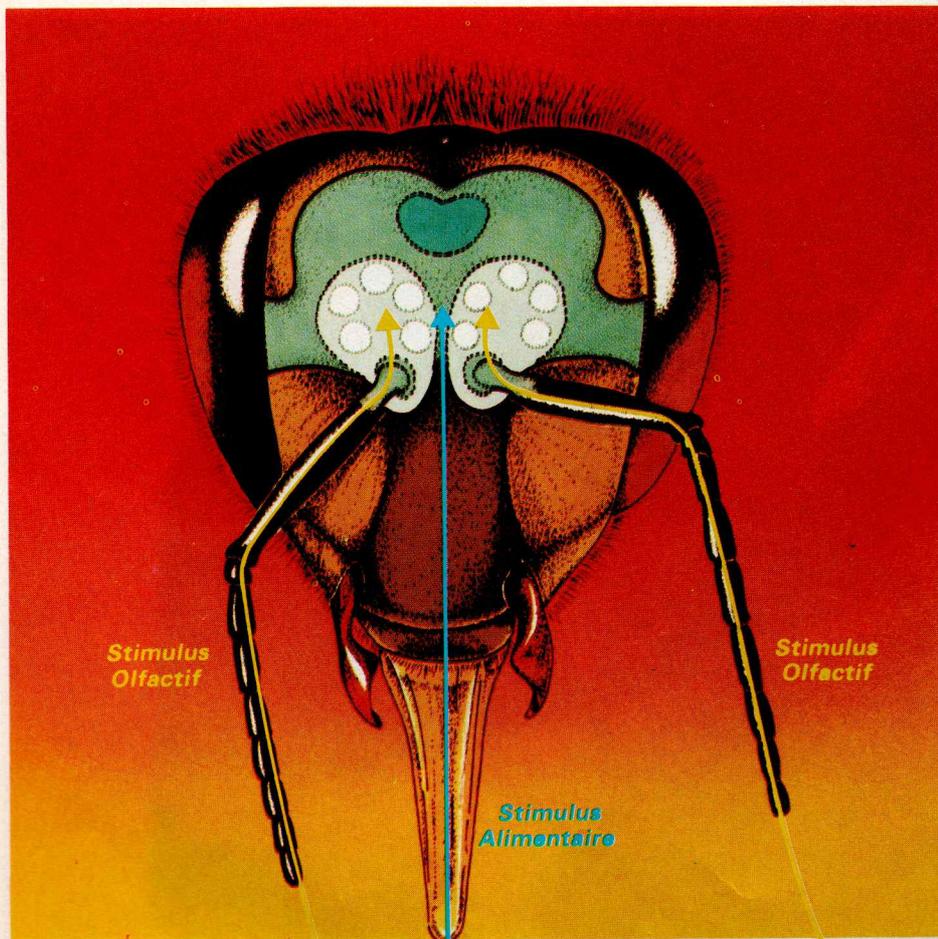
sait saliver les chiens. On appelle cela un conditionnement classique ou encore conditionnement pavlovien, du nom du maître. Pour nos petites abeilles domestiques, une odeur remplace le son car elles sont un peu sourdes et, n'étant pas carnassières, on leur offre de l'eau sucrée. Après quelques essais, elles étendent leur trompe au signal tout comme les chiens salivaient. Les scientifiques ont donc la certitude que les abeilles sont capables de détecter des signaux et d'en retenir le sens.

Mais les chercheurs ont trouvé mieux : certaines propriétés de la mémoire d'*Apis* sont partagée par tous les mammifères, *Homo sapiens* compris. Par exemple, lorsque nous recevons des informations et que nous voulons les stocker, ces informations passent de la mémoire à court terme à la mémoire à long terme. C'est ce que les spécialistes appellent la période de consolidation. Cette phase est particulièrement critique. Si une perturbation survient à ce moment, la mémorisation

L'association entre l'odeur et la nourriture se fait dans une zone spécialisée du cerveau, emplacement de la mémoire olfactive à court terme.

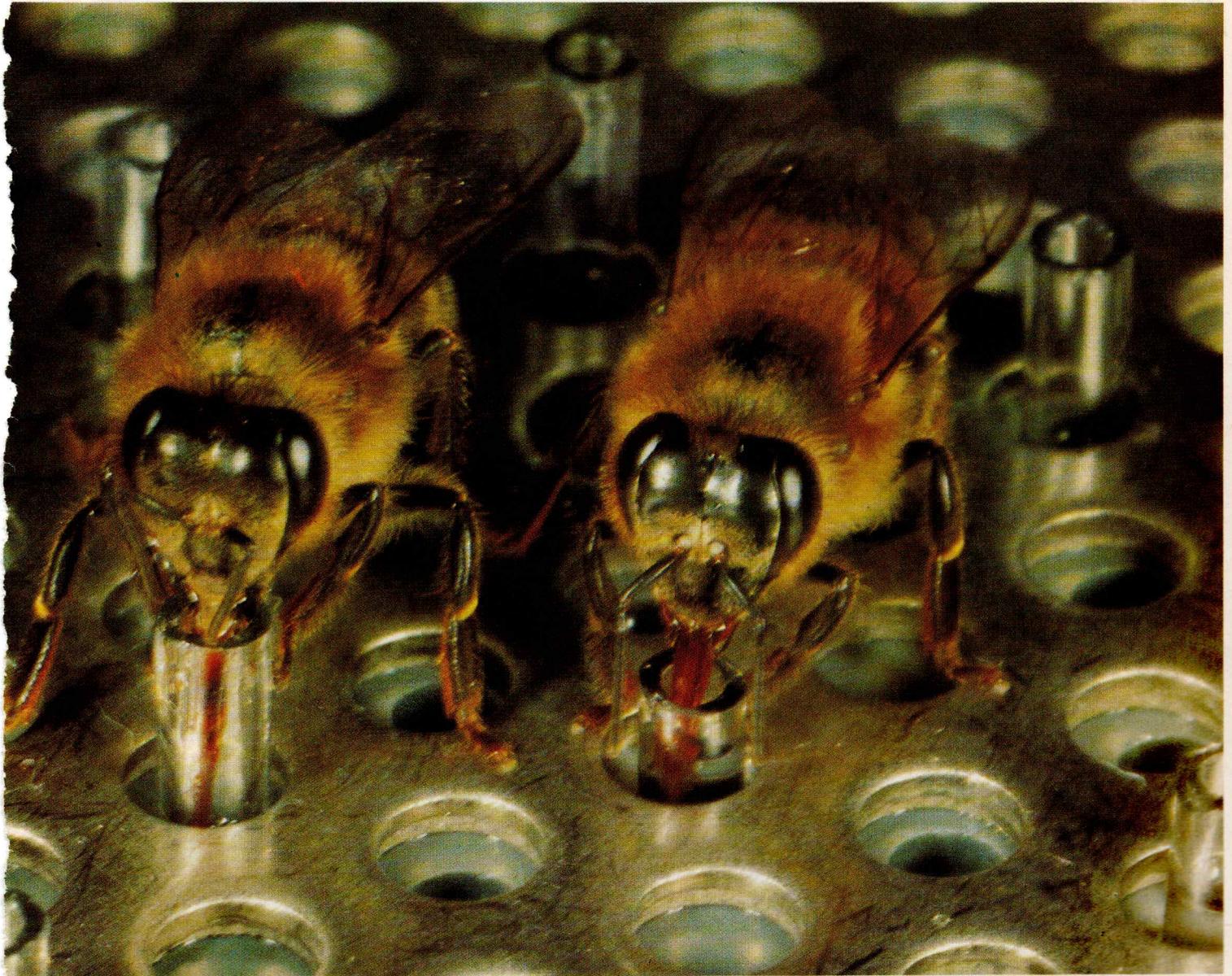
peut être gravement compromise. L'amnésie des accidentés en est une bonne illustration. Les victimes ne se souviennent, en général, ni de l'accident ni des événements qui l'ont immédiatement précédés. Le choc, l'émotion ont provoqué des modifications physiologiques qui ont perturbé le processus de consolidation. Tous les souvenirs relatifs à l'accident ont donc été perdus. Une situation tout à fait comparable peut être reproduite avec les abeilles. Si, après conditionnement, ces petites bêtes sont placées dans une pièce relativement fraîche (1° C), elles oublient alors tout ce qu'elles ont appris. Là aussi, les souvenirs récents en phase de consolidation ont été perdus.

Cette analogie avec l'homme pourrait être fructueuse. A terme, comme les abeilles ont un cerveau moins complexe, il sera peut-être plus facile de comprendre ce qui se passe durant cette étape fondamentale de la mémorisation. Biologistes et psychologues s'accordent souvent pour dire que l'expérience précoce d'un individu est fondamentale. Que son enfance a des retentissements sur sa vie d'adulte. C'est vrai aussi pour les abeilles, comme l'ont montré des travaux du



laboratoire de neurologie INRA-CNRS à Bures-sur-Yvette, dirigé par Claudine Masson. Nombre de comportements d'adultes sont dépendants de l'histoire de l'individu. Ainsi, dans certaines expériences, des chercheurs ont élevé des abeilles dans un environnement très pauvre en odeurs. A l'âge adulte, leur système nerveux n'a pu parvenir à maturité. En particulier, les structures olfactives n'ont pu se développer normalement. Actuellement, les scientifiques poursuivent cette expérience au niveau comportemental. Et il est fort probable que ces abeilles seront atteintes de graves déficiences dans leurs capacités de traitement des informations.

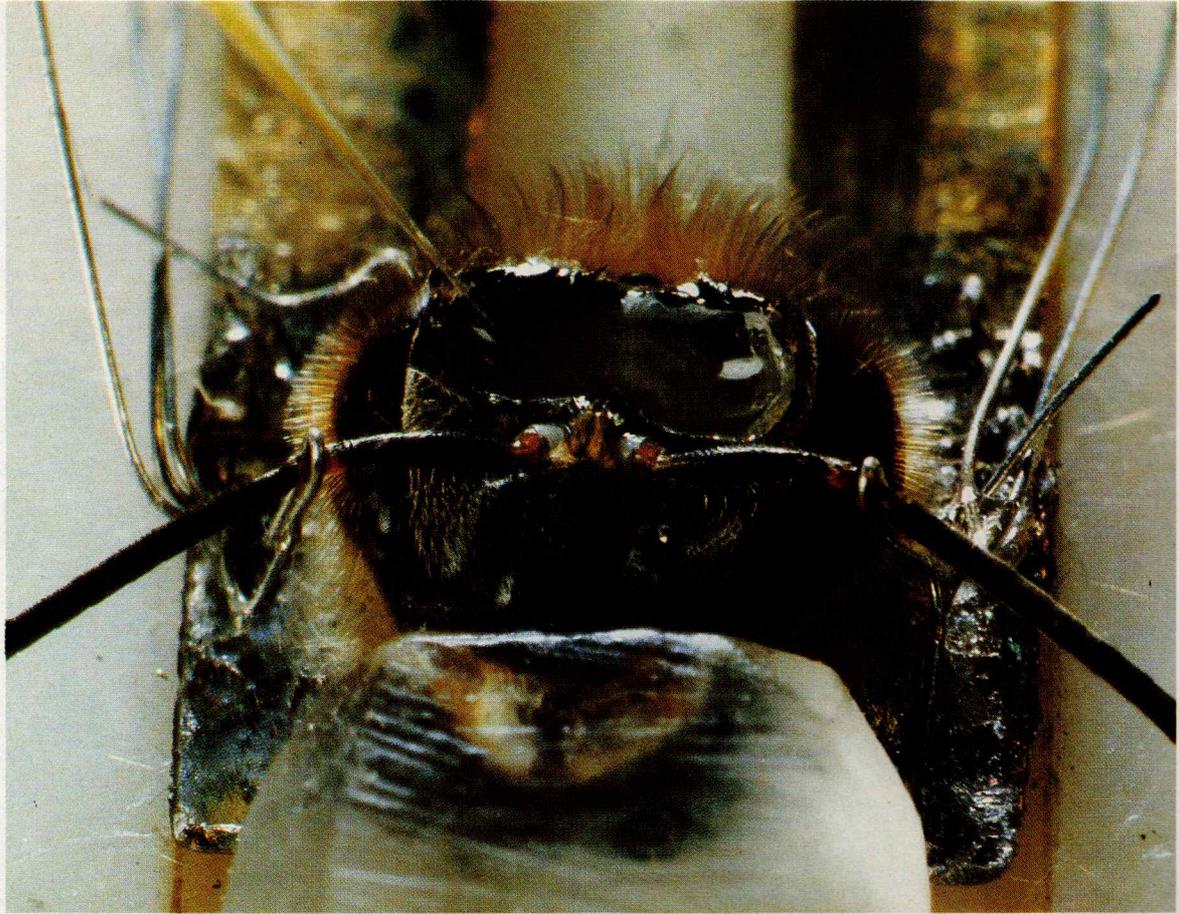
Dans une autre expérience, réalisée dans le même laboratoire par Mme Pham-Delègue, les jeunes abeilles sont, au contraire, familiarisées avec



Au laboratoire de neurobiologie comparée des Invertébrés, on apprend aux abeilles venant dans la ruche au fond, à associer odeur et nourriture. Sur ce gros plan, on voit deux abeilles qui reçoivent à volonté une nourriture sucrée en même temps que leur parviennent à travers des trous proches des molécules odorantes.

une odeur particulière. Pendant les huit jours qui suivent l'émergence, elles vivent dans une ambiance de géraniole, une substance présente dans le parfum de nombreuses fleurs. A l'âge adulte, l'attrait naturel pour cette odeur est largement amplifié. Conclusion : par une « éducation adéquate », il serait possible de prescrire aux choix ferait des adultes, de conditionner leur préférence pour un extrait de fleur plutôt qu'un autre. Cela peut avoir des

Micro-électrode implantée dans un neurone d'abeille pour enregistrer l'activité électromagnétique entre les neurones sensoriels et les interneurons.



Au laboratoire d'éthologie de Villetaneuse (université Paris XIII), ces fourmis ont été, à l'état de larves, retirées de leur colonie et placées dans une autre. Ici, devenues adultes, elles sont exclusivement attirées par leurs sœurs d'adoption. La mémorisation a résisté à la transformation de la larve en adulte.



applications intéressantes en agriculture. Pour Mme Pham-Delègue, « nous pourrions peut-être, à moyen terme, élever des abeilles dans le but de leur faire polliniser certaines plantes, en fonction de nos besoins ».

LES scientifiques se sont aussi intéressés à d'autres insectes sociaux : les fourmis. Pour vivre harmonieusement en société, il faut que les sujets se connaissent, se reconnaissent.

Ami ou ennemi ? Telle est la question. Chez les fourmis, après quelques atouchements et entremêlages d'antennes, les deux protagonistes sont fixés. L'identification est olfactive. Même odeur : ami ; odeur différente : ennemi. Chacun adopte alors l'attitude qui convient. Mais cette reconnaissance de l'odeur est-elle innée ou bien au contraire est-elle apprise ? Notre opinion malveillante sur les capacités des insectes a pendant longtemps accordé la préférence à la première solution. Jusqu'à ce que l'on découvre, bien sûr, que la deuxième solution était la bonne. Telle est la conclusion des expériences menées par Pierre Jaisson et son équipe. Dans leur laboratoire d'ethologie et de sociobiologie du CNRS, ils ont prélevé les œufs d'un nid de fourmis pour les déposer dans un autre. Après éclosion, les jeunes larves sont donc élevées par des adultes avec lesquels elles n'ont résolument aucun lien de parenté. Lorsque ces larves deviennent adultes, elles doivent à leur tour s'occuper des jeunes. Les chercheurs font alors le test suivant : ils leur proposent le choix entre des larves de leur nid d'origine et d'autres de leur nid d'adoption. Sans hésitation aucune, elles préfèrent les jeunes de leur nid d'adoption. Pour l'équipe de Jaisson, les résultats se comprennent de la façon suivante : les fourmis ont mémorisé l'odeur des adultes qui ont pris soin de leur petite santé. Elles considèrent donc qu'elles font partie de cette famille-là et préfèrent soigner les jeunes qui en sont issus. En somme, les fourmis apprennent à reconnaître leur famille, comme nous apprenons à reconnaître la nôtre.

Il y a encore bien d'autres choses qu'une minuscule fourmi est susceptible d'apprendre. Tout le monde a remarqué qu'elles sont d'inlassables marcheuses. Toujours à trotter d'un point à un autre. Pour repérer ces différents trajets, elles disposent de traces olfactives sur le sol. Mais elles ont également des repères plus terres-

tres, comme les aspérités du sol, les pierres et les souches. Elles s'orientent également à l'aide du soleil. Tous ces éléments sont donc autant d'indications qu'il leur faut mémoriser pour éviter de s'égarer. Cette aptitude révélée, les éthologistes ont substitué aux chemins naturels le dédale artificiel des labyrinthes. Et, pour juger des capacités de la gent fourmilère, certains d'entre eux ont organisé une confrontation avec les rats, ces vieux habitués des labyrinthes scientifiques. Résultats de cette « compétition » : il faut deux fois plus d'essais à une fourmi pour mémoriser un parcours comparable. Ce qui n'est, somme toute, pas si mal. Mais l'écart de performances devient terrible, si l'on demande aux deux concurrents d'apprendre, dans la foulée, le parcours inverse. Si le rat ne se sort pas trop mal de cette inversion, pour la fourmi, c'est dramatique : elle est complètement perdue. On tient enfin cette fameuse rigidité du comportement des insectes. Compte tenu de la quantité de matière grise dont ils disposent, il ne faut tout de même pas trop leur en demander !

PARMI les insectes particulièrement précieux pour les chercheurs, il y a la mouche, mais c'est moins pour ses prouesses intellectuelles que pour ses chromosomes qu'elle a été élue. En effet. *Drosophila melanogaster*, la petite mouche du vinaigre, est sans contestation possible l'un des animaux les mieux connus d'un point de vue génétique. Des chromosomes géants bien visibles au microscope, ajoutés à une faculté hors pair à engendrer rapidement une nombreuse descendance, ont assuré son succès. Elle était donc la collaboratrice idéale pour essayer de déterminer quels gènes avaient un rôle au niveau de la mémoire. Nombre de mouches sont donc passées sous les rayons ultraviolets, fortement mutagènes, et ont donné naissance à des petits mutants. Dunce, Amnesiac, Rutabaga ou Turnip sont des exemples de ces souches mutants dont les descendants sont tous de mauvais élèves. Mais que peut-on apprendre à des mouches ? Les scientifiques ont inventé un examen à mi-chemin entre le conditionnement pavlovien et le labyrinthe. Les mouches sont déposées en groupe dans une boîte avec une odeur A. Rien ne se passe. Ensuite, elles séjournent dans une autre boîte avec une odeur B. Mais là, elles reçoivent en même temps

Donnez-moi un quart d'heure le soir, et je vous donnerai une mémoire prodigieuse

De nouvelles méthodes peuvent multiplier par dix les possibilités de votre mémoire.

J'ai donné une mémoire excellente à des milliers de personnes qui se plaignaient de tout oublier. En fait, je leur ai simplement appris à se servir de leur mémoire, mais d'une façon tellement efficace qu'ils ont maintenant une mémoire infaillible. Dites-vous bien que si, aujourd'hui, vous êtes convaincu d'avoir une mémoire médiocre, cela n'a aucune importance pour le résultat final. Car, je vous l'affirme et je peux le prouver, votre mémoire est en réalité dix fois plus puissante que vous ne le pensez. Votre mémoire est normale, mais elle ne fonctionne qu'au minimum de ses possibilités. Il existe pourtant des techniques éprouvées qui peuvent vous permettre de graver dans votre mémoire ce que vous voulez retenir, et cela, de façon tellement forte que vous ne pourrez plus jamais l'oublier. Une bonne mémoire, ce n'est pas un don, c'est une question de techniques et ces techniques nous pouvons toutes vous les révéler.

Vous avez probablement déjà vu à la télévision ces champion de la mémoire qui semblent tout savoir. Eh bien, pour retenir autant de choses ils ont généralement des procédés de mémorisation qu'ils se gardent de dévoiler. Moi, je les connais et je vous les révèle tous dans la méthode que j'ai mise au point. C'est ainsi, par exemple, que vous pourrez retenir, après les avoir entendus seulement une fois, une liste de 40 mots quelconques n'ayant aucun rapport entre eux. Vous pourrez aussi facilement retenir l'ordre des 52 cartes d'un jeu que l'on aura effeuillé devant vous. Mais il y a mieux : vous pourrez instantanément dire quelle est la 15^e ou la 47^e carte du jeu. Tout cela vous paraît peut-être incroyable et pour tant vous parviendrez à faire ces expériences comme tous ceux qui connaissent les techniques que je leur révèle.

Bien entendu, le but de ma méthode n'est pas de réaliser des prouesses de ce genre, mais le fait que vous puissiez les réaliser après quelques jours seulement d'exercices amusants, montre tout ce que l'on peut obtenir d'une mémoire bien entraînée. Dès lors, vous pourrez apprendre les langues étrangères dans un temps record, retenir le nom des gens, leur visage, les rendez-vous, les numéros de téléphone, les dates, les formules, les horaires... Vous pourrez retenir sans notes le plan d'un discours, les idées-clés d'une conférence, le contenu d'un livre, vous souvenir avec précision d'un monument, d'un tableau ou d'une photo. Vous saurez comment emmagasiner les souvenirs dans votre cerveau, retenir ce qui vous est nécessaire pour votre profession ou vos études, tout cela deux fois plus vite et avec deux fois moins de fatigue.

Avoir une bonne mémoire constitue un atout extraordinaire pour réussir dans la vie. C'est vrai pour les études, comme dans la vie professionnelle. Ne laissez pas passer cette occasion d'acquiescer la mémoire parfaite dont vous avez besoin. Si vous désirez en savoir plus sur la méthode que j'ai mise au point avec le Centre d'Etudes, renvoyez simplement le coupon ci-dessous, mais faites-le tout de suite, car actuellement vous pouvez profiter d'un avantage supplémentaire très intéressant.

J. Hardier

GRATUITS! 1 brochure + 1 test de votre mémoire

Découpez ce bon ou recopiez-le et adressez-le à : Service M3W Centre d'Etudes, 1, av. Stéphane-Mallarmé, 75017 Paris. Veuillez m'adresser le livret gratuit « Comment acquiescer une mémoire prodigieuse » et me donner tous les détails sur l'avantage indiqué. Je joins 3 timbres pour frais. (Pour pays hors d'Europe, joindre 5 coupons-réponse.)

Mon nom : Prénom :
(en majuscules SVP)

Mon adresse :

Code postal : Ville :

ENTOMOLOGIE

quelques petites décharges électriques. Il y a donc une bonne et une mauvaise odeur. Pour le test final, les mouches sont dans un labyrinthe en T. Dans l'une des branches, il y a l'odeur A, dans l'autre l'odeur B. Les mouches studieuses, les sauvages, choisissent la branche avec la bonne odeur ; les mutantes choisissent complètement au hasard. Elles n'ont rien appris et...



Des expériences menées conjointement sur des mouches, des rats et une limace de mer, l'aplysie (ci-dessus) montrent que des enzymes joueraient un rôle dans la communication entre les neurones et par là même influeraient sur le processus de mémorisation.

portent le bonnet d'âne. Cette mémorisation peut durer six mois.

Qu'y a-t-il donc de perturbé dans les gènes des mutantes pour qu'elles ne puissent plus apprendre ? Rappelons qu'un gène est un plan pour la fabrication d'une protéine. Si le gène a muté, la protéine ou l'enzyme produite sera modifiée et ne pourra plus remplir sa fonction. De fait, la plupart des mutantes ont un système enzymatique lié à

l'adénosine monophosphate cyclique (AMPc) très perturbé. Ce système est très important car il intervient dans la communication entre les neurones. Or, pour bien des chercheurs, la mémoire tient probablement à une modification persistante de la communication entre cellules nerveuses. Avec la drosophile, nous sommes donc au cœur du problème. D'autant que des expériences réalisées sur l'aplysie, une limace de mer, et le rat apportent des conclusions similaires. Des mollusques aux mammifères, il semble que ce système AMPc, ou un système apparenté, ait un rôle important dans les processus de mémorisation.

Il ne faut toutefois pas perdre de vue que la mémoire ne se résume probablement pas au seul système AMPc. Il y a probablement d'autres systèmes indispensables. Mais qui sait si la drosophile ne volera pas là encore à notre secours ?

TOUS les insectes commencent donc à nous apprendre bien des choses sur notre propre mémoire. Et il serait même possible que leurs capacités d'apprentissage nous soient utiles pour d'autres desseins. Par exemple, en agriculture, dans le cadre de la lutte biologique. Certaines expériences préliminaires réalisées à l'INRA le laissent supposer. Il existe une petite guêpe, la Trichogramme, qui a pour habitude de pondre ses œufs dans les larves d'insectes. Après éclosion, le jeune se nourrit de la substance de son hôte pour assurer son développement. Ce dernier est donc condamné à brève échéance. Or, des chercheurs ont réussi à conditionner cette guêpe afin qu'elle pondre exclusivement sur la chenille de la pyrale du chou, grand ravageur devant l'Eternel. Il a suffi pour cela d'exposer la Trichogramme, encore larve, à l'odeur de la pyrale. Alors, l'avenir de la lutte biologique passerait-il par une éducation particulière des insectes ? Pourrions-nous programmer le choix de leur lieu de ponte ou le choix de leurs proies à notre avantage ? Il est encore trop tôt pour se prononcer, car nous ne savons rien de l'efficacité d'une telle méthode ni de ses conséquences sur l'environnement. Mais ce serait là un paradoxe séduisant qu'à l'heure des grands ordinateurs aux capacités de calcul gigantesques, nous ayons recours à la modeste intelligence des insectes pour protéger nos cultures ! ●