

de l'œil. Par cette boucle de rétroaction, l'œil qui perçoit l'objet consciemment peut bouger et rester en contact avec le stimulus. Ainsi, la synchronisation apparaît comme la marque des neurones qui, temporairement, ont un impact sur les mouvements d'un animal, autant que sur ses états perceptifs.

La synchronisation est le ciment des assemblées de neurones, qui leur procure leur unité et leur pouvoir d'action. Peut-elle expliquer comment les assemblées se forment chez le jeune animal? Prenons l'exemple de l'apprentissage de la parole : un jeune enfant apprend le sens du mot «rouge» en associant la stimulation auditive produite par le mot et la stimulation visuelle déclenchée par la couleur. Dans son cerveau, une assemblée de neurones est activée par la perception auditive, et l'autre par la perception visuelle. Pour donner son sens au mot, il faut réunir les deux assemblées et les maintenir associées. Avançons d'un pas dans le détail de ce mécanisme. Considérons deux neurones appartenant à chacune des assemblées, et reliés l'un à l'autre par des points de contact, les synapses, où ils peuvent se transmettre l'information électrique. Avant que le mot et la couleur n'aient été associés, l'information électrique a une faible probabilité de passer d'un neurone à l'autre. Cette probabilité est équivalente à celle qui relie deux neurones quelconques dans le cerveau. Pour créer un lien entre les

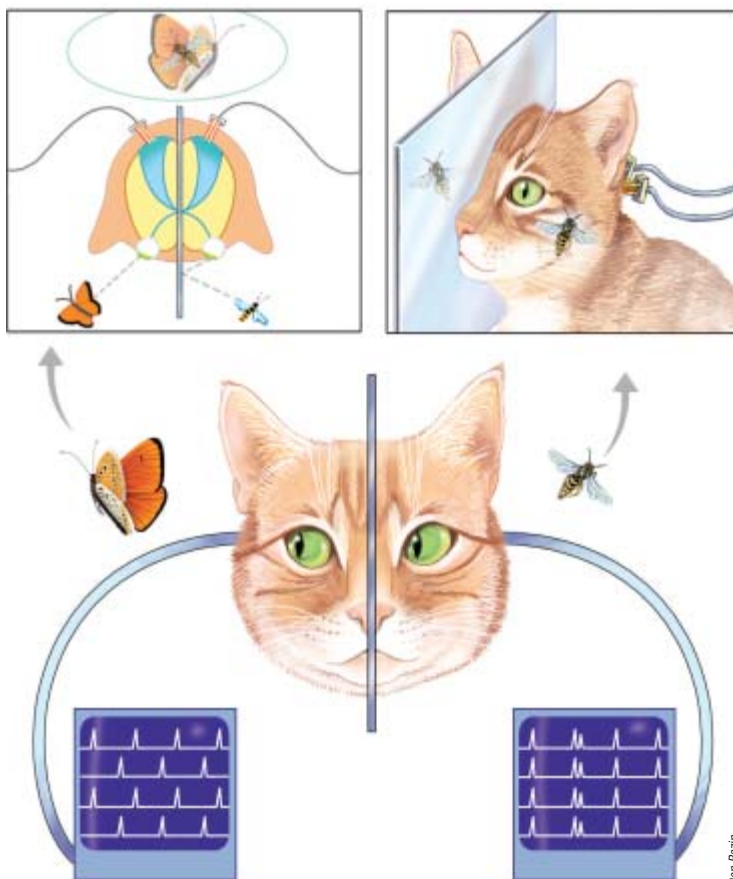
deux représentations, il faut donc augmenter cette probabilité, améliorer en quelque sorte l'efficacité de la jonction synaptique. Des expériences multiples ont été réalisées afin de mesurer la probabilité de transmission de l'information entre deux neurones selon que leurs activités sont synchronisées ou non. Ces expériences ont établi que la qualité de la transmission de l'information d'un neurone à l'autre augmente lorsque ces derniers sont activés dans un intervalle de temps de quelques millisecondes, c'est-à-dire quand ils sont synchronisés. La synchronisation neuronale contribue à nouer des liens privilégiés entre neurones et à édifier les assemblées. Elle joue trois rôles essentiels : elle assure la création des assemblées de neurones, elle favorise la reconnaissance des neurones au sein d'une même assemblée et elle augmente le pouvoir d'action des neurones sur le fonctionnement d'autres assemblées, et celles qui commandent les mouvements de l'animal. Parmi les neurones ayant la capacité de se synchroniser, ceux du cortex ont une capacité d'autoorganisation qui s'adapte aux contraintes liées à la perception. Examinons comment.

Un mécanisme «horizontal»

Il y a une dizaine d'années, nous avons tenté de répondre à une question fondamentale : existe-t-il, au cœur du cerveau, sous les zones corticales, un «chef d'orchestre», qui assurerait la synchronisation des neurones corticaux? Ou bien les neurones corticaux parviennent-ils à se synchroniser spontanément? Afin de trancher entre ces deux hypothèses, nous avons sectionné chez des chats le corps calleux qui assure le passage des informations entre les deux hémisphères du cortex. Le reste du cerveau, notamment toutes les structures sous-corticales, est intact. Nous avons observé que, sans corps calleux, les réponses des neurones ne parviennent plus à se synchroniser. Ceci apporte la réponse à notre question : si un centre «chef d'orchestre» avait été présent au niveau sous-cortical, il aurait continué à envoyer ses instructions à chaque hémisphère. Le fait que la synchronisation ait disparu indique une interaction des neurones à l'intérieur même du cortex, dans une relation réciproque. Les populations de neurones synchrones n'ont pas besoin de chef d'orchestre ; ils trouvent d'eux-mêmes la pulsation, comme des interprètes de musique de chambre qui s'observent pour rester en mesure.

On ignore encore comment les neurones «s'observent». Toutefois, on a réussi à simuler le comportement de neurones à l'aide d'oscillateurs harmoniques électroniques reproduisant leurs propriétés de décharge. Peter König, dans notre équipe, a ainsi démontré que si l'on programme des neurones artificiels pour qu'ils exercent l'un sur l'autre une influence de type inhibiteur (où chaque neurone diminue l'activité électrique de son partenaire quand ce dernier lui envoie un signal électrique trop intense), ceux-ci peuvent synchroniser leurs fluctuations à condition que le temps de conduction du signal entre les deux neurones n'excède pas le tiers de la période des oscillations. Dans le cas des chats que nous avons étudiés, le temps de conduction entre les deux hémisphères où étaient implantées les électrodes, est de l'ordre de 5 millisecondes et la période des oscillations est de 25 millisecondes.

Les liens horizontaux entre neurones du cortex permettent de comprendre comment les assemblées de neurones prennent forme chez un jeune animal à mesure



4. UN CHAT OBSERVE DEUX INSECTES séparés par un miroir, pendant que l'on enregistre l'activité électrique de son cortex visuel. S'il regarde le papillon de son œil droit (*cartouche en haut à gauche*), l'œil gauche suit ce mouvement. Il reçoit alors par réflexion l'image de la guêpe. Le chat voit alors un papillon superposé à une guêpe (*en haut*). Pour résoudre ce conflit, il doit choisir quel insecte voir consciemment : s'il voit consciemment le papillon, les neurones reliés à l'œil droit se synchronisent (*enregistrement en bas à droite*), tandis que ceux liés à l'œil gauche se désynchronisent (*enregistrement en bas à gauche*).