



L'ESSENTIEL

- La mémoire biologique repose sur une chaîne d'acteurs, des plus élémentaires (diverses molécules) aux plus complexes, de vastes réseaux de neurones activés simultanément.
- La plasticité cérébrale est la clé de la mémoire biologique.
- La mémoire numérique n'est que la somme de toutes les connaissances humaines. Elle ne crée pas – pour l'instant – de savoir nouveau, contrairement à la mémoire biologique.

des apprentissages moteurs, des automatismes, la mémoire des apprentissages non associatifs (ne plus réagir à un stimulus, par exemple la sonnerie de l'horloge), ou encore le conditionnement classique (de Pavlov), sont des mémoires non déclaratives. Et cela n'est qu'un panorama superficiel de « l'anatomie de la mémoire ». Cette rapide description macroscopique posée, que s'est-il passé quand j'ai appris à conduire une moto et quand, aujourd'hui, je conduis ? Pour le comprendre, nous devons nous placer au niveau des neurones, les supports de nos pensées et de nos souvenirs. Rappelons d'abord comment fonctionne un neurone et comment il communique avec ses voisins.

Tout est une question de communication entre neurones

Un neurone se compose de dendrites qui captent les informations, d'un corps cellulaire qui les intègre et d'un axone qui les transmet vers d'autres neurones. Les informations qu'il véhicule circulent des dendrites vers les terminaisons des axones. Ces informations sont des signaux électriques résultant des différences de charges électriques régnant de part et d'autre de la membrane neuronale. En effet, la répartition des ions négatifs (chlore, Cl^- , et protéines chargées négativement) et celle des ions positifs (sodium, Na^+ , potassium, K^+ et calcium, Ca^{++}) diffèrent entre l'intérieur et l'extérieur des neurones.

Le milieu intracellulaire est riche en ions potassium et en protéines, les ions sodium et chlore étant plutôt concentrés à l'extérieur. L'intérieur d'un neurone contient davantage de charges négatives que l'extérieur. Il en résulte une différence de potentiel de l'ordre de -65 millivolts, valeur qui varie en fonction du type de neurones et de l'espèce animale. Cette différence de potentiel est nommée potentiel de repos. Quand une telle différence de potentiel règne de part et d'autre de la membrane neuronale, le neurone est dit polarisé. Il est inactif et ne véhicule aucune information, aucun potentiel d'action.

Mais cette différence de potentiel varie quand des ions traversent la membrane du neurone (y entrent ou en sortent) par différents types de canaux (voir l'encadré pages 112 et 113). Prenons l'exemple de la propagation d'une information entre deux

neurones qui fonctionnent avec le glutamate, le principal neurotransmetteur excitateur (ces neurones glutamatergiques sont impliqués dans la mémoire). Au niveau de la terminaison présynaptique, les potentiels d'action véhiculés par l'axone entraînent l'ouverture de canaux ioniques calcium dépendant du voltage (aussi nommés canaux voltage-dépendants), c'est-à-dire qui s'ouvrent ou non selon la différence de potentiel qui règne de part et d'autre de la membrane neuronale. Rappelons qu'une synapse est composée des boutons pré- et postsynaptiques et de l'espace qui les sépare.

L'entrée massive d'ions calcium dans le bouton présynaptique favorise la fusion des vésicules synaptiques (petits réservoirs sphériques) qui contiennent le glutamate avec la membrane du neurone présynaptique. Après la fusion, la vésicule s'ouvre vers l'extérieur, et le neurotransmetteur est libéré dans la fente synaptique. Il s'y propage et se fixe sur des récepteurs portés par les dendrites ou le corps cellulaire du neurone postsynaptique. Ces récepteurs – AMPA et NMDA – sont des canaux qui laissent (ou non) passer les ions. La plupart du temps, les récepteurs NMDA ne s'ouvrent pas, car le canal est bloqué par un ion magnésium (Mg^{++}) volumineux.

Mémoire et plasticité synaptique

En revanche, les récepteurs AMPA s'ouvrent, et des ions sodium entrent dans le neurone : la différence de potentiel entre l'intérieur et l'extérieur du neurone diminue. Le neurone est activé : on dit qu'il est dépolarisé, c'est-à-dire qu'un potentiel postsynaptique excitateur est produit. Mais l'influence d'une synapse d'un neurone présynaptique sur le potentiel du neurone postsynaptique est limitée spatialement et, s'il n'est pas entretenu, le signal électrique émis au début de la dépolarisation s'affaiblit, puis disparaît.

Comment le signal est-il entretenu ? Au début d'un axone se trouve une zone – le segment initial ou la zone gâchette –, qui contient beaucoup de canaux ioniques voltage-dépendants. L'ensemble des potentiels postsynaptiques excitateurs et inhibiteurs provenant des dendrites et du corps cellulaire sont intégrés. Cela signifie qu'au niveau du segment initial, si la somme des excitations et des inhibitions donne une différence de potentiel égale à

–40 millivolts, alors les canaux voltage-dépendants (sodium et potassium) sont automatiquement activés, et un potentiel d'action (ou signal électrique) est produit.

Supposons qu'un premier canal sodium du segment initial s'ouvre : il en résulte une dépolarisation et un potentiel d'action qui se termine par la fermeture de ce canal et l'ouverture d'un canal potassium qui se referme rapidement à son tour. Mais la zone de dépolarisation s'étend jusqu'au deuxième canal sodium, c'est-à-dire qu'à son niveau, la différence de potentiel passe de –65 millivolts à –40 : un potentiel d'action est émis. Il se termine avec la fermeture du canal sodium et l'ouverture temporaire d'un canal potassium. Et ainsi de suite. De proche en proche, les canaux sodium et potassium voltage-dépendants s'ouvrent,

puis se ferment, permettant au potentiel d'action de se propager sans diminuer d'intensité tout le long de l'axone, jusqu'aux boutons synaptiques.

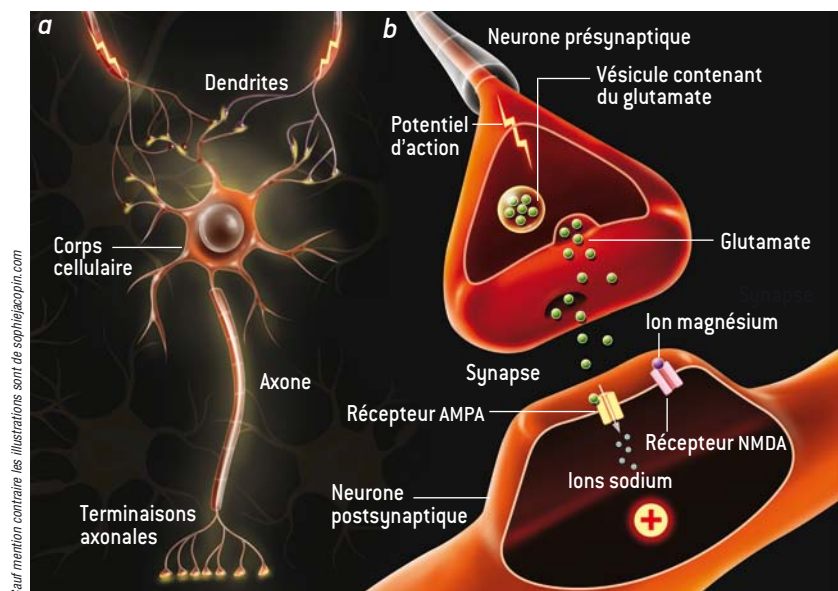
Pourquoi la plasticité cérébrale a-t-elle une importance dans le sujet qui nous occupe, à savoir la formation des souvenirs, leur stockage et leur rappel ? Dès 1949, le neuropsychologue canadien Donald Hebb posait les fondements des mécanismes de la mémoire. Selon lui, des « assemblées cellulaires », ou réseaux de neurones, sous-tendent la perception, mais aussi l'attention, la pensée ou la mémoire. Certains neurones sont parfois communs à plusieurs assemblées neuronales. Leur activation répétée et simultanée par une même stimulation modifie le fonctionnement ou la forme des contacts synaptiques entre ces neurones.

LES MÉCANISMES MOLÉCULAIRES DE LA MÉMOIRE

La mémoire s'organise en plusieurs niveaux : moléculaire, cellulaire, réseaux de neurones localisés, aires cérébrales, réseaux de neurones communiquant à grande distance et activés de façon intense et simultanée. Si l'on ne connaît pas encore de façon précise comment fonctionnent ces réseaux à grande échelle, certains mécanismes moléculaires et cellulaires ont été précisément décrits.

Chaque neurone est constitué d'un corps cellulaire, de dendrites et d'un axone. Les informations circulent des dendrites vers le corps cellulaire, puis dans l'axone jusqu'aux terminaisons axonales qui se connectent avec les dendrites ou le corps cellulaire du neurone suivant (a).

Supposons qu'un signal, ou potentiel d'action, arrive à une terminaison axonale. Que se passe-t-il au niveau du bouton synaptique ? Les neurones impliqués dans la mémoire libèrent du glutamate, le principal neurotransmetteur excitateur. À l'arrivée d'un signal dans le neurone présynaptique, des vésicules contenant le glutamate fusionnent avec la membrane du neurone et déversent leur contenu dans la synapse (b). Dans cet exemple, le neurone postsynaptique porte deux des quatre sous-types de récepteurs du glutamate : NMDA et AMPA. Ces récepteurs sont des canaux laissant passer respectivement des ions calcium et des ions sodium. Généralement, le canal NMDA est bloqué par un volu-



Sauf mention contraire les illustrations sont de sophiejacopin.com