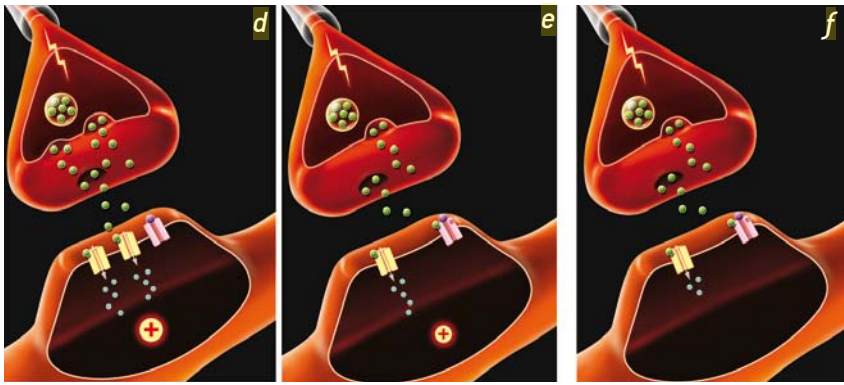




transcription, c'est-à-dire la production de ces ARN messagers. Différentes enzymes, des kinases, servent de signaux transmis de la synapse jusqu'au noyau, où a lieu la production de nouveaux ARN. Simultanément, les synapses activées par une potentialisation ou inhibées par une dépression produisent un marqueur, ou tag. Les ARN messagers et les protéines nouvellement produits par le noyau sont redirigés vers les synapses et capturés spécifiquement par celles qui sont « taguées ». On ignore encore la nature précise de ces « tags ».

## Différents niveaux de codage

La mémoire nécessite donc plusieurs niveaux de codage : le niveau moléculaire, qu'il s'agisse des neurotransmetteurs, des canaux récepteurs responsables de la dépolarisation, ou des tags signalant les synapses dont le fonctionnement est modifié. Le codage peut se faire aussi à un niveau supérieur, morphologique, par exemple avec la formation de boutons synaptiques, mais aussi à l'échelle des dendrites. On a longtemps admis que les dendrites étaient des éléments passifs qui servaient seulement à faire la somme des entrées excitatrices et inhibitrices, et à déclencher un potentiel d'action au niveau du segment initial de l'axone quand la somme était adéquate. Mais la surface des dendrites porte aussi des canaux sodium, potassium et calcium voltage-dépendants et des récepteurs NMDA qui en font des éléments actifs, capables de produire des potentiels d'action localisés dans les dendrites.

De plus, l'intégration d'une information (somme des excitations et des inhibitions) ne se fait pas de la même façon tout le long d'une même branche dendritique,

ce qui suggère l'existence de sous-unités dendritiques pouvant intégrer les entrées indépendamment (ou presque) les unes des autres. Chaque branche dendritique peut faciliter la plasticité des synapses activées par une information, la création de nouvelles synapses et leur renforcement à long terme. Les dendrites, par les milliers de synapses qu'elles portent, représentent un niveau de codage de l'information plus riche que le codage moléculaire.

Franchissons un niveau supplémentaire : des informations quasi simultanées pourraient être codées par des groupes (ou clusters) particuliers de synapses portés par des dendrites communes. Inversement, les informations mémorisées qui sont séparées par de longs intervalles de temps seraient plutôt codées par des clusters de synapses portés par des branches dendritiques différentes, voire des neurones différents, d'après Athanasia Papoutsis et ses collègues de la Fondation pour la recherche et la technologie, à Héraklion, en Crète. Cette hypothèse a été confortée par le modèle proposé par Robert Legenstein et Wolfgang Mass, de l'Université de technologie de Graz, en Autriche, montrant qu'un neurone peut s'auto-organiser pour stocker des informations différentes sur différentes dendrites.

Ainsi, l'apprentissage et la mémorisation reposent sur la création et le maintien de réseaux de neurones. Pour étudier le fonctionnement de ces réseaux, il faut pouvoir enregistrer simultanément l'activité d'un grand nombre de neurones et être capable d'analyser leurs interactions. L'équipe de Joe Tsien, de l'Université Georgie des sciences de la santé, aux États-Unis,

a développé un dispositif pour enregistrer simultanément l'activité individuelle de plus de 250 neurones dans une aire spécifique de l'hippocampe d'une souris libre de ses mouvements (rappelons que l'hippocampe est une aire essentielle pour les mécanismes de mémorisation).

Ces neurobiologistes ont soumis les animaux à différentes expériences comportementales, par exemple un jet d'air, une chute dans une boîte ou une secousse dans une cage. Ces événements sont stockés dans la mémoire épisodique de la souris qui dépend de l'hippocampe. En analysant l'activité des neurones de l'hippocampe lors de ces différentes situations, il est apparu un patron d'activité cellulaire spécifique à chaque situation, c'est-à-dire que pour chaque événement, différents ensembles de neurones de l'aire étudiée sont activés. Ces différents réseaux de neurones sont nommés « cliques neuronales ». Un neurone n'appartient qu'à une seule clique, et les neurones d'une même clique ont la même activité lors d'un événement spécifique. Dans ce modèle, la clique est donc l'unité fondamentale de codage. Chaque clique correspond à un aspect plus ou moins précis d'un événement, et les cliques sont organisées de façon hiérarchique, de la plus générale à la plus spécifique.

Un événement serait donc toujours composé du même ensemble de cliques (un grand réseau de neurones composé de réseaux plus petits codant différentes informations). Par exemple, dans l'expérience menée par J. Tsien, il y a une clique spécifique d'un mouvement perturbateur, une pour

**LA POTENTIALISATION À LONG TERME**  
renforce les signaux, tandis que  
la dépression à long terme réduit le bruit de  
fond : le rapport signal sur bruit est amélioré  
et le système plus efficace.

un tremblement et une autre encore pour un tremblement dans une boîte noire. Selon ce modèle, une clique est soit active (1), soit inactive (0) : chaque événement serait représenté par un code mnésique binaire. De plus, de nouvelles « cliques » peuvent apparaître et se réorganiser selon les expériences du sujet, grâce aux phénomènes de plasticité synaptique.

Progressons encore d'un niveau vers le macroscopique. L'apprentissage d'une