Psychophysiologie de la memoire et de l’apprentissage

# introduction

La capacité d’apprendre est essentielle pour tout organisme vivant parce qu’elle lui permet de s’adapter à des caractéristiques particulières de son environnement et de profiter de son expérience.

L’apprentissage est fondamental pour l’homme. L’apprentissage et la mémoire sont des fonctions qui permettent à un organisme d’acquérir et de conserver des informations qu’il pourra utiliser ultérieurement et grâce auxquelles il pourra développer de nouvelles capacités au cours de son existence.

**L’apprentissage, c’est tout processus susceptible de modifier le comportement ultérieur**.

**La mémoire, c’est la capacité de retrouver les expériences passées**. Cette distinction entre la mémoire et l’apprentissage a pu être mise en évidence grâce à des patients amnésiques. Ils sont capables d’apprendre une tâche mais sont incapables de la répéter.

# Approche neuropsychologique de l’apprentissage et de la memoire

## l’apprentissage

### Définition

L’apprentissage est une notion très commune : on apprend à marcher, à lire, à écrire, à conduire une voiture, les règles sociales…

Les formes d’apprentissages sont très nombreuses. Dans tous les cas de figure, l’apprentissage se traduit par le fait qu’une stimulation ou une situation (ensemble de stimulations) acquiert une valeur de signal et la valeur de ce signal résultant nécessairement d’une expérience antérieure dont les effets ont été mémorisés.

Il ne peut donc pas y avoir d’apprentissage sans mémoire.

De façon générale, apprendre c’est modifier son comportement de façon stable et relativement durable sous l’influence de l’expérience sensorielle antérieure.

### Les différentes formes d’apprentissage

Il y a deux grandes catégories d’apprentissage :

#### L’apprentissage perceptif

C’est la capacité de l’individu à reconnaître et à identifier des stimuli qui lui ont déjà été présentés.

Ce type d’apprentissage met vraisemblablement en jeu un processus de comparaison entre l’information sensorielle (visuelle, auditive, tactile, olfactive, gustative) présentée et l’information déjà stockée.

Ex : reconnaissance d’un visage nécessite un apprentissage perceptif.

La particularité d’un apprentissage perceptif réside dans le fait que la présentation du stimulus n’entraîne pas de réaction comportementale particulière.

#### Les apprentissages du type « stimulus réponse »

Contrairement à l’apprentissage perceptif, l’apprentissage du type « stimulus réponse », dans le cadre de la présentation du stimulus va entraîner des modifications comportementales comme par exemple la production d’un mouvement ou une réaction purement végétative (ex : la salivation)

Au sein des apprentissages du type « stimulus réponse », on distingue deux groupes en fonction de la nature des liens entre le stimulus et la réponse :

* Les apprentissages non associatifs :

Ce sont des apprentissages très simples qui connaissent un regain d’intérêt car leurs mécanismes neurophysiologiques sont plus simples à étudier.

Ils sont étudiés chez un gastéropode marin : l’aplysie (limace marine)

Au cours de l’apprentissage non associatif, la présentation répétitive du stimulus entraîne une modification de la réponse à ce même stimulus.

Il y a deux possibilités :

* Soit dans le sens d’une **diminution** réversible de l’amplitude de la réponse ou de sa probabilité d’apparition : on parle d’**habituation**.
* Soit dans le sens d’une **augmentation** réversible de l’amplitude de la réponse ou de sa probabilité d’apparition : on parle de **sensibilisation**.
* Les apprentissages associatifs :
  + - Conditionnement classique (pavlovien)

Ce type de conditionnement classique est toujours basé sur la production d’une réponse réflexe provoquée par un stimulus inconditionnel (SI)

Le stimulus conditionnel (SC) initialement inefficace acquiert la capacité de déclencher la réponse réflexe s’il a été couplé avec un stimulus inconditionnel.

Une seconde avant de donner le stimulus gustatif, il faut sonner la cloche. Le chien va associer le stimulus sonore à la réponse de salivation. Le stimulus neutre devient le stimulus conditionnel.

Stimulus Récepteur CN gustatifs CN salivaires Glandes Salivation

gustatif gustatif SNC salivaires réponse réflexe

SI

Stimulus Récepteurs CN auditifs CN moteurs Muscles Réaction

auditif auditifs SNC d’orientation

Stimulus neutre

Cela s’explique par le fait qu’il va y avoir un lien entre les centres auditifs et les centres nerveux salivaires.

Dans ce premier type d’apprentissage associatif, l’individu établit un lien entre deux stimuli d’une part le stimulus inconditionnel et le stimulus neutre. Dans ce cas le SNC agit comme un détecteur de relation causale entre différents événements de l’environnement.

* + - Conditionnement opérant (instrumental)

C’est le cas classique d’un rat affamé que l’on place dans une cage (Skinner) Imaginons que cette cage soit munie d’une pédale qui, si elle subit une pression, donne une boulette de viande.

Le premier réflexe du rat est d’observer la cage. Par hasard, il appuie sur la pédale et la boulette descend. Il fait le lien entre la pédale et la délivrance de nourriture. La nourriture correspond à un renforcement passif.

On appelle cet apprentissage « conditionnement opérant » car le rat doit agir, « opérer » pour apprendre.

L’individu va établir un lien entre son propre comportement et les événements qui en découlent.

## la memoire

### Définition

C’est l’ensemble des processus par lesquels une information est acquise, reste disponible pendant un certain temps et est susceptible d’être rappelée (ou réactualisée)

La complexité de la mémoire et tout particulièrement l’observation de troubles de la mémoire chez certains patients permet de distinguer différents types de mémoire selon la nature des informations stockées et selon la durée de stockage de ces informations.

### Les différentes formes de mémoire

On décrit souvent les différentes formes de mémoire grâce à des couples antagonistes. On va opposer des caractères de propriétés.

#### Mémoire implicite et mémoire explicite (procédurale / déclarative)

La première distinction entre mémoire implicite et mémoire explicite a été proposée à la suite d’observation de certains patients présentant un trouble sélectif de la capacité à se souvenir des événements, des faits mais qui demeurent capables d’apprendre.

En 1968, Cortein et al. Ont montré qu’il existait des patients amnésiques capables d’acquérir des habiletés motrices tel un pianiste qui apprend un nouvel air. Ils étaient incapables d’améliorer leurs performances dans la résolution de problèmes. Mais pourtant, ils étaient incapables de se rappeler des expériences qui leurs avaient permis d’apprendre.

Ex : un patient nommé H.M avait réussi à dessiner les contours d’une étoile en regardant dans un miroir, tâche relativement complexe, mais ne se rappelait pas de toutes les séances « d’entraînement » qu’il avait eu.

Cette mémoire implicite permet l’apprentissage sans retenir le souvenir des événements ayant conduit à cet apprentissage et d’autre part la mémoire explicite qui permet de conserver en mémoire les événements qui ont conduit à l’apprentissage. Elle permet de retenir les faits.

*Schéma : mémoire implicite et mémoire explicite.*

Mémoire implicite et mémoire explicite ne sont pas strictement synonymes. En effet, on emploie le terme de « mémoire procédurale » car elle s’exprime par des actes moteurs (ex : la conduite automobile fait appel à la mémoire procédurale) On peut dégager un autre type de mémoire implicite, mais non procédurale : la « mémoire non procédurale » s’exprime autrement que par la motricité.

Par exemple, la mémoire implicite auditive qui est mise en évidence chez un sujet écoutant une mélodie. On observe une augmentation du plaisir d’écoute lorsqu’on place des sujets amnésiques dans ces conditions, on observe une augmentation du plaisir d’écoute tout en ne se souvenant pas de la mélodie.

La mémoire déclarative et la mémoire explicite sont davantage synonymes. La mémoire déclarative s’exprime à travers le langage (par opposition à la mémoire procédurale qui s’exprime à travers la motricité)

La mémoire déclarative englobe 2 types de mémoires :

* La mémoire épisodique.
* La mémoire sémantique.

#### Mémoire épisodique et mémoire sémantique

On a proposé de distinguer 2 types de mémoire pour rendre compte du fait que des patients amnésiques étaient incapables de se souvenir de ce qu’ils avaient fait alors que leur connaissance générale, leur culture demeurait intacte.

La mémoire sémantique correspond à la connaissance du monde, des règles générales utilisées en grammaire, en calcul…

Par opposition, la mémoire épisodique représente la capacité de se rappeler et même de revivre des événements spécifiques (ex : se rappeler d’avoir pris son petit-déjeuner à telle heure)

La mémoire épisodique est capitale pour l’orientation dans l’espace et dans le temps. En effet, la conscience que nous avons conscience de l’espace dans lequel nous sommes est considérablement renforcée lorsque nous savons comment nous y sommes arrivés.

Il semble que la mémoire sémantique se construise à travers la mémoire épisodique. Elle se construit par superposition des événements ponctuels que l’individu a vécu. Cette hypothèse est confortée par l’observation d’amnésiques qui ne peuvent se construire une mémoire sémantique.

#### Mémoire à court terme et mémoire à long terme

Les psychologues sont parvenus à distinguer mémoire à court terme (mémoire de travail) et mémoire à long terme sur la base de données psychologiques mais également sur la base de l’utilisation de produits perturbant la mémoire comme les amnésiques.

Chez l’Homme la mémoire est souvent évaluée par l’intermédiaire du langage (on teste donc surtout la mémoire explicite) On propose à un sujet un certain nombre d’éléments à mémoriser (lettres, syllabes, mots, chiffres ou dessins…), puis il y a 2 possibilités :

* On effectue un test de reconnaissance : on lui demande de reconnaître les mots qui ont été présentés.
* On effectue un test de rappel : on lui demande de rappeler les mots verbalement (Cf. schéma expérience)

Schéma : courbes de résultats : taux de rappel des mots en fonction de leur ordre dans la liste initiale.

Les premiers mots de la liste sont bien rappelés : c’est l’effet de primauté.

Les derniers mots de la liste sont biens rappelés : c’est l’effet de récence.

La mémorisation des premiers mots de la liste est rattachée à la mémoire à long terme (les mots sont répétés pour être retenus)

Les derniers mots de la liste sont bien retenus grâce à la mémoire à court terme.

Si l’on attend un peu avant le rappel, l’effet de la mémoire à court terme va disparaître. L’individu ne sera pas capable de se rappeler de tous les derniers mots.

La mémoire à court terme présente une capacité limitée de stockage et elle est caractérisée par une durée de vie limitée (quelques secondes, voire une à deux minutes) Cette brève durée de mémorisation s’explique par le fait que de nouvelles informations arrivent à l’individu et prennent la place des anciennes.

Cette mémoire à court terme est fragile. Elle est vulnérable à des agressions diverses comme les traumatismes crâniens, les anesthésies, les hypothermies, les électrochocs.

On peut se demander quel est le rôle de cette mémoire à court terme aussi fragile. Elle sert de mémoire de travail. Elle est inutile car elle sert à retenir des informations utiles pour réaliser une tâche (sans mémoire à court terme, on serait incapable de retrouver son chemin)

Par opposition à la mémoire à court terme, la mémoire à long terme présente une grande capacité de stockage qui est plus ou moins définitive. La durée de vie de la mémoire à court terme est longue. Elle se compte en jours, mois, voire années. Toutes les informations qui nous parviennent ne sont pas définitivement stockées dans la mémoire à long terme.

### Modèle général de stockage des informations

Parmi l’ensemble des informations sensorielles qui parviennent au système nerveux central, certaines jugées pertinentes vont être stockées sous une forme définitive dans la mémoire à long terme. Le processus de sélection des informations pertinentes nécessite de pouvoir stocker de façon temporaire un maximum d’informations afin de réaliser d’éventuelles associations avec des règles ultérieures et de réaliser des associations avec des informations antérieures.

On admet généralement que l’information sensorielle transite par une mémoire sensorielle de capacité très limitée et d’une durée de vie n’excédant pas la seconde. Puis l’information transite par la mémoire à court terme (ou mémoire de travail) de capacité faible (7 items) et d’une durée de vie de une à deux minutes.

*Schéma : processus de stockage des informations.*

oubli

encodage **Mémoire sensorielle** **MCT** **MLT**

stockage

**INFORMATION** - Capacité très faible (= M de travail) - capacité élevée

(stimulus sensoriel)

- Durée de vie ≈ 1 s court - capacité faible - durée de vie de

terme (7 items) consolidation qq jours, mois,

années

- durée de vie de

1 à 2 minutes réactualisation

rappel

Réponse Réponse

(souvenirs temporaires) (souvenirs constants)

Après la mémoire à court terme, soit l’information est oubliée (par faute de répétitions ou de pertinence), soit l’information est consolidée et transite dans la mémoire à long terme qui a une capacité élevée et une durée de vie de quelques jours, semaines, années.

Ces traces mnésiques ou engrammes peuvent être rappelés par réactualisation pour servir à l’établissement d’une réponse (réminiscence : rappel d’une information à partir de la mémoire à long terme pour établir une réponse)

Facteurs qui permettent la consolidation (MLT ⇒ MCT) :

* **Facteurs liés au milieu :**
  + associations (ex : dans une liste de mots, on peut se souvenir de plusieurs mots en créant des associations)
  + répétitions
  + délai entre la répétition (apprendre de façon espacée dans le temps permet de mieux apprendre)
* **Facteurs liés à l’individu :**
  + l’attention (un niveau d’éveil optimal favorise la mémorisation)
  + la motivation
  + la coloration affective de l’information (les événements agréables ou désagréables sont mieux mémorisés ; optimistes : mémorisent mieux les événements agréables ; pessimistes : mémorisent mieux les événements désagréables)
  + l’expérience (il est plus facile de retenir des mots qui nous sont familiers)
  + l’organisation des règles (moyens mnémotechniques)

# neuranatomie de la mémoire

Quelles sont les structures cérébrales impliquées dans le processus de mémorisation ?

## rappels de neuranatomie

Le système nerveux central est formé de l’encéphale (cerveau) et de la moelle épinière.

Le cerveau est un petit organe qui pèse environ 1,4 kg chez l’Homme. Il représente 2% de la masse corporelle. Il consomme 20% de l’O2 de l’organisme.

Schéma du cerveau : vue latérale.

L’encéphale se forme à partir d’un tube (le tube neural), plus précisément à partir de 5 vésicules que l’on retrouve dans le cerveau adulte.

Schéma du cerveau (avec les 5 vésicules)

Première vésicule : le télencéphale.

Deuxième vésicule : le diencéphale.

Troisième vésicule : le mésencéphale.

Quatrième vésicule : le métencéphale.

Cinquième vésicule : le myélencéphale.

Télencéphale

Prosencéphale

Diencéphale

Encéphale

Mésencéphale

SNC

Métencéphale Tronc cérébral

Myélencéphale

Moelle épinière Moelle épinière Moelle épinière

Le cerveau est constitué de cellules nerveuses qui sont les neurones.

Schéma d’un neurone.

Cône d’implantation : segment initial.

Les dendrites correspondent aux zones où arrive l’information au neurone. La longueur de l’axone est variable (de quelques mm à plusieurs cm) Le neurone envoie l’information via cet axone. L’axone est entouré d’une gaine de myéline de nature lipidique qui permet la transmission du message nerveux plus rapidement.

Au niveau du cerveau, il existe une partie sombre et plus à l’intérieur quelques parties plus grises qui correspondent aux cors cellulaires des neurones. La substance blanche du cerveau correspond aux axones des neurones.

**Le télencéphale** correspond aux hémisphères cérébraux. Il contient en particulier le cortex cérébral (substance grise à la périphérie du cerveau), les ganglions de la base (ou corps striés) formés eux-même du noyau caudé et du noyau lenticulaire (lui-même formé du globus pallidus et du putamen) et de la substance blanche.

Le télencéphale et plus particulièrement le cortex est parcouru par de nombreux sillons (ou sulcus) qui délimitent des circonvolutions appelées gyrus. Les principaux sillons permettent de distinguer 5 lobes :

* Le cortex **frontal**(processus moteurs, raisonnement)
* Le cortex **pariétal** (phénomènes d’attention, traitement des propriétés spatiales)
* Le cortex **occipital** (traitement des stimulations visuelles)
* Le cortex **temporal** (audition, langage, mémoire)
* Le cortex **insulaire**.

Le diencéphale se situe entre le télencéphale et le mésencéphale. C’est un complexe nucléaire, formé de noyaux, parmi lesquels on retrouve le thalamus qui a un rôle de filtre pour toutes les informations qui viennent de la périphérie et qui vont au cortex. On y trouve également l’hypothalamus et les corps mamillaires.

## Structures et circuits

Les souvenirs sont-ils stockés dans un endroit précis du cerveau ?

On a pu apporter des réponses par des expériences menées sur des patients amnésiques et sur des animaux (singes et rongeurs)

### Approche neuropsychologique

Chez l’homme, la lésion d’une zone restreinte du cortex entraîne des troubles que l’on regroupe sous le terme d’amnésie focalisée.

#### Les amnésies focalisées

Les amnésies focalisées se manifestent par un mauvais usage ou un mauvais apprentissage d’un matériel spécifique.

Exemple :

Une lésion du lobe temporal gauche peut entraîner un trouble du langage tel qu’une mauvaise utilisation des mots.

Une lésion du lobe temporal gauche à un autre endroit peut entraîner une mauvaise reconnaissance des visages chez un patient.

L’étude des déficits consécutifs à ces lésions restreintes permet de désigner les zones cérébrales dans lesquelles reposent les divers types de souvenirs.

La vision actuelle des choses est que le cortex est une mosaïque d’aires distinctes spécialisées dans le traitement d’un type particulier de stimulus soit visuel (lobe occipital), soit motrice (lobe frontal), soit tactile (cortex pariétal), soit lié au langage (lobe temporal) On admet donc que les souvenirs sont localisés dans les zones corticales dans lesquelles ils ont été traités.

Dans un souvenir complexe (ex : dîner entre amis), plusieurs zones cérébrales distinctes participeraient au stockage du souvenir : odeur stockée dans les zones de l’odorat, goût des plats stocké dans les zones cérébrales liées au goût, visage des amis stockés dans le lobe temporal,…

Les souvenirs sont stockés en MLT dans les zones cérébrales où ils ont été initialement traités. Mais ceci n’explique pas comment les souvenirs se forment, c’est à dire comment une stimulation va passer de la MCT à la MLT.

Un autre type d’amnésie semble apporter une réponse : les amnésies globales.

#### Les amnésies globales

Elles touchent toutes les maladies (par opposition aux amnésies focalisées) Elles sont retrouvées dans de nombreux syndromes (= ensemble de symptômes d’une même maladie) affectant la mémoire, dont notamment :

##### **Le syndrome hippocampique :**

Le cas H.M., patient ayant fait une chute de vélo quand il était enfant. A la suite de cet accident, il est devenu épileptique. On lui a enlevé les deux parties médianes des lobes temporaux, ce qui a provoqué chez le patient une amnésie globale antérograde (= le patient souffre d’une perte de mémoire des événements postérieurs à l’opération) Le patient est conscient de son déficit.

* **Le syndrome de Korsakoff :**

Ce syndrome est dû à la combinaison d’une absorption chronique d’alcool et d’une malnutrition qui se caractérise par une carence en vitamine B1. Il se manifeste par une amnésie antérograde. Contrairement au syndrome hippocampique, les patients ne sont pas conscients de leur déficit, et ils sont sujets à de fréquentes fabulations (ils inventent des histoires pour combler leurs pertes de mémoire)

Les structures atteintes sont les corps mamillaires et le thalamus antérieur ou dorso-médian qui sont des structures du diencéphale.

* **La maladie d’Alzeimer :**

C’est une maladie neuro-dégénérative (= détérioration du tissu nerveux) Elle touche environ 5% de la population des plus de 65 ans. Elle se manifeste par la perte progressive et massive de l’ensemble des capacités cognitives. Ce sont justement les troubles de la mémoire qui sont les premiers signes de la maladie. Après ces troubles de la mémoire apparaissent d’autres troubles : troubles d’orientation dans l’espace et dans le temps, troubles de l’attention, du langage et du raisonnement.

Les différents types de mémoire ne sont pas touchés de la même manière :

Les mémoires les plus précocement atteintes sont : la mémoire de travail et la mémoire épisodique. Plus tard arrive une détérioration de la mémoire sémantique. La mémoire procédurale reste relativement intacte, ce qui permet aux malades de conserver leurs savoir-faire et d’apprendre de nouvelles habitudes et automatismes.

Les causes de cette maladie demeurent méconnues. Par exemple, on ne voit pas si cette maladie est une exagération ou une accélération du vieillissement normal. On soupçonne des facteurs génétiques dans la mesure où il existe des formes familiales de la maladie.

Les structures atteintes sont les régions hippocampiques au niveau du lobe temporal. Il y a une dégénérescence des neurones du télencéphale basal. En réalité, la maladie se manifeste par l’apparition, l’accumulation de plaques séniles (accumulation de protéines particulières autour des neurones) Elles sont localisées aussi dans le lobe pariétal postérieur.

Le point commun à tous ces syndromes est que les patients présentent une amnésie antérograde qui se manifeste par l’incapacité à former et à garder des souvenirs nouveaux. C’est donc la mémoire explicite ou déclarative qui est particulièrement touchée.

Chez ces malades, la mémoire déclarative et la mémoire procédurale restent intactes.

L’ensemble des zones cérébrales lésées dans ces types de syndrome dont la détérioration entraîne une amnésie globale a été regroupé sous le terme général de système lymbique.

### Système limbique

C’est un ensemble de structures profondes de la région médiane du cerveau.

Il regroupe :

* Le lobe temporal médian composé de :
  + L’hippocampe.
  + L’amygdale.
  + Le cortex entorhinal.
* C’est également le diencéphale médian composé :
  + Des corps mamillaires.
  + Du thalamus.
* Le télencéphale.
* Le cortex pré-frontal médian.

Les lésions du lobe temporal médian ou du diencéphale produisent des amnésies globales, ce qui ne signifie pas pour autant que ce soient les lieux de stockage de l’information.

Le système limbique participe à l’élaboration des souvenirs. Le lieu de stockage des informations est vraisemblablement situé au niveau cortical.

Comment des stimulations sensorielles deviennent-elles des souvenirs ?

Des chercheurs (Mishkin) ont réussi à produire chez des singes des amnésies globales par une lésion au niveau du système limbique.

*Schéma de la théorie de Mishkin.*

Théorie de Mishkin :

Protocole :

Les singes, pour obtenir une récompense, doivent choisir un objet qu’ils n’ont jamais vu. On présente un premier objet au singe (qu’il doit mémoriser), puis on lui présente deux objets dont le premier, et le singe doit choisir l’objet qu’il n’a jamais vu (ce qui doit faire appel à sa mémoire)

Etape 1 :

L’image visuelle arrive sur la rétine de l’animal et est transférée au niveau du cortex visuel du singe, plus précisément au niveau de l’aire visuelle V1.

Etape 2 :

Les informations transitent dans le lobe temporal.

Etape 3 :

Les informations arrivent dans le lobe temporal médian.

Etape 4 :

Diencéphale médian.

Etape 5 :

Cortex pré-frontal médian.

Etape 6 :

Télencéphale ventral.

Etape 7 :

Projection vers l’ensemble du cortex, y compris sur la zone d’où est partie l’information, ce qui permet de fermer la boucle.

On envisage qu’avec le temps il y ait un désengagement progressif du système limbique, ce qui permet d’expliquer qu’un sujet amnésique peut se souvenir d’événements antérieurs à leur lésion.

### Les ganglions de base

Suite à une lésion des ganglions de la base, on observe des troubles mnésiques opposés à ceux que l’on observe consécutivement à une lésion du système limbique.

* La Chorée de Huntington :

C’est une maladie neuro-dégénérative qui touche les ganglions de la base. Elle a une origine génétique. Elle est portée par un gène autosomal dominant (sur un seul gène, porté par un chromosome non-sexuel, suffit pour que la maladie se déclare)

Les manifestations de la Chorée apparaissent après 35 ans. Elles consistent en des spasmes des extrémités et du visage.

Des chercheurs ont observé que des patients atteints de la Chorée réussissent parfaitement des tests de rappel de mots, ce qui indique que leur mémoire explicite déclarative est intacte.

A l’inverse, si on leur demande de lire des mots dans un miroir, ils en sont incapables car cette tâche fait appel à la mémoire procédurale, c’est donc cette mémoire qui est affectée pour cette maladie.

Les ganglions de la base sont formés par :

* Le noyau caudé.
* Le noyau lenticulaire formé :
  + Du putamen.
  + Du globus pallidus.

Contrairement au système limbique qui participerait à la consolidation de la mémoire déclarative ou explicite, les ganglions de la base participeraient à la consolidation de la mémoire procédurale ou implicite (acquisition de savoir-faire)

On considère que l’acquisition d’un savoir-faire peut être assimilée à l’association entre un stimulus et une réponse motrice (ex : au tennis, l’association entre la perception de la trajectoire et de la vitesse de la balle avec le geste moteur adapté pour frapper correctement la balle)

*Schéma : trajet de l’information à travers les ganglions de la base.*

Trajet de l’information :

Aire visuelle V1 Lobe temporal Ganglions de la base

(partie postérieure puis partie

antérieure)

+ thalamus

Cortex pré-moteur (dans le lobe frontal ; il est essentiel à la préparation des mouvements)

Si le sujet effectue le bon mouvement associé à la situation, ce trajet, ce circuit va être renforcé, ce qui fait que le geste va être progressivement automatisé.

Ce modèle est applicable à d’autres modalités que la modalité visuelle.

Le système des ganglions de la base exerce son action essentiellement sur les régions corticales pré-motrices. Il fournit ainsi une forme de mémoire primitive telle qu’un répertoire de liaisons rigides entre un stimulus et une réponse motrice. Ce répertoire est inaccessible à la conscience des sujets. Le répertoire fournit à l’organisme un stocke d’habitudes adaptatives et fiables, autrement dit une tendance à répondre d’une certaine manière dans une situation particulière permettant de réagir de façon efficace.

## Systèmes neuromodulateurs

### Principes fondamentaux sur le fonctionnement cérébral

Le système nerveux central est constitué d’environ 100 milliards de neurones. A l’intérieur des neurones, le message transporté est électrique.

*Schéma : Transmission synaptique de message nerveux.*

De façon schématique, les systèmes neuromodulateurs sont des ensembles de neurones :

* Qui se concentrent dans les régions sous-corticales.
* Qui partagent la même identité chimique (ils utilisent le même neurotransmetteur)
* Qui projettent de façon diffuse essentiellement sur l’ensemble des régions corticales (ils envoient des axones dans l’ensemble du cortex)

### Le système cholinergique

Il regroupe des neurones dont le neurotransmetteur est l’acétylcholine. Il prend sa source dans le télencéphale ventral. Ce sont justement les neurones du télencéphale ventral qui sont atteints dans la maladie d’Alzeimer. Des études ont permis de montrer que la concentration en acétylcholine était bien inférieure dans le cerveau des patients atteints de la maladie d’Alzeimer, ce qui tend à montrer que ce système cholinergique joue un rôle fondamental dans le processus de mémorisation. Des études ont été faites à ce sujet. Winson (1978) a proposé une expérience chez le rat pour montrer l’effet du système cholinergique sur le processus de mémorisation. Pour cela, il a interrompu la liaison entre le système cholinergique et l’hippocampe.

*Schéma : Protocole de l’expérience.*

On place un rat dans une cage qui contient 6 coupelles dont une seule est remplie d’eau. Le rat doit trouver la coupelle où se situe l’eau. Une fois qu’il a trouvé la coupelle remplie d’eau, on remet le rat à l’endroit du départ et il doit retrouver le chemin qu’il a dû mémoriser.

Les rats qui présentent une interruption entre le système cholinergique et l’hippocampe ont de grandes difficultés à réaliser cette tâche, leur mémoire est défaillante.

Les rats ont perdus la trace mnésique de l’endroit où se trouve la coupelle, mais ils n’ont pas perdu la capacité d’apprendre.

Le système cholinergique intervient dans la consolidation des souvenirs.

### Le système dopaminergique

Le système cholinergique intervient dans la mémoire déclarative ou explicite.

Le système dopaminergique quand à lui est impliqué dans la mémoire implicite ou procédurale.

Cette hypothèse est confirmée par le fait que les patients atteints de la Chorée de Huntington.

L’acquisition d’un savoir-faire correspond à l’établissement d’une association stimulus réponse.

Le neurotransmetteur essentiel des ganglions de la base et la dopamine. Elle provient essentiellement de la substance noire qui est une structure localisée dans le tronc cérébral, et plus particulièrement dans le mésencéphale.

L’implication de la dopamine dans la mémoire procédurale est également suggérée grâce à l’observation des déficits de patients atteints de la maladie de Parkinson. Comme la maladie de Alzeimer, la maladie de Parkinson est une maladie neuro-dégénérative qui se manifeste par la mort progressive des neurones de la substance noire. Les symptômes sont : un tremblement au repos, une rigidité des membres, une perte des réflexes posturaux. Cette maladie s’accompagne de troubles de la mémoire procédurale.

### Autres systèmes neuromodulateurs

Système noradrénergique :

Le neurotransmetteur est la noradrénaline. La source de ce système se situe dans le tronc cérébral au niveau d’un noyau appelé locus coeruleus.

Ce système noradrénergique projette sur le système limbique. Il semble avoir une grande influence sur la mémoire olfactive chez l’animal.

Bruce, en 1959, a montré chez le rat qu’une femelle gestante avorte spontanément si elle est mise au contact d’un mâle différent de celui qui l’a fécondé : c’est l’effet Bruce. La femelle gestante va reconnaître l’odeur du mâle fécondant, la mémorisation de cette odeur va se faire au niveau du bulbe olfactif accessoire. Ce bulbe olfactif accessoire est étroitement lié au système limbique.

Si l’on détruit le locus coerulus, il n’y a plus d’effet Bruce car la femelle n’est plus capable de mémoriser les odeurs.

# mecanismes cellulaires et moleculaires de la memoire

## bases théoriques de la memoire : la plasticité neuronale

Comprendre sous quelle forme les informations sont stockées revient à savoir ce qui dans le réseau de neurones peut être modifié en fonction de l’expérience.

Schématiquement, on distingue 2 types de plasticité au niveau d’un réseau de neurones :

### La plasticité structurale

Elle concerne la morphologie du réseau de neurones. C’est la capacité à modifier le nombre et la distribution des connexions entre les différents neurones du réseau.

### La plasticité fonctionnelle

Elle concerne les fonctionnements du réseau de neurones.

Elle correspond à la capacité du réseau à modifier la force qui lie les neurones les uns aux autres.

La plasticité fonctionnelle peut être abordée grâce à l’enregistrement de l’activité électrique des neurones.

Ces deux types de plasticité sont plus ou moins liés. Pour qu’une synapse vive, il qu’elle soit active.

Une synapse entre deux neurones sollicités est amenée à se rétracter et à disparaître.

Tanzi, en 1893, Ramon Y Cajal en 1911 et Hebb en 1949, ont proposé que l’efficacité de la transmission du message nerveux à travers les synapses pouvait changer en fonction de l’activité des neurones de part et d’autre de la synapse.

Toute synapse qui peut voir son efficacité modifiée est appelée synapse de Hebb.

Dans ses travaux, Hebb s’était basé sur un réseau limité de deux neurones :

Modulation mono-synaptique :

Modulation hétéro-synaptique pré-synaptique :

Modulation hétéro-synaptique post-synaptique :

Dans le système nerveux, on trouve les synapses excitatrices et les synapses inhibitrices.

L’efficacité des synapses excitatrices augmente ou l’efficacité des synapses inhibitrices augmente.

On pense que la plasticité synaptique est à la base de la mémorisation des informations. Les modifications d’efficacité de certaines synapses vont faire émerger des routes privilégiées pour le transit des informations.

## Apprentissages non-associatifs : habiyuation et sensibilisation

En étudiant ces processus, on a découvert les premiers neurones de plasticité fonctionnelle.

On a fait des expériences sur des mollusques car ils ont un système nerveux relativement simple.

### Habituation

Chez l’animal, quand on stimule mécaniquement le siffon, il y rétraction des branchies.

Les stimulations augmentent et les rétractions baissent.

Le réseau neuronal est responsable de cette habituation.

N sensoriel

interneurone

Moto-neurones

siffon

branchies

Le siphon capte les stimulations mécaniques.

La connexion se fait directement avec le moto-neurone et indirectement avec l’interneurone.

NS

MN

Un potentiel d’action dans le neurone sensoriel provoque au niveau du moto-neurone un PPSE. Au bout d’un laps de temps, le PA du neurone lié au siffon donne un PPSE beaucoup plus faible.