

CERCLE DE DOCUMENTATION ET D'INFORMATION

---

"CLUB DU TEMPS LIBRE"

Mardi 17 Mars 1981

"L'apprentissage et la mémoire ; les bases cérébrales de la mémoire ; son fonctionnement ; les récentes découvertes".

Le mardi 17 Mars, plus de soixante personnes ont affronté le froid pour venir écouter Monsieur CHAPOUTHIER.

Monsieur SIRE a tout d'abord présenté Monsieur CHAPOUTHIER comme un ami de Monsieur KREUTZER, avec lequel il est co-auteur d'un livre "Psychophysiologie, le Système nerveux et le comportement".

Ancien élève de l'Ecole normale supérieure de la rue d'Ulm, il a ensuite fréquenté les Facultés des sciences de Paris et de Strasbourg. Monsieur CHAPOUTHIER est Docteur ès sciences et chargé de recherches au C.N.R.S. en tant que spécialiste des bases biologiques de la mémoire.

A priori, remarque Monsieur CHAPOUTHIER, la mémoire est un problème banal ; nous avons tous de la mémoire ; facile à définir chez l'homme, la définition est moins aisée lorsqu'il s'agit de la mémoire de l'animal, pour lequel on parle plus volontiers d'apprentissage ; mais apprentissage et mémoire sont liés ;

- l'apprentissage est un processus d'enregistrement des éléments de l'environnement qui modifie le comportement ultérieur de l'animal ;
- la mémoire est la somme des informations enregistrées et stockées dans le système nerveux.

Comment des informations restent-elles en mémoire ?

Comment s'effectue le stockage de ces informations ?

On peut ajouter le processus de rappel aux éléments stockés en mémoire, comme à l'oubli de ces éléments.

Le conférencier se propose de traiter ces phénomènes complexes qu'il sera contraint de simplifier :

1. l'étude de l'apprentissage et de la mémoire chez l'animal.
- 2.- le processus de stockage dans la mémoire.

## L'APPRENTISSAGE.-

### 1.- Etude en laboratoire de l'apprentissage chez l'animal.

Il existe des techniques de conditionnement qui permettent l'étude de l'apprentissage, de façon telle qu'il puisse être contrôlé en permanence par l'expérimentateur.

Il y a deux types de conditionnement :

a.- tout d'abord, le conditionnement classique pavlovien (découvert par Pavlov).

On associe deux stimuli, un stimulus inconditionnel allié à un stimulus dit conditionnel, c'est à dire qui, a priori, n'agit pas. Lors des premiers essais, l'animal répond au stimulus inconditionnel (par exemple nourriture qui par voie réflexe déclenche la salivation) ; si à chaque présentation de nourriture on associe un stimulus conditionnel (par ex. battements d'un métronome), l'animal salivera à l'apparition de ces seuls battements primitivement neutres ; après un grand nombre d'expériences, il a acquis une réponse au stimulus conditionnel. L'inconvénient de ce procédé est que la technique est artificielle car l'animal n'est pas libre ; il est littéralement immobilisé par un véritable harnachement.

b.- le conditionnement skinnérien (Skinner).

L'animal se trouve relativement libre : il est placé dans une boîte dans laquelle il doit accomplir une tâche.

Des diapositives sont venues éclairer ces propos.

Première diapositive ; la Souris doit apprendre à appuyer sur une pédale pour obtenir de la nourriture (fig. 1)

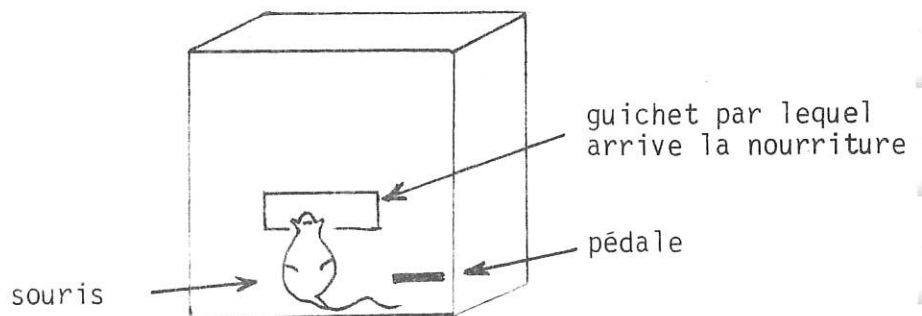


fig. 1 - BOITE DE SKINNER

On peut compliquer la tâche en utilisant un stimulus discriminatif = par exemple positif (voyant allumé), négatif (voyant éteint) (fig. 2).

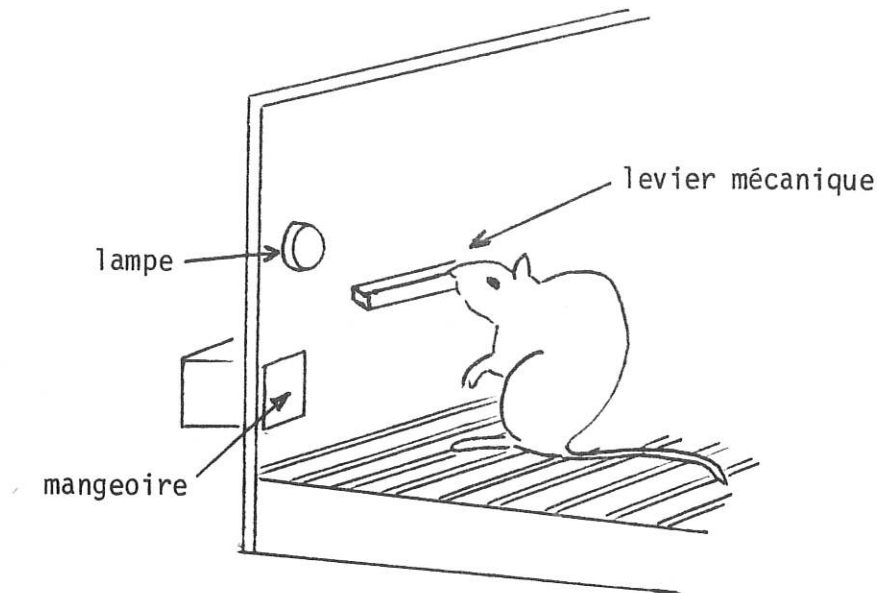


fig. 2.- BOITE DE SKINNER (face avant enlevée)

Le Rat a été conditionné à appuyer sur le levier distributeur quand la lampe est allumée.

Quand la lampe est éteinte, le Rat gratte impatiemment ; quand la lampe s'allume, il se précipite sur le levier et va à la mangeoire où il trouve sa "récompense".

La boîte est reliée à tout un équipement qui permet à l'opérateur de s'absenter et qui enregistre graphiquement les résultats.

Deuxième diapositive ; l'animal doit changer de compartiment au signal lumineux afin d'éviter une décharge électrique. (réaction d'évitement) (fig. 3).

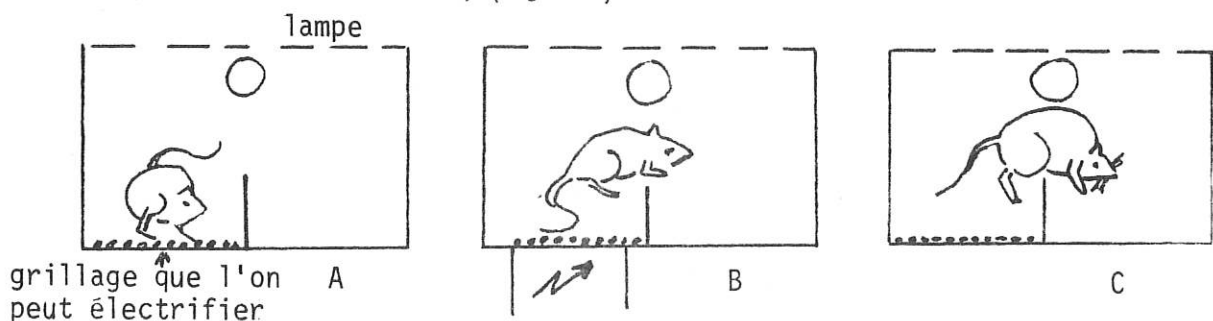
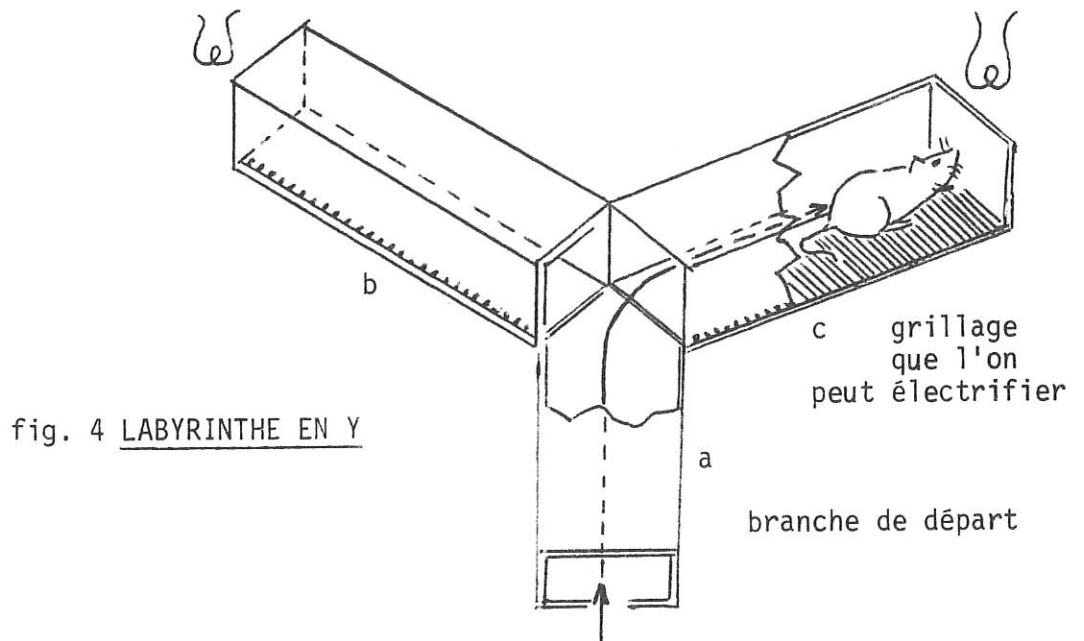


fig. 3.- BOITE DE MOWRER-MILLER

- A. Le Rat ne remarque pas la lampe qui s'allume.
- B. Le grillage est électroficié : le Rat saute.
- C. Le grillage n'est pas électroficié ; mais lorsque la lampe s'allume, le Rat saute.

Troisième diapositive ; le labyrinthe apprend à l'animal à tourner soit à droite, soit à gauche. On utilise punition (décharge électrique) ou récompense (boulette de nourriture).



L'animal placé dans la branche de départ doit choisir la branche de droite (c) ou branche éclairée, ou tantôt branche de droite, tantôt branche de gauche (si le grillage de c est électrisé). Il s'agit dans ce cas d'un conditionnement d'alternance (fig. 4).

Ces techniques sont très pratiques. On peut les utiliser pour tester des médicaments.

Certains chercheurs pensent que tout apprentissage se réduit au conditionnement. Par exemple, l'apprentissage du langage chez les enfants.

Ces chercheurs pensent que tout apprentissage ne serait que le jeu de conditionnements successifs, "emboîtés" les uns dans les autres, la réponse obtenue devenant le stimulus d'une autre réponse, et ainsi de suite.

D'autres apprentissages n'obéissent pas à ces techniques classiques.

L'empreinte : c'est l'attachement du jeune animal à un parent, un congénère ou un objet, pendant une période critique, située 13 à 20 heures après l'éclosion. Une fois acquis, cet attachement est irréversible. Le nom de K. LORENZ est attaché à ce phénomène de l'empreinte. Les expériences sont faites avec des oiseaux nidifuges (1)

(1) qui ne restent pas au nid dès l'éclosion.

(poussin ou autre) qui s'attachent très vite à leurs parents ou à tout objet qui bouge.

Il a aussi l'empreinte sexuelle. L'oiseau cherchera à s'accoupler avec ce qui lui rappelle sa "mère", ou son substitut.

Quelques diapositives illustrent ces exemples.

Diapositive N°1 : Le poussin suit une boule qui se déplace sur un plateau (l'expérience est suivie par une caméra de télévision).

Diapositive N°2 : Empreinte visuelle, le poussin est imprégné par une balle qui se déplace : il la suit comme si la balle était sa "mère" (fig. 5).

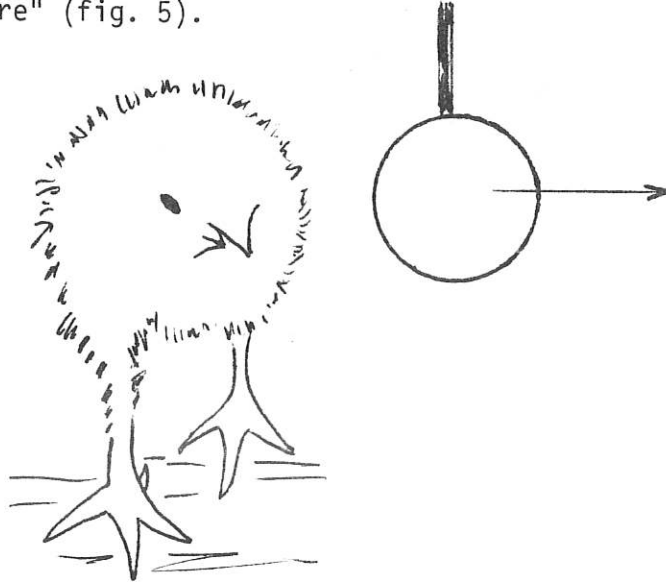


fig. 5.- POUSSIN IMPREGNE A UNE BOULE.

Ce phénomène obéit aux mêmes bases biologiques que le conditionnement. Par exemple, le Saumon migrateur retourne à la source de la rivière où il est né pour se reproduire. C'est une empreinte olfactive.

Les phénomènes de domestication et d'appriivoisement se rapprochent du phénomène d'empreinte, les jeunes reconnaissent l'Homme comme un congénère. La difficulté est proportionnelle à l'âge de l'animal ; plus il est jeune, plus l'empreinte est facile ; il y a même une période critique.

L'Homme est l'animal le plus souple et le plus modulable ; adulte, il recherchera de préférence comme femme celle qui lui rappellera sa mère.

Il s'agissait jusqu'alors de techniques de conditionnement et d'empreinte permettant l'étude de l'apprentissage.

2.- Par quels mécanismes les informations acquises dans l'environnement par l'animal sont stockées dans la mémoire.

Monsieur CHAPOUTHIER pose le problème de la façon suivante :

Quelles sont les bases possibles d'un codage de la mémoire dans le cerveau ? trois éléments interviennent.

- a.- codage structural (anatomique).
- b.- signaux électriques.
- c.- hypothèses moléculaires.

a.- anatomiquement, la partie noble du système nerveux est l'encéphale. Voici quelques stades de son évolution (fig. 6).

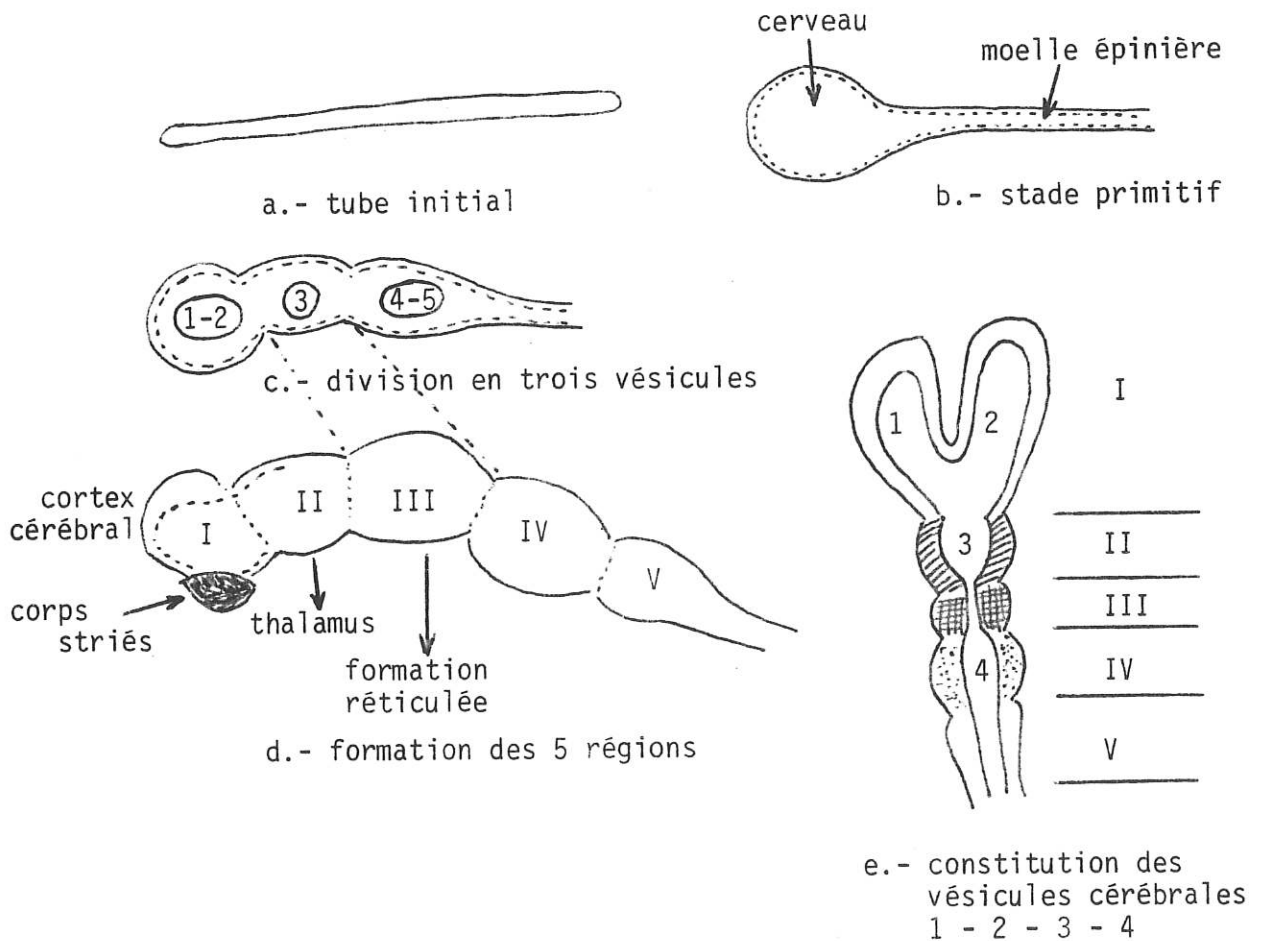


fig. 6.- LES STADES DE LA FORMATION DE L'ENCEPHALE.

- Chez l'embryon :
- un tube (fig. 6a)
  - un tube renflé à sa partie antérieure (fig. 6b)
  - une division en 3 vésicules (fig. 6c)
  - une division en 5 vésicules (fig. 6d)

Les 5 régions ... à partir des 3 vésicules.

- La vésicule antérieure donne les régions I et II.

- région I = cerveau antérieur ou protencéphale.

→ les deux hémisphères cérébraux qui s'accroissent dans de telles proportions vers l'arrière qu'ils recouvrent presque totalement le reste de l'encéphale.

→ les corps striés

- région II = cerveau intermédiaire ou thalamencéphale.

→ thalamus - formation réticulée du thalamus,  
→ hypothalamus et hypophyse,  
→ épiphyse.

- La vésicule moyenne qui ne se divise pas.

- région III = cerveau moyen ou métencéphale.

→ formation réticulaire (1) du tronc cérébral

- La vésicule postérieure donne les régions IV et V.

- région IV = cerveau postérieur ou métencéphale.

→ cervelet

- région V = arrière cerveau ou myélocéphale

→ bulbe rachidien

Chez l'Homme, le cortex d'hypertrophie de façon gigantesque en arrière jusqu'au cervelet et se répand sur les côtés en englobant les corps striés.

On arrive finalement à la structure que montre la fig. 7.

Il existe deux types de cortex :

- le néocortex est le siège de la pensée abstraite.
- l'ancien cortex s'appelle l'hippocampe.

(1) certains auteurs disent "formation réticulée".

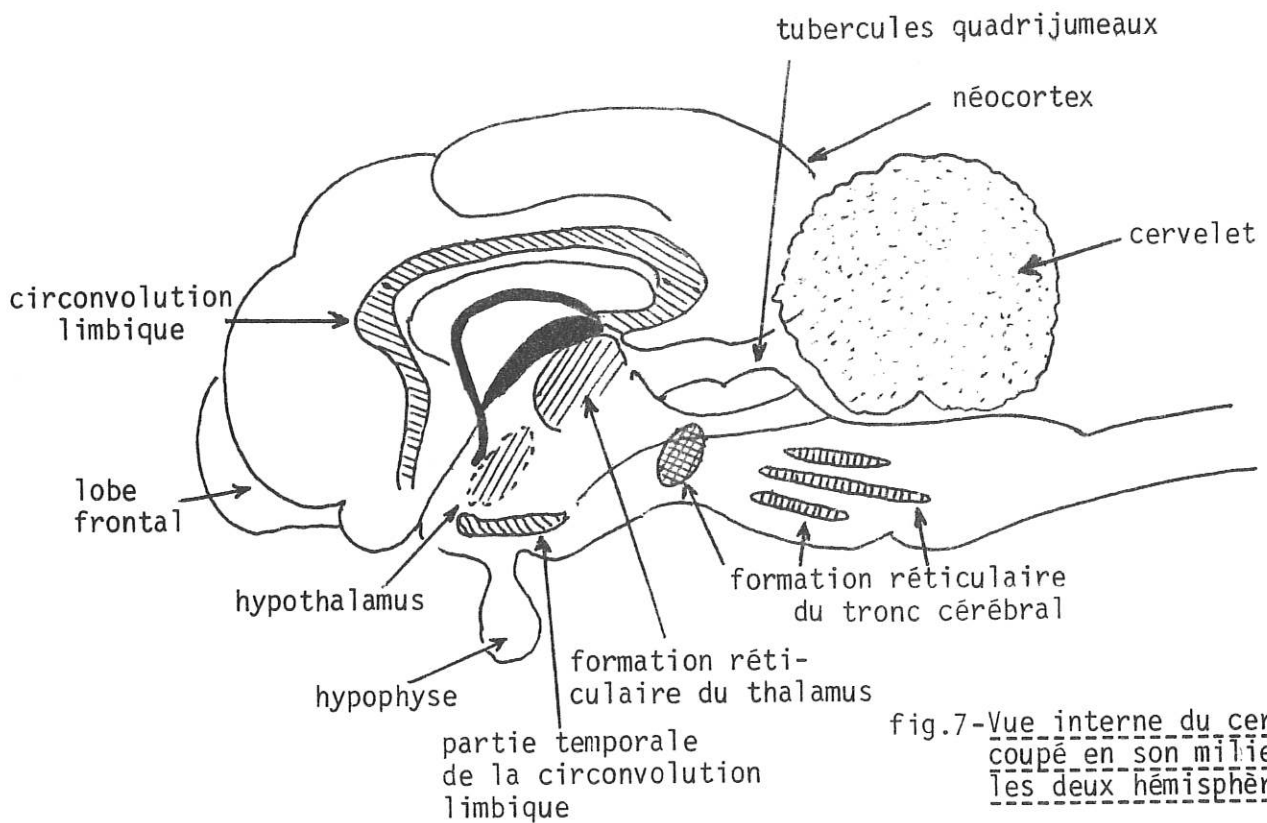


fig. 7 .- COUPE LONGITUDINALE TRES SCHEMATIQUE DE L'ENCEPHALE.

Quel rôle joue cette structure dans l'apprentissage ?

Monsieur CHAPOUTHIER étudie chacune de ces parties.

1.- La formation réticulée intervient dans la vigilance. Son excitation correspond à l'éveil du sujet. Plus on est dit éveillé, plus on a de facilités à apprendre.

Le professeur Bloch a fait l'expérience suivante :

Il a soumis la formation réticulée ayant appris à des intensités trop faibles pour modifier la vigilance de l'animal, il constate que la rétention ultérieure de l'apprentissage est facilitée ; l'animal se souvient mieux ; on en conclut donc que la formation réticulée joue un rôle discret dans l'apprentissage.

2.- Le thalamus est nécessaire dans les apprentissages où intervient la peur, soit dans les apprentissages à renforcement négatif.

3.- Les corps striés jouent un rôle dans les apprentissages de choix alternés ; par exemple, dans un labyrinthe, l'animal apprend à tourner une fois à droite, une fois à gauche. Une lésion des corps striés rend l'animal incapable de maîtriser l'apprentissage de choix alterné ; l'animal choisit toujours le même côté.

4.- L'hippocampe, auquel s'ajoute une série de noyaux dans les structures anciennes du cerveau, forme le système limbique. Il joue un rôle essentiel dans le comportement émotionnel. Monsieur CHAPOUTHIER l'a comparé à un chef d'orchestre. Le système limbique contrôle donc toutes les émotions et par ce biais joue un rôle indirect dans l'apprentissage. Son intervention est plus directe dans deux cas :



- Dans le cas du passage d'une mémoire à court terme (numéro de téléphone) à une mémoire à long terme (par exemple, un souvenir qui devient permanent).

Chez les personnes âgées, la mémorisation à long terme est plus difficile ; elles s'avèrent incapables de stocker à long terme les souvenirs qu'elles viennent d'emmagasiner ; ce phénomène est à rapprocher de lésions du système limbique révélées à l'autopsie.

- Le système limbique semble responsable du phénomène de rappel, soit de "sortir" les informations, parmi des millions stockées, dont on a besoin.

L'amnésie vient d'une lésion du système limbique.

5.- Le néocortex, dont le fonctionnement n'est pas encore très bien connu. Son rôle est très complexe.

On sait que le cortex préfrontal, qui correspond à la partie antérieure du lobe frontal, est le siège de l'apprentissage des réponses retardées.

Un singe est placé derrière une vitre, face à un système lumineux actionné par une pédale (fig. 8) "signalé à son attention" par un voyant lumineux. Il observe quelques démonstrations où il apprend à appuyer sur le levier

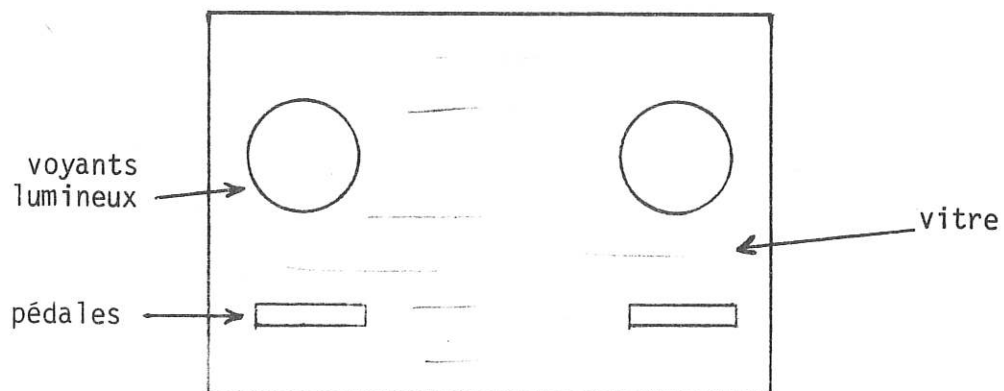


fig. 8.- ETUDE DE LA REPONSE RETARDEE

On introduit, en baissant la vitre, un délai entre le moment où le voyant lumineux, indiquant le levier correct, s'éteint et le moment où l'animal a accès aux leviers. Il suffit de lever la vitre.

Le singe doit retrouver la pédale qui lui avait été signalée ; sa réponse est ainsi "retardée".

S'il y a lésion du néocortex, le singe se laisse très vite distraire : il ne peut retrouver la bonne pédale ; il y a eu trouble de

son attention.

Il y a donc bien des parties du cerveau qui participent à l'apprentissage et à la mémoire.

### Lieux du stockage.-

Un neurophysiologiste américain, nommé LASHLEY, voulait trouver quelle partie du cerveau était le siège du stockage de la mémoire.

Il a donc lésé de multiples façons la matière cervicale, en pratiquant des ablations successives allant jusqu'à 50% de la masse du cortex.

Sa conclusion fut qu'il n'y avait pas d'emplacement particulier qui stockerait les informations acquises. Cela ne signifie en aucune façon que la structure cervicale du néocortex ne joue aucun rôle mais les recherches faites jusqu'à présent ne permettent pas encore de trouver les éléments anatomiques qui interviennent dans ces phénomènes. On peut penser que l'organisation compliquée des voies nerveuses joue un rôle par une sorte "d'effet de masse", comme le dit LASHLEY.

### b.- Les activités électriques.-

Deux modes :

. Les impulsions nerveuses enregistrées sur les neurones (fig. 9)

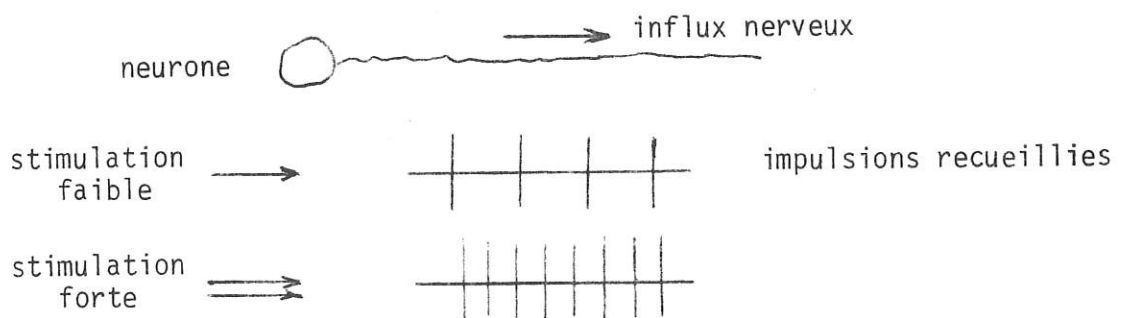


fig. 9.- IMPULSIONS NERVEUSES.

On recueille les impulsions qui arrive au récepteur. Si la stimulation est plus forte, les impulsions seront plus fréquentes.

Un chercheur du début du siècle nommé ADRIAN est à la base de ce système de codage.

- La somme globale des activités électriques cérébrales donne l'électroencéphalogramme (fig. 10).

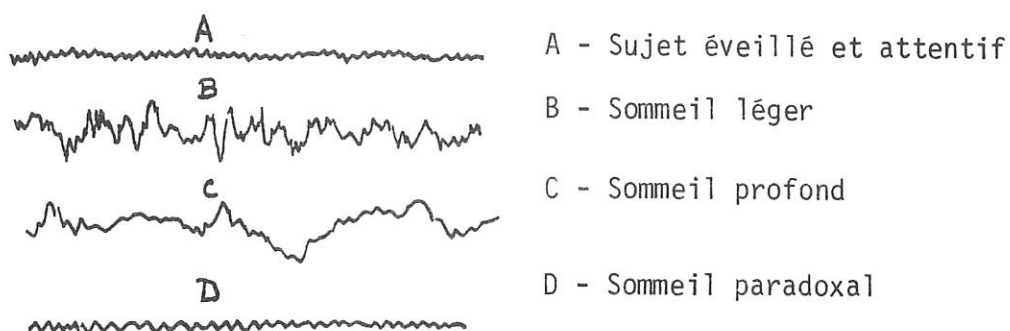


fig. 10.- LES ONDES CEREBRALES.

- Retour sur les deux phénomènes bioélectriques qui jouent un rôle dans l'apprentissage.

1 - La modification des potentiels évoqués, et les impulsions

Quel que soit l'endroit où sont placées les électrodes sur la boîte crânienne, l'électro-encéphalogramme obtenu est le même.

Si les électrodes se trouvent à l'occiput, région des informations visuelles, on obtient encore le même tracé. Mais, si on excite le nerf optique au moyen d'un flash lumineux qui éclaire l'oeil au cours de l'enregistrement de l'activité bioélectrique de l'encéphale, on enregistre une plus forte impulsion nerveuse au niveau de l'occiput. Un potentiel supplémentaire a été provoqué par l'éclair lumineux. Le potentiel évoqué est dit visuel (fig. 11).

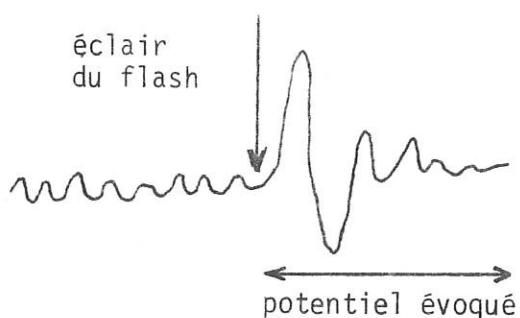


fig. 11.- LE POTENTIEL EVOQUE.

Si on demande au sujet de compter les jets de lumière, son attention est alors concentrée sur l'expérience, l'impulsion nerveuse récoltée est encore plus importante.

Si, au contraire, on distrait l'attention du sujet (en lui demandant, par exemple, la date de la bataille de Marignan), le potentiel évoqué est plus simple, même nul.

Cette expérience aurait bien pu se faire au niveau des oreilles ; on aurait obtenu un potentiel évoqué auditif supplémentaire dans la région temporale.

## 2 - Autre exemple : rôle du sommeil paradoxal dans l'apprentissage.

Il est d'une grande utilité, mais il y a encore de grandes lacunes dans sa connaissance.

Voici une expérience due à LECOMTE, BLOCH et HENNEVIN.

Ils ont travaillé sur des Rats, animaux nocturnes par excellence.

Ceci présente l'avantage de pouvoir analyser immédiatement les effets de l'apprentissage sur leur sommeil paradoxal.

Un apprentissage fait que le sommeil paradoxal est plus long. Si ce sommeil paradoxal est supprimé, les Rats se souviennent moins bien de ce qu'on leur a enseigné.

Et chez l'Homme ? Seule le nourrisson se trouve dans une situation à peu près identique à celle du Rat. On a remarqué chez eux un accroissement du temps de sommeil paradoxal après apprentissage. Il existe donc bien un lien entre les activités bioélectriques et l'apprentissage.

En ce qui concerne la mémoire à court terme, quelques arguments prouvent le rôle joué par les phénomènes électriques dans le stockage d'informations dans le cerveau. Deux types d'arguments :

### . Argument théorique :

Toute information arrive à l'encéphale sous forme d'impulsions nerveuses. Les cellules nerveuses de l'encéphale succèdent aux cellules nerveuses des nerfs ; il paraît vraisemblable que l'information qui arrive reste sous forme d'impulsions électriques pendant les premiers instants de son traitement.

### . Arguments expérimentaux :

Il existe des traitements qui perturbent l'activité électrique du cerveau. L'électrochoc, décharge brève et violente, provoque l'oubli chez le Rat et chez l'Homme de ce qu'il vient tout juste d'apprendre.

En ce qui concerne la mémoire à long terme, on ne la situe pas. L'électrochoc n'a aucun effet sur une mémoire consolidée.

La mémoire d'origine bioélectrique ainsi dure peu.

### c.- Hypothèses moléculaires.-

Le cerveau a peu de molécules candidates à ce rôle.

Les A.R.N. et les protéines sont suffisamment complexes pour coder une mémoire.

Voici trois techniques pour mettre ceci en évidence.

- 1 - L'animal est soumis à un apprentissage et on dose chimiquement les modifications dans les macromolécules cérébrales.

Un savant suédois HYDEN a expérimenté cette technique des dosages sur des Rats obligés de faire des acrobaties pour se nourrir. Les A.R.N. de noyaux qui jouent un rôle dans l'équilibre sont dosés. Après apprentissage, il y a des différences ; c'est donc la preuve que l'apprentissage modifie les A.R.N.

Un autre chercheur, SHASHOUA a appris à des poissons rouges à nager le dos en bas, en plaçant sous leur ventre un flotteur. Le poisson s'est adapté et, là encore, on a constaté des différences dans les dosages d'A.R.N. et des protéines.

Il y a donc modifications des molécules d'A.R.N. et des protéines du cerveau au cours d'apprentissage. Mais, ces macromolécules ne sont pas pour autant les seules détentrices d'informations acquises ; en tout cas, rien ne prouve qu'elles sont les seules responsables d'un codage de la mémoire.

- 2 - Utilisation des antibiotiques.

Ceux-ci bloquent chimiquement la synthèse d'A.R.N. et des protéines (ce qui empêche le développement des microbes).

La technique consiste à administrer des antibiotiques à différents intervalles après l'apprentissage et de voir de quelles façons ils perturbent la mise en mémoire.

Un américain AGRANOFF, en 1967, a fait l'expérience suivante (fig. 12).

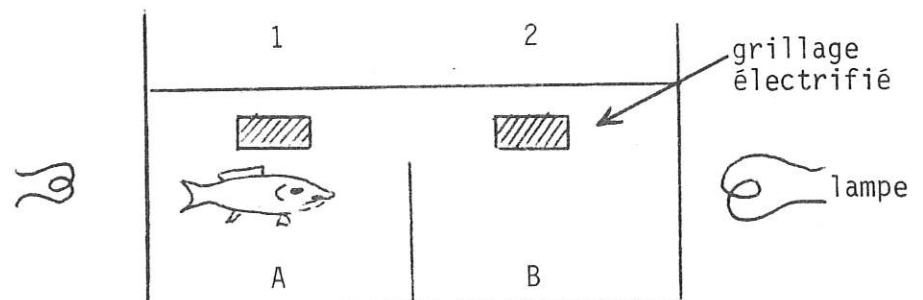


fig. 12.- EXPERIENCE D'AGRANOFF AVEC LE POISSON ROUGE

Le poisson doit répondre au signal lumineux en passant de la partie 1 à la partie 2, ou vice-versa afin d'échapper à la décharge électrique.

Après apprentissage, si on administre des antibiotiques dans l'heure qui suit l'apprentissage, l'animal oublie. La synthèse des protéines est nécessaire à la mise en mémoire.

AGRANOFF décrit trois phases successives de la mémoire :

- 1.- Mémoire immédiate non sensible aux antibiotiques,
- 2.- Mémoire d'une heure après l'apprentissage, sensible aux antibiotiques,
- 3.- Mémoire à long terme, non sensible aux antibiotiques.

### 3 - Techniques de transfert.

On administre des extraits du cerveau d'un animal qui a acquis un apprentissage quelconque à un animal non-appris (animal naïf)

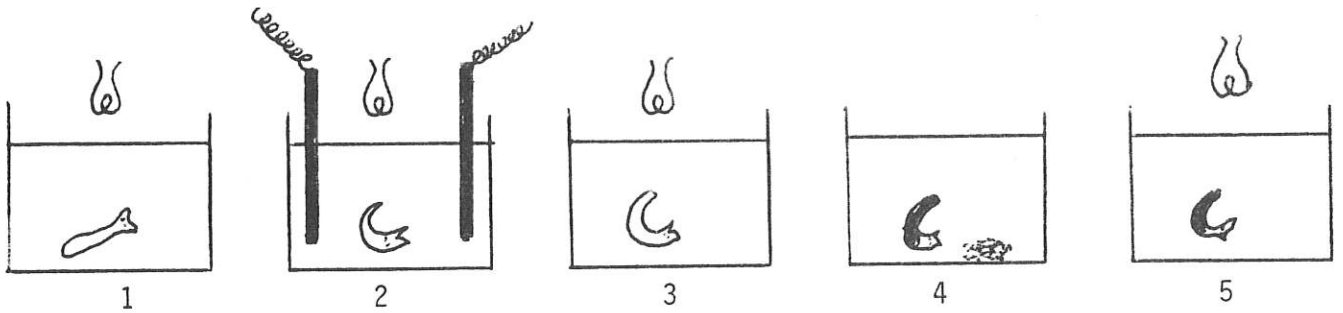
a) - Expérience de Mc CANNELL (fig. 13 - 14).

1. La Planaire naïve ne répond pas au signal lumineux.
2. Signal lumineux + choc électrique → la Planaire se contracte ;
3. Signal lumineux seul → la Planaire se contracte ; elle est "apprise".
4. Elle est broyée ; une planaire naïve mange le broyat.
5. Au signal lumineux, elle se contracte.

Ainsi, par le broyat, l'apprentissage a été transféré d'une Planaire à une autre.



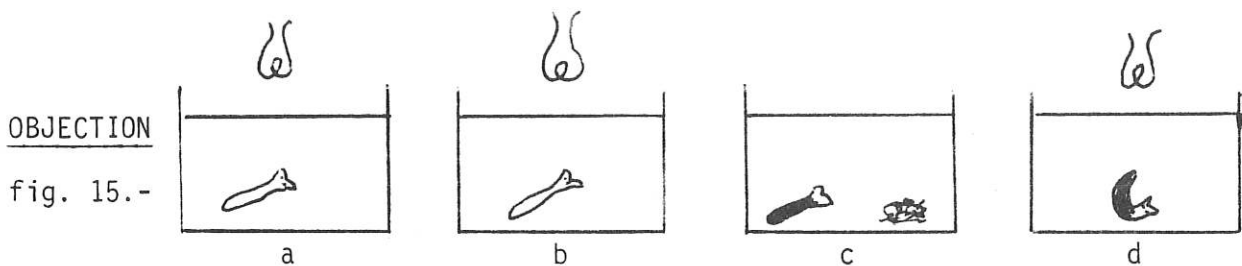
fig. 13.- UNE PLANAIRE.



EXPERIENCES DE L'AMERICAIN MC CONNELL SUR LES PLANAIRES (vers plats des eaux douces (fig. 14)

Mais une objection est possible (fig. 15).

- a. Signal lumineux ; la Planaire naïve ne répond pas.
- b. Signal lumineux ; elle ne répond toujours pas.
- c. Elle est broyée ; le broyat est mangé par une Planaire naïve.
- d. Cette Planaire se contracte au signal lumineux. Il s'agit non pas d'une réaction d'apprentissage, mais "d'émotivité".



Chez les Vertébrés, le transfert d'extraits des cerveaux correspond à une modification du comportement. Les facteurs chimiques responsables de ces effets sont des petites protéines appelées peptides. Il y a deux interprétations.

- Celle de DEWIED qui dit que les peptides facilitent l'apprentissage.
- Celle de G. UNGAR qui pense que chaque peptide est un morceau de mémoire (fig. 16).

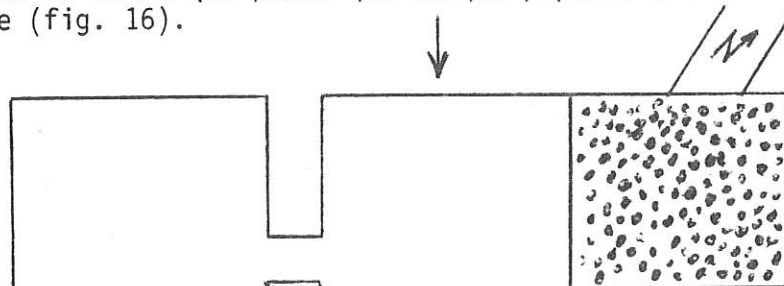


fig. 16.- DISPOSITIF UTILISE PAR G. UNGAR.

Deux boîtes blanches et une boîte noire se trouvent en enfilade. Lorsque l'animal parvient à la boîte noire, il reçoit une décharge électrique qui crée chez lui une aversion de l'obscurité. On soumet des Rats à cette expérience. Puis on broie leur cerveau dont l'extrait est administré à des souris. Celles-ci fréquentent moins la boîte noire.

Au bout de plusieurs années de recherches, UNGAR a isolé une molécule d'une peptide et il l'a appelée scotophobine. Mais il n'est pas sûr qu'il s'agisse là de peptides de mémoire ; la scotophobine agit davantage sur l'émotivité que sur la mémoire.

Les peptides artificielles ont la même action que les peptides naturelles. Cet agissement sur l'émotivité modifie l'apprentissage mais nous ne pouvons pas aller plus loin et conclure sur la mémoire.

Autre exemple, les morphines du cerveau, fabriquées au niveau du cerveau, ont une vie très brève. En supprimant la douleur, elles agissent sur l'émotivité et par conséquent sur le comportement et l'apprentissage.

La conclusion de Monsieur CHAPOUTHIER est qu'il ne fait aucun doute que la mémoire à court terme est portée par des éléments bioélectriques et anatomiques.

La partie limbique et la partie réticulée améliorent l'acquisition.

En agissant sur l'émotivité, on modifie l'apprentissage et la mémoire. Mais on ne sait toujours pas où est stockée la mémoire.

Puis interviennent le sommeil paradoxal et les molécules protéiques capables de contribuer à la mémoire à long terme.

Tout ceci est l'objet de recherches actuelles, et la réponse à un problème qui semble fort simple de prime abord n'est pas encore trouvée.

Monsieur SIRE a remercié vivement Monsieur CHAPOUTHIER de son exposé si clair et précis.