

FACULTÉ DE PHARMACIE DE LYON

**COURS D'ANATOMIE
PHYSIOLOGIE HUMAINE**

1^{ère} ANNÉE

LE SYSTÈME NERVEUX

J. SASSARD

A.A.B.P.L.

Association Amicale des Etudiants en Pharmacie de Lyon
8 avenue Rockefeller - 69373 LYON CEDEX 08
Tél. : 78-74-40-37

FACULTÉ DE PHARMACIE DE LYON

**COURS D'ANATOMIE
PHYSIOLOGIE HUMAINE**

1^{ère} ANNÉE

LE SYSTÈME NERVEUX

J. SASSARD

LE SYSTEME NERVEUX

GENERALITES

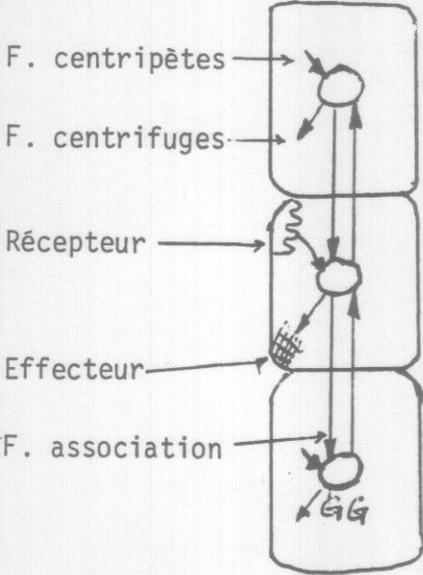
I - BUTS = Coordonner ensemble complexe d'organes
 percevoir et adapter aux variations de l'environnement
 assurer fonctions supérieures d'intégration.

II - EVOLUTION DES STRUCTURES NERVEUSES :

A - Etres unicellulaires : excitabilité

B - Annélides : - SN individualisé
 - excitabilité :
 sensibilité +
 contractilité

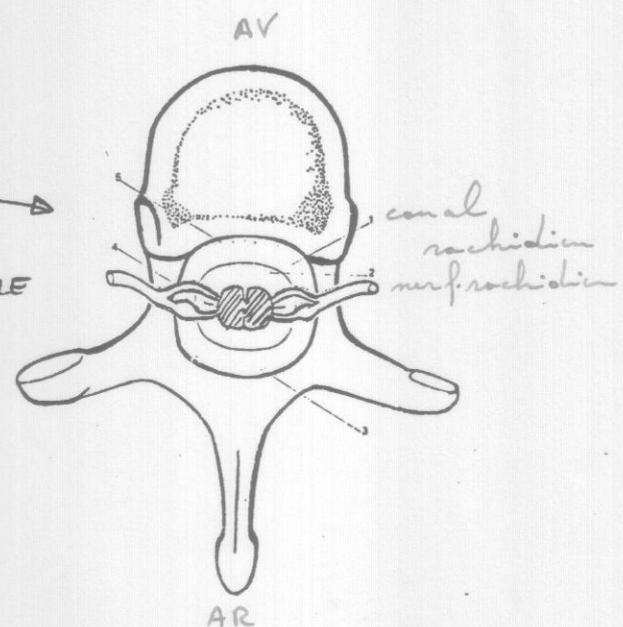
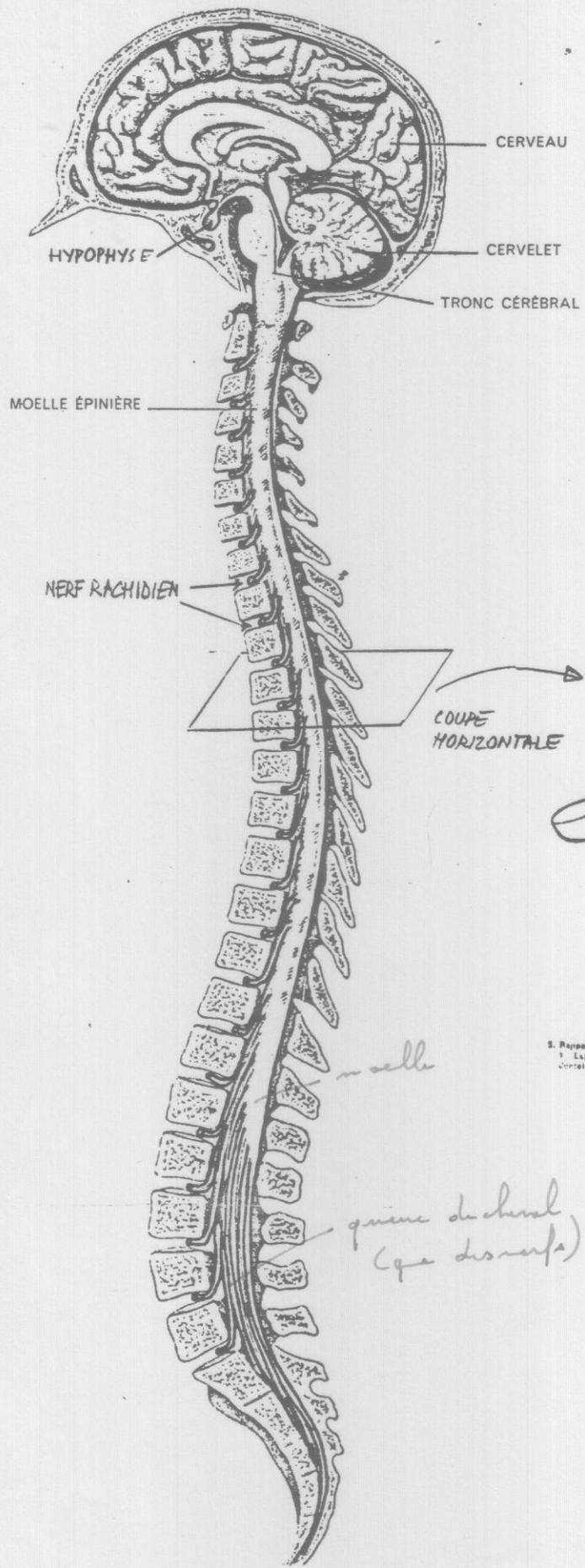
C - Evolution ultérieure :
 . spécialisation des zones sensibles
 . multiplication des structures
 d'association
 . développement de neurones sans con-
 tact direct avec l'extérieur.



III - STRUCTURES SN CHEZ L'HOMME :

A - Classifications : 1. anatomique = SN central et SN périphérique
 2. physiologique = SN cérébrospinal et SN végétatif ou autonome

B - Organisation générale :
 1. notion de substance grise et blanche
 2. les centres nerveux de bas en haut :
 = moelle + queue de cheval ; tronc cérébral (bulbe + protubérance)
 = cervelet ; cerveau antérieur (diencéphale + 2 hémisphères cérébraux).



5. Rapports de la moelle dans le canal rachidien.
 1. Espace Ar. 2. Espace antérieur. 3. Ligament jaune. 4. Ligament dorsal. 5. Ligament vertébral commun postérieur.

moelle
queue de cheval (qs des nerfs)

C - Systèmes de recouvrement = méninges :

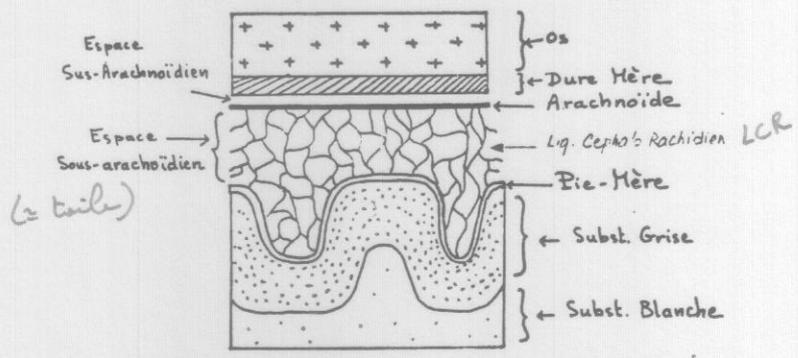
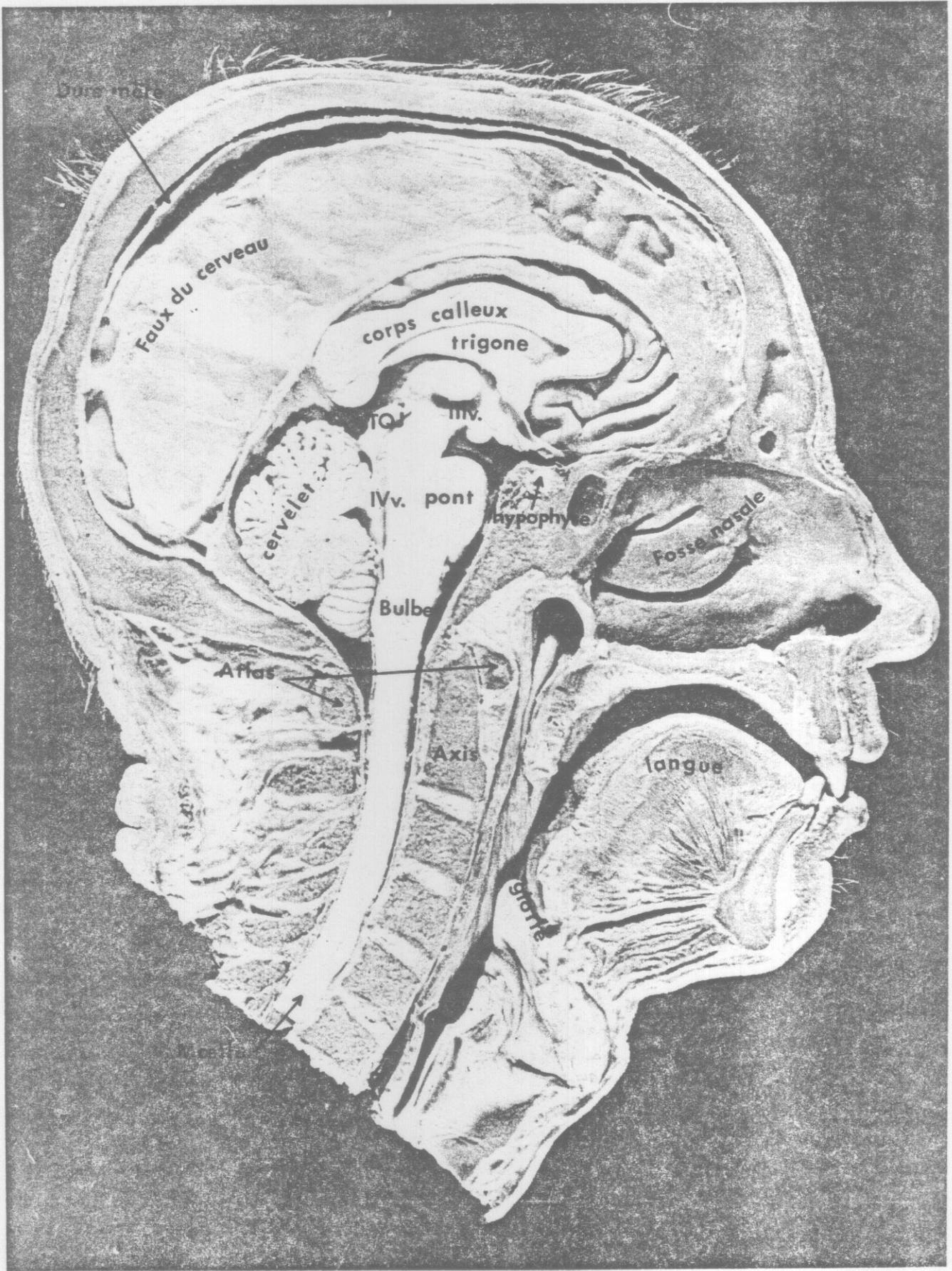


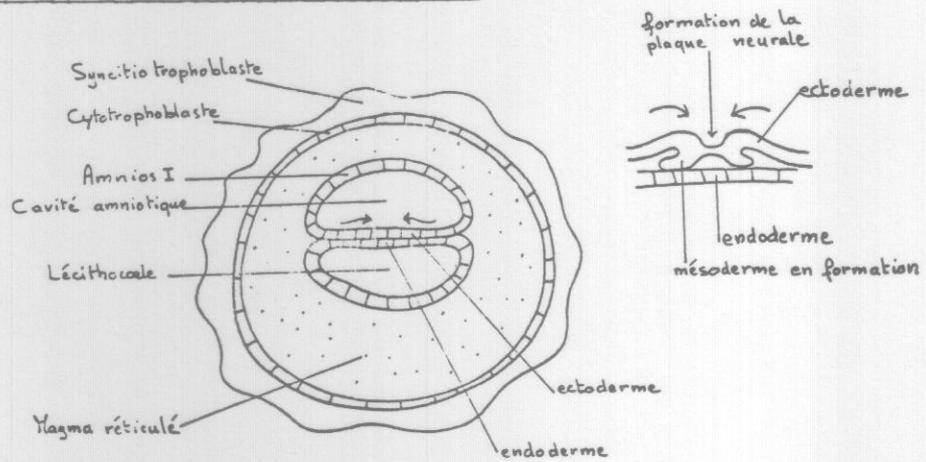
Schéma de la disposition des méninges crâniennes



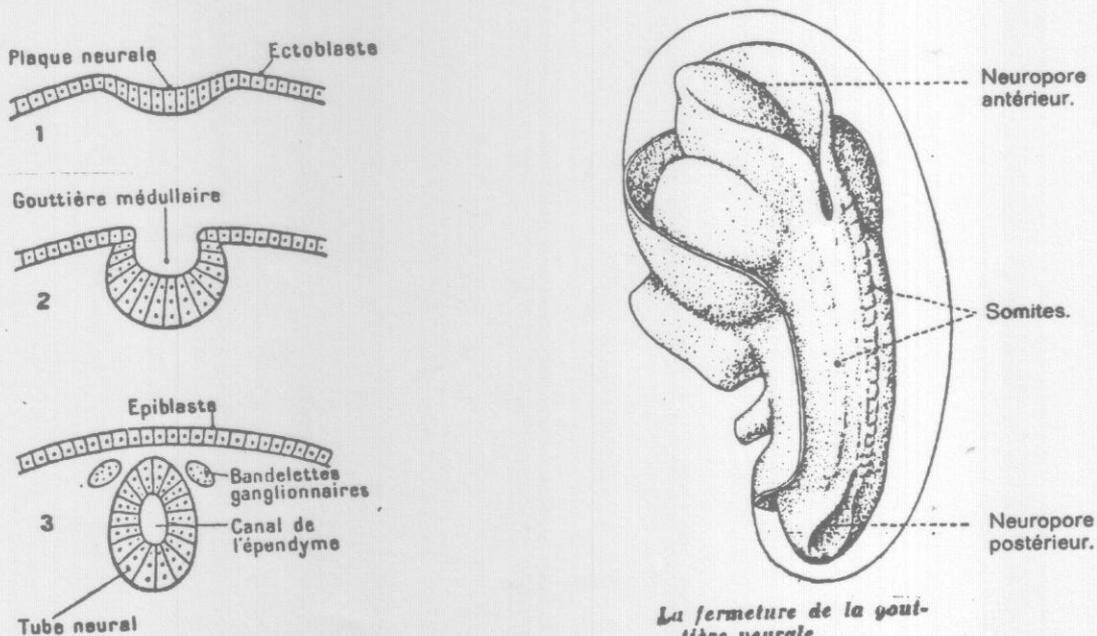
EMBRYOLOGIE DU SYSTEME NERVEUX

Origine = neuroectoblaste :

- I - EPAISSISSEMENT DE L'ECTODERME
- II - FORMATION DE LA PLAQUE NEURALE
- III - FORMATION DU TUBE NEURAL PUIS DE LA MOELLE



Schématisation d'une C.T. du stade blastula montrant la position relative des divers feuilletts embryonnaires et localisant la formation de la gouttière neurale



— Formation du tube nerveux aux dépens de l'ectoblaste

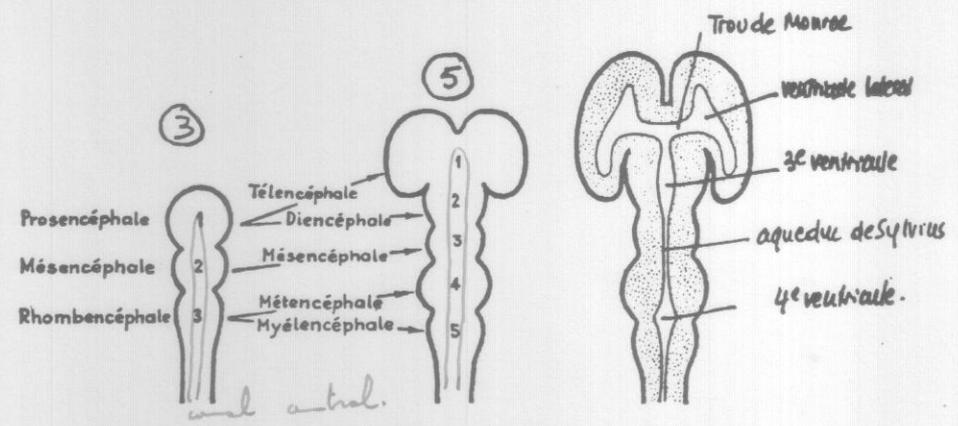
La fermeture de la gouttière neurale. Les neuropores antérieur et postérieur.

IV - FORMATION DE L'ENCÉPHALE :

A - Stade à 3 vésicules

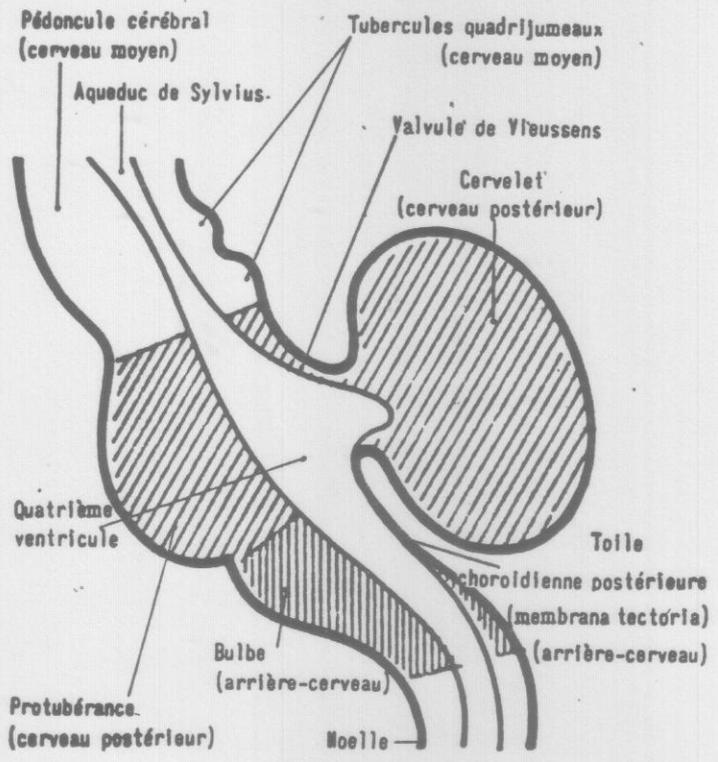
B - Stade à 5 vésicules

Stade à 3 vésicules	Stade à 5 vésicules	Partie ventrale ou plancher	Partie dorsale ou toit	Cavités
1. CERVEAU ANTÉRIEUR : <i>Prosencéphale.</i>	1. Télencéphale.	Hémisphères cérébraux. Noyaux centraux. Commissures interhémisphériques.		Ventricules latéraux.
	2. Diencéphale.	Thalamus. Hypothalamus. Hypophyse post.	M. tectoria. Epiphyse.	III ^e ventricule.
2. CERVEAU MOYEN : <i>Mésencéphale.</i>	3. Mésencéphale.	Péduncules cérébraux.	Tubercules quadrijumeaux.	Aqueduc de Sylvius.
3. CERVEAU POSTÉRIEUR : <i>Rhombencéphale.</i>	4. Métencéphale.	Protubérance.	Cervelet.	IV ^e ventricule.
	5. Myélocéphale.	Bulbe.	M. tectoria.	

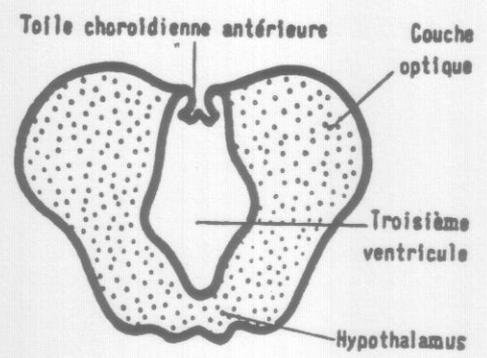


— La segmentation de l'encéphale au cours de son développement.

- C - Evolution de l'arrière cerveau = myélocéphale
- D - Evolution du cerveau postérieur = métencéphale
- E - Evolution du cerveau moyen = mésencéphale
- F - Evolution du cerveau intermédiaire = diencéphale
- G - Evolution du cerveau antérieur = télencéphale.

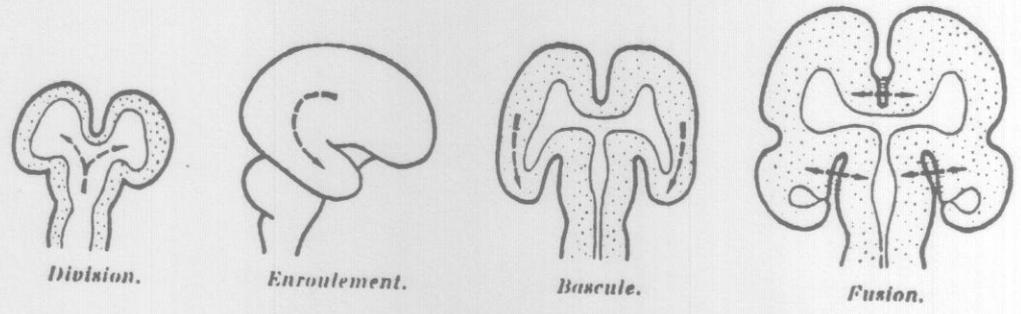


ARRIÈRE-CERVEAU, CERVEAU POSTÉRIEUR ET CERVEAU MOYEN (coupe sagittale)

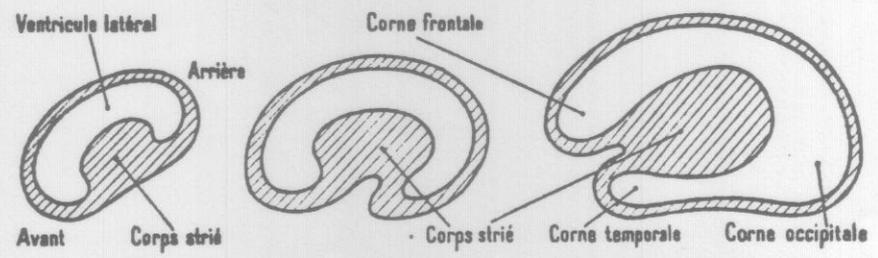


COUPE TRANSVERSALE

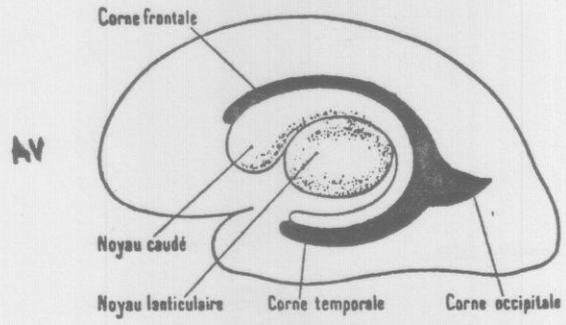
— Évolution du cerveau intermédiaire.



Transformations du télencéphale.



— Accroissement en longueur de la vésicule cérébrale (coupe longitudinale).

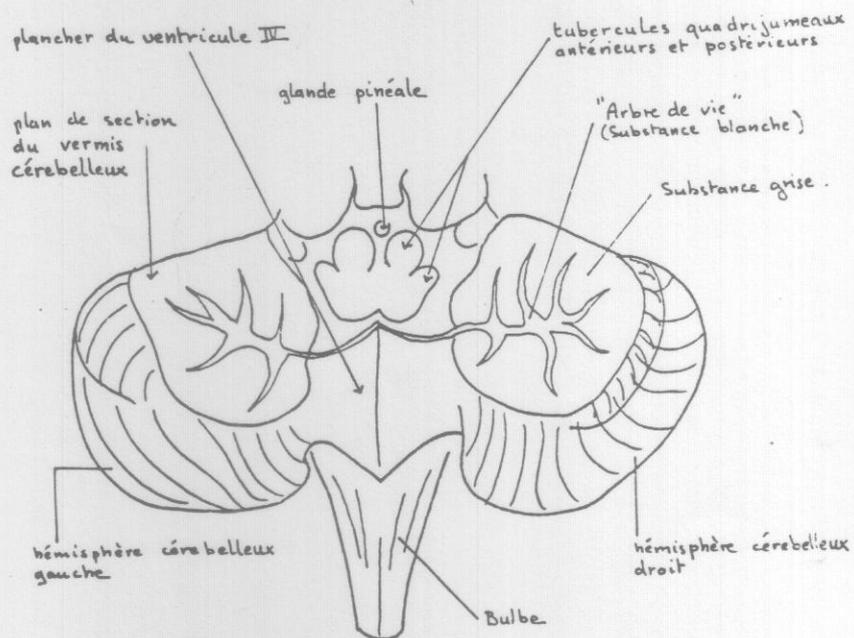


— Enroulement des corps striés et du ventricule latéral (en noir, les cavités ventriculaires).

ANATOMIE SCHEMATIQUE DU CERVEAU

I - CONFIGURATION DU TRONC CEREBRAL :

- = se dispose autour du IVème ventricule (cf. formation de l'encéphale)
- = après section et reclinement du cervelet on découvre la face postérieure du tronc cérébral :

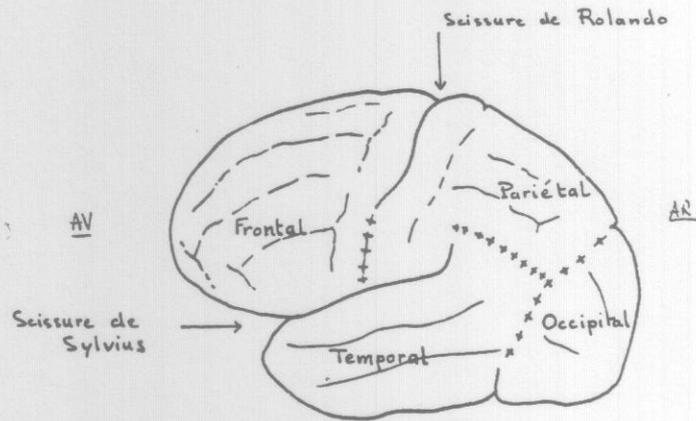


Vue postérieure du tronc cérébral

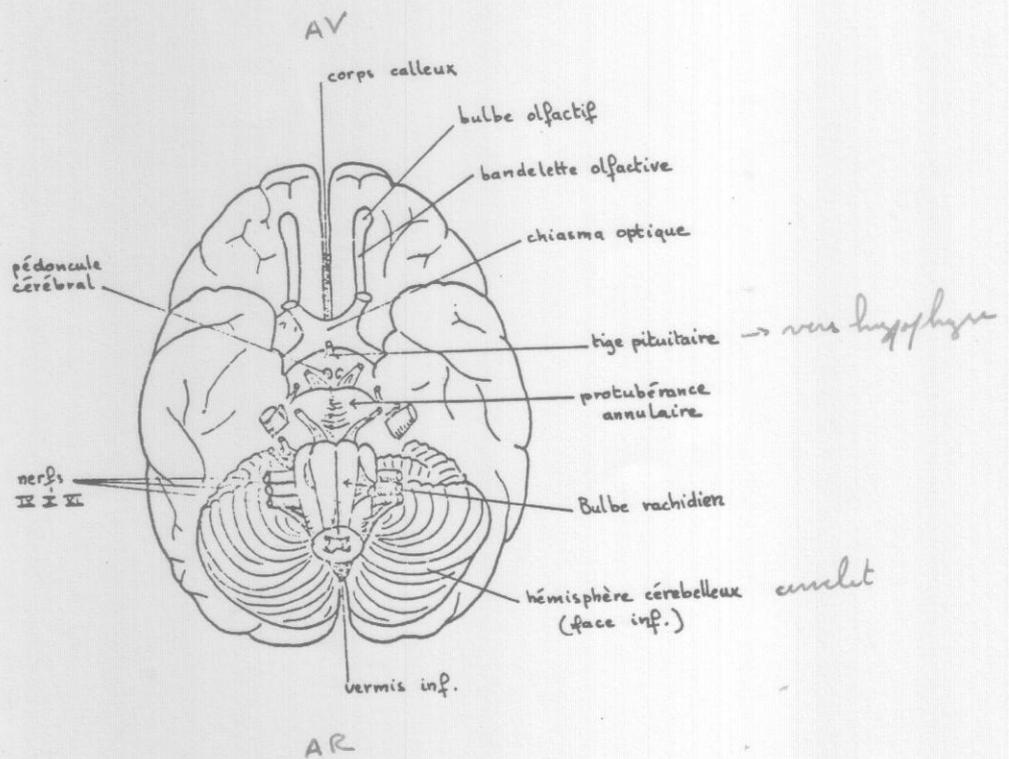
II - CONFIGURATION EXTERNE DU TELEENCEPHALE :

A - Les scissures et leur rôle

B - Les lobes cérébraux



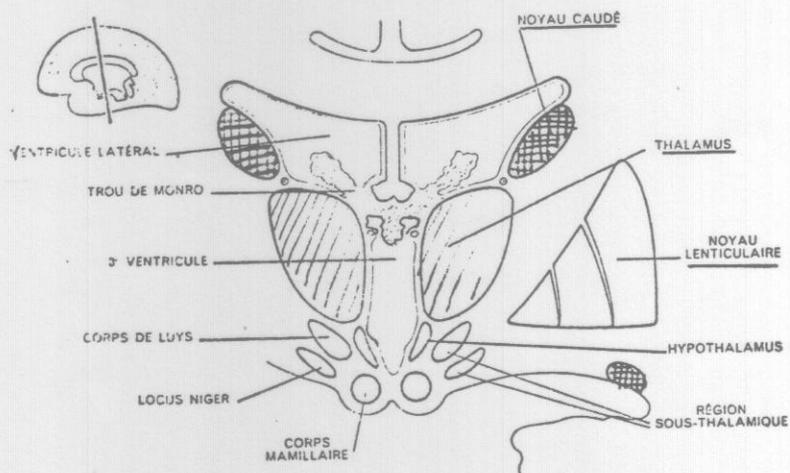
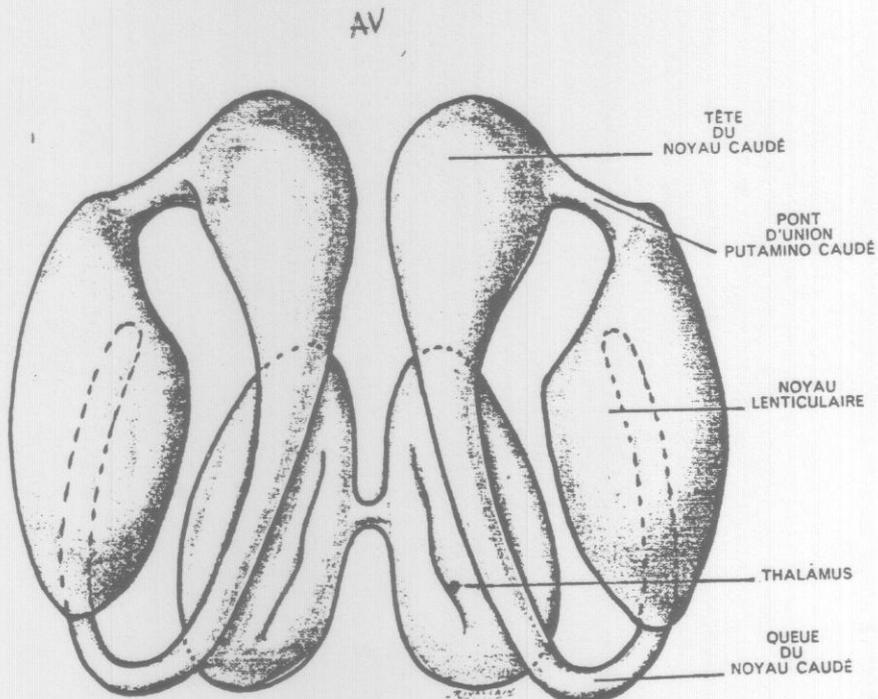
C - Vue inférieure :



III - CONFIGURATION INTERNE SCHEMATIQUE DU TELEENCEPHALE :

A - Noyaux gris centraux = corps opto striés

1. Dans cerveau moyen = thalamus ou couche optique sur faces externes du IIIème ventricule
2. Dans chaque hémisphère = corps striés
 - comportent - noyau caudé
 - noyau lenticulaire (putamen + pallidum)
 - qui sont autour et à l'extérieur du thalamus.



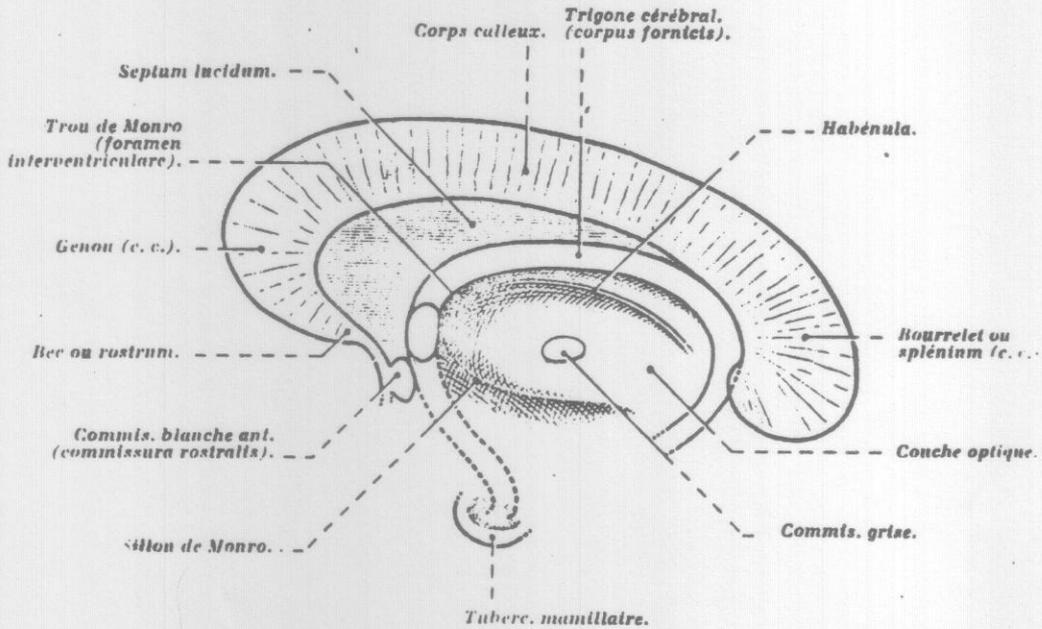
Coupe des noyaux gris

B - Les voies d'association = très importantes

1. Intra hémisphériques

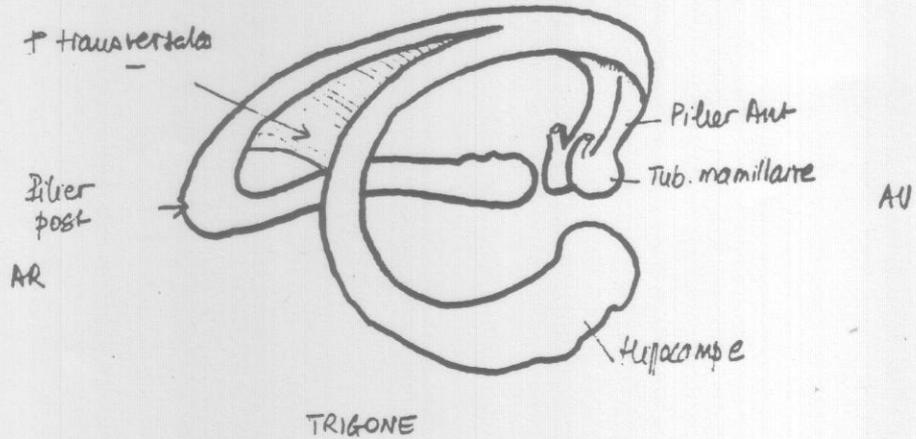
2. Inter hémisphériques

a - corps calleux



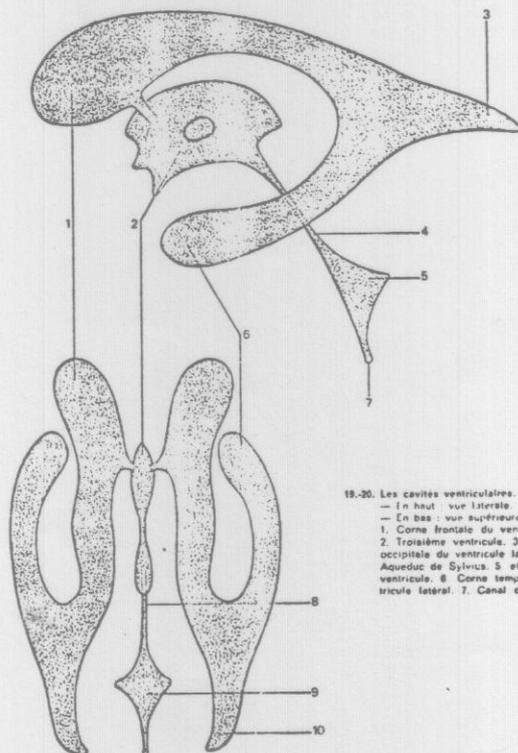
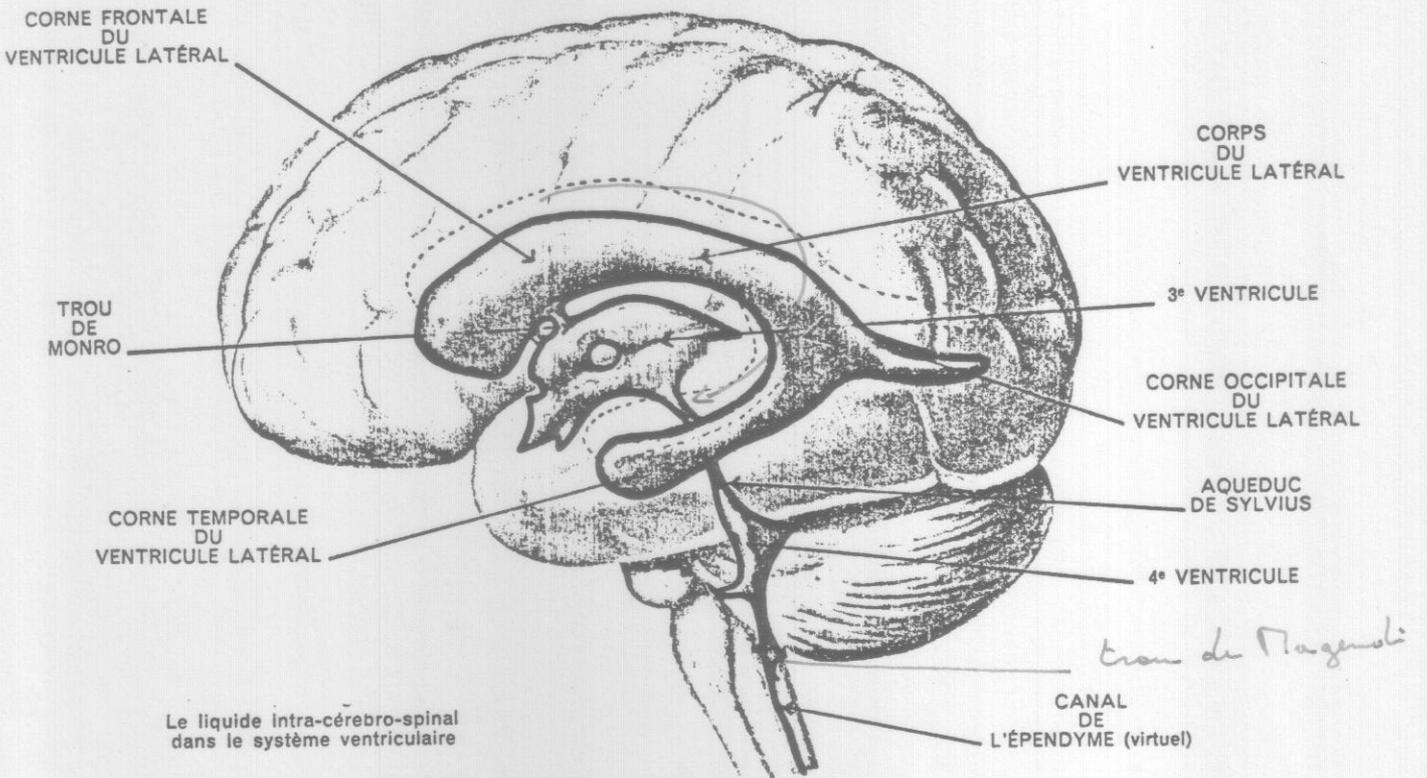
--- Corps calleux; trigone et septum lucidum sur une coupe médio-sagittale; segment droit de la coupe (schématique). --- En pointillé, pilier antérieur du trigone.

b - Trigone

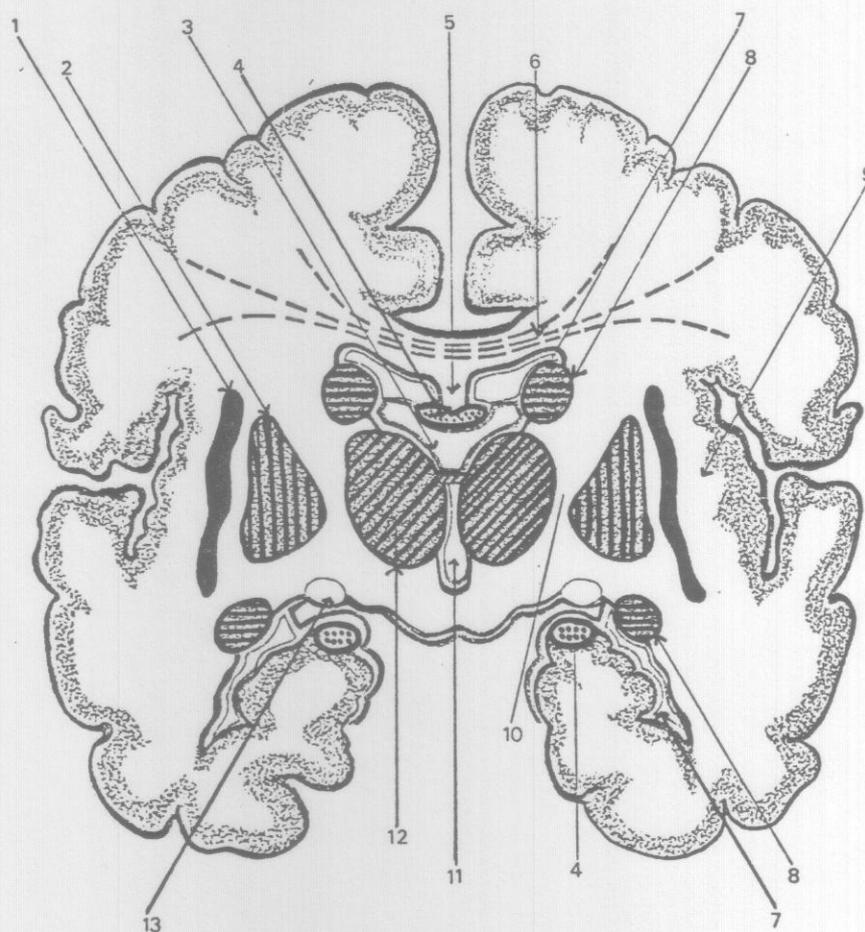


C - Les ventricules :

1. le IIIème ventricule = médian
2. les ventricules latéraux (I et II)



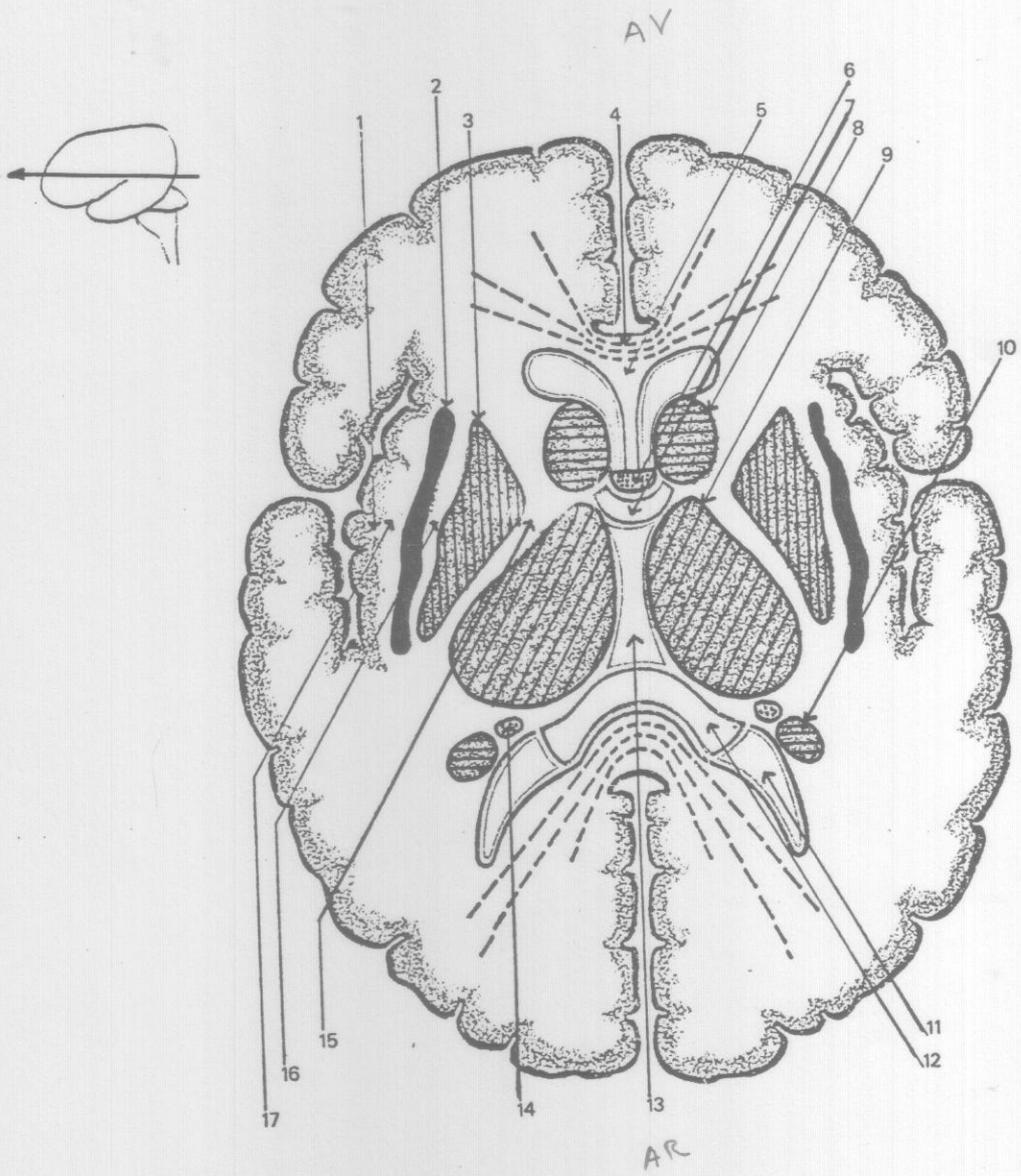
19-20. Les cavités ventriculaires.
 — En haut : vue latérale.
 — En bas : vue supérieure.
 1. Corne frontale du ventricule latéral.
 2. Troisième ventricule. 3 et 10. Corne occipitale du ventricule latéral. 4 et 8. Aqueduc de Sylvius. 5 et 9. Quatrième ventricule. 6. Corne temporale du ventricule latéral. 7. Canal de l'épendyme.

D - Schémas de synthèse = coupe frontale + horizontale

. Coupe frontale du cerveau ou coupe de Charcot.

En rouge : pie-mère. En bleu : revêtement épendymaire des ventricules cérébraux.

1. Avant-mur. 2. Noyau lenticulaire. 3. Fente de Bichat. 4. Trigone. 5. Septum lucidum. 6. Corps calleux. 7. Ventricule latéral. 8. Noyau caudé. 9. Insula. 10. Capsule interne. 11. Troisième ventricule. 12. Thalamus. 13. Bandelette optique.



Coupe horizontale du cerveau ou coupe de Flechsigs.
 En rouge : pie-mère. En bleu : revêtement épendymaire des ventricules cérébraux.
 1. Lobe de l'insula. 2. Avant-mur. 3. Noyau lenticulaire. 4. Corps calleux. 5. Septum lucidum. 6. Trigone cérébral. 7. Fente de Bichat (partie antérieure). 8. Tête du noyau caudé. 9. Thalamus. 10. Queue du noyau caudé. 11. Ventricule latéral. 12. Fente de Bichat (partie postérieure). 13. 3^e ventricule. 14. Pilier postérieur du trigone. 15. Capsule interne. 16. Capsule externe. 17. Capsule extrême.

- | | | | |
|---|----------------------|---|-----------|
|  | Noyaux caudés |  | Avant-mur |
|  | Noyaux lenticulaires |  | Trigone |
|  | Thalamus | | |

IV - VASCULARISATION :

A - Généralités : faible résistance à l'anoxie

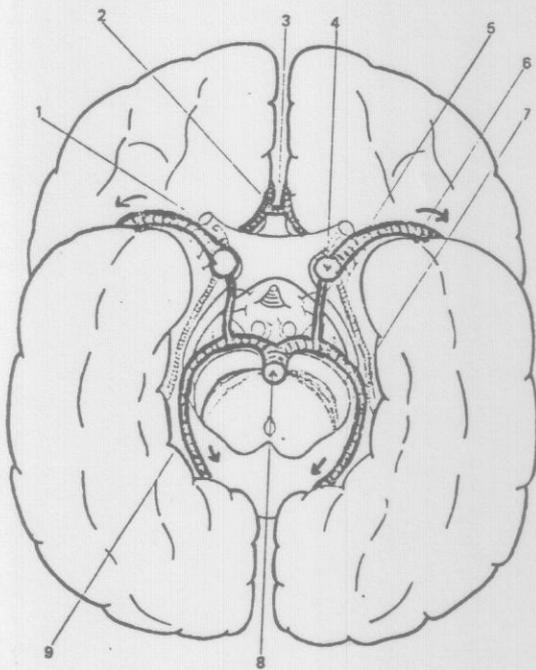
Deux systèmes circulatoires différents avec des possibilités théoriques de suppléance.

B - Les troncs artériels d'origine :

1. Les carotides internes = La plus importante → artères cérébrales antérieures et moyennes

2. Les artères vertébrales et le tronc basilaire = artère cérébrale postérieure

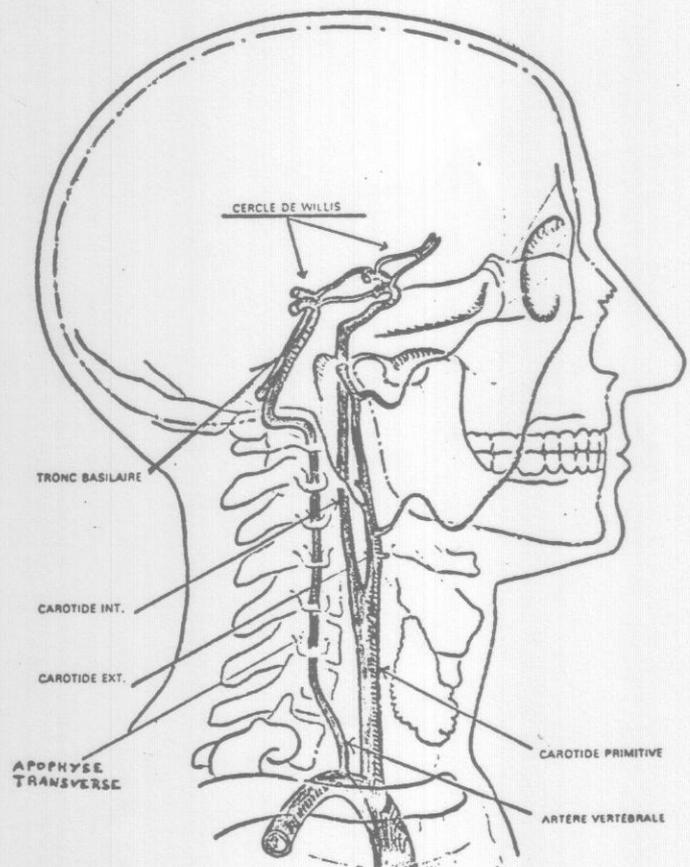
C - Les artères communicantes = le polygone de Willis.



Le polygone de Willis.

1. Artère ophtalmique. 2. Artère communicante antérieure. 3. Artère cérébrale antérieure. 4. Artère carotide interne. 5. Artère communicante postérieure. 6. Artère sylvienne. 7. Artère choroidienne antérieure. 8. Tronc basilaire. 9. Artère cérébrale postérieure.

Vue inférieure du cerveau



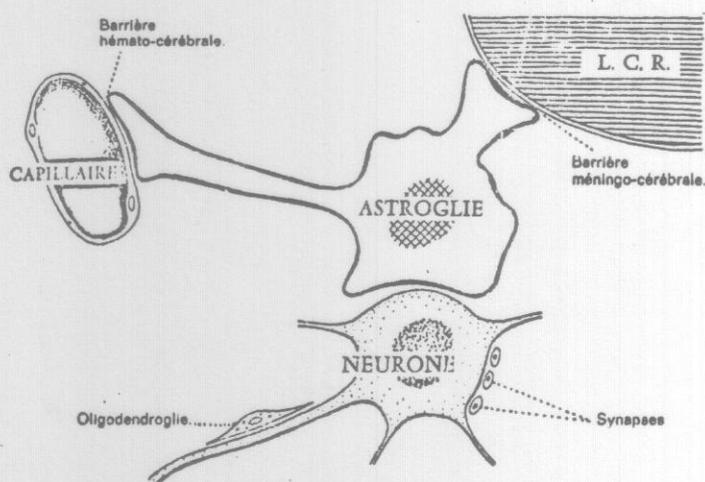
Profil

LE TISSU NERVEUX

= juxtaposition discontinue d'éléments cellulaires.

I - LA NEUROGLIE :

- cellules : astrocytes avec innombrables ramifications
- rôle : soutien, nutrition, conduction (?)



— Les fonctions de l'astroglie. L'astroglie a les fonctions de l'espace extra-cellulaire des autres tissus; elle intervient dans le jeu de la barrière hémato-cérébrale, de la barrière méningo-cérébrale et de la barrière synaptique.

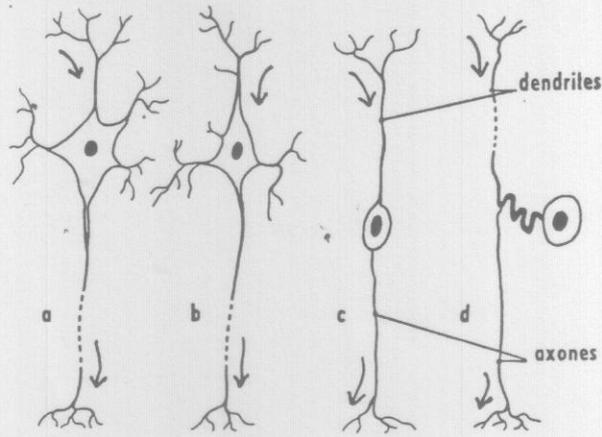
II - ELEMENTS SPECIFIQUES : LES NEURONES :

A - Généralités :

- rôle fonctionnel essentiel
- structure discontinue = synapses
- différenciations très importantes avec perte du pouvoir de division.

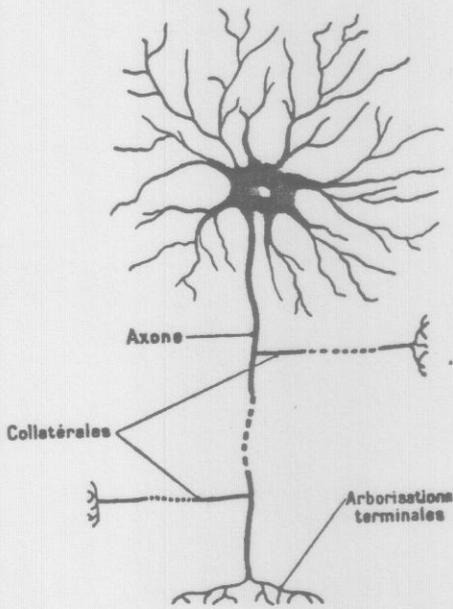
B - Morphologie des neurones :

1. Neurones multipolaires = type motoneurone de la moelle
 - corps cellulaire étoilé + nombreux dendrites
 - + un seul axone
2. Neurones bipolaires = sensitifs
 - type neurone sensitif de la moelle : neurone en T
 - type neurone rétinien

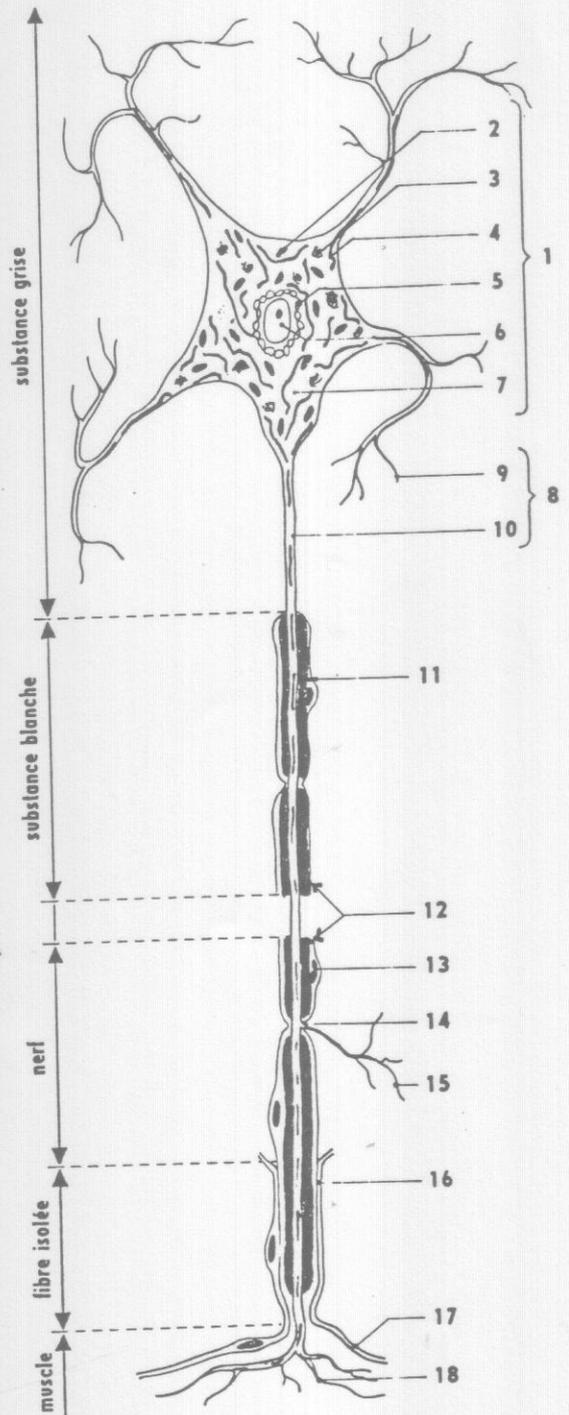


- Différentes formes de neurones.
 a. Neurone multipolaire. b. Neurone pyramidal. c. Neurone bipolaire. d. Neurone en T. (bipolaire)

Moelle Cortex Rétine RRP



- Neurone multipolaire. ramification du cylindraxe.



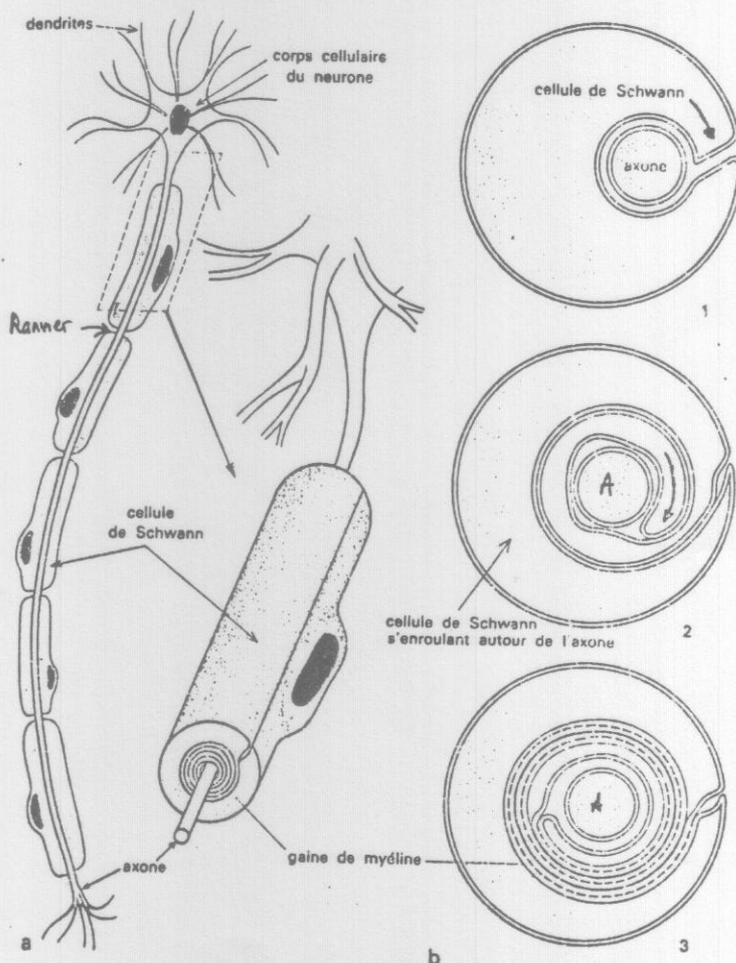
- Structure, schématisée, d'un neurone et des gaines de l'axone. 1. Corps cellulaire. 2. Mitochondrie. 3. Corps de Nissl. 4. Neurofibrille. 5. Réseau de Golgi. 6. Noyau. 7. Cytoplasme. 8. Prolongements cytoplasmiques. 9. Dendrite. 10. Axone. 11. Gaine de myéline. 12. Gaine de Schwann. 13. Noyau de la gaine de Schwann. 14. Étranglement. 15. Collatérale. 16. Gaine conjonctive. 17. Membrane de la fibre musculaire. 18. Arborisation terminale.

C - Structure des corps cellulaires :

1. Eléments classiques
2. Eléments spécifiques = corps de Nissl (ergastoplasme)
neurofibrilles
microtubules axoniques

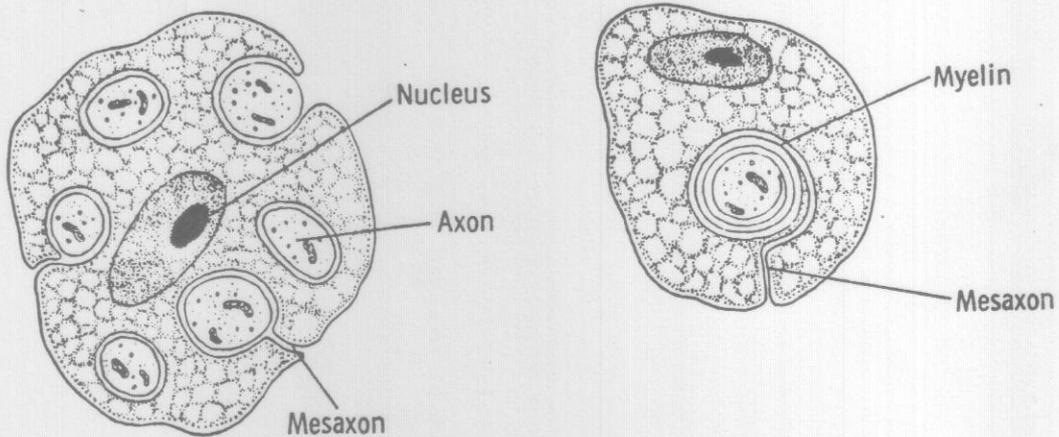
D - Structure des fibres axoniques :

1. Fibres myélinisées
 - a) localisation : substance blanche
SN cérébrospinal + SN végétatif pré-ganglionnaire
 - b) aspect = de l'intérieur vers l'extérieur
 - . cylindraxe + sa membrane (axolemme)
 - . gaine de myéline + étranglements (Noeuds de Ranvier)
nature = acellulaire - lipoprotéique
 - . gaine de Schwann = cellulaire
 - c) formation de la myéline



2. Fibres non myélinisées ou amyéliniques :

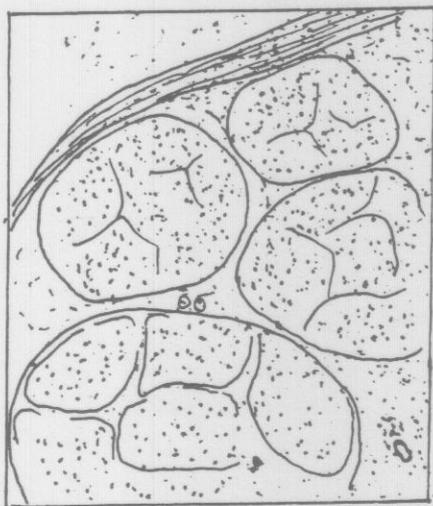
- localisation = SN végétatif post-ganglionnaire
- aspect = grisâtre - uniquement gaine de Schwann autour de l'axone



Relation of axons to Schwann cell in unmyelinated (left) and myelinated nerve (right). In the former, the axons are simply buried in the cell. In the latter, the Schwann cell membrane is coiled many times around the axon, forming the multiple layers of unit membrane that make up myelin. (Redrawn and reproduced, with permission, from Wyburn: *The Nervous System*. Academic, 1960.)

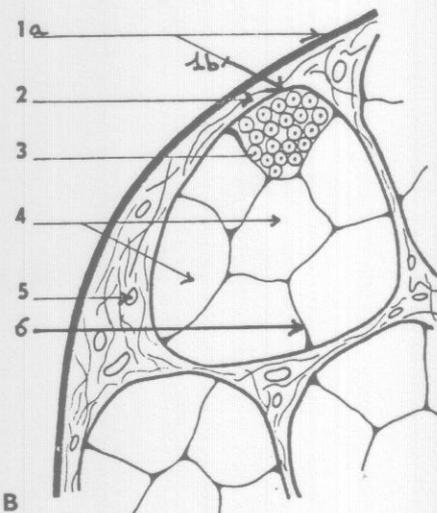
E - Structure des nerfs :

axones \longrightarrow fibres nerveuses \longrightarrow faisceau nerveux \longrightarrow nerf
 (xn) (xn) \varnothing 1 mm (xn)



Cl. M.-C. Noailles

X 75



A. Microphotographie de la coupe transversale d'un nerf. B. Interprétation schématique. 1a. Epinèvre 1b. périnèvre. 2. Gaine conjonctive. 3. Fibre nerveuse. 4. Faisceaux de fibres. 5. Vaisseau sanguin. 6. endonèvre.

PROPRIETES DU NEURONE

 I - INTRODUCTION :

A - Développement prénatal = neuroblastes

B - Développement postnatal

1. immaturité du SN à la naissance :

Réflexes archaïques = Grasping, Moro, Babinsky

2. maturation progressive = myélinisation

3. non multiplication des neurones = leur nombre diminue avec l'âge.

 II - TROPHICITE :

 A - Définition : liée au noyau

 B - Dégénérescence wallerienne - description et lois
 - intérêt : topographie des voies nerveuses.

 C - Régénérescence : lente

 III - METABOLISME :

 A - Besoins en oxygène = ne supporte pas l'anoxie

 B - Substrats énergétiques = rôle essentiel du glucose
 hypoglycémie → coma

 IV - PROPRIETES ELECTRIQUES DU NEURONE :

 = données générales applicables à toute cellule vivante.

 A - Méthodologie :

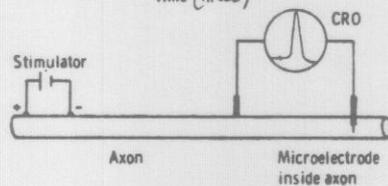
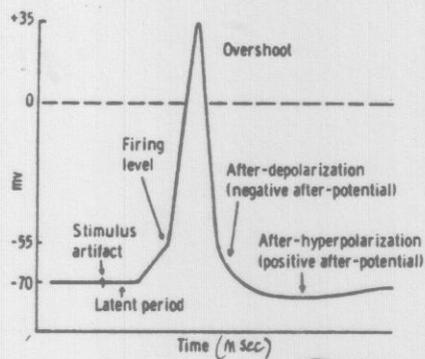
. enregistrement d.d.p. sensible, inertie faible = oscilloscope

 . microélectrodes = diamètre $< 1 \mu\text{m}$

. stimulateurs électriques = intensité et durée du stimulus précis

. axones géants.

2. Examen minutieux = PA comporte successivement



Action potential ("spike potential") recorded with one electrode inside cell.

- dépolarisation jusqu'à valeur seuil

- spike

- repolarisation avec :

. post potentiel négatif

. post potentiel positif

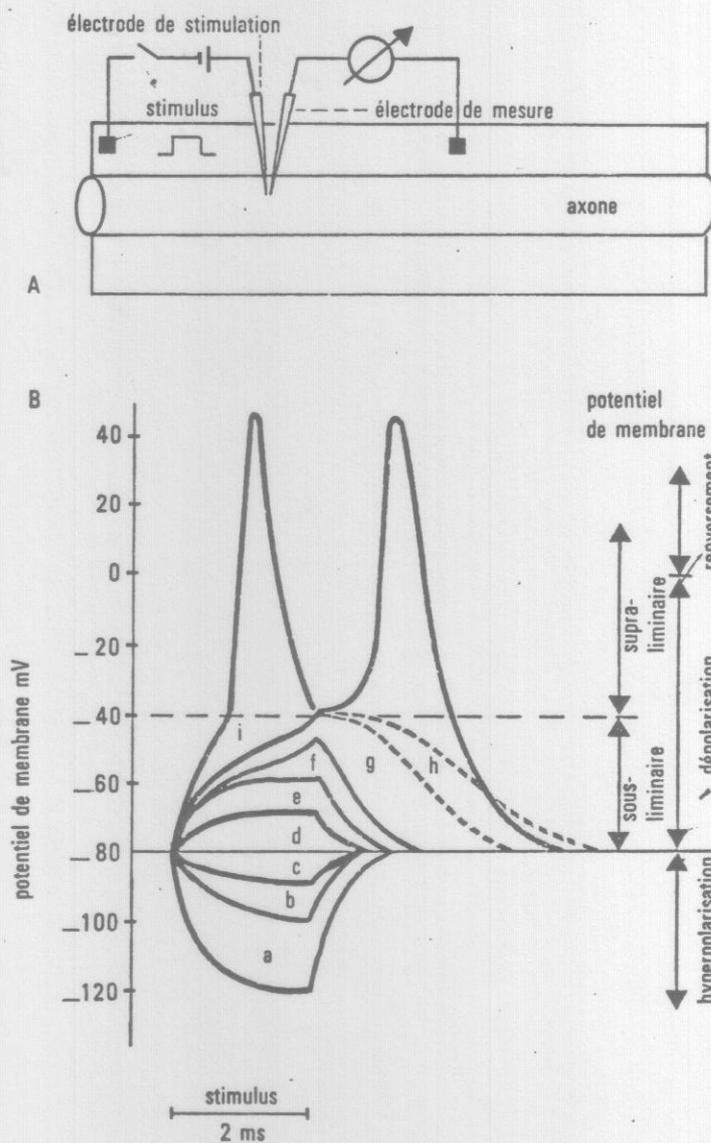
. retour au P.R.

D - Relation stimulus = potentiel d'action au niveau d'une fibre isolée :

1. Loi du tout ou rien =

nécessite d'atteindre une intensité seuil :

intensité liminaire.



Effets des stimulations électriques sur le potentiel de membrane d'un axone.

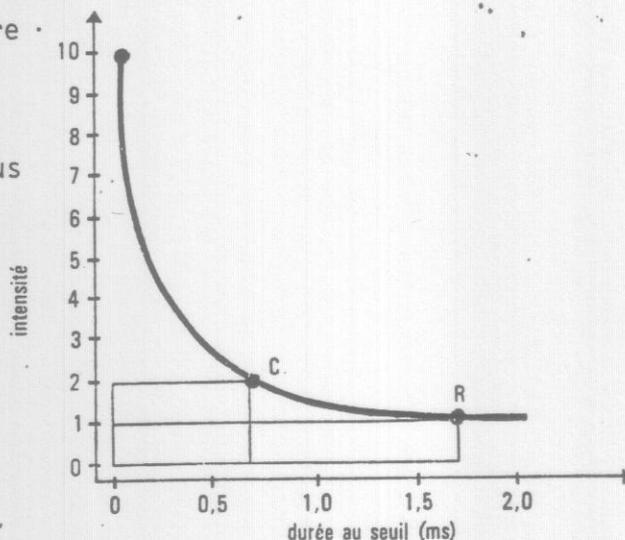
A Le potentiel est dérivé à l'aide d'une micro-électrode implantée dans l'axone. La stimulation est appliquée au point de dérivation.

B Neuf impulsions électriques de même durée mais de polarité et d'intensité différentes ont été successivement appliquées à la membrane. Les trois premières a, b, c ont une polarité telle qu'elles provoquent une hyperpolarisation de la membrane. Ce phénomène est purement passif (potentiel électrotonique local) et n'entraîne aucune réponse active quelle que soit l'intensité de la stimulation. Les cinq suivantes ont une polarité telle qu'elles provoquent une dépolarisation de la membrane; lorsque leur intensité est faible, ce phénomène est passif (d, e); si leur intensité augmente la réponse n'est plus exclusivement passive, c'est une réponse active locale (f); lorsque leur intensité est suffisante (stimulation liminaire ou supraliminaire) elles provoquent des réponses actives (g, h) qui déclenchent un potentiel d'action (dépolarisation + renversement de la polarisation membranaire). Le potentiel d'action apparaît d'autant plus précocement que l'intensité de stimulation est importante (i); l'amplitude de ce potentiel est indépendante de l'intensité de la stimulation supraliminaire.

D'après Katz B. Nerve, muscle and synapse. Mc Graw-Hill Book Company; New York, 1966.

2. Relation réponse et intensité - durée du stimulus :

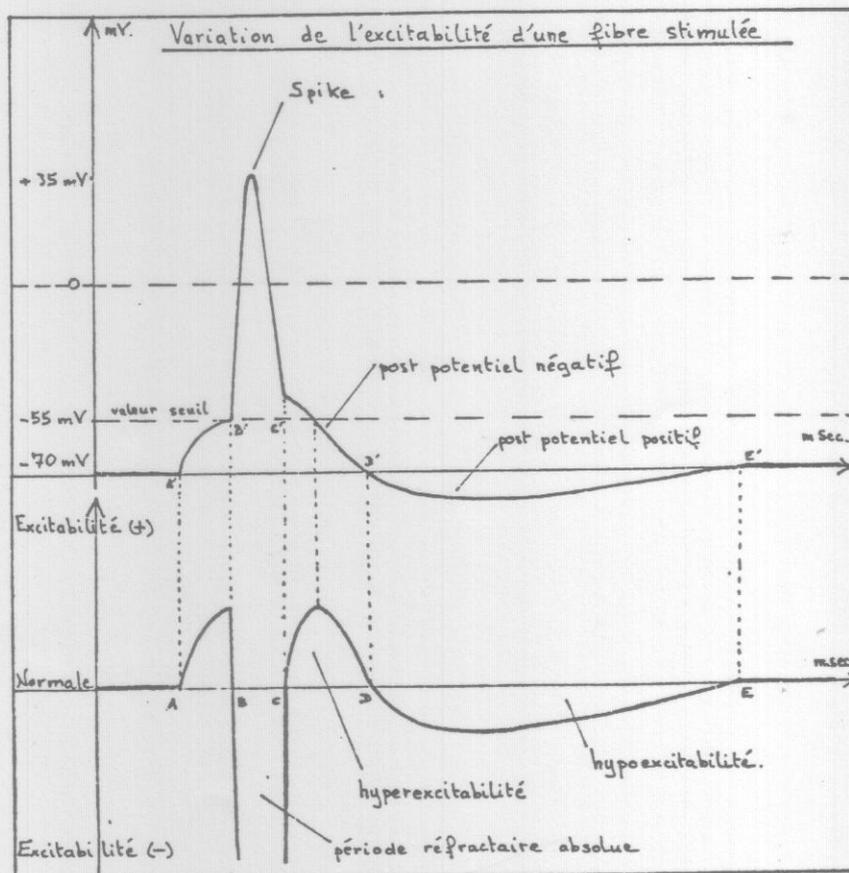
- Rhéobase = intensité liminaire
mesure difficile
- Chronaxie = durée minimum
d'application d'un stimulus
dont l'intensité = 2 x
rhéobase.



Relation entre la durée et l'intensité d'un courant au seuil de stimulation. D'après Katz B. 1966, *op. cit.*
Le stimulus est un courant rectangulaire.
L'intensité en R (situé au niveau de la partie asymptotique de la courbe) représente l'intensité rhéobasique.
L'intensité en C est le double de celle de R ; elle permet de déterminer une durée qui représente la chronaxie.

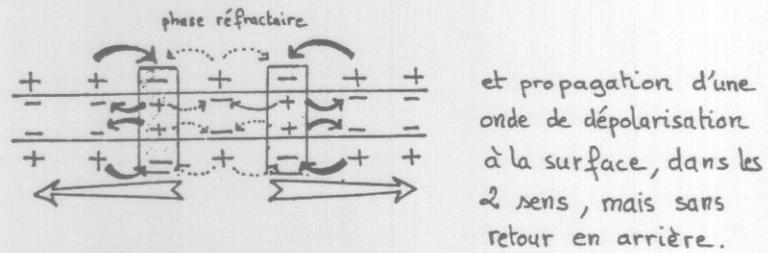
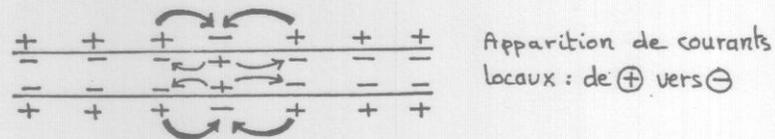
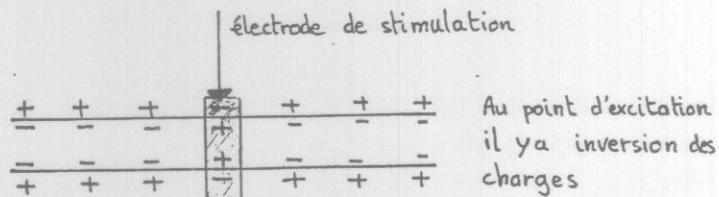
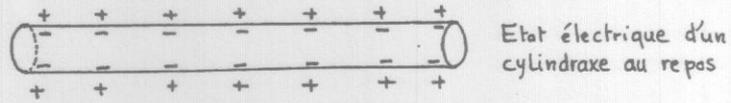
E - Influence de la valeur du potentiel de membrane sur l'excitabilité cellulaire :

- Plus le potentiel membranaire est proche de la "valeur seuil" de déclenchement du spike, plus l'excitabilité est grande.
- Donc hyperpolarisation = hypoexcitabilité
- Pendant la durée du spike = période réfractaire absolue.

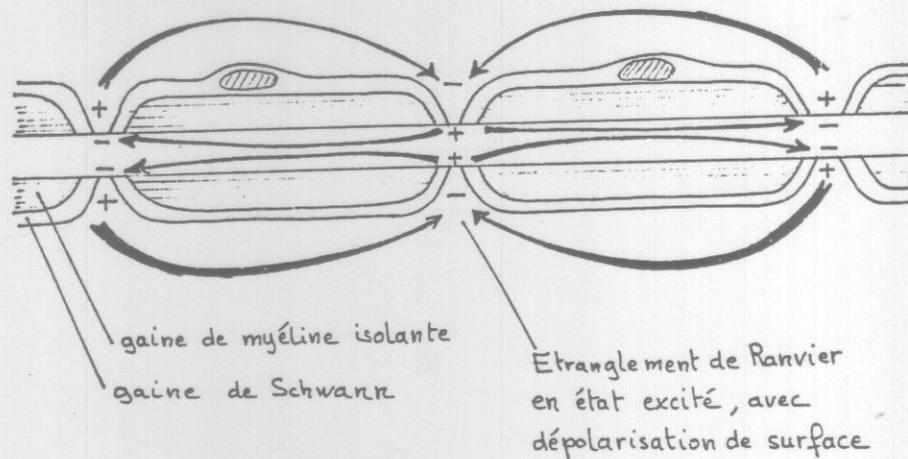


F - La propagation de l'influx = conductibilité des fibres nerveuses :

1. Principe : création de courants locaux : dépolarisation de proche en proche jusqu'à valeur seuil.

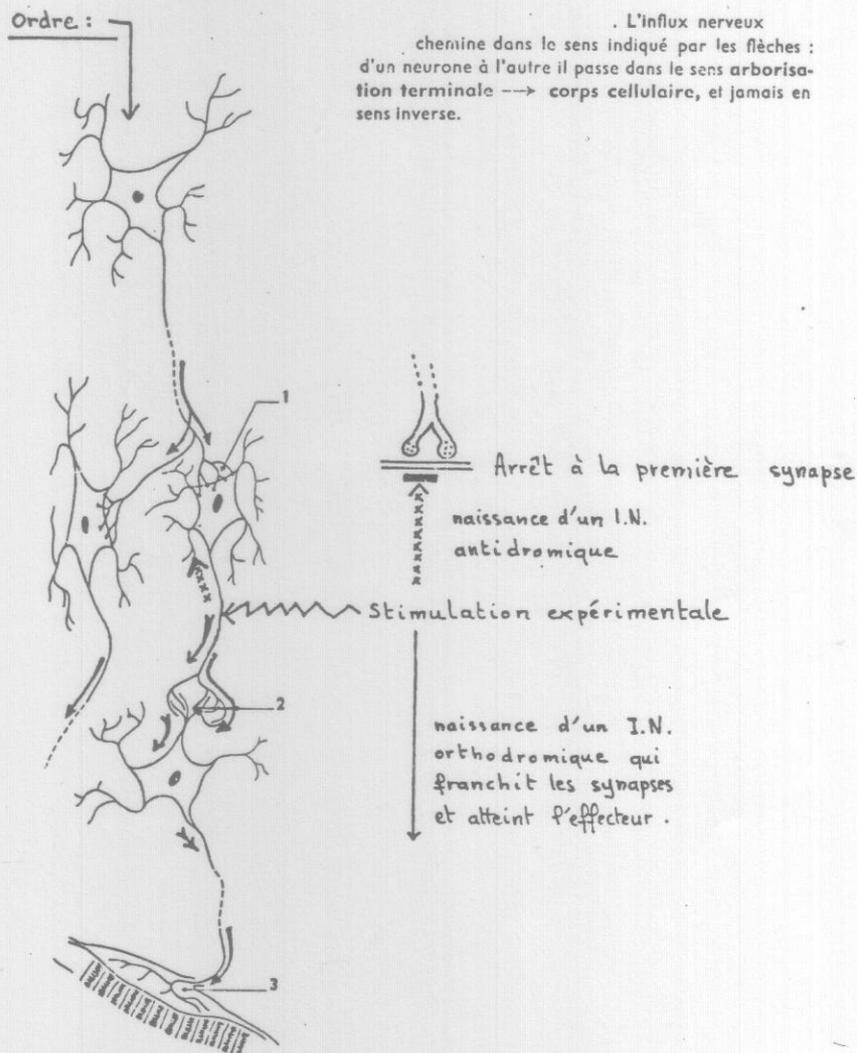


- . Cas d'une fibre myélinique = conduction saltatoire



2. Les lois de la conduction :

- a. in vivo = stimulus expérimental porté au milieu d'un axone se propage indifféremment vers les deux extrémités de l'axone (corps cellulaire et arborisation terminale).
- b. in vitro = conduction dans un seul sens (orthodromique) de corps cellulaires à arborisation terminale.
- = mécanisme : synapses, par leur équipement, ne laissent passer l'influx que dans ce seul sens.
 - = existence éventuelle de conduction antidromique mais limitée par la première synapse rencontrée.



- Chaînes de neurones et synapses. 1. Synapse axone-corps cellulaire en boutons terminaux. 2. Synapse axone-dendrite. 3. Synapse arborisation terminale-fibre musculaire striée. ➔ Sens de l'influx. physiologique : orthodromique
 ~~~~~ : Stimulation expérimentale, xxxxx) Cond. antidromique s'arrête à la synapse 1.

V - LES PHÉNOMÈNES ÉLECTRIQUES AU NIVEAU D'UN NERF MIXTE -

- A - Nerf mixte = ensemble macroscopique de nombreux axones.
- B - Electrogénèse = somme algébrique de l'électrogénèse au niveau de chacune des fibres constitutrices.
- C - Excitabilité = pas loi du tout ou rien = mais sommation des réponses en fonction de l'intensité du stimulus qui, en augmentant, recrute un nombre croissant de fibres.
- D - Aspect des potentiels d'action = trains d'ondes ou volées d'influx (toutes les fibres ne déchargent pas en même temps).
- E - Classification et caractéristiques des principaux types de fibres nerveuses :

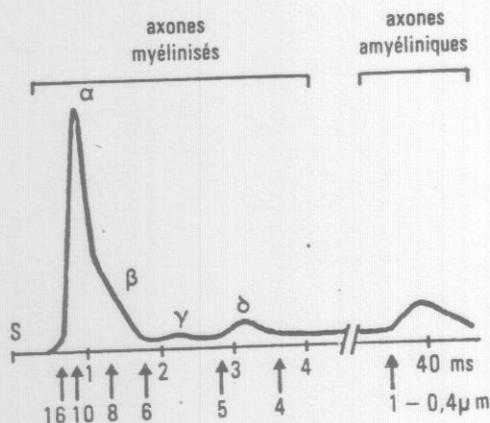
| Type | Fonctions                                           | $\emptyset$ ( $\mu$ ) | V. Cond. m.sec <sup>-1</sup> | Durée PA m.sec. |
|------|-----------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------|
| A    | cérébrospinales : sensibles et motrices             | 2.20                  | 12.120                       | 0.5             |
| B    | végétatives préganglionnaires                       | 0,5-3                 | 3. 15                        | 1,2             |
| C    | végétatives post-ganglionnaire + sens. douloureuses | 0,3-1,3               | 0,7-2,3                      | 2               |

Donc quand  $\emptyset$  diminue (de A à C) = v. de conduction diminue et durée du PA augmente.

Noter que la rapidité de fonctionnement des fibres du SN cérébrospinal (A) est plus grande que celle du SN végétatif (B - C).

### Composition d'un électro-neurogramme

On stimule au temps 0 (S) un nerf périphérique contenant des axones qui conduisent les potentiels d'action à des vitesses différentes. On dérive à quelque distance de la stimulation, grâce à deux électrodes extracellulaires, l'activité électrique des axones qui constituent ce nerf. La stimulation du nerf est maximale. Une série d'accidents  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  apparaît très rapidement après la stimulation, traduisant l'activité d'axones myélinisés. Un accident survient beaucoup plus tardivement, il est dû à l'activité d'axones amyéliniques. Ces accidents résultent de l'activité de groupes d'axones qui conduisent l'excitation à des vitesses différentes. Les mesures en  $\mu\text{m}$  du diamètre de ces axones sont indiquées au-dessous des flèches. Si l'on utilise des stimulations d'intensité croissante, il est possible de faire apparaître successivement et dans l'ordre les éléments de l'électroneurogramme. L'axe des temps a été interrompu entre 4 et 40 ms. La vitesse de propagation des potentiels d'action dans une fibre est proportionnelle au diamètre de cette fibre.



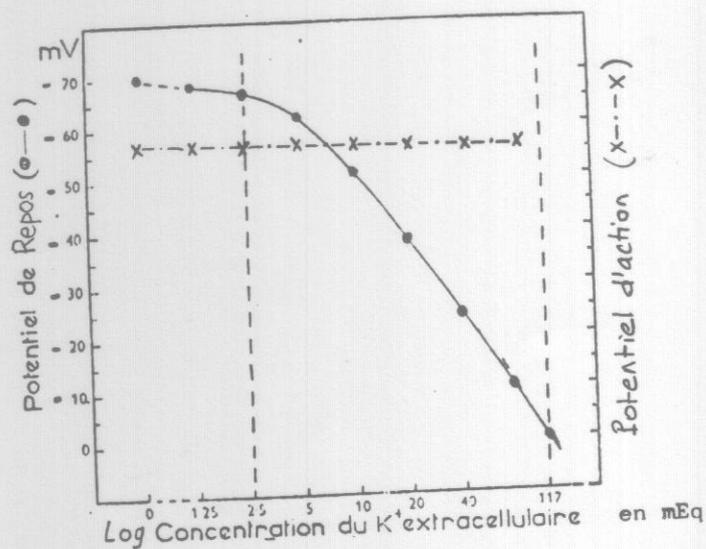
Intérêt de cette classification :

- . sensibilité aux anesthésiques locaux
- . sensibilité à la compression.

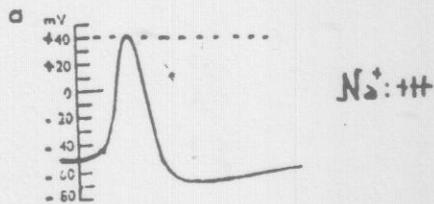
## VI - BASES IONIQUES DE L'ELECTROGENESE CELLULAIRE -

A - Influence des ions sur les potentiels de membrane = majeure.

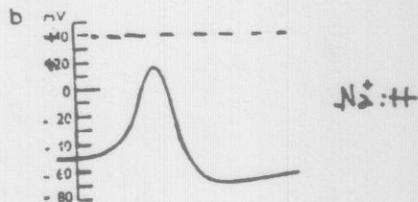
1. L'ion  $\text{K}^+$  et le potentiel de repos



- l'augmentation du  $\text{K}^+$  extracellulaire diminue le PR sans toucher le PA.

2. L'ion  $\text{Na}^+$  et le potentiel d'action :

Effets de la diminution de la concentration de  $\text{Na}^+$  du liquide extra-cellulaire sur le potentiel d'action d'une fibre géante de calmar, recueilli par dérivation endocellulaire. La fibre est immergée dans :

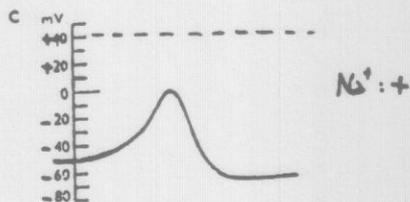


a : eau de mer

b : 50 p. 100 d'eau de mer et 50 p. 100 de solution isotonique de glucose

c : 33 p. 100 d'eau de mer et 67 p. 100 de solution isotonique de glucose.

(HODGKIN)



L'augmentation du  $\text{Na}^+$  extracellulaire augmente le Potentiel d'Action sans toucher au Potentiel de Repos.

B - Rapports entre les ions et la membrane cellulaire :

## 1. Répartition des ions entre les secteurs intra et extra-cellulaires.

## a) Mesure expérimentale :

- . administration à un rat d'inuline  $^3\text{H}$  (qui se répartit dans les liquides extra-cellulaires -LEC- uniquement)
- . puis prélèvement - de sang (LEC)
- de fragments de tissus

## - Mesures effectuées :

- sang = concentration extracellulaires en  $[\text{Na}^+_{\text{E}}] [\text{K}^+_{\text{E}}] [\text{inuline}]$   
   . poids humide ( $P_1$ )
- tissu = . volume  $\text{H}_2\text{O}$  extracellulaire  
   =  $\frac{\text{q. inuline du tissu (dpm)}}{\text{conc. extracell. inuline (dpm/ml)}}$

- . poids après dessiccation ( $P_2$ ) =  $P_1 - P_2 = \text{vol. H}_2\text{O totale}$
- . sur les cendres : contenu total en Na-K.

## - Calculs :

contenu ionique extracellulaire = Vol. H<sub>2</sub>O extracellulaire x concentration extracellulaire.

contenu ionique intracellulaire = contenu total - contenu extracellulaire.

volume de liquide intracellulaire (LIC) = vol. eau total - vol. eau extracellulaire

concentration ionique intracellulaire =  $\frac{\text{contenu intracellulaire}}{\text{Volume LIC}}$

b) Résultats : (valeurs moyennes en mMol/l chez le mammifère)

|                 | LIC | LEC |
|-----------------|-----|-----|
| Cl <sup>-</sup> | 4   | 120 |
| Na <sup>+</sup> | 12  | 145 |
| K <sup>+</sup>  | 155 | 4   |
| Protéines       | 155 | 15  |

## 2. Influences passives s'exerçant sur la membrane cellulaire :

a) gradient de concentration = w chimique

b) potentiel électrique = w électrique

c) Notion de potentiel électrochimique  $\Delta\mu$

-  $\Delta\mu = w \text{ chimique} + w \text{ électrique}$

- A l'équilibre :  $\Delta\mu = 0$

d) Notion de potentiel de pile à concentration; Em

- à l'équilibre, pour des différences de concentrations données, existe pour chaque ion une ddp qui contrebalance le w chimique.

- Eq. Nerst modifiée =  $\frac{\text{charge}}{\text{ion}} \times E_m = k \times \ln \frac{C_E}{C_I}$

ou k = Cte, C<sub>E</sub> = conc. dans LEC, C<sub>I</sub> = conc. dans LIC

e) Application à la cellule au repos :

$\left. \begin{array}{l} - E_m \text{ Cl}^- = - 90 \text{ mV} \\ - E_m \text{ K}^+ = - 95 \text{ mV} \\ - E_m \text{ Na}^+ = + 65 \text{ mV} \end{array} \right\} \text{valeurs calculées pour un potentiel de repos mesuré à } - 90 \text{ mV}$

Donc =

- influences passives permettent d'expliquer les différences de concentrations pour Cl<sup>-</sup> et K<sup>+</sup>
- mais pas pour Na<sup>+</sup> = d'où nécessité d'envisager l'existence de transferts actifs.

### 3. Influences actives s'exerçant au niveau de la membrane cellulaire :

a - Définition = transferts se faisant en sens inverse de ceux déterminés par facteurs physiques.

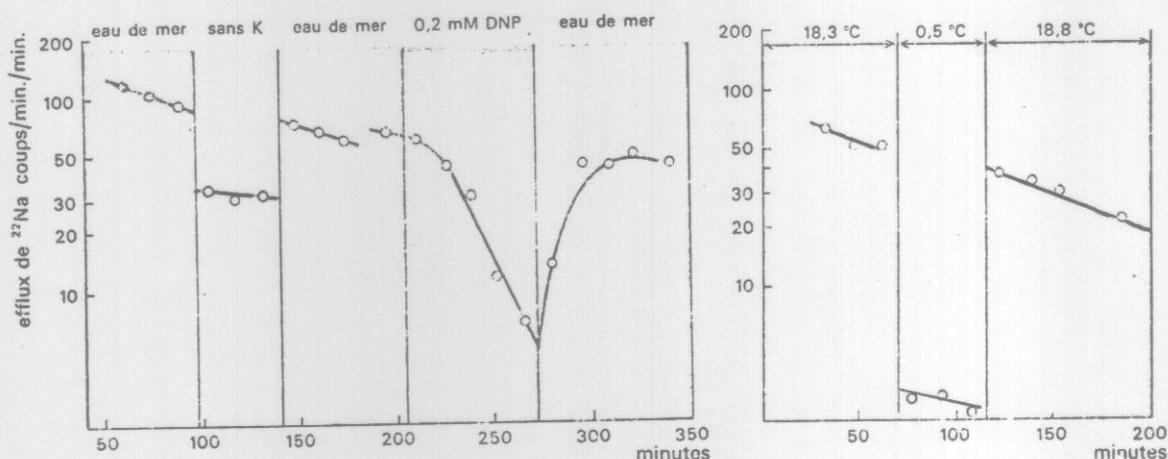
= nécessitent une dépense énergétique de la cellule.

b - Transfert membranaire actif du  $\text{Na}^+$ :

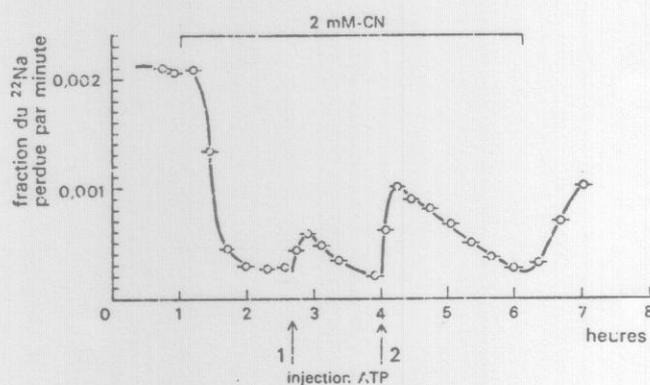
- m. en évidence . étude sur globules rouges reconstitués

. influence de l'ion  $\text{K}^+$

. influence du métabolisme énergétique cellulaire.



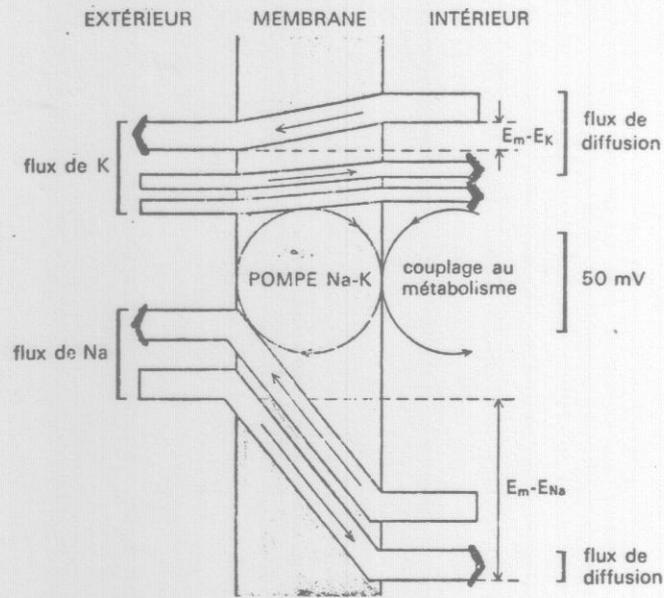
Flux sortant de Sodium, de l'axone géant de Sepia (d'après Hodgkin et Keynes). : Influence de la suppression du potassium dans le milieu ambiant, et influence d'un inhibiteur métabolique (DNP 0.2 mM dans l'eau de mer). : Influence de la température.



Influence de l'injection de deux quantités différentes d'ATP dans un axone traité au cyanure. L'injection 1 a élevé la concentration d'ATP de 1,2 mM/l; l'injection 2 de 6,2 mM/l (d'après Caldwell).

- enzyme responsable :  $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{Mg}^{++} - \text{ATPase}$  membranaire ou pompe à  $\text{Na}^+$   
(inhibée par l'Ouabaïne)

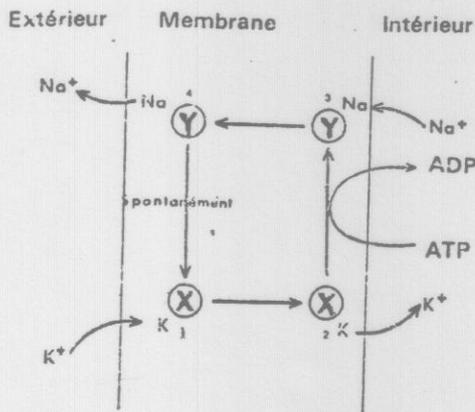
- description :



Flux de diffusion et transport actif du Na et du K à travers la membrane à l'équilibre. En ordonnées : la différence de potentiel électrochimique. En abscisses : la distance à partir de la membrane. En pointillé rouge : les mouvements actifs; en blanc : les flux de diffusion. La largeur des traits est proportionnelle à l'intensité des flux.

- mécanisme hypothétique :

- transporteur naturellement sous forme X (affinité pour  $K^+$ )
- grâce à énergie prend forme Y (affinité pour  $Na^+$ )

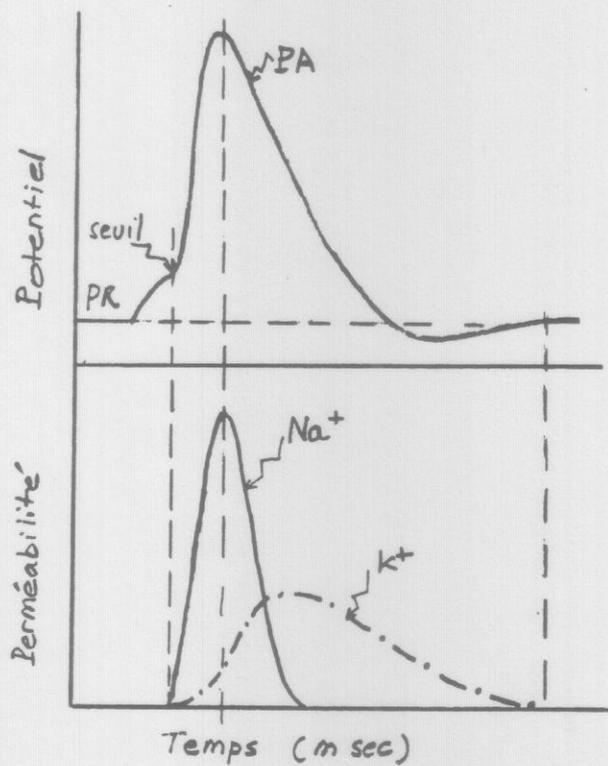


c - Interprétation du potentiel de repos :  
= pile de concentration au  $K^+$

d - Interprétation du potentiel d'action :

= pile de concentration au  $\text{Na}^+$

e - Séquence des évènements ioniques conduisant au P.A.

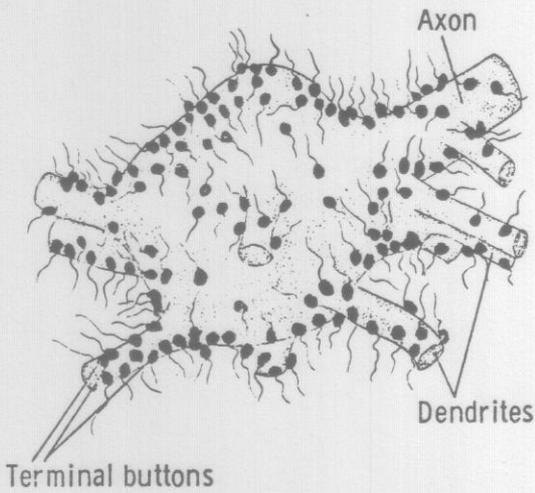


SYNAPSE ET TRANSMISSION SYNAPTIQUE

I - SYNAPSE NEURO NEURONIQUE :

A - Anatomie d'une synapse :

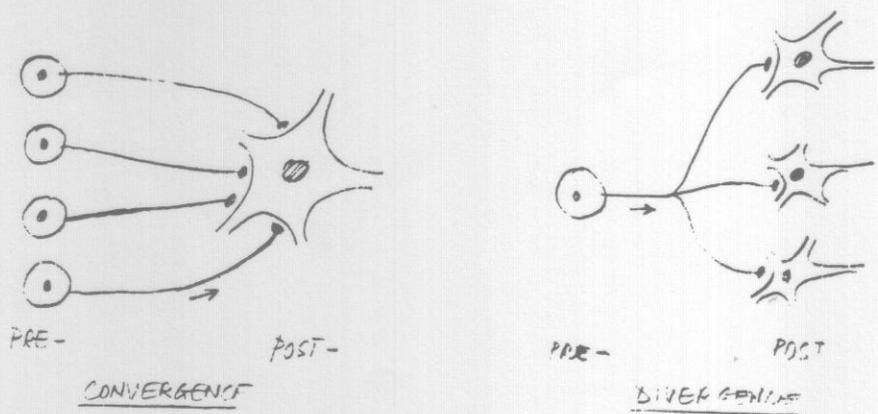
1. Microscopie photonique = boutons pré-synaptiques



Drawing of a model of an anterior horn cell from the lumbar spinal cord of a cat. The dark objects are terminal buttons of presynaptic neurons.

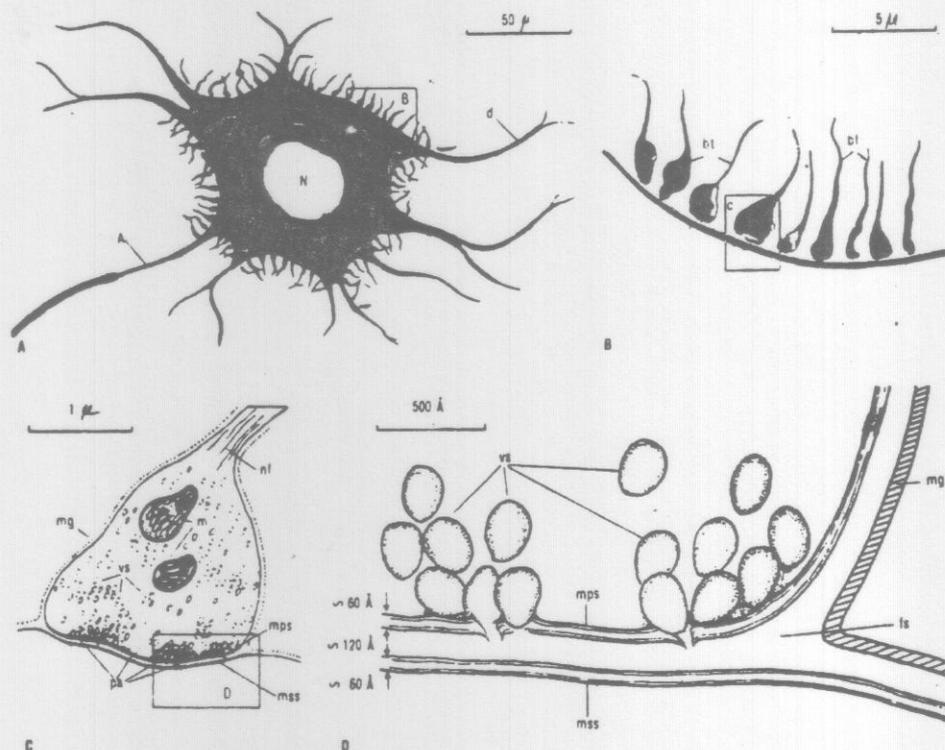
Noter l'existence de nombreuses (5 000) terminaisons pré-synaptiques au niveau d'un neurone en position post-synaptique.

D'où = convergence  
= divergence.



## 2. Microscopie électronique :

- fente synaptique
- constitution du bouton pré-synaptique.

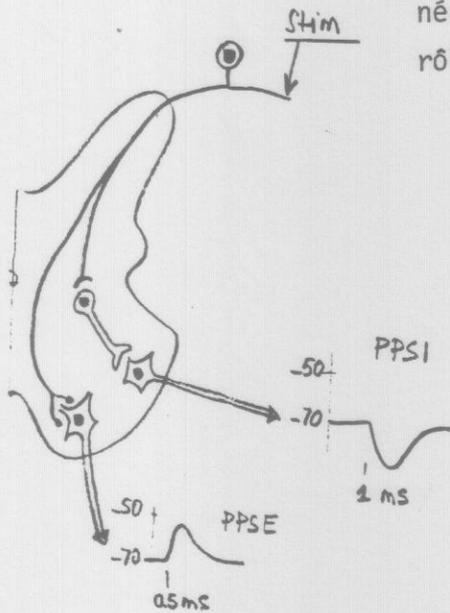


Schémas des connexions synaptiques (boutons terminaux vus à différents grossissements des microscopes optique et électronique. A : neurone moteur, tel qu'il apparaît au microscope optique (grossissement moyen) : N, noyau; A, axone; d, dendrites. Le contact de la synapse avec les surfaces du péricaryone (liaisons axosomatiques) et des dendrites (liaisons axodendritiques) est assuré par les multiples renflements terminaux. Le rectangle B est grossi 10 fois. B : bt, boutons terminaux observés au microscope optique (fort grossissement). Les axones afférents se terminent par une extrémité dilatée; l'aspect est celui de mitochondries. Le rectangle C est grossi 6 fois environ (microscope électronique). C : schéma d'un bouton terminal vu au microscope électronique : m, mitochondries; nf, neuro-protofibrilles; vs, vésicules synaptiques. Les trois amas de vésicules synaptiques fixés à la membrane présynaptique (mps) constituent probablement les points d'activité (pa) de la synapse. Les membranes présynaptique et subsynaptique (mss) se distinguent par leur densité électronique plus élevée. La membrane gliaie (mg) est figurée en pointillé. Le rectangle D est grossi 20 fois environ. D : schéma de la membrane synaptique vue à fort grossissement au microscope électronique (voir texte). Quelques vésicules synaptiques (vs) sont reliés à la membrane présynaptique (mps) et libèrent leur contenu dans la fente synaptique (fs).

### B - Les phénomènes électriques au niveau d'une synapse :

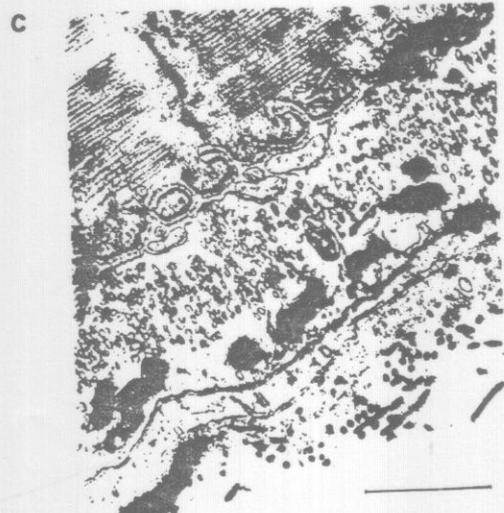
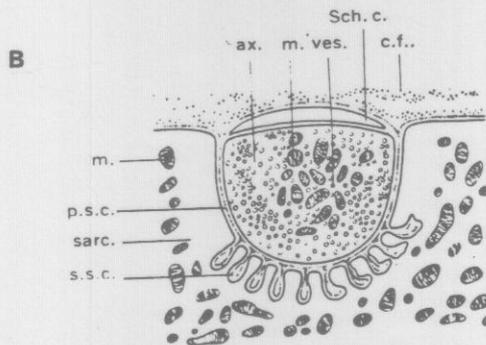
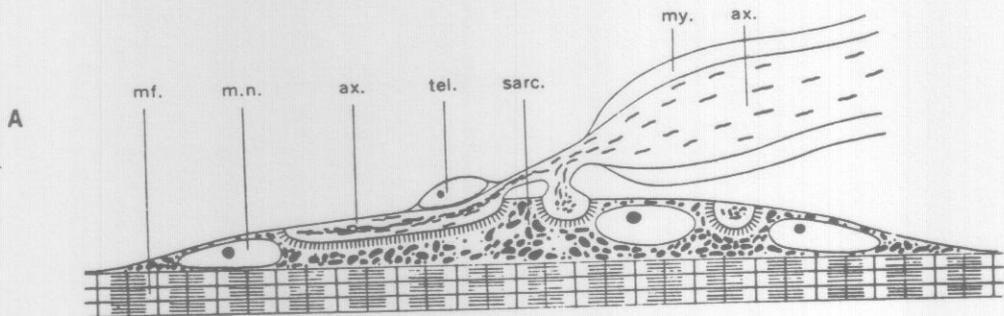
1. Méthodologie = au niveau médullaire
2. Effets d'une stimulation pré-synaptique
  - a) puissante = P.A. post-synaptique
  - b) modérée = potentiels post-synaptiques localisés.

- . excitateurs (PPSE) = latence 0.5 ms  
sommation temporelle  
sommation spatiale
- . inhibiteurs (PPSI) = latence = 1 ms car  
nécessité neurone intercalaire  
rôle - innervation réciproque  
- autoinhibition



II - SYNAPSE NEURO-MUSCULAIRE -

A - Anatomie = la plaque motrice.



B - Phénomènes électriques :

1. Potentiels d'action post-synaptiques
2. Existence au repos de potentiels miniatures (0,5 mV).

III - MECANISME DE LA TRANSMISSION SYNAPTIQUE : NOTION DE MEDIEATEUR CHIMIQUE -

A - Nécessité théorique des médiateurs chimiques :

- . PA au niveau des terminaisons axonales sont très inférieurs à l'intensité liminaire qu'il faut appliquer pour obtenir un PA post-synaptique
- . temps de latence (0,5 ms) est trop long pour un simple transfert de charges électriques.

B - Mise en évidence des médiateurs chimiques :

- . exp. classique sur synapse neuromusculaire

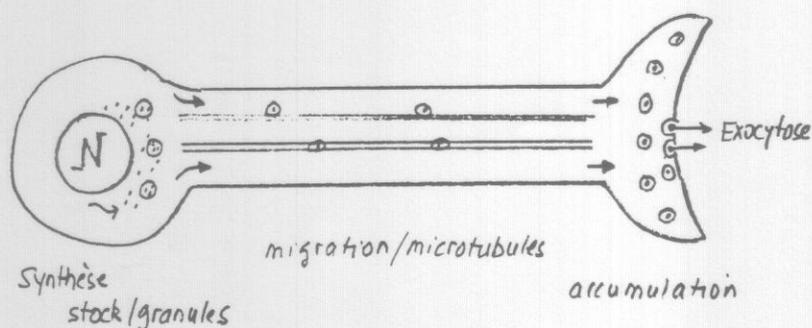
C - Les médiateurs chimiques = généralités :

1. Critères caractérisant un médiateur :

- présent et synthétisé dans structures pré-synaptiques
- libéré lors d'une stimulation pré-synaptique
- son administration reproduit les effets d'une stimulation pré-synaptique
- rapidement dégradé après sa libération
- en outre = arguments pharmacologiques secondaires.

2. Métabolisme

a - synthèse



b - libération - spontanée faible

- massive si P.A. = pénétration de  $Ca^{++}$ , les granules s'accrochent à membrane du bouton pré S. et Exocytose.

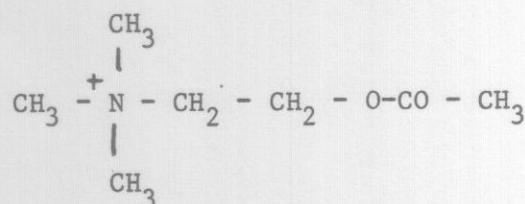
- c - fixation sur récepteurs spécifiques
- . post-synaptiques = effets physiologiques
  - . pré-synaptiques = modulent libération ultérieure du médiateur.

d - Inactivation : rapide

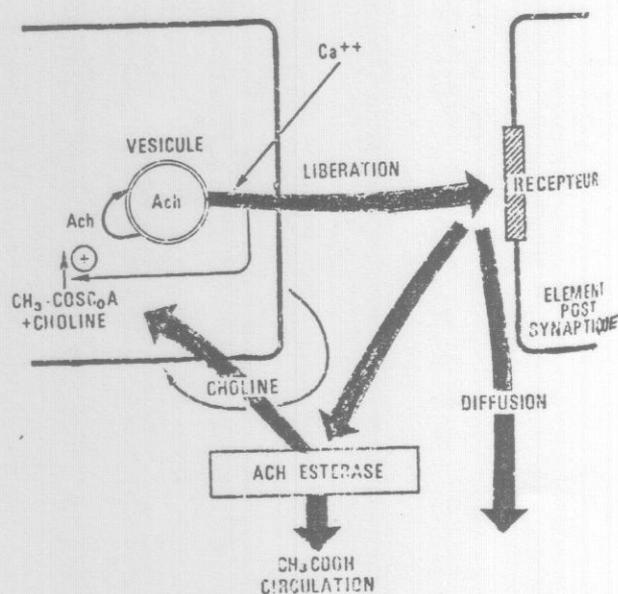
- . dégradation enzymatique
- . recaptage pré-synaptique (économie).

D - L'Acétylcholine (ACh) :

1. structure :



2. métabolisme :

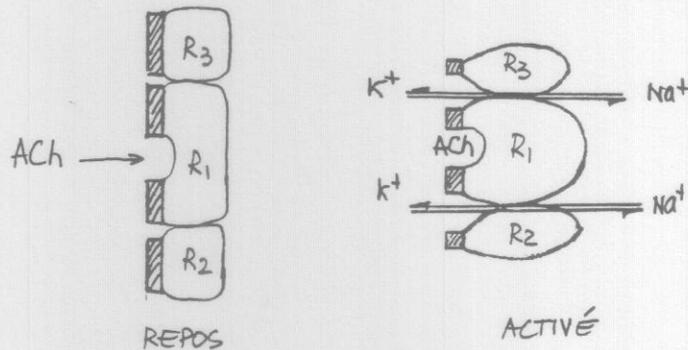


- Schéma d'une jonction cholinergique.

Ach : acétylcholine;  $\text{CH}_3\text{CO-S-CoA}$  : acétylcoenzyme A  
 Ach-estérase : acétylcholinestérase.

## 3. Action :

récepteur spécifique isolé = sa stimulation augmente la perméabilité membranaire au  $\text{Na}^+$ - $\text{Cl}^-$ - $\text{K}^+$



## 4. Les synapses cholinergiques = nombreuses

## a - classification anatomique :

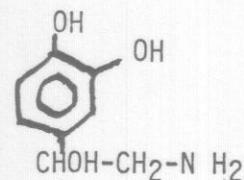
- . nombreuses S. neuro-neuroniques du SN central ;
- . S. nerf - muscle strié ;
- . S. végétatif - système parasympathique (ganglionnaires et effectrices)
- système orthosympathique (ganglionnaires uniquement)

## b - classification pharmacologique :

- . muscariniques = stimulés par muscarine  
bloqués par atropine  
ex. = effecteurs para-sympathiques.
- . nicotiques = stimulés par nicotine  
bloqués par ganglioplégiques  
ex. = synapses ganglionnaires végétatives.
- . mixtes = ex. = nerf - muscle strié (bloqués par curares).

E - La Noradrénaline :

- structure : catécholamine
- métabolisme : cf. médullosurrénale
- synapses noradrénergiques =



- . système nerveux central
- . effectrices du SN orthosympathique.

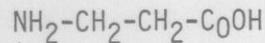
F - Médiateurs moins importants quantitativement = au niveau du SNC

1. catécholaminergiques = . Adrénnergiques = tronc cérébral  
 . Dopaminergiques = corps striés - Maladie de Parkinson

2. Sérotonine = 5 hydroxy tryptamine - sommeil

3. Acide gamma hydroxy butyrique (GABA)

- produit de la décarboxylation de l'acide glutamique



- serait un médiateur des synapses inhibitrices

- sel de  $\text{Na}^+$  utilisé comme anesthésique général

4. Histamine = dans le tronc cérébral

dans certaines fibres périphériques végétatives  
 vasodilatatrices

#### IV - PROPRIETES DES SYNAPSES -

A) Leur constitution explique que l'influx ne peut être transmis que dans le sens pré vers post-synaptique

B) Leur organisation explique = facilitation spatiale et temporelle = exemple clinique d'hyperesthésie cutanée chez un hépatique.



## LE SYSTEME NERVEUX VEGETATIF

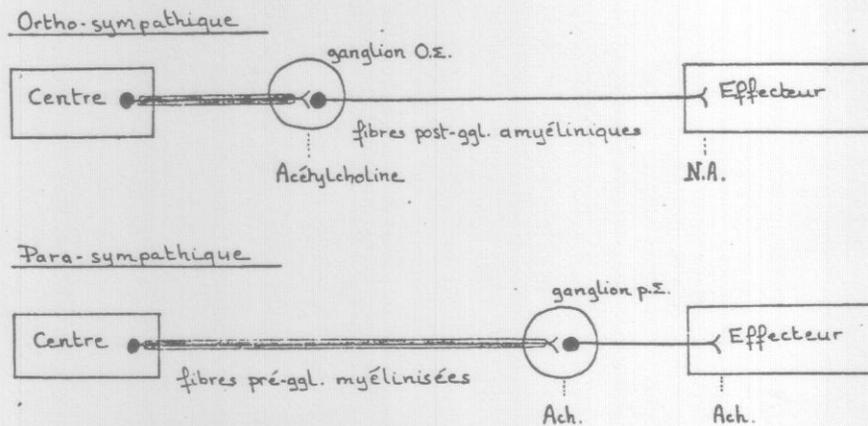
### I - GENERALITES -

#### A - Différences S.N. végétatif (SNV) et S.N. cérébrospinal (SNC) :

- fonctionnelle
- morphologique

#### B - Subdivision du SNV en :

- S.N. orthosympathique
- S.N. parasympathique



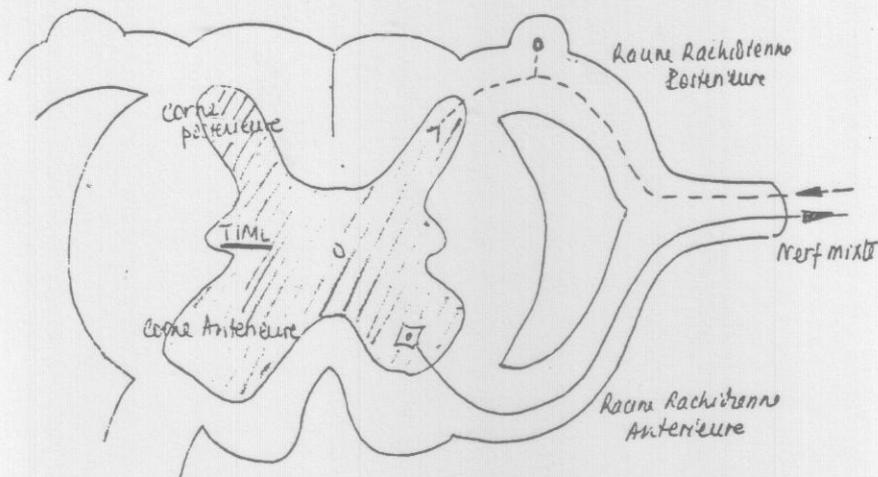
### II - LE S.N. ORTHOSYMPATHIQUE - (ou S. nerveux sympathique) S. nerveux autonome )

#### A - Les centres : 1. supérieurs = hypothalamus

bulbe : groupe A<sub>1</sub> (noyau réticulaire latéral)

#### 2. médullaires :

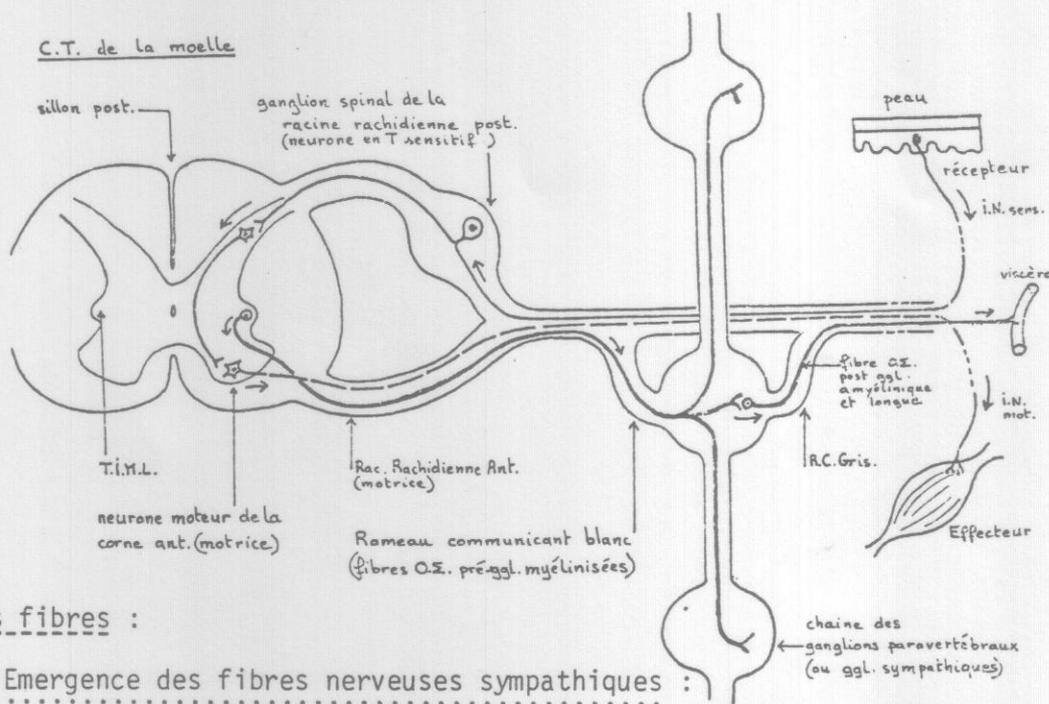
a) Constitution de la moelle (coupe horizontale)



- corne postérieure : sensitive
- corne antérieure : motrice
- tractus interne médio-latéralis (TIML) = végétatif
- nerf rachidien mixte

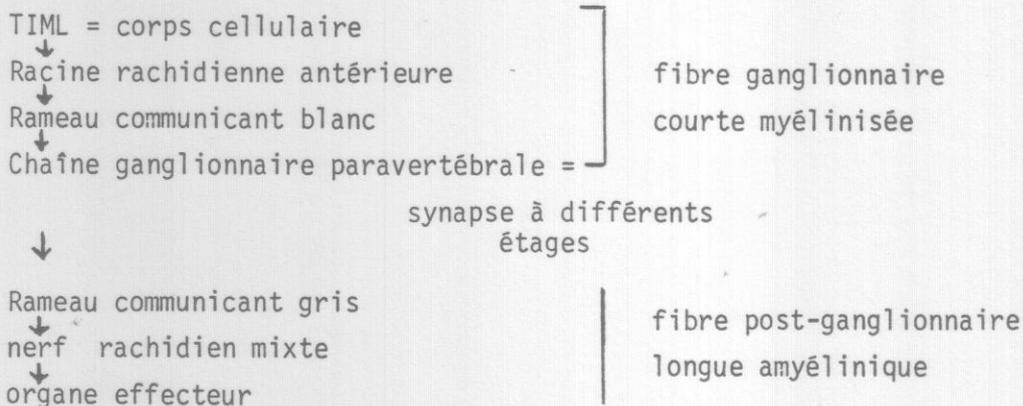
b) Localisation des centres sympathiques TIMC de D<sub>1</sub> à L<sub>3</sub>

c) Les fibres orthosympathiques juxtamédullaires et leurs rapports avec le S.N. cérébrospinal



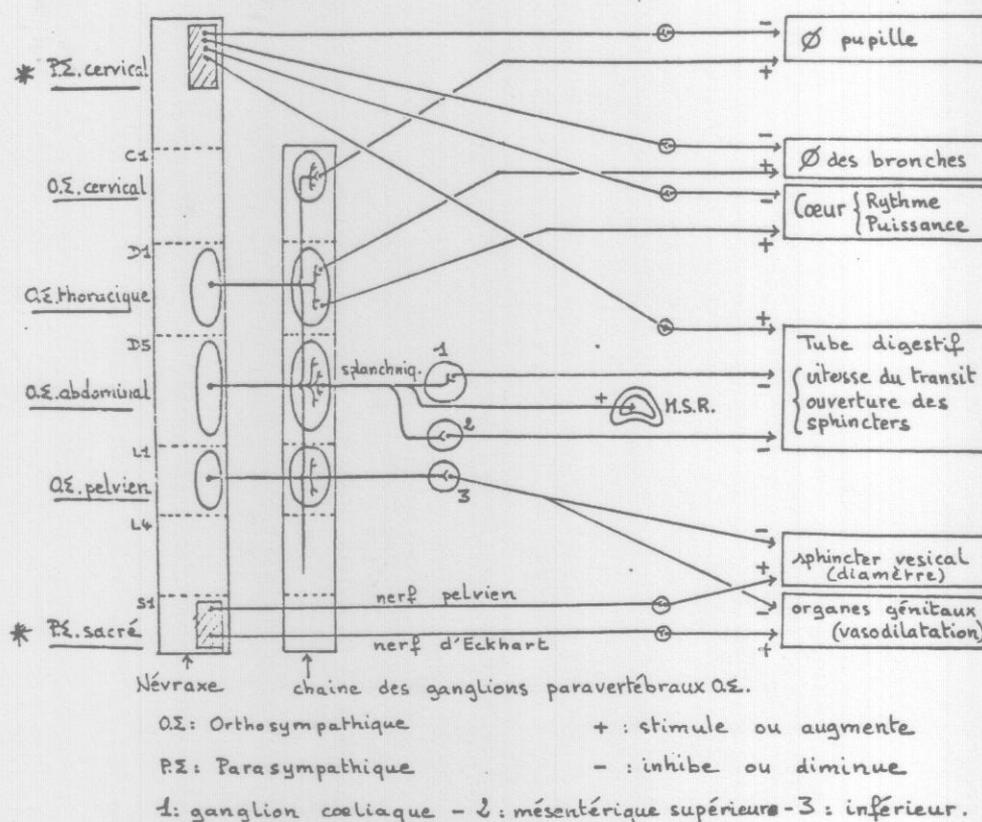
B - Les fibres :

1. Emergence des fibres nerveuses sympathiques :



Cette organisation est identique à droite et à gauche de la moelle.

## 2. Organisation des fibres sympathiques post-ganglionnaires :



### III - LE S.N. PARASYMPATHIQUE = 2 groupes (cf. schéma ci-dessus)

#### A - Le parasympathique crânien = quantitativement le plus important

- 1 - Centres = bulbaires ex. = noyau moteur du vague
- 2 - Fibres pré-ganglionnaires longues mélangées aux 12 paires de nerfs crâniens (S.N. cérébrospinal)  
 Numérotation de I à XII  
 Importance particulière : Xème paire ou nerf vague.
- 3 - Fibres post-ganglionnaires courtes : contrôlent
  - . bronches (striction), cœur (diminution du rythme)
  - . le tube digestif (accélèrent le transit et ouvrent les sphincters)

#### B - Le parasympathique sacré :

- 1 - Centres = moelle sacrée S<sub>2</sub> à S<sub>4</sub>
- 2 - Nerfs = nerf pelvien + nerf érecteur  
 contrôlent le petit bassin

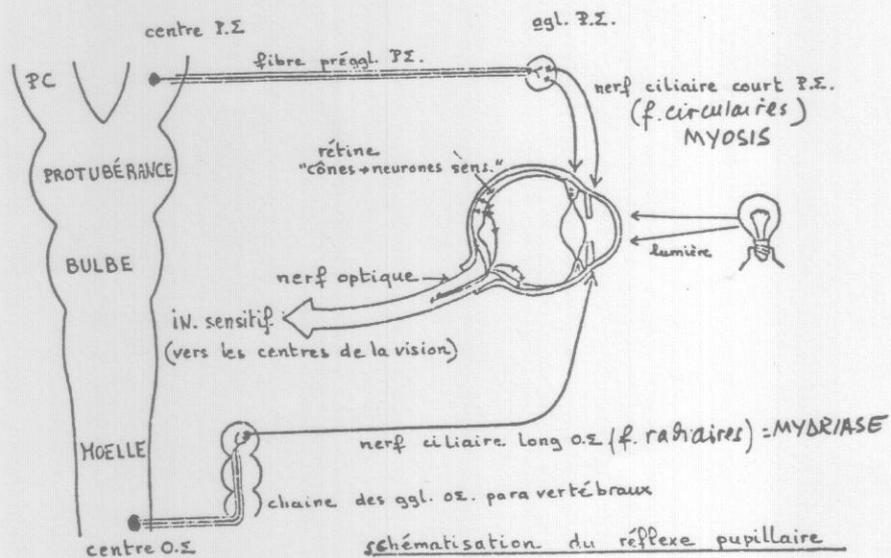
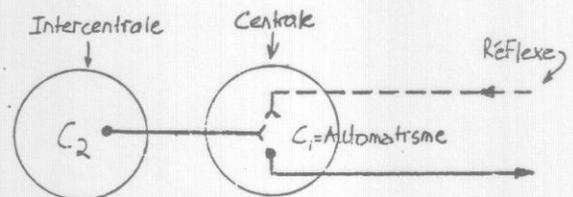
#### IV - PHYSIOLOGIE DU S.N. VEGETATIF -

##### A - Innervation végétative :

- 1 - Double et antagoniste = la plus fréquente  
= un organe reçoit des fibres ortho et parasympathiques qui exercent, à son niveau, des effets opposés  
exemple = bronches - coeur.
- 2 - Double et complémentaire =  
= un organe reçoit des fibres ortho et parasympathiques qui exercent, à son niveau, des effets différents et complémentaires  
exemple = les glandes salivaires  
la pupille.

##### B - Mécanismes de mise en jeu :

- 1 - Généralités
- 2 - Automatisation = activité de base devant être régulée
- 3 - Réflexe = le plus important
  - constitution de l'arc réflexe
  - exemple du réflexe pupillaire à la lumière.



- caractères généraux des réflexes végétatifs
  - . nécessité de stimulation itérative
  - . polysynaptiques : donc réponse après temps de latence
  - . réponse durable

- 4 - Centrale directe : stimulus physique ou chimique  
5 - Intercentrale.

#### V - LES MEDIEATEURS DU S.N. VEGETATIF -

- A - Acétylcholine = reproduit les effets du parasympathique  
B - Noradrénaline = reproduit les effets de l'orthosympathique.

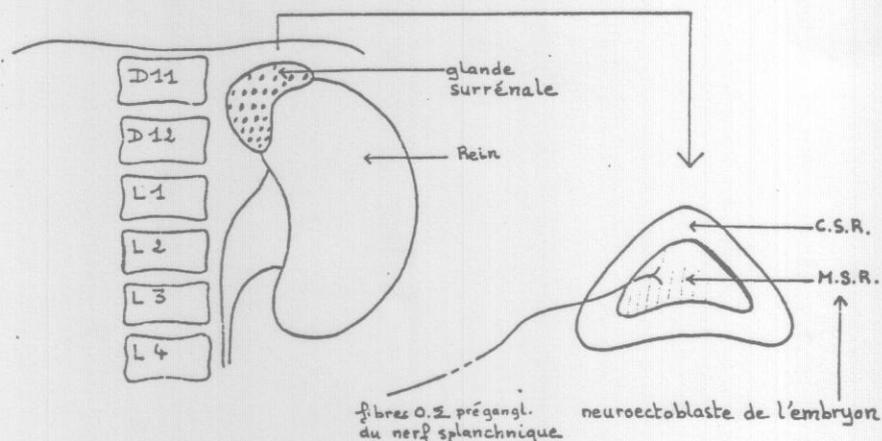
#### VI - CAS PARTICULIER : LES GLANDES MEDULLOSURRENALES -

##### A - Généralités :

- 1 - la glande endocrine = secrète hormones dans le sang
- 2 - origine embryologique = neuroectoblaste
- 3 - innervation par fibres splanchniques préganglionnaires

##### B - Morphologie :

- 1 - macroscopique



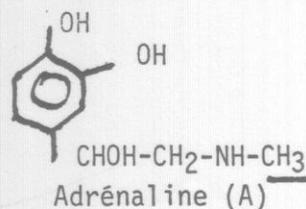
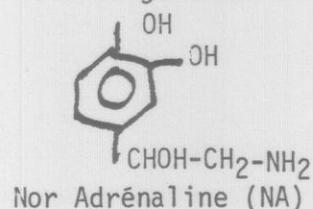
Localisation des surrénales — et Coupe Transversale (Schéma)

- 2 - microscopique = cellules chromaffines (granulations phéochromes)

C - Suppression de fonctions = la médullosurrénalectomie bilatérale n'entraîne pas de troubles majeurs.

##### D - Les hormones médullosurrénales :

- 1 - Caractères généraux et structure : Catécholamines (CA)



## 2 - Biosynthèse :

- coûteuse
- départ = Tyrosine
- étapes = cf. schéma page suivante  
= données valables pour les neurones catécholaminergiques  
avec arrêt de synthèse à différents stades DA, NA ou A.

## 3 - Stockage :

- granules + ATP
- rôle de protection contre la dégradation
- effets de la Réserpine

## 4 - Libération :

Exocytose sous l'effet d'une pénétration de  $CA^{++}$  déclenchée par un potentiel d'action.

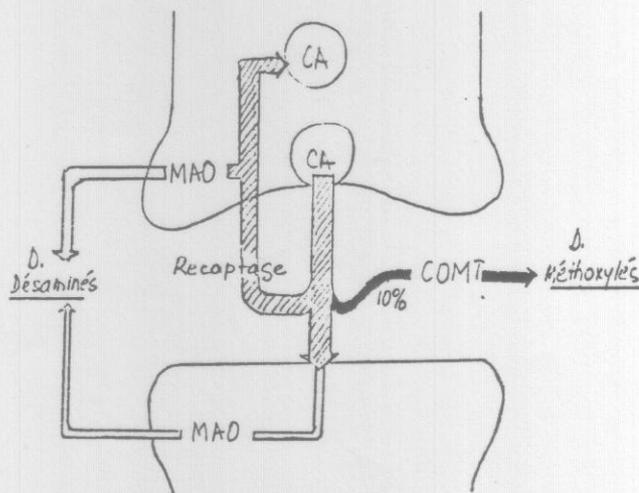
## 5 - Inactivation des catécholamines (neurones et MSR)

a - Catabolisme enzymatique = 2 systèmes complémentaires

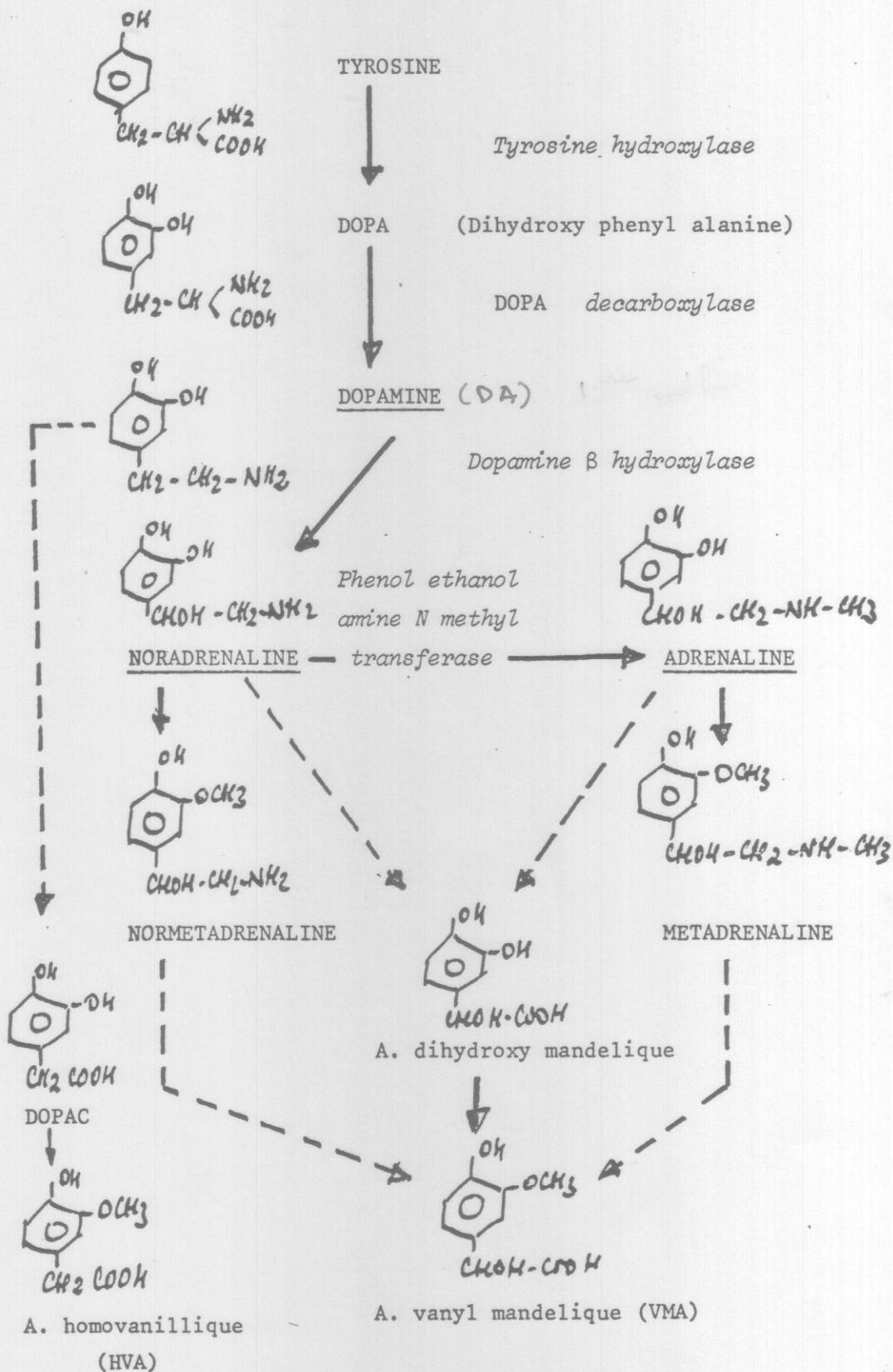
- . Monoamine oxydase (MAO) = dans neurones et tissus  
formation de dérivés désaminés
- . Catéchol-O-Méthyl-Transférase (COMT) = dans le sang circulant,  
formation de dérivés méthoxylés.

b - Recaptage par terminaisons nerveuses :

- . mise en évidence :  $^3H$ .NA injectée IV se retrouve dans les terminaisons nerveuses
- . mécanisme inhibée par la Cocaïne
- . objectifs = . limiter la durée d'action des CA libérées  
. réduire les besoins de biosynthèse des CA.



# METABOLISME DES CATECHOLAMINES



(- - -) MAO (monoamine oxydase)  
 (—) COMT (catechol-O-methyl transferase)

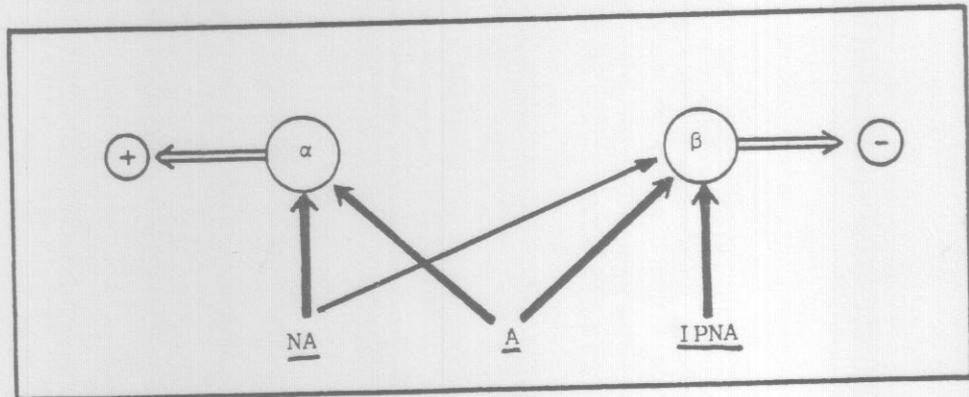
6 - Élimination = urinaire :

- CA natives = 5 %
- Méthoxylés = 10 % (très bon indice de tumeur chromaffine)
- A. vanyl mandélique = 85 %.

E - Actions physiologiques des catécholamines :

1. Notion de récepteurs adrénérgiques post-synaptiques :

- . responsables des effets physiologiques
- . nature -  $\alpha$ 
  - bêta = bêta<sub>1</sub> (coeur) bêta<sub>2</sub> (métabolisme)
- . affinité des CA pour les différents récepteurs  $\alpha$  ou  $\beta$

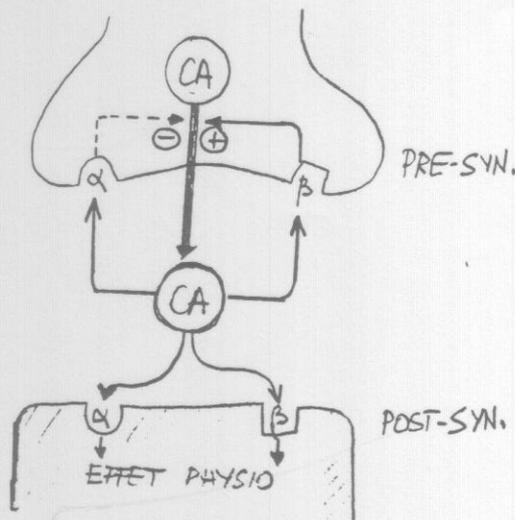


. l'action des CA au niveau d'un organe est fonction

- de la nature de l'hormone (ie: son affinité pour un type de récepteurs)
- de la nature des récepteurs présents au niveau de l'organe considéré.

2. Notion des récepteurs adrénérgiques présynaptiques au niveau des neurones :

- . modulent la libération des CA
- . récepteurs  $\alpha$  présynaptiques =  $\downarrow$  libération NA
- . récepteurs  $\beta$  " =  $\uparrow$  libération NA



3. Effets physiologiques proprement dits :

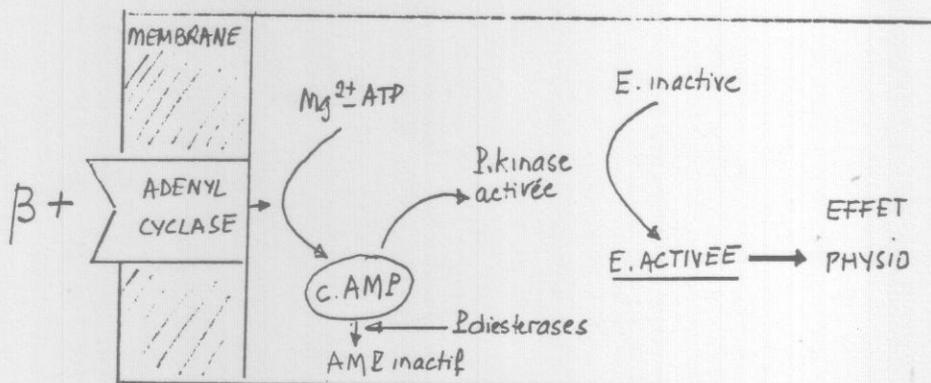
| ORGANE                                     | RECEPTEURS |         | EFFETS                                                                 |
|--------------------------------------------|------------|---------|------------------------------------------------------------------------|
|                                            | $\alpha$   | $\beta$ |                                                                        |
| COEUR                                      |            | +       | augmente rythme et puissance                                           |
| VAISSEAUX<br>coronaires<br>musculaires     |            | +       | vasodilatation                                                         |
| VAISSEAUX<br>peau - muqueuse<br>abdominaux | +          |         | vasoconstriction                                                       |
| MUSCLES bronchiques<br>intestinaux         |            | +       | bronchodilatation - relaxation                                         |
| PUPILLE                                    | +          |         | mydriase (contr. muscle irridodilatateur)                              |
| METABOLISME                                |            | +       | glycogénolyse + lipolyse accélérées -<br>sécrétion de rénine augmentée |

4. Confirmation clinique = le phéochromocytome

5. Mécanisme intime d'action :

bien connu pour les récepteurs  $\beta$  seulement

- stimulation de l'adénylcyclase membranaire et augmentation du CAMP intracellulaire =



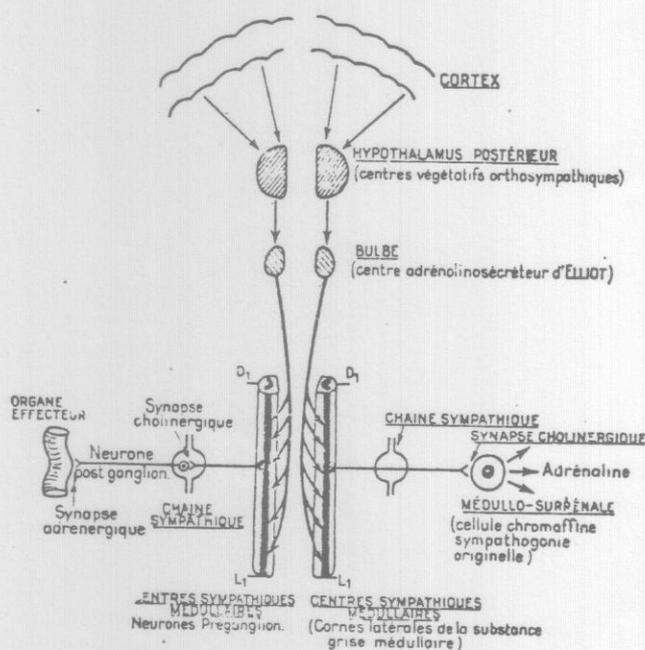
## F - Mise en jeu de la sécrétion médullosurrénalienne :

### 1. Les nerfs adrénalino-sécréteurs :

- préganglionnaires, synapse cholinergique
- section du splanchnique
- analogie : MSR - ganglion orthosympathique

### 2. Les centres adrénalino-sécréteurs :

- médullaires
  - bulbaires
  - hypothalamiques
- ) analogie avec S.N. orthosympathique



— Représentation schématique montrant l'analogie entre l'organisation du système nerveux végétatif orthosympathique (à gauche) et celle du système adrénalino-sécréteur (à droite). in HERMANN et CIER.

## G - Les facteurs de mise en jeu :

1. Réflexe = pression artérielle - température - douleur
2. Centrale = hypoglycémie
3. Intercentrale = émotion - coeur.

## H - Conclusions :

La médullosurrénale est un ganglion sympathique spécialisé dans la sécrétion des CA.

# LA MOELLE EPINIÈRE

## I - LES RACINES RACHIDIENNES -

### A - Etude expérimentale :

1. Méthodes = section - stimulation
2. Résultats = - racines rachidiennes antérieures = motrices  
- racines rachidiennes postérieures = sensibles.

### B - Caractère métamérique de l'innervation rachidienne :

1. sensitive = très nette au niveau cutané = les dermatomes
  - . mise en évidence expérimentale
  - . corrélation anatomoclinique = zona
  - . la carte des dermatomes - son intérêt -

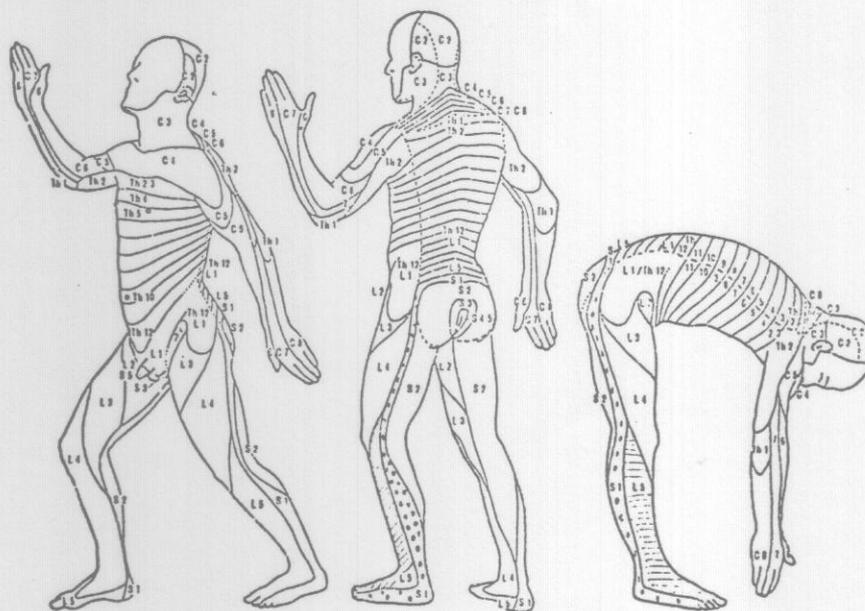


Schéma de l'innervation cutanée radiculaire (Dermatomes)

sciatique L5

S1

d'après DOCUMENTA GEICY

2. Innervation motrice = (myotomes) métamère moins nette car :
  - plexus à la racine des membres
  - chaque mouvement fait intervenir plusieurs RRA.

## II - LA CONDUCTION DANS LA MOELLE -

### A - Etude expérimentale :

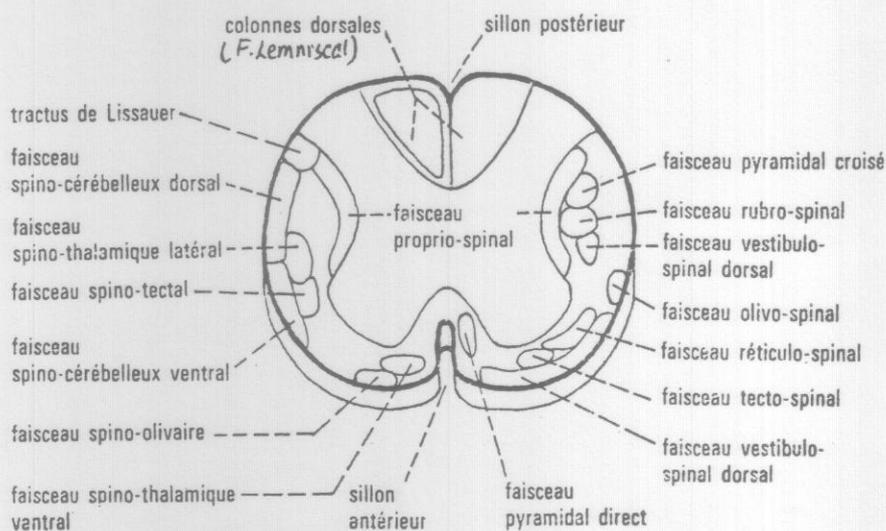
#### 1. section transversale; en aval de la section :

- . paralysie - anesthésie → rôle de conduction
- . persistance de réactions réflexes → rôle de centre réflexe.

#### 2. études plus précises

### B - Morphologie de la substance grise = systématisation

### C - Morphologie de la substance blanche :

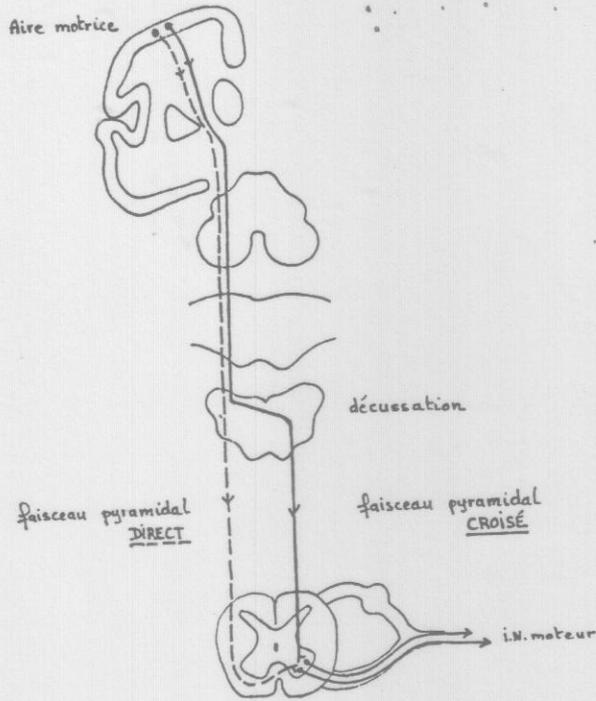


Représentation schématique de l'organisation des grandes voies de la moelle épinière.

- systématisation des faisceaux de voies sensibles descendantes
- voies motrices descendantes.

### D - Morphologie des grandes voies motrices :

Morphologie des grandes voies motrices  
(voies à 2 neurones)



1. Voies pyramidales = 2 neurones

- . faisceau pyramidal croisé = le plus important
- . faisceau pyramidal direct = moins important

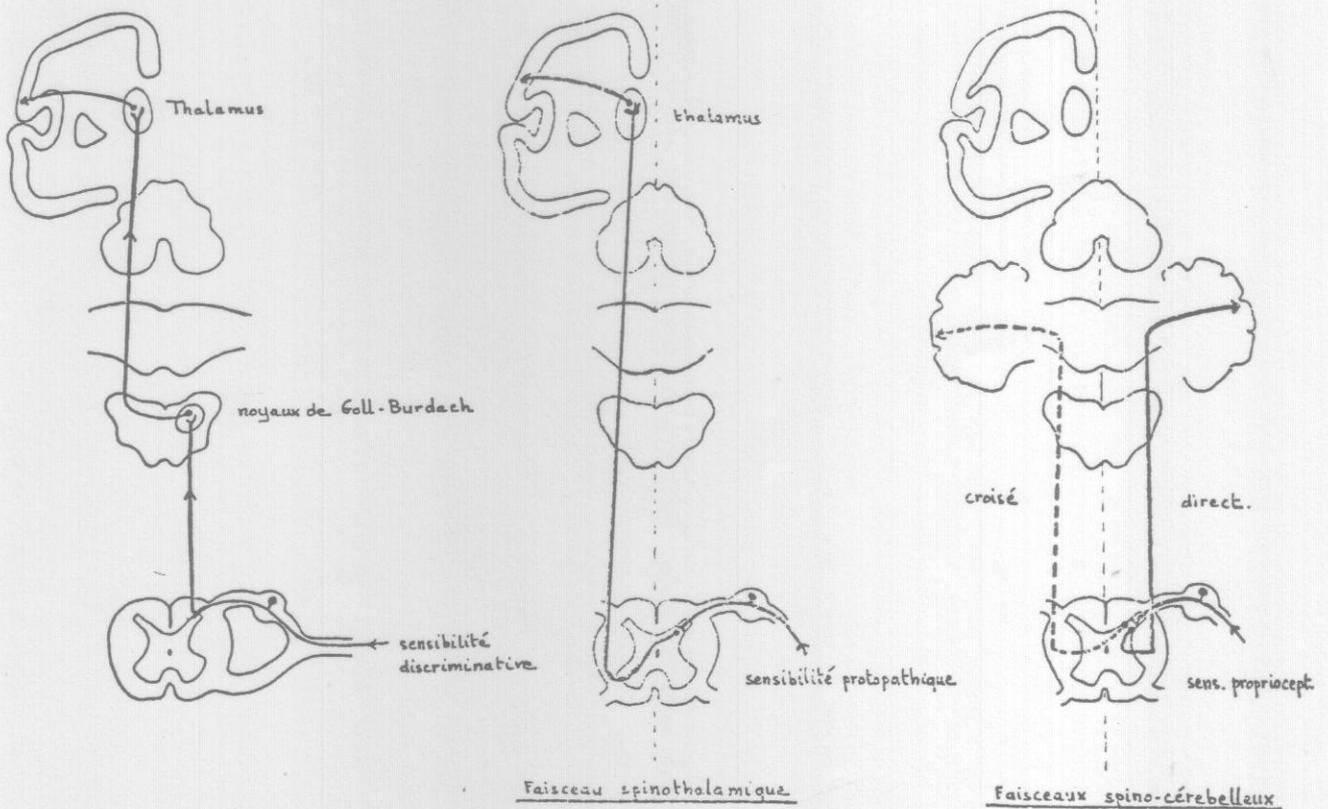
assurant :

- . motricité volontaire fine
- . motricité réflexe
- . lésion corticale = hémiparésie controlatérale
- . hémisection moelle = troubles controlatéraux majeurs.

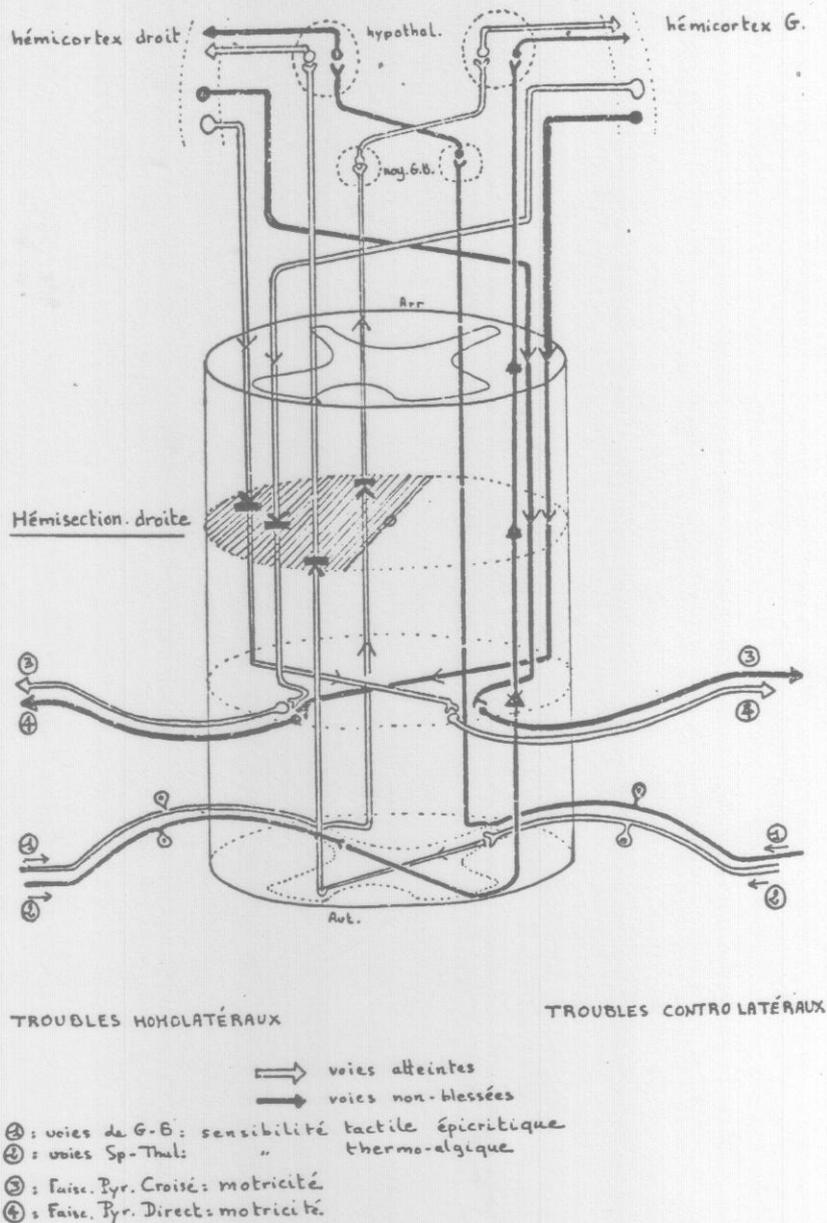
2. Voies extrapyramidales = réticulo, rubro et vestibulo-spinales.  
Contrôle de la motricité.

E - Morphologie des grandes voies sensibles (sauf sensations spécialisées = vue, ouïe, odorat, ...)

Morphologie du faisceau de GOLL et BURDACH  
(voie Lemniscale)



1. Classification physiologique des différentes sensibilités :
    - a - extéroceptive = - grossière, douloureuse = protopathique  
- fine, précise = épicrotique - consciente
    - b - intéroceptive = inconsciente
    - c - proprioceptive = position des membres - consciente et  
inconsciente
  2. Voie lemniscale : 3 neurones  
croisée dans le bulbe  
= sensibilité consciente - extéroceptive, épicrotique  
- proprioceptive
  3. Voie spinothalamique : 3 neurones  
croisée dans la moelle  
= sensibilité consciente = protopathique (thermoalgique)
  4. Voie spinocérébelleuse : 2 neurones  
directe et croisée  
= proprioceptive inconsciente.
- F - Corrélations anatomocliniques :
1. compression latérale de la moelle = douleur radiculaire métamérisée.
  2. syndrome d'hémisection médullaire.



3. tabès : dégénérescence siphylitique des cordons postérieurs de la moelle : atteinte de la voie lemniscale.
4. association syringo-myélique = formation de cavités péri-épendymaires : atteinte du faisceau spinothalamique.
5. sclérose en plaque = atteintes polymorphes  
étiologie probable : virus lents.

### III - LA MOELLE : CENTRE REFLEXE -

#### A - Généralités :

1. Mise en évidence = grenouille décérébrée
2. Définition de l'acte réflexe :

- provoqué et produit sans le concours de la volonté ou de la conscience
- suscité par un influx qui parcourt un circuit comportant, au minimum : un neurone afférent et un neurone efférent, articulés entre eux par une synapse située dans un centre nerveux.

### 3. Dénomination des réflexes

#### B - Méthodes d'étude des réflexes médullaires :

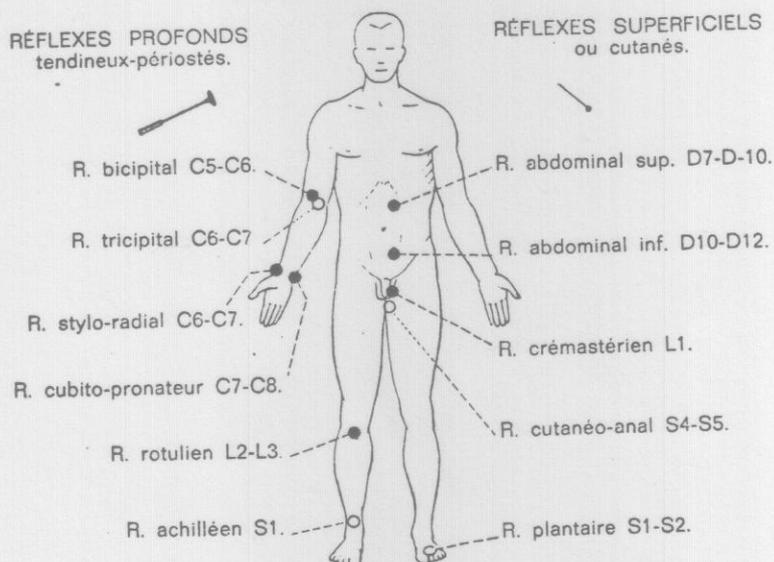
- = supprimer l'influence des centres supérieurs par
  - section sous bulbaire = choc spinal réversible atteinte respiratoire
  - section moelle cervicale en-dessous de l'émergence des nerfs phréniques (C<sub>4</sub>)

#### C - Organisation générale :

- complexité = par le nombre des neurones mis en jeu
- voies centripètes : se divisent en deux - une pour motoneurones  
- une pour centres supérieurs
- neurones intermédiaires = excitateurs ou inhibiteurs
- Les voies centrifuges motrices =  $\alpha$  pour muscles  
 $\gamma$  pour fuseaux neuromusculaires.

#### D - Les différentes catégories de réflexes médullaires :

- A point de départ proprioceptifs = muscles - tendons
  - réflexe myotatique = voir tonus posture
  - réflexes ostéotendineux



— Enumération des réflexes superficiels cutanés et profonds, tendineux et périostés.

- nature et organisation = monosynaptiques
- intérêt clinique = localiser une lésion

2. A point de départ cutané = réflexes de flexion

- a - généralités : - organisation = stimulation nociceptive
- diffusion = réaction de triple retrait
- finalité = maintenir l'intégrité de l'organisme.

b - intérêt clinique

E - Rôle physiologique des réflexes médullaires = essentiel

- . vie de relation - motricité, posture
- intégrité de l'organisme
- . vie végétative
- . mais soumis à influences supérieures (excitatrices et inhibitrices)

F - L'Homme spinal :

1. Généralités - étiologie
  - tétraplégie - paraplégie
2. Evolution : . choc spinal
  - . réapparition de l'automatisme médullaire =
  - réflexes de flexion = éviter stimulus nociceptif
  - réflexes d'extension : utilité dans le cadre de la rééducation.

TONUS - POSTURE

I - LE REFLEXE MYOTATIQUE -

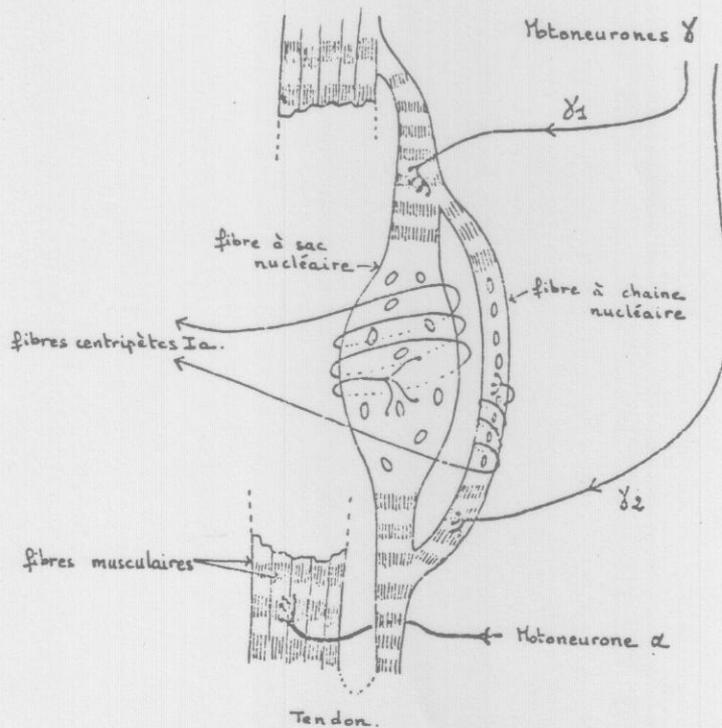
A - Définition : contraction réflexe d'un muscle en réponse à son propre étirement.

B - Méthodes d'étude : animal décérébré.

C - Caractères généraux : latence courte = monosynaptique  
réponse phasique (type réflexe ostéotendineux)  
réponse tonique.

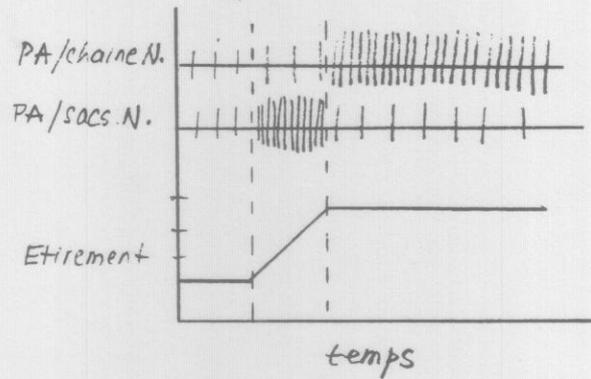
D - Organisation du réflexe myotatique :

1. Les récepteurs : - localisation = muscles  
- description = les fuseaux neuromusculaires et leur innervation.



- fibres à sac et à chaîne nucléaire
- centre non contractile reçoit terminaisons sensibles Ia
- extrémités contractiles reçoit terminaisons motrices  $\gamma$

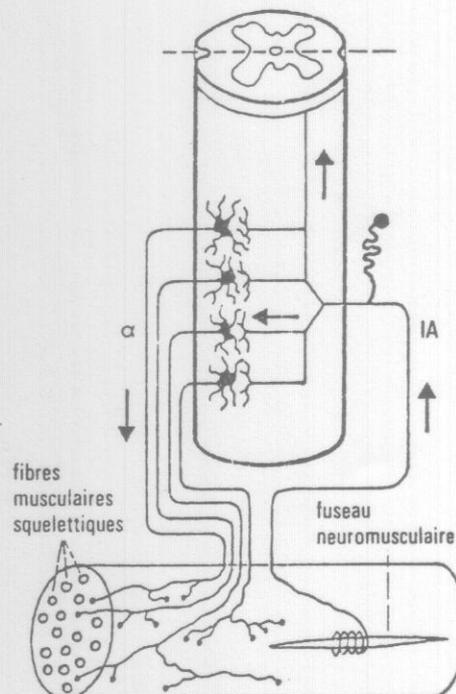
- sensibilité = f. à sac nucléaire = réponse phasique (vitesse d'allongement)
- f. à chaîne nucléaire = réponse tonique (degré d'allongement)



2. Fibres centripètes : Ia
3. Centre réflexe : la moelle
4. Fibres centrifuges : motoneurones  $\alpha$
5. Effecteur : muscles striés (extenseurs surtout)

Organisation de la voie réflexe monosynaptique

L'axone afférent innerve la terminaison primaire d'un fuseau neuromusculaire. L'axone efférent innerve une unité motrice du muscle contenant le fuseau neuromusculaire. D'après Ramon y Cajal S. Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés ; Maloine, Paris 1909.

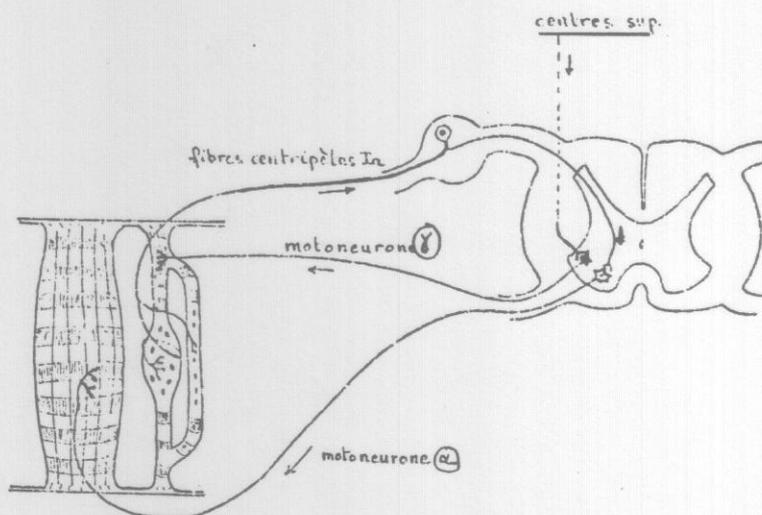


E - Mise en jeu élémentaire :

- la pesanteur
- autorégulation de la longueur musculaire → posture

F - Contrôle spinal = l'activité  $\gamma$

1. Mise en évidence : - effets d'une stimulation des motoneurones  $\gamma$   
- effets de la section des fibres sensibles Ia
2. Rôle : . régulation du niveau de sensibilité du R. myotatique  
. adaptations posturales précédant le mouvement.



G - Contrôle supra-spinal :

- surtout facilitateur
- mise en évidence
- intervention = sur l'activité  $\gamma$

## L'ÉQUILIBRATION

### I - GÉNÉRALITÉS -

Notion d' "attitude fondamentale"

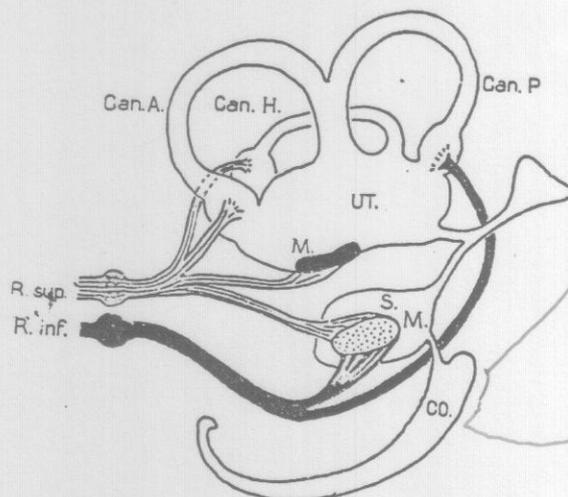
Définition : ensemble des réactions qui permettent à l'organisme de maintenir son attitude fondamentale ou d'y revenir quelles que soient les circonstances.

Assurée par réflexes accompagnés de sensation consciente

### II - LES EXCITATIONS RÉFLEXOGÈNES -

#### A - LABYRINTHIQUES -

##### 1 - Anatomie du labyrinthe membraneux

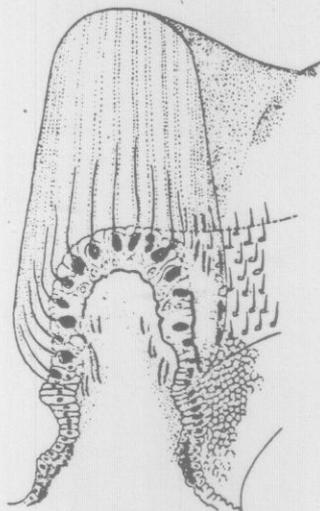


— Disposition des stato-récepteurs labyrinthiques.

Can. A. : canal demi-circulaire antérieur; Can. P. : canal demi-circulaire postérieur; Can. H. : canal demi-circulaire horizontal; UT. : utricule; S. : saccule; CO. : canal cochléaire; M. : macules; R. sup. et R. inf. : racines supérieure et inférieure du nerf vestibulaire.

*les canaux  
épais.  
lobes  
de l'oreille*

#### a) canaux semi-circulaires et les crêtes ampullaires



Left: Schematic three-dimensional drawing of a cross-section of an ampullar crista. (Redrawn and reproduced, with permission from Wersäll: Studies on the structure and innervation of the sensory epithelium of the cristae ampullares in the guinea pig. Acta oto-laryng. Suppl. 126:1, 1956.)

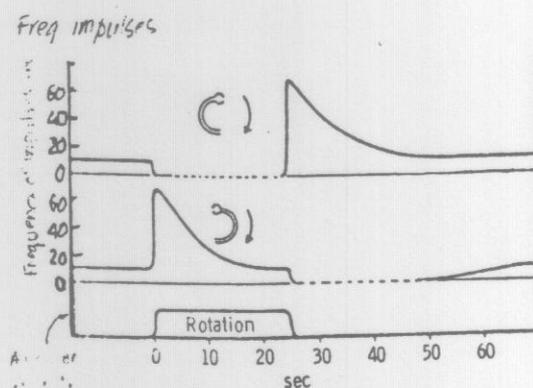
b) système otolithique utriculo-sacculaire

- macula utriculaire : horizontale
- macula sacculaire : verticale

2 - L'excitation labyrinthique

a) Récepteurs ampullaires

- mise en évidence = nystagmus
- mécanisme : mouvements de l'endolymphe
- mise en jeu physiologique : rotations brusques



Ampullary responses to rotation.

b) Récepteurs maculaires : pesanteur - verticalité

3 - Les illusions sensorielles d'origine labyrinthique

- a) ampullaires
- b) maculaires

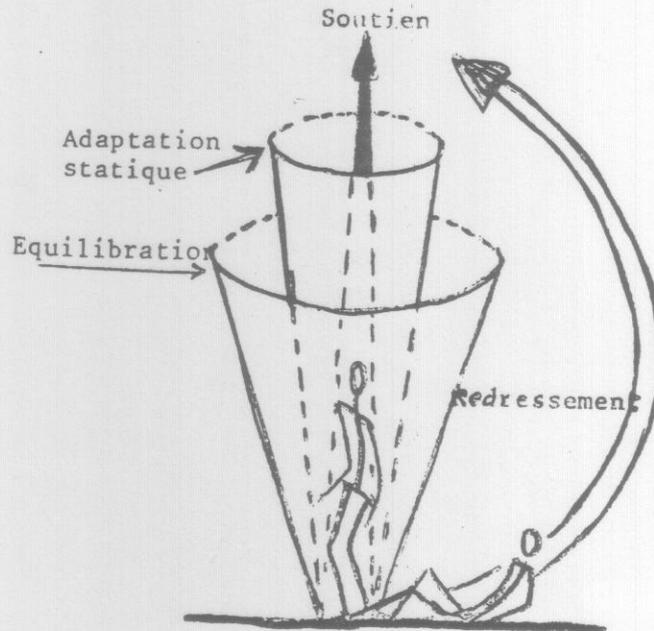
4 - Les voies labyrinthiques

B - LES EXCITATIONS PROPRIOCEPTIVES

C - LES EXCITATIONS EXTEROCEPTIVES -

D - LES EXCITATIONS VISUELLES -

III - LES RÉACTIONS PRODUITES -



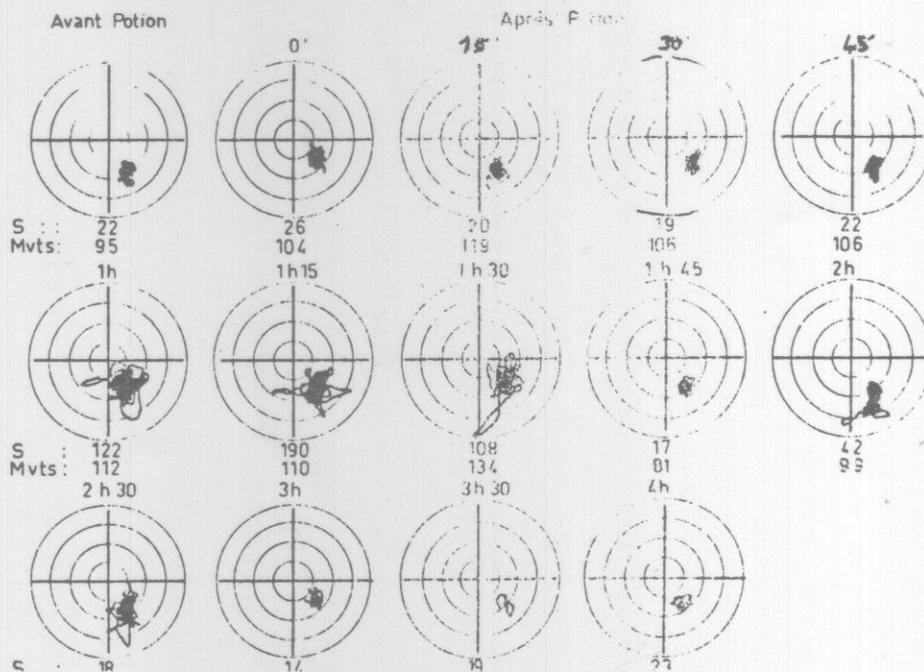
A - REACTIONS DE SOUTIEN -

B - STABILISATION DE LA STATION FONDAIMENTALE -

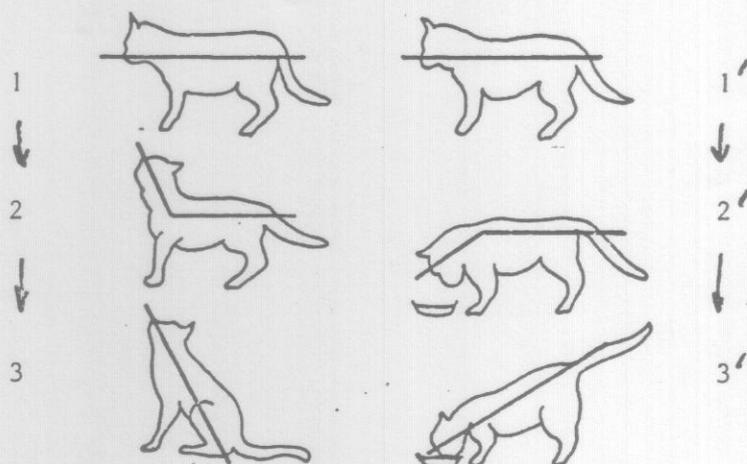
1 - Adaptation statique

a) corps immobile : statokinésimétrie

VARIATIONS DU S.K.G. EN FONCTION DE L'ABSORPTION D'ALCOOL



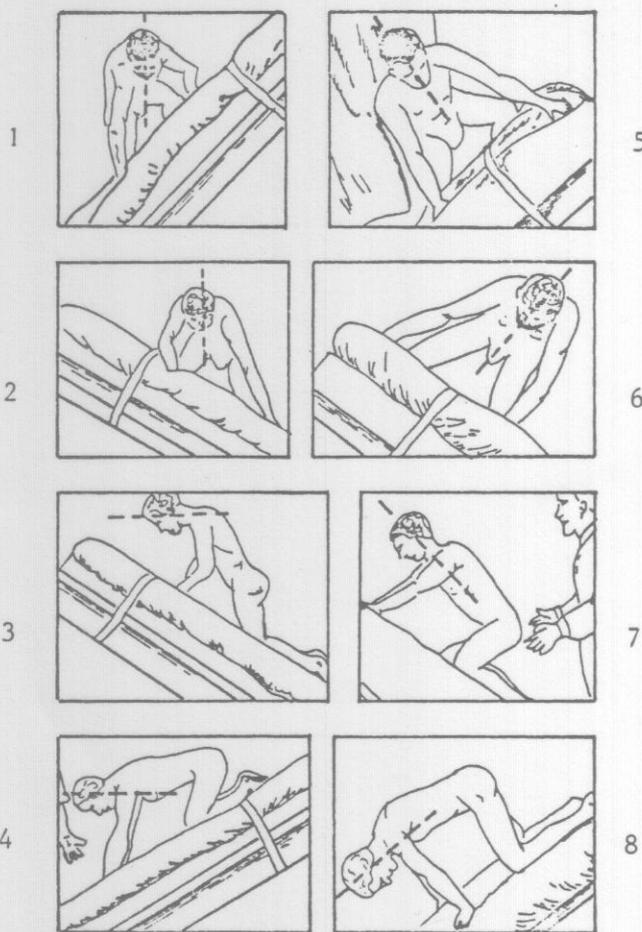
## b) Adaptation aux changements de position des segments mobiles



## 2 - Réactions d'équilibration proprement dites

a) origine musculaire

b) origine labyrinthique



SUJET NORMAL

SUJET LABYRINTHIQUE

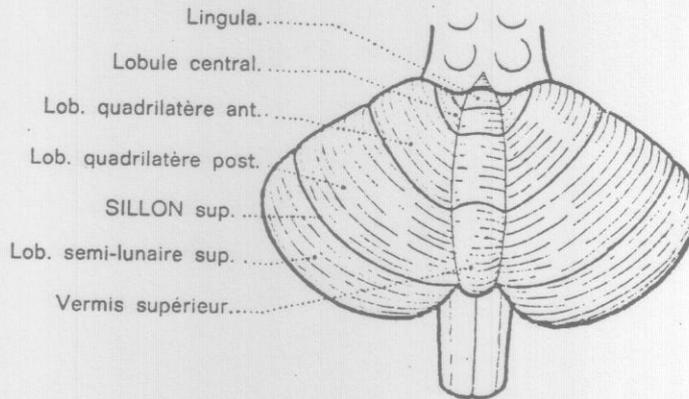
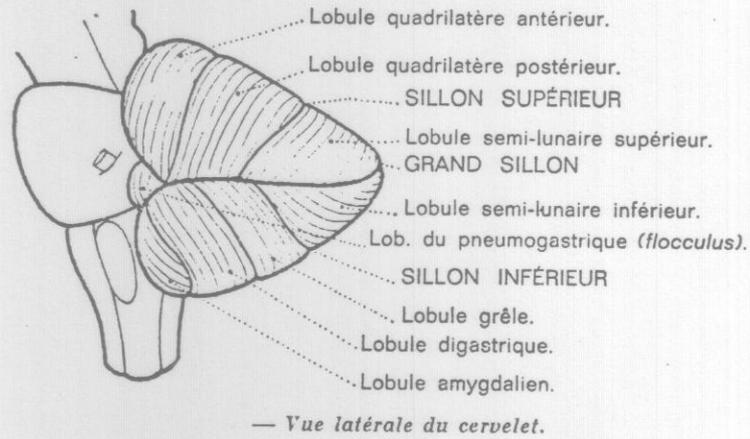
c) Les réactions de redressement

- 1 - redressement de la tête
- 2 - redressement cervical
- 3 - redressement corps sur corps

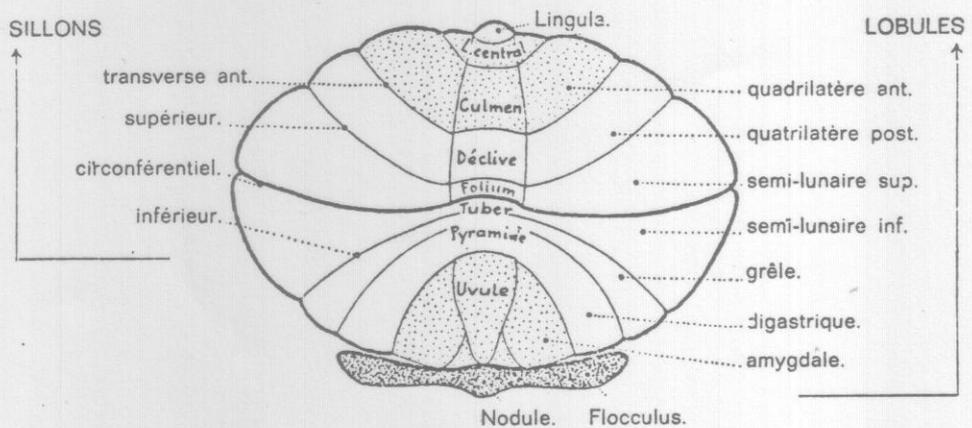
# CERVELET

## I - MORPHOLOGIE - ORGANISATION -

### A - ASPECT ANATOMIQUE -



### B - ASPECT ANATOMO-FONCTIONNEL -



En noir, l'archécérébellum; en pointillés, le palécérébellum; en blanc, le néocérébellum.

- 1 - Archeocervelet ou lobe flocculo-nodulaire : vestibule
- 2 - Paléocervelet : bulbo spinal
- 3 - Néo cervelet : cortico pontique

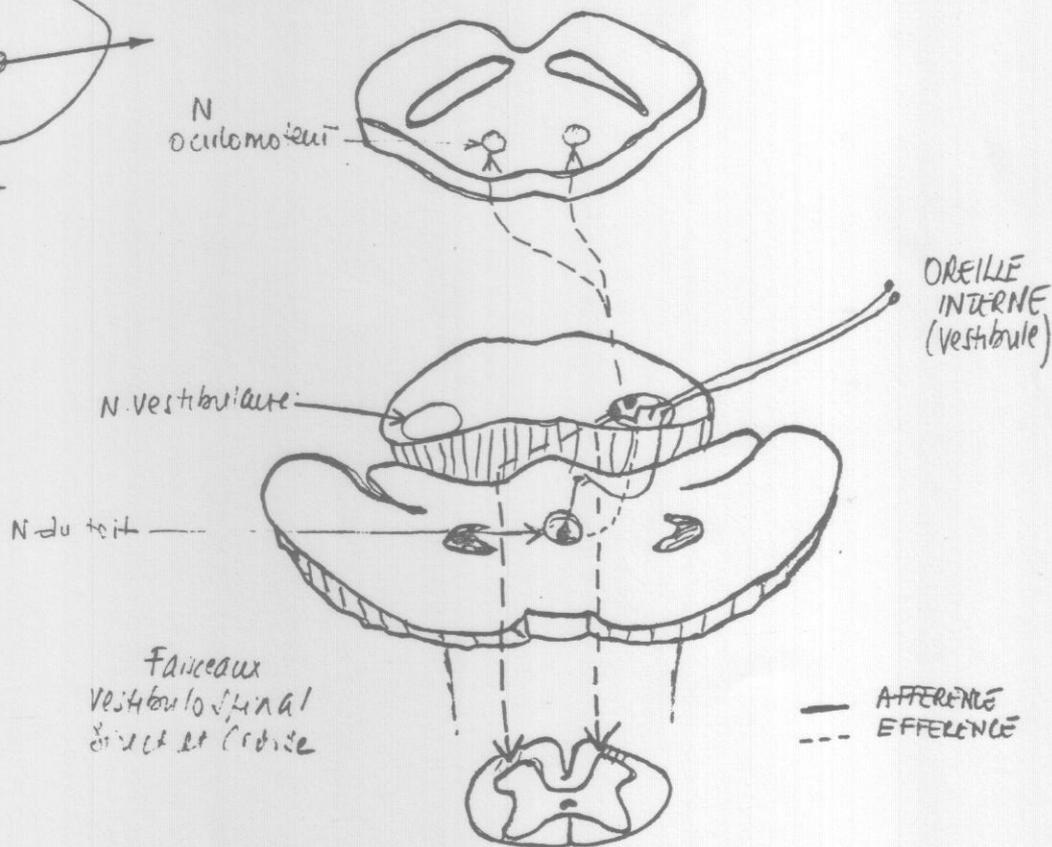
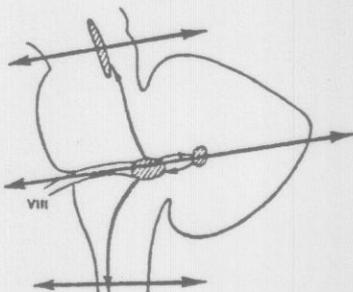
C - STRUCTURE -

- substance grise
- " blanche

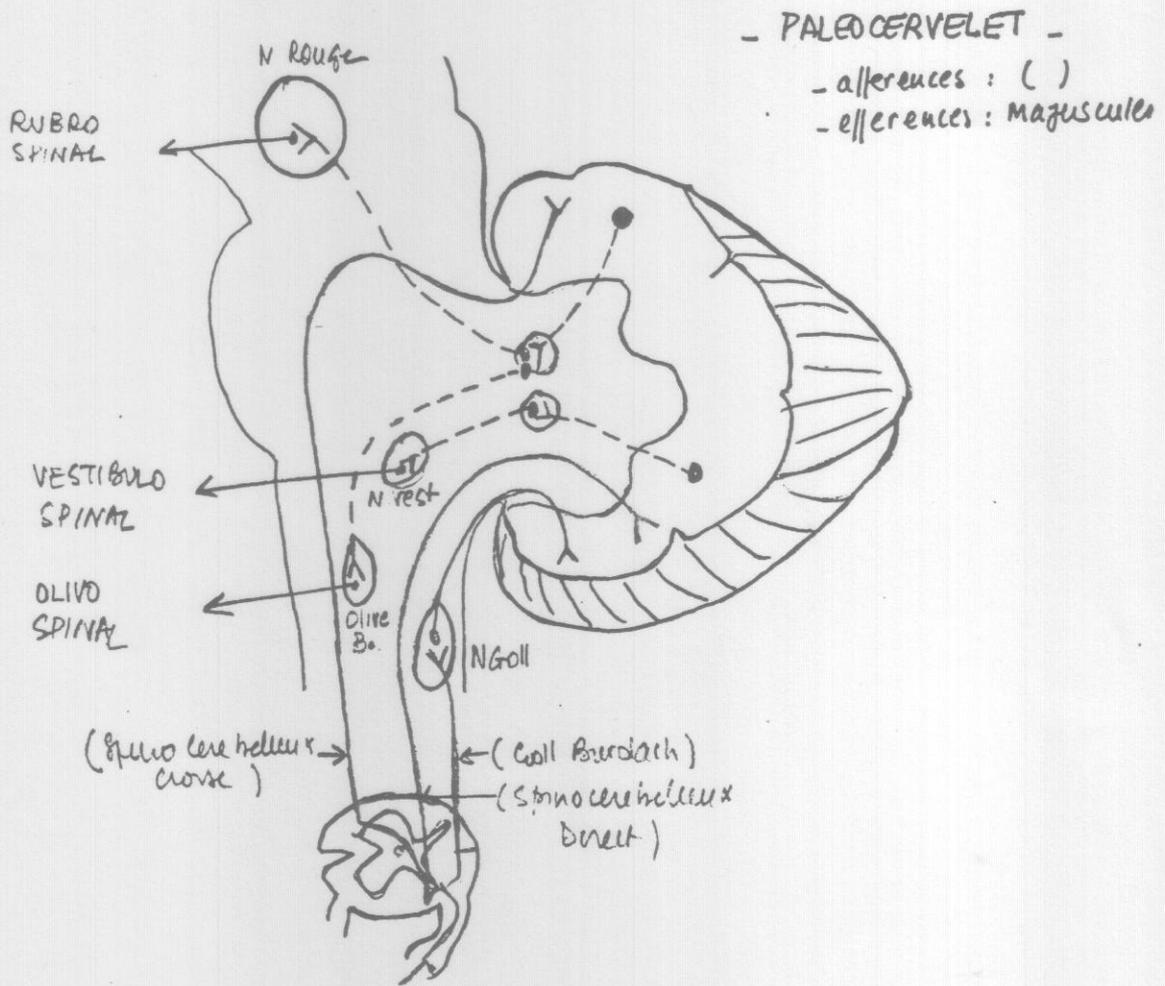
II - CONNEXIONS -

A - ARCHEO CERVELET -

ARCHEO CERVELET



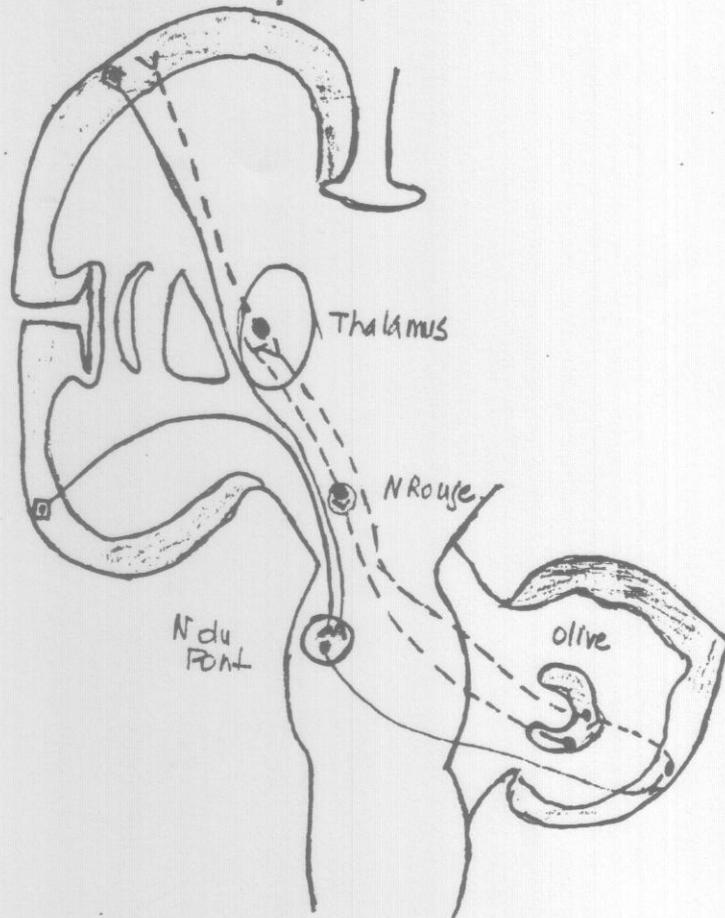
B - PALEO CERVELET -



- PALEOCERVELET -

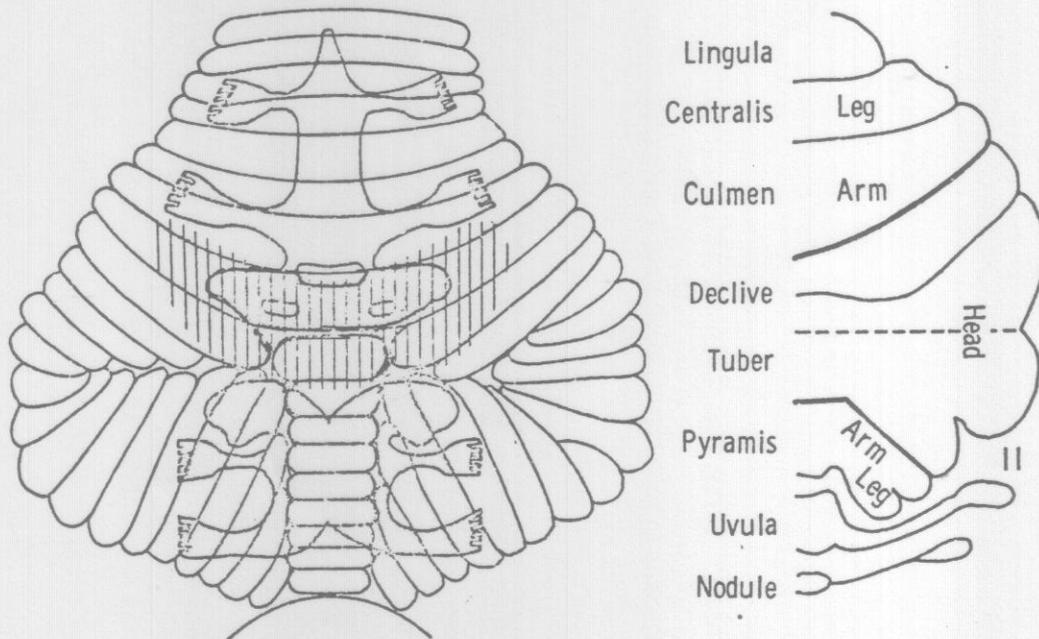
- afferences : ( )
- efferences : majuscules

C - NEO CERVELET -



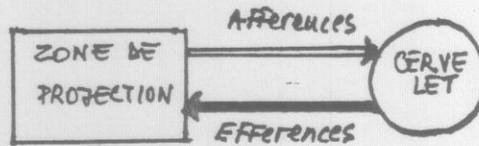
D - VUE GENERALE DES CONNEXIONS -

- 1 - Méthode expérimentale
- 2 - Organisation générale
- a) somatotopie des afférences



Left: Cerebellar homunculi. Proprioceptive and tactile stimuli are projected as shown in the figure above and the split figure below. The striped area represents the region from which evoked responses to auditory and visual stimuli are observed.

b) circuits permettant une régulation par feed-back



c) un hémicervelet contrôle l'hémicorps homolatéral

### III - FONCTIONS DU CERVELET -

#### A - MISE EN EVIDENCE -

- Les importantes variations phylogénétiques imposent de se limiter aux données obtenues - chez les *singes* supérieurs
- par corrélation anatomo-cliniques

#### B - LE SYNDROME CEREBELLEUX GLOBAL -

##### 1 - Généralités :

- . pas de paralysie ni d'anesthésie
- . troubles homolatéraux
- . absence de connexions visuelles : ROMBERG négatif

##### 2 - Ataxie cérébelleuse : trouble de la coordination des mouvements volontaires

- a) dans l'espace : hypermétrie
- b) dans le temps : asynergie
  - : retard à contraction et décontraction
  - : adiadococinésie
  - : tremblement cinétique, intentionnel

##### 3 - Hypotonie

##### 4 - Troubles de la statique et de l'équilibration

##### 5 - Asthénie et fatigabilité

#### C - SYNDROMES PARTIELS -

- 1 - syndrome de l'archo cervelet
- 2 - " du paleo cervelet
- 3 - " du néo cervelet

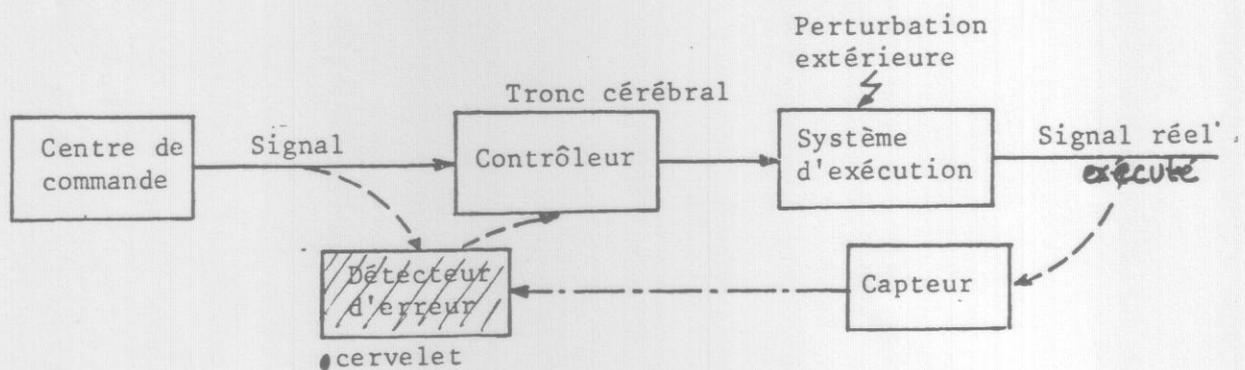
#### IV - MECANISMES D'INTERVENTION DU CERVELET -

##### A - SUR LE TONUS -

- par facilitation  $\gamma$
- par action sur aires motrices

##### B - SUR LES MOUVEMENTS VOLONTAIRES -

- mal connus. Rôle d'un détecteur d'erreur (Cl. GHARIB)



## NÉO-CORTEX

### I - STRUCTURE -

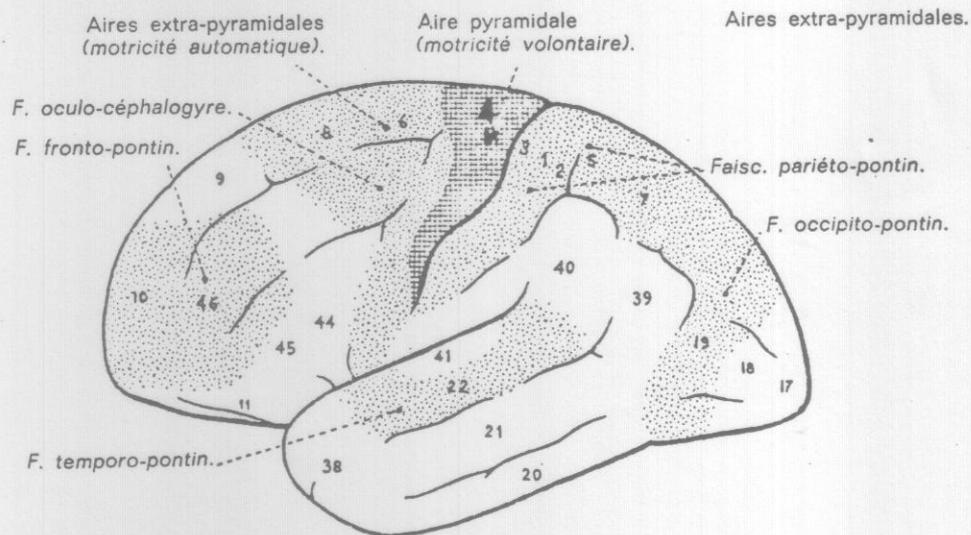
- A - SUBSTANCE GRISE : 6 couches
- B - SUBSTANCE BLANCHE -
- C - LES SCISSURES -
- D - DU POINT DE VUE FONCTIONNEL : LES 50 AIRES DE BRODMAN

### II - LES AIRES CORTICALES EFFECTRICES -

#### A - GENERALITES -

- Définition : stimulation provoque réponse motrice

#### B - AIRE PYRAMIDALE -

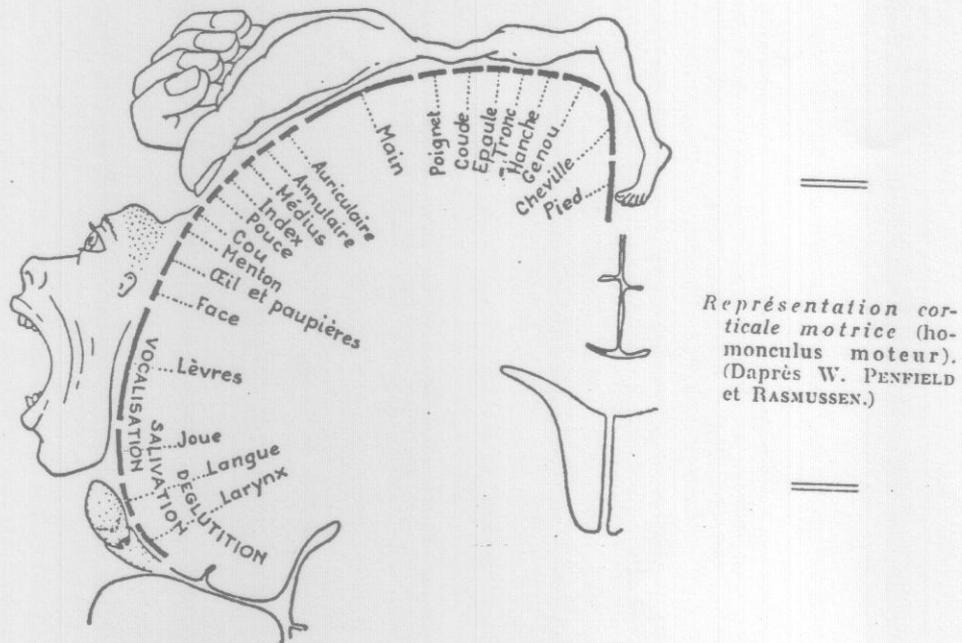


— Les aires motrices pyramidale et extra-pyramidale.  
(D'après FERNSTER modifié.)

- 1 - Situation : aire 4 en AV scissure Rolando
- 2 - Moyens d'étude

## 3 - Résultats des expériences de stimulation

## a) Somatotopie



## b) excitabilité

- l'épilepsie humaine - grand mal
- petit mal
- crises Bravais Jacksoniennes

4 - Destruction aire 4 → hémiparésie contralatérale  
régression

5 - Conclusion : contrôle motricité volontaire fine

C - LES AIRES EXTRA-PYRAMIDALES -

- 1 - Situation : surtout aire 6 prémotrice
- 2 - Stimulation : réponses globales - gestes grossiers
- 3 - Destruction : hypertonie

### III - LES AIRES SENSITIVES -

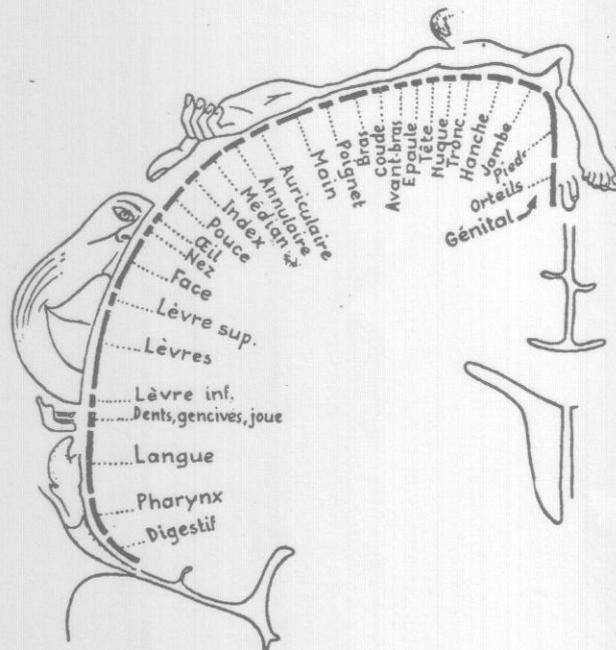
#### A - METHODES GENERALES D'ETUDE -

#### B - AIRES SOMESTHESIQUES : SENSIBILITE GENERALE -

##### 1 - Aire somesthésique I : tactile épicroitique proprioceptive consciente

- localisation
- destruction
- somatotopie

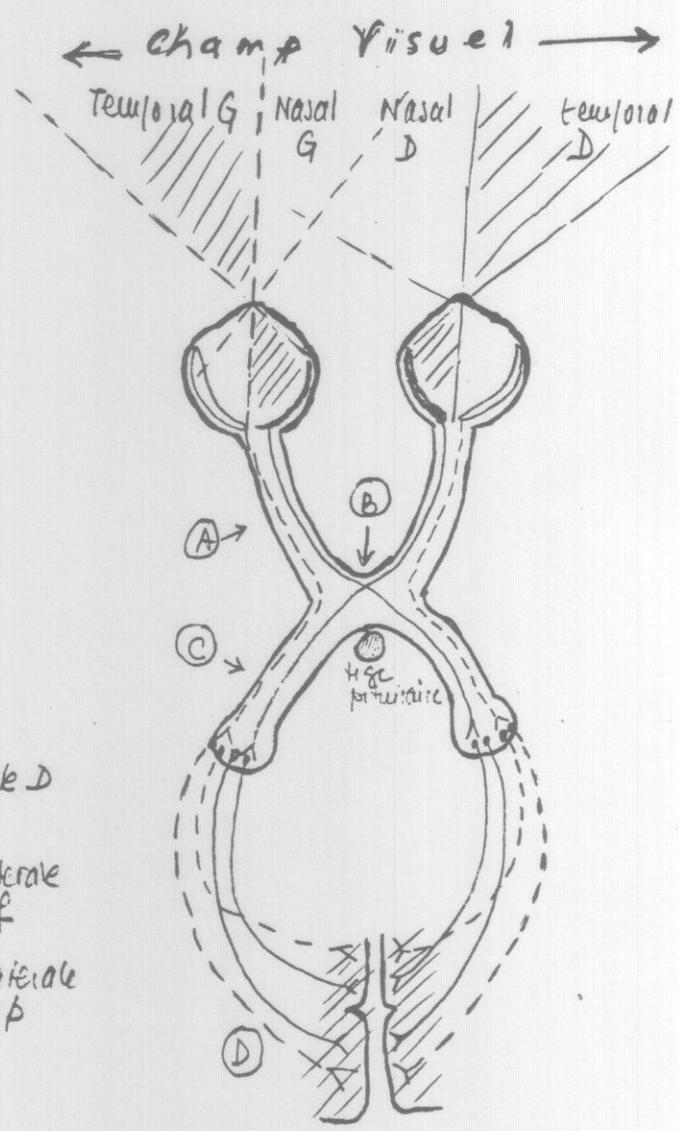
Représentation corticale  
sensitive (homunculus  
sensitif). (D'après PEN-  
FIELD et RASMUSSEN.)



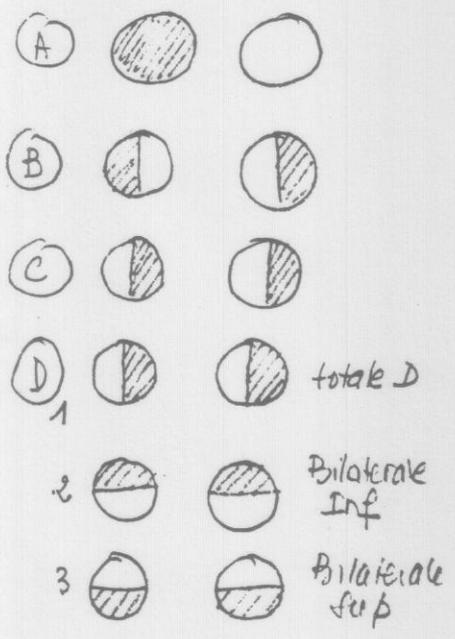
##### 2 Aire somesthésique II : protopathique

#### C - AIRES VISUELLES -

- 1 - Localisation : 2 lèvres de la scissure calcarine
- 2 - Connexions



Nf optique  
 Chiasma  
 Corps Genouilles  
 Lena sup  
 Sc. colcarine  
 Lena inf



VOIES OPTIQUES.  
 (coupe horizontale)

3 - Les destructions localisées : hémianopsies

A - lésion d'un nerf optique

B - lésion chiasmatique

C - lésion d'une bandelette

D - lésion de l'aire visuelle

4 - Constitution aire visuelle

D - AIRES : AUDITIVE, GUSTATIVE, OLFACTIVE -

IV - LES AIRES ASSOCIATIVES -