

## Neurophysiologie

M. Yves LAPORTE, professeur

Le cours de cette année a été consacré à l'innervation sensitive des muscles squelettiques des Mammifères. L'importance de cette innervation est soulignée par le fait que les fibres afférentes, myéliniques et amyéliniques, contenues dans les nerfs musculaires, sont beaucoup plus nombreuses que les fibres nerveuses motrices. Ces fibres afférentes sont connectées à des formations sensibles, les récepteurs intra-musculaires, dont il est nécessaire de connaître le fonctionnement avant d'aborder l'étude des actions centrales exercées par les influx nerveux qu'elles engendrent.

Les muscles squelettiques renferment des récepteurs spécifiques — les organes tendineux et les fuseaux neuromusculaires — et des récepteurs non spécifiques, terminaisons libres et corpuscules paciniformes. Les récepteurs spécifiques sont innervés par des fibres afférentes myélinisées de gros diamètre (fibres des groupes I et II) tandis que les récepteurs non spécifiques sont en général innervés par des fibres fines (fibres myélinisées du groupe III et fibres amyéliniques du groupe IV).

L'analyse du fonctionnement des récepteurs a toujours été précédée par une étude détaillée de leur structure ; une importance particulière a été accordée aux récents travaux d'histophysiologie dans lesquels le même récepteur a fait successivement l'objet d'études fonctionnelles et structurales.

Les récepteurs innervés par les fibres afférentes III et IV ont été relativement peu étudiés à cause de la difficulté que présente la détection des influx transmis par les fibres de petit diamètre.

Les récepteurs connectés aux fibres amyéliniques — tout au moins ceux dont la fonction a pu être déterminée — sont des nocicepteurs. La méthode des collisions entre influx engendrés par les récepteurs et volées antidromiques amyéliniques a en effet permis d'observer que ces fibres sont activées après contraction musculaire prolongée sous ischémie : quelques rares observations portant sur des fibres amyéliniques « uniques » montrent

qu'elles peuvent être activées par une autre manœuvre algogène, l'injection intramusculaire de solution de chlorure de sodium hypertonique ; par contre ces récepteurs ne sont pas activés par les variations de longueur et de tension des muscles. Il serait surprenant que les fibres amyéliniques, qui constituent le contingent afférent d'origine musculaire numériquement le plus important, aient seulement une fonction nociceptive. Ces fibres sont connectées à des terminaisons libres dont la plupart sont situées dans les espaces intrafasciculaires et au voisinage des vaisseaux, ce qui incite à se demander si elles ne sont pas mises en jeu par des stimulus chimiques provenant du métabolisme musculaire.

La majorité des récepteurs des fibres afférentes du groupe III sont activés par la pression, mais l'on doit distinguer plusieurs modalités de pressorécepteurs. Certains, dont l'adaptation est lente, sont activés par la compression modérée de régions étendues du corps musculaire ou de la zone de jonction entre muscle et tendon ; d'autres dont l'adaptation est généralement rapide sont activés par une pression très localisée exercée à la surface du muscle. Quelques-uns qui ne sont activés que par des stimulus mécaniques très forts et d'intensité variable sont vraisemblablement des nocicepteurs.

Les organes tendineux de Golgi sont presque tous situés entre les extrémités de certaines fibres musculaires squelettiques et leurs insertions aponévrotiques et non dans les tendons d'insertion musculaire. Les travaux récents sur ces récepteurs ont conduit à réviser notablement les propriétés qu'on leur attribuait. En se fondant seulement sur les effets de l'allongement musculaire, on considérait qu'ils étaient des tenso-récepteurs à seuil très élevé ; l'action inhibitrice exercée sur les motoneurones homonymes par les influx qu'ils engendrent était souvent assimilée à une réaction de protection s'opposant à un allongement musculaire excessif. En réalité, ces récepteurs sont extrêmement sensibles à la tension produite par la contraction musculaire elle-même. Si l'on prend en considération le nombre de fibres musculaires qui s'insèrent sur un seul organe tendineux — 10 à 15 environ — et le nombre d'unités motrices qui peuvent activer le même organe tendineux, il apparaît même que la contraction d'une seule fibre musculaire peut être un stimulus suffisant. Le seuil élevé attribué précédemment aux organes tendineux s'explique par le fait que la tension qui résulte de l'allongement musculaire se développe dans les aponévroses périmusculaires et très peu dans les fibres musculaires elles-mêmes. Les fibres afférentes d'origine golgienne appartiennent généralement au sous-groupe lent du groupe I.

Les fuseaux neuromusculaires — auxquels une partie importante du cours a été consacrée — font l'objet d'un nombre croissant d'études morphologiques et fonctionnelles qui ont progressivement révélé la complexité de ces organes sensoriels (voir la récente monographie de P. MATTHEWS, 1972).

Tous les muscles striés — et pas seulement les muscles à fonction posturale — possèdent des fuseaux à l'exception des muscles extra-oculaires de certaines espèces. Il est significatif que la densité des fuseaux soit particulièrement élevée dans les muscles qui assurent des mouvements fins, comme les muscles de la main ou de la région profonde du cou.

Les deux sortes principales de fibres musculaires fusales — fibres à sac nucléaire et fibres à chaîne nucléaire — ne diffèrent pas seulement par leurs dimensions et la disposition de leurs noyaux, mais surtout par leur ultra-structure et leur profil histochimique. Les fibres à sac contiennent peu de sarcoplasme et de mitochondries ; leurs myofilaments, dont les sarcomères ne présentent pas de ligne M, sont régulièrement disposés. Par contre, les fibres à chaîne ont un sarcoplasme abondant et sont riches en mitochondries ; leurs myofilaments sont assez irrégulièrement répartis ; la ligne M des sarcomères est très marquée. Leur reticulum sarcoplasmique est beaucoup plus développé que celui des fibres à sac. Les fibres à chaîne sont plus riches en glycogène, en phosphorylase, en succino-déhydrogénase et en ATPase myofibrillaire que les fibres à sac.

Tous les travaux récents ont confirmé que les terminaisons sensibles primaires et secondaires diffèrent par la nature des messages qu'elles engendrent. Les deux sortes de terminaisons donnent des informations sur la longueur du muscle puisque la fréquence de leurs influx est proportionnelle à la longueur musculaire (sensibilité à la position) mais seules les terminaisons primaires possèdent une sensibilité à la vitesse des changements de longueur (sensibilité dynamique). Il est douteux que les terminaisons primaires présentent aussi une sensibilité à l'accélération.

Les réponses des deux sortes de terminaisons ne sont « linéaires » que pour des allongements musculaires d'amplitude inférieure à 0,1 mm. La très grande sensibilité des terminaisons primaires, observée dans ces conditions — plus de 100 influx  $\text{sec}^{-1} \text{mm}^{-1}$  — joue certainement un rôle important dans la régulation de la posture.

Une partie importante du cours a été consacrée à l'innervation motrice des fuseaux, car, à la suite de plusieurs travaux récents, il apparaît nécessaire de réviser le modèle le plus couramment admis de cette innervation d'après lequel a) les fibres fusomotrices  $\gamma$  dont la stimulation augmente la sensibilité dynamique des terminaisons primaires (fibres  $\gamma$  dynamiques) innervent les fibres musculaires fusales à sac nucléaire tandis que les fibres qui réduisent cette sensibilité (fibres  $\gamma$  statiques) innervent les fibres musculaires fusales à chaîne ; b) les fuseaux de Mammifères ne sont innervés que très exceptionnellement par des collatérales de fibres nerveuses  $\alpha$ .

Plusieurs techniques expérimentales ont permis de montrer que les fibres  $\gamma$  statiques peuvent innervent les deux sortes de fibres musculaires fusales :

étude de la distribution des terminaisons d'un seul axone statique après élimination par dégénérescence de tous les autres axones  $\alpha$  et  $\gamma$  d'un muscle ; marquage des fibres musculaires fusales à l'aide d'un colorant fluorescent (Jaune procion) injecté iontophorétiquement par micro-électrode intracellulaire ; topographie de la déplétion glycogénique produite dans les fibres musculaires par stimulation répétitive prolongée d'un seul axone ; étude microcinématographique de la contraction des fibres musculaires consécutives à la stimulation d'axones statiques uniques. Cette innervation commune explique peut-être que, suivant la fréquence à laquelle ils sont stimulés, certains axones  $\gamma$  exercent une action statique ou une action dynamique.

Si ces travaux récents ont bien montré que les axones  $\gamma$  statiques innervent aussi des fibres musculaires fusales à sac, on ignore toujours si les mêmes fibres à sac peuvent être innervées à la fois par des axones  $\gamma$  dynamiques et par des axones  $\gamma$  statiques.

Les fuseaux des Reptiles et des Batraciens n'ont pas d'innervation motrice spécifique mais sont innervés par des collatérales de fibres motrices  $\alpha$  (fibres squeletto-fusimotrices). Chez les Mammifères, ce type d'innervation était considéré comme négligeable parce que des fibres squeletto-fusimotrices (appelées souvent fibres  $\beta$ ) n'avaient jusqu'à maintenant été démontrées de manière satisfaisante que dans quelques petits muscles. Plusieurs constatations histologiques et expérimentales récentes montrent que cette opinion doit être révisée :

— la microdissection de fibres squeletto-fusimotrices dans des muscles de petite taille (muscles lombricaux profonds du Chat) a permis de constater que les branches fusales de ces fibres se terminent par des plaques motrices du type p1 ;

— après section de nerfs musculaires, les plaques motrices p1 dégèrent avant les autres terminaisons motrices fusales et en même temps que les plaques motrices des fibres musculaires extrafusales, ce qui suggère qu'elles sont innervées par des fibres nerveuses motrices de grand diamètre supérieur à celui des fibres motrices  $\gamma$  ;

— il n'existe pas de fibres exclusivement fusimotrices de vitesse de conduction supérieure à 50 m/s (fibres  $\alpha$ ) ;

— des fibres squeletto-fusimotrices ont pu être démontrées expérimentalement dans plusieurs muscles volumineux de la jambe chez le Chat.

## TRAVAUX DU LABORATOIRE

L'installation dans le bâtiment de Biologie de M. Yves LAPORTE, professeur de Neurophysiologie, de M. Michel IMBERT, sous-directeur, et de leurs collaborateurs respectifs s'est faite dans les locaux libérés par MM. GLOWINSKI et LE MAGNEN ainsi que par M. SZABO dont le groupe s'est installé dans le nouvel Institut de Physiologie nerveuse du C.N.R.S. à Gif. Deux postes complets d'électrophysiologie ont été mis en place pendant les derniers mois de 1972. Un troisième est en voie d'achèvement. Divers services — animaleries, ateliers mécanique, photographique, électronique — ainsi qu'un début de laboratoire d'histologie et la bibliothèque ont été aménagés.

Le laboratoire de Neurophysiologie rassemble, à l'heure actuelle, en plus des chercheurs travaillant directement avec MM. LAPORTE et IMBERT, trois équipes de chercheurs du C.N.R.S. dirigées respectivement par M. LEGOUIX (physiologie de l'audition), M. CHOCHOLLE (psychophysique de l'audition), M. LAURENT (physiologie et histologie comparées des chemorécepteurs), le groupe de chercheurs de l'Institut MAREY dirigé par les professeurs A. FESSARD et D. ALBE-FESSARD et le groupe de Neuropharmacologie biochimique dirigé par M. GLOWINSKI qui a été rattaché à la Chaire de Neurophysiologie à la suite de la démission du professeur J. MONOD. En outre, le groupe de Physiologie sensorielle et comportementale dirigé par M. LE MAGNEN est hébergé dans le laboratoire.

Les travaux de recherches ont été poursuivis dans trois domaines : motricité, physiologie sensorielle, neuropharmacologie.

### I - MOTRICITÉ

#### a) Innervation des fuseaux neuromusculaires.

L'existence d'axones innervant à la fois certaines unités motrices et des fibres musculaires fusales a pu être démontrée, dans un muscle du membre postérieur du Chat dont les fuseaux sont riches en plaques du type p1 (muscle flexor hallucis longus) ; il est par conséquent possible que les axones squelette-fusimoteurs forment un contingent normal de l'innervation motrice des fuseaux chez les Mammifères.

La division fonctionnelle des axones fusimoteurs  $\gamma$  en axones statiques et dynamiques suivant l'action exercée par ces axones sur les terminaisons primaires fusales n'est peut-être pas aussi rigoureuse qu'on le pensait ; en effet, une proportion importante d'axones  $\gamma$  peut exercer les deux types d'actions suivant la fréquence à laquelle ils sont stimulés.

La distribution intrafusale des divers types d'axones fusimoteurs est étudiée en collaboration avec le Laboratoire de Zoologie de l'Université de Durham (Angleterre) par la méthode de la déplétion glycogénique ; cette méthode consiste à délimiter les régions des fibres musculaires fusales dont le glycogène a disparu après stimulation prolongée d'axones fusimoteurs uniques (Y. LAPORTE, F. EMONET-DÉNAND et L. JAMI).

b) Motricité oculaire.

L'activité de cellules uniques situées dans la région oculo-motrice du cortex cérébral chez le Chat (cortex orbitaire) a été étudiée au moyen de microélectrodes. Ces cellules peuvent être activées par des stimulus visuels de forme complexe (étoile irrégulière animée de mouvements rapides, de faible amplitude, située dans la partie périphérique du champ visuel).

Les décharges efférentes des nerfs oculo-moteurs ont été comparées sur des préparations « encéphale isolé » normales et curarisées. Chez l'animal curarisé qui ne peut exécuter les mouvements oculaires normalement déclenchés par une cible visuelle en mouvement, les décharges efférentes sont désorganisées, ce qui montre le rôle joué par les images rétinienne dans la régulation des mouvements oculaires de poursuite (M. IMBERT, G. BUISSET et J. ARMAND).

c) Relation entre la substance noire et le noyau caudé.

La voie nigro-striée à fibres fines, dont l'existence a été précédemment démontrée par des techniques électrophysiologiques (P. FELTZ et D. ALBE-FESSARD) ne peut être assimilée à la voie nigro-striée dopaminergique définie par des critères histochimiques. En effet, après élimination des terminaisons dopaminergiques du striatum par la 6-hydroxydopamine, la stimulation électrique de la substance noire provoque toujours l'activation de neurones du noyau caudé ; en outre, les réponses de ces cellules à l'amphétamine persistent (P. FELTZ et J. DE CHAMPLAIN).

d) Relation entre la substance noire et le noyau ventral latéral du thalamus.

Des réponses rythmiques complexes constituées d'excitations suivies d'inhibitions apparaissent dans la substance noire lorsque le noyau ventral latéral est stimulé et réciproquement. Ces relations complexes, étudiées tout d'abord chez le Chat (D. LACKNER, J.-M. DENIAU et J. FEGER) sont actuellement mises en évidence chez le Singe chronique éveillé à l'aide de microélectrodes de verre (J. FEGER et J.-M. DENIAU) ; ce travail est possible grâce à une technique de correction stéréotaxique utilisant la radiographie ventriculaire développée au laboratoire (G. PERCHERON, F. GALLOUIN et D. ALBE-FESSARD).

e) L'ultra-structure des noyaux du cervelet chez le Chat et du toit optique chez le Pigeon, a été étudiée par P. ANGAUT en collaboration avec C. SOTELO.

## II - PHYSIOLOGIE SENSORIELLE

### a) Récepteurs de l'audition.

Les phénomènes d'inhibition résultant de la présentation simultanée de deux sons de fréquences voisines et qui sont décelables au niveau du nerf auditif ont été analysés chez le Cobaye. L'enregistrement des réponses microphoniques en différents points de la cochlée a permis de déterminer pour chaque point la bande de fréquence capable de produire une réponse et les fréquences à action suppressive qui sont situées de part et d'autre de cette bande. La réduction des réponses s'accompagne d'un potentiel lent lié à un déplacement unidirectionnel de la membrane basilaire. Ce déplacement qui modifie les propriétés du générateur de potentiel microphonique résulte de la non-linéarité des vibrations de cette membrane. Ces phénomènes contribuent probablement à augmenter la sélectivité tonale de la cochlée (J. LEGOUX et M. REMOND).

Les sons très intenses susceptibles d'entraîner une fatigue auditive de courte durée produisent des déplacements unidirectionnels de la membrane basilaire et une fuite du liquide périlymphatique vers les espaces vestibulaires. L'anoxie entraîne une fragilisation importante des récepteurs vis-à-vis des sons intenses, ce qui pourrait expliquer la pathogénie de certaines surdités (J. LEGOUX et A. PIERSON).

Le groupe de psychophysique (R. CHOCHOLLE) a étudié chez l'Homme les effets de masque résultant de l'action de sons longs sur des sons brefs ; les temps de réaction à des sons masqués ; les variations de la sonie en fonction de la durée des sons (M. CAVE) ; les asymétries interaurales en cas d'effet de masque par la méthode des potentiels évoqués et l'écart minimal interaural entre clics (M. BOTTE).

### b) Chemorécepteurs

La sensibilité de la pseudo-branchie de certains Poissons Téléostéens à la  $\text{PaO}_2$ , au pH, à la pression osmotique et aux ions  $\text{Na}^+$  a été analysée grâce à l'enregistrement des décharges afférentes provenant des récepteurs de cet organe sensoriel.

La  $\text{PaO}_2$  a été comparée chez les Siluridés et les Salmonidés. Des variations cycliques considérables de la  $\text{PaO}_2$  ont été seulement observées chez

les Siluridés qui, à la différence des Salmonidés, ne possèdent pas de pseudo-branchies (P. LAURENT et J. ROUZEAU). Les effets vasomoteurs de l'hypoxie ont été étudiés sur la branchie isolée. On observe une vasoconstriction ou une vasodilatation des artérioles branchiales suivant que le milieu extérieur ou le milieu intérieur est hypoxique (P. LAURENT et M. T. RISOTRI).

La branchie et la pseudo-branchie de plusieurs Téléostéens ont fait l'objet d'études structurales (S. DUNEL) et biochimiques portant notamment sur l'ATPase Na + K + (C. BASTIDE et Cl-H. BONNET).

c) Voie et relais des messages nociceptifs

La situation dans la substance grise de la moelle épinière des neurones « nociceptifs » dont les axones atteignent le bulbe et le thalamus par des voies antéro-latérales, a été déterminée. Chez le Chat, ces neurones ont été localisés dans la partie ventrale de la substance grise ; leurs axones se terminent en majorité dans le bulbe (A. LEVANTE et D. ALBE-FESSARD). Chez le Singe, ces neurones sont situés dans la couche V de la moelle dorsale ; un contingent important des axones issus de ces cellules se termine dans le noyau ventral postérieur du thalamus (A. LEVANTE, Y. LAMOUR, D. ALBE-FESSARD). Les interactions qui prennent place dans les neurones « nociceptifs » entre messages afférents et messages inhibiteurs d'origine supramédullaire ont été particulièrement étudiées. La stimulation électrique de la substance grise périaqueducule inhibe l'activité des cellules de la couche V et supprime les réactions à la douleur (J.L. OLIVERAS, G. GUILBAUD et J.M. BESSON).

d) Cortex visuel

L'étude du développement ontogénique des connexions des neurones du cortex visuel est entreprise (M. IMBERT et P. BUISSET) en collaboration avec le laboratoire de Neurophysiologie de l'Unité de Recherche 94 de l'I.N.S.E.R.M. de Lyon-Bron.

### III - NEUROPHARMACOLOGIE

Le groupe de Neuropharmacologie biochimique a poursuivi sous la direction de M. J. GLOWINSKI l'étude des systèmes monoaminergiques et cholinergiques du système nerveux central.

#### *Dopamine*

Un système de fibres nerveuses dopaminergiques se terminant dans le cortex cérébral a été mis en évidence chez le Rat. Des synaptosomes capa-

bles de synthétiser la dopamine ont été isolés dans le cortex cérébral après élimination par dégénérescence des fibres noradrenergiques à projection corticale ; l'origine de ce système dopaminergique est actuellement recherchée. L'interprétation de l'action de certaines drogues psychotropes — notamment des neuroleptiques et de l'amphétamine — devra tenir compte de l'existence de ce système (A.-M. THIERRY, A. SOBEL, G. BLANC et L. STINUS).

Le rôle de médiateur joué par la dopamine dans le noyau caudé a été confirmé par plusieurs observations :

— Chez le Chat, la section des fibres nerveuses nigro-striatales entraîne l'arrêt immédiat de la libération spontanée de dopamine (M. J. BESSON, A. CHERAMY et C. GAUCHY) ;

— La libération de dopamine, spontanée ou induite par l'amphétamine, a été décelée dans le noyau caudé, chez le Macaque, grâce à une préparation chronique originale (C. GAUCHY, B. BIEULAC, A. CHERAMY, M.-J. BESSON et D. VINCENT).

Chez le Rat, immédiatement après avoir provoqué l'arrêt de la libération de la dopamine dans le noyau caudé par différents procédés expérimentaux entraînant la destruction des corps cellulaires des neurones dopaminergiques de la substance noire (lésions électrolytiques, micro-injections de 6-hydroxydopamine, injection générale de  $\gamma$ -hydroxybutyrate) on a constaté une augmentation rapide de la transformation de tyrosine radioactive (injectée par micro-injection dans le noyau caudé) en dopa radioactive. Ce phénomène de régulation est vraisemblablement lié à la diminution des concentrations synaptiques du médiateur au niveau de récepteurs présynaptiques (F. JAVOY, D. BOUVET et Y. AGID).

L'interruption partielle de la voie nigro-striatale chez le Rat déclenche une activité accrue compensatrice des neurones dopaminergiques intacts (Y. AGID, D. BOUVET et F. JAVOY).

### *Sérotonine*

La destruction des neurones noradrenergiques centraux induite par injection interventriculaire de 6-hydroxydopamine entraîne une inversion du rythme circadien de la synthèse de la sérotonine centrale chez le Rat. Cet effet est lié à des modifications du transport du tryptophane (F. HERY et E. ROUER).

L'analyse des modalités de transport du tryptophane dans des synaptosomes, des cellules gliales et des préparations de corps cellulaires a révélé dans tous les cas l'existence de deux systèmes distincts de transport de cet acide aminé (N. BAUMAN, M. HAMON, S. BOURGOIN et P. BENDA).

L'action du L.S.D. sur le métabolisme de la sérotonine a été étudiée *in vitro* sur des coupes de striatum et d'hippocampe chez le Rat. Le L.S.D. inhibe la synthèse du médiateur et s'oppose directement à sa libération (M. HAMON et S. BOURGOIN).

### *Acetylcholine*

Un système de transport à haute affinité de la choline a été mis en évidence dans des synaptosomes du striatum chez le Rat. Ce transport est inhibé par l'hémicholinium, par l'abaissement de la concentration en sodium et par certaines drogues antiparkinsoniennes. Il est très probable que ce mécanisme de transport joue un rôle important dans la régulation de la synthèse de l'acétylcholine car on a pu observer un parallélisme étroit entre les modifications du transport à haute affinité de la choline et la synthèse de l'acétylcholine (P. GUYENET, P. LEFRESNE, J.C. BEAUJOUAN et J. ROSSIER).

### ACTIVITÉS DIVERSES, CONFÉRENCES ET CONGRÈS

M. Yves LAPORTE a été nommé directeur de l'Institut Marey, M. Michel IMBERT, sous-directeur du Laboratoire de Neurophysiologie, M. P. BUISSERET, assistant, et Mme M. REMOND, préparateur.

M. Yves LAPORTE a été invité à donner la 18<sup>e</sup> Conférence Bishop à Saint-Louis (Etats-Unis) et a fait un exposé sur l'innervation motrice des fuseaux au cours du 2<sup>e</sup> Symposium international sur le contrôle moteur qui s'est tenu à Varna (Bulgarie). Il a participé à la 7<sup>e</sup> Réunion des Neurobiologistes à Oxford et a fait une conférence à la Harvard Medical School à Boston. Il a été élu secrétaire général de l'Association des Physiologistes de langue française.

M. Michel IMBERT a participé à l'enseignement des D.E.A. de Neurophysiologie (Orsay) et de Neurobiologie (Paris VI) et a fait plusieurs exposés dans le cadre de l'European Training Program sur le système visuel. Il a donné une conférence sur la conduction nerveuse au cours de la 5<sup>e</sup> Réunion internationale d'Anesthésie.

M. P. ANGAUT a présenté un rapport sur les bases anatomo-fonctionnelles des inter-relations cérébello-cérébrales, lors de la 41<sup>e</sup> Réunion des Physiologistes de langue française, à Bordeaux.

Mlle F. EMONET-DENAND, Mme L. JAMI et M. P. BUISSERET ont participé à la réunion des Physiologistes de Besançon et y ont chacun présenté une communication.

L'enseignement du D.E.A. de Neurobiologie, organisé cette année sous la responsabilité de M. J. GLOWINSKI, a été donné dans des locaux du laboratoire, ce qui a permis à de nombreux chercheurs de bénéficier de cet enseignement.

Mme M. REMOND a soutenu une thèse de Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle portant sur le phénomène d'interférence au niveau cochléaire et la sélectivité tonale.

#### PUBLICATIONS

##### I. — Groupes du Collège de France

Y. LAPORTE, *Motor innervation of mammalian muscle spindles (Second International Symposium on motor control, Varna, Bulgarie, p. 83, 1972).*

D. BARKER, F. EMONET-DENAND, U. PROSKE, Y. LAPORTE and M. J. STACEY, *Morphological identification and intrafusal distribution of the endings of static fusimotor axons in the Cat (J. Physiol., t. 230, p. 405-427, 1973).*

F. EMONET-DENAND, M. JOFFROY et Y. LAPORTE, *Fibres fusimotrices dont l'action sur la sensibilité phasique des terminaisons primaires dépend de leur fréquence de stimulation (C.R. Acad. Sc. Paris, t. 275, p. 89-91, 1972).*

A. BRODAL, J. DESTOMBES, A.M. LACERDA and P. ANGAUT, *A cerebellar projection onto the pontine nuclei. An experimental anatomical study in the cat (Exp. Brain Res., t. 16, p. 115-139, 1972).*

A. BRODAL, A.M. LACERDA, J. DESTOMBES and P. ANGAUT, *The pattern in the projection of the intracerebellar nuclei onto the nucleus reticularis tegmenti pontis in the cat. An experimental anatomical study (Exp. Brain Res., t. 16, p. 140-160, 1972).*

C. SOTELO and P. ANGAUT, *The fine structure of the cerebellar central nuclei in the cat. I. Neurons and neuroglial cells (Exp. Brain Res., t. 16, p. 410-430, 1973).*

P. ANGAUT and C. SOTELO, *The fine structure of the cerebellar central nuclei in the Cat. II. Synaptic organization (Exp. Brain Res., t. 16, p. 431-454, 1973).*

R. CHOCHOLLE, *Effets de masque homolatéraux et contralatéraux, totaux et partiels, sur un son pur de deux autres sons purs placés de part et d'autre du premier (Acustica, t. 27, suppl. 5, p. 267-277, 1972).*

— *Nouvelles approches dans la compréhension de l'effet de masque auditif homolatéral* (*J. Psychol.* t. 69, p. 133-154, 1972).

— *Sur les seuils de l'effet de masque* (dans *Psychologie comparative et Art*, en *Hommage à Meyerson*, P.U.F., p. 185-200, 1972).

— *Aspects physiologiques de l'effet de masque homolatéral* (*Rev. Corr. Audit.*, t. 20, p. 5-11, 1972).

R. CHOCHOLLE, L. da COSTA et C. SAULNIER, *L'effet de masque partiel de sons purs de longue durée sur d'autres sons purs, mais de courte durée* (50 et 100 ms) (*C.R. Soc. Biol.*, t. 166, p. 296-300, 1972).

— *Les temps de réaction à des sons partiellement masqués de durée moyennement courte* (50 ms) (*C.R. Soc. Biol.*, t. 166, p. 520-523, 1972).

R. CHOCHOLLE, M.C. BOTTE and L. da COSTA, *Filter bandwidths necessary to keep undistorted the tonal character of a white noise at different pressure levels* (*Audiol.*, t. 11, p. 35-36, 1972).

M.C. BOTTE et R. CHOCHOLLE, *Asymétries de l'effet de masque mesuré sur l'une et sur l'autre oreille chez des sujets droitiers et gauchers* (*Rev. Acoust.*, t. 5, p. 284-288, 1972).

M.C. BOTTE, R. CHOCHOLLE et M. POTTIER, *Variations de la réponse évoquée corticale à un son monaural selon l'oreille stimulée en présence et en l'absence d'effet de masque* (*J. Physiol.*, Paris, t. 65, p. 202A-203A, 1972).

P. LAURENT and J.D. ROUZEAU, *Afferent neural activity from pseudobranch of teleosts. Effects of PO<sub>2</sub>, pH, osmotic pressure and Na<sup>+</sup> ions* (*Resp. Physiol.*, t. 14, p. 307-332, 1972).

P. MONMAUR et P. LAURENT, *Comportement de la Truite dans un gradient de PO<sub>2</sub>* (*J. Physiol.*, Paris, t. 65, p. 454A-455A, 1972).

S. DUNEL et P. LAURENT, *Ultrastructure comparée de la pseudobranchie chez les Téléostéens marins et d'eau douce. I. L'épithélium pseudobranchial* (*J. Micr.*, Paris, t. 16, p. 53-74, 1973).

J.P. LEGOUX, *Le labyrinthe* (dans *Encyclopédie internationale des Sciences et des Techniques*, Presses de la Cité, t. 7, p. 226-228, 1972).

— *L'oreille* (dans *Encyclopédie internationale des Sciences et des Techniques*, Presses de la Cité, t. 9, p. 609-620, 1972).

— *La sensation* (dans *Encyclopédie internationale des Sciences et des Techniques*, Presses de la Cité, t. 9, p. 723, 1972).

— *Physiologie des organes de l'audition* (*Traité de Zoologie*, Grassé, t. 16, p. 574-606, 1972).

J.P. LEGOUIX et A. PIERSON, *Mécanismes cochléaires dans le cas de stimulations sonores très intenses* (*J. Physiol.*, Paris, t. 67, p. 204A, 1973).

J.P. LEGOUIX, M.C. REMOND et H. GREENBAUM, *Interactions physiques entre des sons dans la cochlée et inhibitions neurales* (*J. Physiol.*, Paris, t. 65, p. 259, 1972).

— *Interference and towtone inhibition* (*J. Acc. Soc. America*, t. 53, p. 409-419, 1973).

M. HAMON, S. BOURGOIN, Y. MOROT-GAUDRY and J. GLOWINSKI, *End product inhibition of serotonin synthesis in the rat striatum* (*Nature New-Biol.*, t. 237, p. 184-187, 1972).

F. JAVOY, Y. AGID, D. BOUVET and J. GLOWINSKI, *Feedback control of dopaminergic terminals of the rat striatum* (*J. Pharmacol. exp. ther.*, t. 182, p. 454-463, 1972).

E. HERY, E. ROUER and J. GLOWINSKI, *Daily variations of serotonin metabolism in the rat brain* (*Brain Res.*, t. 43, p. 445-465, 1972).

J. GLOWINSKI, M. HAMON, F. JAVOY and Y. MOROT-GAUDRY, *Rapid effects of MAO inhibitors on synthesis and release of central monoamines* (in *Advances in Biochemical Psychopharmacology : Monoamines oxidases*, New Vistas, Ed. E. COSTA et M. SANDLER, Vol. 5, p. 423-439, 1972).

J. GLOWINSKI, *Some new facts about synthesis, storage and release processes of monoamines in the central nervous system* (in *Perspectives in Neuropharmacology, A tribute to Julius Axelrod*, Ed. S. H. Snyder, Oxford Univ. Press Inc., p. 349-404, 1972).

J. GLOWINSKI, M.J. BESSON, A. CHERAMY, F. JAVOY et A.M. THIERRY, *Caractéristiques et fonctions des compartiments intraneuronaux des monoamines dans le système nerveux central. Les médiateurs chimiques : leur rôle dans la physiopathologie de la motricité, de la vigilance et du comportement* (XXIX<sup>e</sup> Réunion Neurologique internationale, Paris, Ed. Masson et Cie, p. 1-22, 1972).

A.M. THIERRY, L. STINUS, G. BLANC and J. GLOWINSKI, *Some evidence for the existence of dopaminergic neurons in the cortex* (*Brain Res.*, t. 50, p. 230-234, 1973).

P. LEFRESNE, P. GUYENET and J. GLOWINSKI, *Acetylcholine synthesis from (2-<sup>14</sup>C) pyruvate in rat striatal slices* (*J. Neurochem.*, t. 20, p. 1083-1097, 1973).

A. CHERAMY, C. GAUCHY, J. GLOWINSKI and M.J. BESSON, *In vivo activation by benzotropine of dopamine release and synthesis in the caudate nucleus* (*Eur. J. Pharmacol.*, t. 21, p. 246-248, 1973).

J. GLOWINSKI, M. HAMON and F. HERY, *Regulation of 5-H.T. synthesis in central serotonergic neurons* (in *New concepts in neurotransmitter regulation*, Ed. A.J. Mandell, La Jolla, Plenum Press, N. Y.-London, p. 239-257, 1973).

## II. — Groupe de l'Institut Marey

D. ALBE-FESSARD, *Central pathways for noxious stimuli* (In *Cervical pain*, Ed. Hirsch, C. and Zotterman, Y., p. 179-193, Pergamon Press, Oxford and New York, 1972).

J.M. BESSON, C. CONSEILLER, K. F. HAMANN and M. C. MAILLARD, *Modifications of dorsal horn cell activities in the spinal cord, after intra-arterial injection of Bradykinin* (*J. Physiol*, London, t. 221, p. 189-205, 1972).

J.M. BESSON and J.P. RIVOT, *Heterosegmental, heterosensory and cortical inhibitory effects on dorsal interneurons in the cat's spinal cord* (*Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, t. 33, p. 195-206, 1972).

C. CONSEILLER, M.C. WYON-MAILLARD, K.F. HAMANN et J.M. BESSON, *Effets de l'injection intra-artérielle de Bradykinine au niveau des membres sur l'activité cellulaire de quelques structures thalamiques* (*C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 274, p. 3425-3427, 1972).

P. FELTZ and D. ALBE-FESSARD, *A study of an ascending nigro-caudate pathway* (*Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, t. 33, p. 179-193, 1972).

P. FELTZ and J. DE CHAMPLAIN, *Persistence of caudate unitary responses to nigral stimulation after destruction and functional impairment of the striatal dopaminergic terminals* (*Brain Res.*, t. 43, p. 594-600, 1972).

— *Enhanced sensitivity of caudate neurones to microiontophoretic injections of dopamine in 6-hydroxydopamine treated cats* (*Brain Res.*, t. 43, p. 601-605, 1972).

G. GUILBAUD, J.M. BESSON, J.C. LIEBESKIND et J.L. OLIVERAS, *Analgesie induite par stimulation de la substance grise périaqueducule chez le Chat : données comportementales et modifications de l'activité des interneurons de la corne dorsale de la moelle* (*C.R. Acad. Sc.*, Paris, t. 275, p. 1055-1057, 1972).

G. GUILBAUD, D. MENETREY and J.L. OLIVERAS, *Control exerted during sleep by primary cortical areas upon different sensory afferents* (*Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, t. 33, p. 15-21, 1972).

A. LEVANTE et D. ALBE-FESSARD, *Localisation dans les couches VII et VIII de Rexed des cellules d'origine d'un faisceau spino-réticulaire croisé* (C.R. Acad. Sc., Paris, t. 274, p. 3007-3010, 1972).

A. LEVANTE, Y. LAMOUR et D. ALBE-FESSARD, *Localisation dans la couche V de Rexed des cellules d'origine d'un faisceau spino-thalamique croisé chez le Macaque* (C.R. Acad. Sc., Paris, t. 276, p. 1589-1592, 1973).

J.C. LIEBESKIND, G. GUILBAUD, J.M. BESSON and J.L. OLIVERAS, *Analgesia from electrical stimulation of the periaqueductal gray matter in the cat : behavioral observations and inhibitory effects on spinal cord interneurons* (Brain Res., t. 50, p. 441-446, 1973).

G. PERCHERON, N. LACOURLY and D. ALBE-FESSARD, *Lack of precision of thalamic stereotaxy based on cranial landmarks in some species of Macaca* (Medical Primatology. Proc. 3rd Conf. exp. Med. Surg. Primates, Lyon 1972, part II, p. 297-304, Karger, Basel, 1972).

M. C. WYON-MAILLARD, C. CONSEILLER and J. M. BESSON, *Effects of orbital cortex stimulation on dorsal horn interneurons in the cat spinal cord* (Brain Res., t. 46, p. 71-83, 1972).