

COMPTES RENDUS DU V^e CONGRÈS
DE
L'UNION INTERNATIONALE
POUR L'ÉTUDE DES INSECTES SOCIAUX

Toulouse 5 - 10 Juillet 1965



Ouvrage publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

LABORATOIRE D'ENTOMOLOGIE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES

**COMPLÉMENTS A L'ÉTUDE ÉLECTROPHYSIOLOGIQUE
DE LA TRANSMISSION SYNAPTIQUE
AU NIVEAU DU SIXIÈME GANGLION ABDOMINAL
D'UNE BLATTE *PERIPLANETA AMERICANA* L.**

par Yves PICHON et Jacques BOISTEL

(Laboratoire de Physiologie animale, Faculté des Sciences de Rennes)

Le 6^e ganglion abdominal de la blatte est un matériel de choix pour l'étude de la transmission synaptique chez les insectes. PUMPHREY et RAWDON-SMITH (1937), puis ROEDER (1948) ont étudié certaines des caractéristiques des réponses des fibres géantes à une stimulation des nerfs cercaux, les électrodes étant placées sous les connectifs abdominaux. Plus récemment, et par une technique analogue, BERNARD, GAHÉRY et BOISTEL (1964) ont pu montrer qu'un abaissement brusque de la température du ganglion provoque une baisse des seuils d'excitabilité suivie de la mise en activité d'un grand nombre de fibres; une augmentation lente de la température entraîne au contraire une diminution de l'activité spontanée. GAHÉRY et BOISTEL (1964) ont d'autre part précisé l'action, au niveau de ce même ganglion, de substances pharmacologiques.

YAMASAKI et NARAHASHI (1960) ont étudié les mécanismes fins de la transmission synaptique au niveau de ce ganglion. Tout récemment, l'insertion de microélectrodes dans le ganglion a permis l'analyse précise de certaines caractéristiques de la transmission et, en particulier, la localisation de plusieurs zones synaptiques (CALLEC et BOISTEL, 1964, 1965).

Enfin, nous avons pu montrer que des concentrations élevées en potassium, ainsi que la polarisation électrique, modifient profondément l'activité de ce ganglion enregistrée au niveau des connectifs soit par électrodes externes, soit encore par microélectrodes insérées dans les fibres géantes (PICHON et BOISTEL, 1965).

L'enregistrement de l'activité ganglionnaire par électrodes externes ne permet ni une analyse à l'échelon unitaire de la réponse synaptique, ni une évaluation précise des seuils. Par contre, grâce à la technique des microélectrodes, il est possible d'enregistrer l'activité de l'une des fibres géantes qui font relai au niveau du 6^e ganglion abdominal et de déterminer plus finement les variations des seuils synaptiques. Nos résultats obtenus principalement par cette technique concernent tout d'abord l'étude de la réponse synaptique à une stimulation électrique des nerfs cercaux; ils ont trait d'autre part à l'étude des variations de l'excitabilité synaptique qui accompagnent les modi-

fications de l'activité électrique issue du ganglion. Ces modifications sont soit spontanées, soit induites par une polarisation électrique du ganglion, ou encore par l'application au niveau de celui-ci de solutions hyperpotassiques.

TECHNIQUES

Nous avons utilisé des individus mâles élevés à des températures comprises entre 26 et 28° C. La préparation comprend les 4 derniers ganglions abdominaux, les nerfs cercaux et les cerques. La gaine conjonctive entourant chaque connectif est réséquée entre le 4^e et le 5^e ganglion abdominal selon la technique mise au point par BOISTEL et CORABŒUF (1954). La préparation est ensuite placée dans une chambre humide constamment oxygénée.

Dans celle-ci, le 6^e ganglion est déposé dans une petite cavité au niveau de laquelle il est possible de changer le liquide de perfusion sans déplacer le ganglion. Deux paires d'électrodes d'argent chloruré disposées sous les nerfs cercaux permettent la stimulation et l'enregistrement des potentiels cercaux; une paire d'électrodes du même type, disposée sous les connectifs entre les 3^e et 4^e ganglions, permet soit l'enregistrement de l'activité provenant du 6^e ganglion, soit la stimulation antidromique des fibres géantes. La portion de la chaîne comprise entre le 4^e et le 5^e ganglion baigne dans du liquide physiologique; c'est à ce niveau que l'on introduit une microélectrode dans une des fibres géantes. La polarisation électrique a lieu entre la cavité où baigne le ganglion d'une part, et soit l'extrémité de la chaîne préalablement lésée, soit les cerques d'autre part (fig. 1).

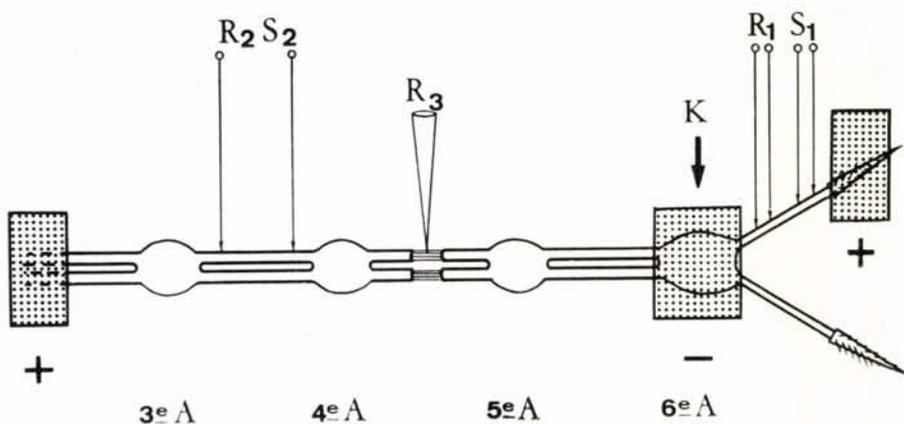


FIG. 1. — Schéma de la chaîne ganglionnaire abdominale une fois disséquée. La stimulation est effectuée soit synaptiquement en S1, soit antidromiquement en R2 S2. Les réponses électriques des nerfs cervaux et de la chaîne sont enregistrés respectivement en R1 et R2 S2. L'activité d'une fibre géante est enregistrée par microélectrode en R3. Les solutions hyperpotassiques (K) sont appliquées au niveau du 6^e ganglion. La polarisation électrique est effectuée entre le 6^e ganglion (6eA) d'une part et soit l'extrémité de la chaîne préalablement lésée, soit les cerques d'autre part. (rectangles pointillés). La distance moyenne entre 2 ganglions est de 4 mm.

Le dispositif utilisé dans le cas d'électrodes externes comprend un oscillographe à deux canaux, un amplificateur différentiel et un intégrateur électronique. Il permet d'enregistrer simultanément l'activité spontanée et l'intégration de celle-ci. Un magnétophone et un « physiophone »^e reliés à l'oscillographe et à l'intégrateur rendent possible l'analyse détaillée des phénomènes. Dans le cas d'un enregistrement à l'aide d'une microélectrode, celle-ci est reliée à l'entrée de l'oscillographe par l'intermédiaire d'un « cathode follower » à capacité négative. Un stimulateur permet d'appliquer à la préparation deux chocs réglables indépendamment en durée et en amplitude et décalables dans le temps l'un par rapport à l'autre.

Les microélectrodes que nous avons utilisées avaient, une fois remplies de KCl 3M, une résistance comprise entre 20 et 30 M Ω .

Le liquide physiologique était celui que préconisent YAMASAKI et NARAHASHI (1959 a). Les solutions hyperpotassiques correspondaient aux teneurs les plus élevées de l'hémolymphe en cet ion (26 et 52 mEq de K⁺). Elles ont été obtenues en remplaçant une partie des ions Na⁺ par des ions K⁺.

RÉSULTATS

a) Analyse de la réponse synaptique.

L'enregistrement de l'activité électrique des fibres géantes effectué à l'aide d'électrodes externes selon la méthode de ROEDER (1948) donne les résultats suivants : une stimulation électrique des nerfs cerceaux provoque, à partir d'un certain seuil, une réponse unique dont le délai d'apparition est de l'ordre de 5 à 8 ms pour une température de 18° C. Une augmentation de l'intensité de la stimulation entraîne d'une part une diminution du délai entre l'instant de stimulation et le début de la réponse, d'autre part une augmentation de la réponse en amplitude et en durée (*fig. 2, A, B et C*). Pour une intensité de stimulation encore plus élevée, une réponse de grande amplitude apparaît juste après l'artéfact de stimulation alors que la réponse synaptique demeure maximale (D). Il s'agit là d'une réponse correspondant à la stimulation directe des fibres géantes.

Dans le cas d'un enregistrement par microélectrodes, il est possible, d'après les caractéristiques des réponses, de distinguer deux sortes de fibres (*fig. 3*). Une première catégorie de fibres répond à une stimulation présynaptique juste supra-liminaire, après un délai supérieur à 3 ms à 18°C ($3,1 \pm 0,056$ ms), par un potentiel d'action unique de 80 à 90 mv d'amplitude (A). Si l'on augmente légèrement l'intensité de la stimulation, un deuxième potentiel apparaît fréquemment à moins de 2 ms du premier ($1,7 \pm 0,06$); ce potentiel est d'amplitude plus faible (60 à 70 mv) (*fig. 3, B*); ceci vraisemblablement parce qu'il se situe dans la période réfractaire relative du premier potentiel.

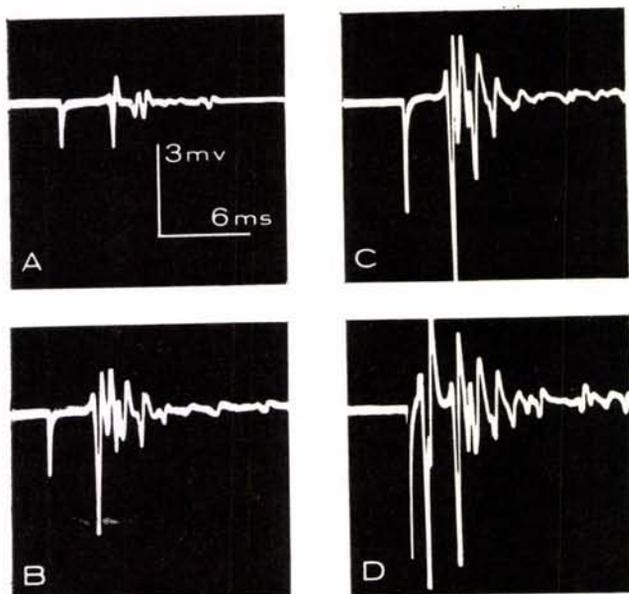


FIG. 2. — Enregistrement par électrodes externes de la réponse des fibres géantes à une stimulation électrique des nerfs optiques. Les intensités de stimulation croissent de A à D. Noter en D l'existence d'une réponse de grande amplitude, sans délai synaptique.

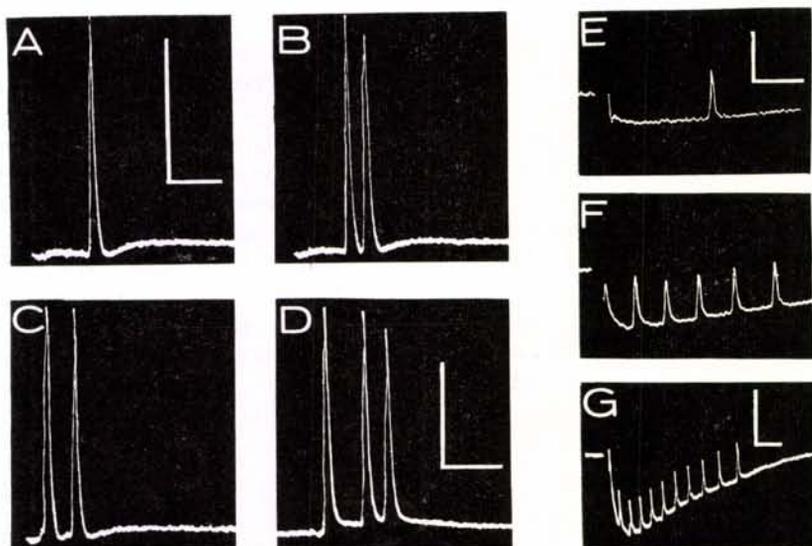


FIG. 3. — Enregistrement par microélectrodes de la réponse des fibres géantes à une stimulation électrique des nerfs optiques. Echelle des temps : de A à D : 4 ms ; de E à G : 10 ms. Echelle des amplitudes : de A à D : 50 mv ; de E à G : 30 mv. En B et C, mêmes étalonnages qu'en A ; en F, mêmes étalonnages qu'en E.

Pour une intensité de stimulation encore plus forte, une réponse « directe », sans délai synaptique, fait son apparition (C); on note alors le plus souvent une légère diminution de l'amplitude du potentiel d'action synaptique; le délai séparant cette réponse « directe » de la réponse synaptique est inférieur à 3 ms ($2,8 \pm 0,11$). Les trois types de réponses peuvent coexister (D). Dans le cas de ces fibres on n'obtient que très rarement une activité électrique répétitive à la suite d'une stimulation présynaptique d'intensité élevée. Les fibres qui sont à l'origine de telles réponses sont très vraisemblablement de grand diamètre; en effet il est facile d'y introduire une microélectrode et de l'y maintenir sans modifications importantes des potentiels de repos et d'action.

Les fibres de la deuxième catégorie ne répondent à une stimulation présynaptique liminaire qu'après un délai important (pouvant atteindre 20 ms à 18° C) (E). Si on augmente l'intensité de la stimulation, le délai diminue; de plus, la réponse devient répétitive (F et G). Ces fibres sont sans doute de plus petit diamètre que les précédentes, car une microélectrode y pénètre difficilement, de plus leurs potentiels de repos et d'action sont de faible amplitude.

b) Variations du seuil synaptique.

L'activité électrique issue du 6^e ganglion demeure généralement stable en l'absence de stimulation. Parfois, cependant, elle présente des oscillations rythmiques, en particulier lorsque la préparation a été soumise à des stimulations importantes. Différents procédés permettent de modifier considérablement cette activité: on peut en particulier appliquer au niveau du ganglion des solutions hyperpotassiques, ou encore polariser électriquement celui-ci.

Nous avons déterminé les variations du seuil synaptique lors de ces modifications d'activité. Dans ce but, nous avons mesuré d'une part le seuil de la réponse minimale obtenue par électrodes externes, d'autre part le seuil de la réponse d'une fibre géante enregistrée par microélectrode intracellulaire. Le niveau d'activité est donné par intégration électronique des potentiels d'action obtenus à l'aide d'électrodes externes. A une augmentation de la fréquence et de l'amplitude des potentiels d'action spontanés correspondent un abaissement du seuil synaptique et une diminution de l'amplitude du potentiel d'action cercal requise pour obtenir la réponse synaptique. Lorsque l'activité diminue, le seuil synaptique s'élève (*fig. 4*).

Une polarisation négative du ganglion (catélectrotonus) entraîne une augmentation de l'activité issue du ganglion; une polarisation positive (anélectrotonus) provoque au contraire une diminution de l'activité ganglionnaire. Le seuil de la réponse synaptique est également modifié par une polarisation électrique (*fig. 5*). Un catélectrotonus abaisse le seuil; lorsque l'intensité de la dépolarisation est suffi-

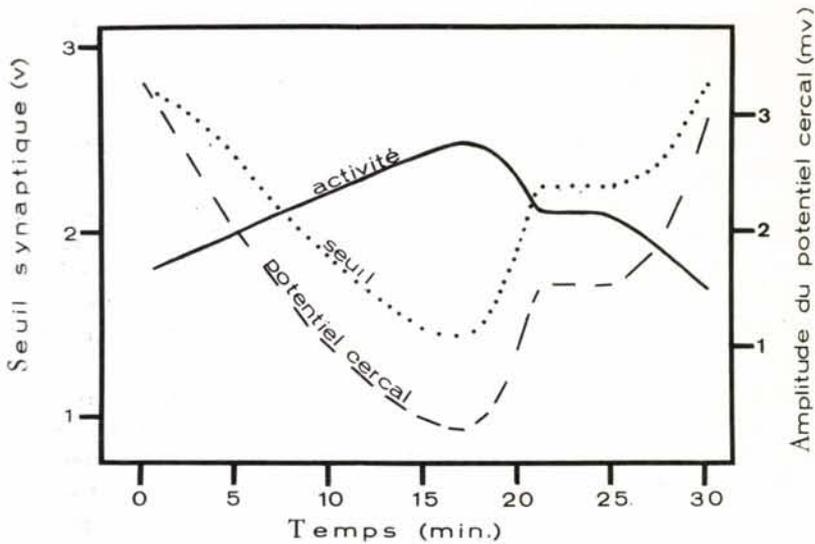


FIG. 4. — Représentation graphique des variations de l'excitabilité synaptique au cours d'une oscillation spontanée de l'activité. Le niveau de l'activité est obtenu par intégration électronique des potentiels d'action; à une augmentation d'activité correspond une déflexion vers le haut.

sante pour réduire le seuil à 50 % de sa valeur initiale, une activité répétitive de longue durée de la fibre étudiée fait son apparition; toute évaluation du seuil est alors impossible. Un anélectrotonus appliqué au ganglion entraîne au contraire une élévation du seuil synaptique.

Si on remplace le liquide physiologique baignant le 6^e ganglion par une solution saline hyperpotassique contenant 52 mEq de K⁺, on peut enregistrer sur la chaîne nerveuse abdominale une modification complexe de l'activité (fig. 6). A une légère diminution de la fréquence des influx fait suite une période d'hyperactivité caractérisée par le recrutement progressif d'un nombre de plus en plus grand de fibres. Cette période est suivie d'une diminution brutale du rythme et de l'amplitude des potentiels qui ne réapparaissent qu'après retour au liquide physiologique normal. Ce phénomène est parfaitement réversible et peut être reproduit plusieurs fois sur la même préparation.

A ces modifications correspondent également des variations du seuil de la réponse synaptique. Celui-ci s'élève tout d'abord alors que l'activité diminue; il s'abaisse ensuite progressivement jusqu'à ce qu'apparaisse l'activité spontanée de la fibre étudiée (B). Il n'est plus possible alors d'obtenir de réponse synaptique quelle que soit l'intensité de la stimulation. Cette réponse réapparaît lorsque la solution hyperpotassique est remplacée par du liquide physiologique normal; le seuil s'abaisse alors parallèlement à l'augmentation de l'activité

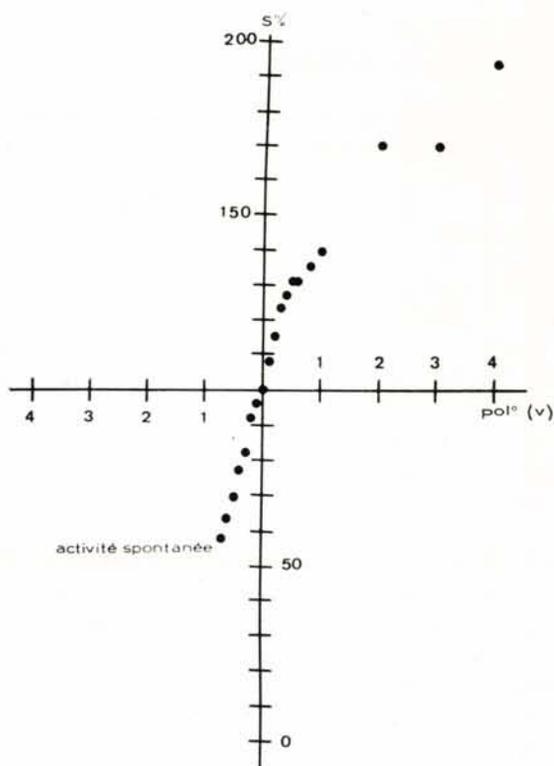


Fig. 5. — Représentation graphique des modifications de l'excitabilité synaptique en fonction de l'intensité de la polarisation électrique appliquée au 6^e ganglion. Noter qu'un catélectrotonus abaisse le seuil de près de 50 % avant de déclencher une activité de longue durée.

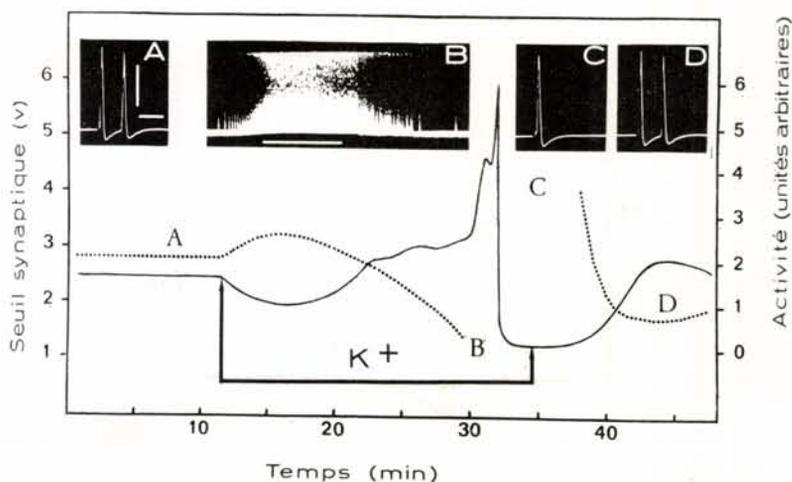


Fig. 6. — Représentation graphique des modifications de l'excitabilité synaptique induites par l'application, au niveau du 6^e ganglion, d'une solution saline contenant 52 mM de KCl. La courbe continue représente le niveau de l'activité obtenu par intégration électronique des potentiels d'action. La courbe en pointillés indique le seuil de la réponse synaptique d'une fibre géante. Les tracés supérieurs sont des enregistrements par microélectrode soit de la réponse de la même fibre géante à une stimulation supraliminaires des nerfs cercaux aux instants repérés sur la courbe des seuils par les lettres correspondantes (A, C et D), soit de l'activité induite par le potassium (point B de la courbe des seuils). Echelle des amplitudes : 50 mv; échelle des temps : 4 ms pour A, C et D, 500 ms pour B.

spontanée. Il faut noter qu'il est toujours possible, même en l'absence de réponse synaptique, d'obtenir la réponse « directe » décrite précédemment (C).

c) Période réfractaire.

L'existence de réponses synaptiques doubles dont le deuxième potentiel est très rapproché du premier nous a incité à déterminer la période réfractaire de la fibre stimulée soit synaptiquement soit antidromiquement. La période réfractaire obtenue par stimulation des nerfs cercaux, donc par voie synaptique, semble être en tous points égale à celle qui correspond à la réponse antidromique de la même fibre. On peut en déduire que les périodes réfractaires cercales et synaptiques sont au plus égales et peut-être inférieures à la période réfractaire de la fibre. Déterminée par la méthode des seuils, la période réfractaire absolue semble être supérieure à 1,4 ms à 18° C. Par contre, l'intervalle de temps minimum qui sépare deux réponses successives est de l'ordre de 2 ms, valeur supérieure à celle que nous avons obtenue dans le cas d'une réponse synaptique double (1,7 ms). A cette même température, la période réfractaire relative est d'environ 5 ms.

Si l'on reporte sur la même figure (*fig. 7*) d'une part un potentiel d'action, d'autre part les périodes réfractaires absolue et relative de ce même potentiel, on peut noter une étroite correspondance entre

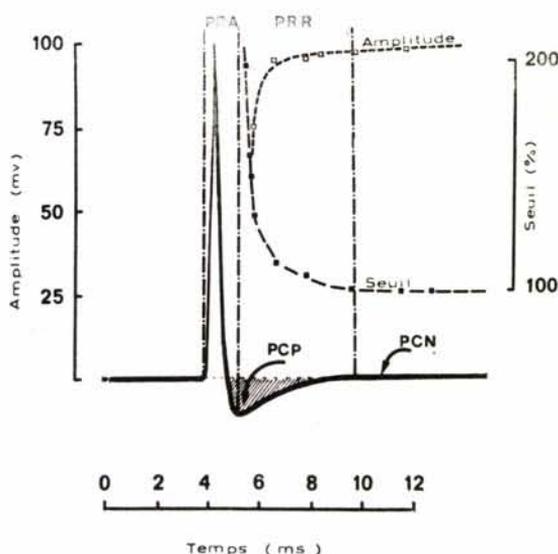


FIG. 7. — Correspondance entre le déroulement du potentiel d'action et les périodes réfractaires absolues (PRA) et relative (PRR). PCP = Potentiel consécutif positif, PCN = potentiel consécutif négatif.

le décours du potentiel d'action et les durées respectives des périodes réfractaires. La période réfractaire absolue semble correspondre à la phase brève du potentiel d'action et à la partie descendante du potentiel consécutif positif. La période réfractaire relative se situerait au niveau de la partie ascendante du potentiel consécutif. Dans certains cas, on observe une disparition presque complète de la période réfractaire relative, ce phénomène semble lié à une réduction de la durée du potentiel consécutif positif.

DISCUSSION

En première approximation, la réponse synaptique enregistrée par électrodes externes doit donc pouvoir être subdivisée en deux parties : une première composante, de grande amplitude, correspondrait à la réponse des différentes fibres de grand diamètre; une deuxième composante, moins ample, mais de durée plus grande, correspondrait aux réponses répétitives des fibres de petit diamètre.

S'il est facile d'interpréter la réponse directe obtenue par micro-électrodes et par électrodes externes, il semble beaucoup plus difficile d'expliquer le deuxième potentiel qui suit la réponse synaptique à moins de 2 ms; il est cependant possible de l'imputer à la nature pluricellulaire de l'origine des fibres géantes (ROEDER, 1948) : pour une intensité de stimulation suffisante, deux jonctions synaptiques différentes, en relation avec la même fibre géante, répondraient à une stimulation présynaptique supraliminaire par un potentiel d'action propagé. C'est la combinaison de ces deux réponses qui constituerait la réponse double.

La réponse de faible amplitude, provenant de fibres de diamètres inférieurs à ceux des précédentes et n'apparaissant qu'après un délai important, doit correspondre à la mise en jeu de circuits polysynaptiques. Au fur et à mesure que l'on augmente l'intensité de la stimulation, un nombre de plus en plus grand d'interneurones se trouve court-circuité, la réponse devenant monosynaptique pour une intensité de stimulation élevée. Ceci doit permettre de rendre compte de la diminution de délai observée dans ce cas. Il n'est pas possible de déterminer si les réponses répétitives présentées par ces fibres sont liées à la mise en jeu d'interneurones ou si elles sont dues aux propriétés rythmiques du neurone postsynaptique lui-même.

Les variations du seuil synaptique sont parallèles aux modifications de l'activité. Ceci confirme l'opinion de ROEDER (1953) selon laquelle l'activité spontanée du système nerveux isolé correspondrait à la manifestation, en l'absence de stimulation, d'un « facteur intrinsèque » qui contribuerait à l'état d'excitation des fibres postsynaptiques. Il semble que ce « facteur intrinsèque » puisse être lié, d'après nos

observations, à une polarisation électrique du ganglion. En effet, nous avons constaté que la dépolarisation d'une fibre postsynaptique produit successivement, pour des intensités croissantes, les modifications suivantes : un abaissement du seuil synaptique, l'apparition d'une activité autoentretenu, l'accroissement du rythme de cette activité, et enfin la disparition à la fois de l'activité et de la réponse synaptique.

Le fait que le seuil synaptique, comme l'activité spontanée, soient modifiés dans le même sens par la dépolarisation électrique et par le potassium sont en accord avec l'hypothèse selon laquelle cet ion agirait au niveau du ganglion en y produisant une dépolarisation (PICHON et BOISTEL, 1965).

Nos déterminations de la période réfractaire confirment les résultats obtenus par BERNARD, BOISTEL et HAMON (1961) pour différentes températures. Le fait que l'intervalle de temps minimum qui sépare deux potentiels soit de l'ordre de 2 ms pour une période réfractaire absolue de 1,4 ms doit pouvoir être interprété par une réduction de vitesse de conduction du deuxième potentiel; celui-ci se trouve en effet situé dans la période réfractaire relative du premier.

La correspondance étroite qui semble exister entre la période réfractaire relative et le potentiel consécutif positif est en accord à la fois avec la théorie ionique de l'activité nerveuse de HODGKIN (1951) et avec les interprétations du potentiel consécutif positif de la blatte données par YAMASAKI et NARAHASHI (1959 b). Ils correspondraient l'un et l'autre à un maintien de la perméabilité accrue au potassium qui apparaît à la fin de la phase ascendante du potentiel d'action; cette perméabilité accrue est associée à une inactivation du système transporteur du sodium. L'enregistrement de la période réfractaire au niveau du point de stimulation devrait permettre d'obtenir cette correspondance de manière encore plus étroite.

Un certain nombre de problèmes restent en suspens. En particulier, il faudrait préciser la nature du lien qui existe entre l'activité spontanée et la réponse synaptique elle-même; dans cette perspective, une localisation précise des zones où apparaît l'activité des fibres postsynaptiques se révèle indispensable; l'injection à ce niveau de différentes substances permettrait sans doute alors une analyse plus fine des mécanismes de la transmission synaptique. Il serait indispensable, d'autre part, d'analyser par la technique des microélectrodes la réponse ganglionnaire à une stimulation mécanique des cerques, ceci de préférence sur l'insecte entier. Des expériences, actuellement en cours, ont d'ores et déjà donné quelques résultats prometteurs.

ZUSAMMENFASSUNG

1) Die Reaktion der Riesenfasern der Ganglienketten des Hinterleibes von *Periplaneta americana* wurde mit Hilfe der Mikroelektroden-Methodik studiert.

2) Je nach Art der Antworten ist es möglich, zwei Fasertypen zu unterscheiden.

3) Die Fasern des ersten Typen antworten auf einen praesynaptischen Reiz mit einem Aktionspotential von grosser Amplitude (80 bis 90 mv) nach 3 ms bei 18° C. Diesem Potential folgt manchmal weniger als 2 ms später ein zweites Potential von kleinerer Amplitude (60 bis 70 mv).

4) Die Faser des zweiten Typen von wahrscheinlich kleinerem Durchmesser antworten nur nach einer Zeit bis 20 ms und mit einem Aktionspotential von kleiner Amplitude (30 mv). Eine Erhöhung der Reizintensität führt zu einer Verkürzung dieser Zeit, sowie zur Erscheinung von wiederholten Aktionspotentialen.

5) Eine Schätzung der synaptischen Reizschwellen während der induzierten oder unmittelbaren Variationen der elektrischen Ganglienaktivität lässt uns an eine Verbindung dieser zwei Phänomene denken.

6) Die absolute Refraktanzzeit der Riesenfaser, welche durch einen synaptischen Reiz oder durch einen antidromischen Reiz determiniert, ist länger als, 1,4 ms bei 18° C. Die stark variierende relative Refraktanzzeit scheint an die Existenz einer wohlmarkierten positiven darauf folgenden Spannung gebunden.

SUMMARY

1) The response of giant fibers of the abdominal nerve cord of the cockroach, *Periplaneta americana*, has been studied by means of microelectrodes.

2) From the shape of the response, it is possible to divide the fibers in two groups.

3) The fibers of the first group answer to a presynaptic stimulation by a large action potential (80 to 90 mv) after a delay of 3 ms at 18° C. This potential is sometimes followed after less than 2 ms by another action potential which is smaller (60 to 70 mv).

4) The fibers of the second group, smaller in diameter, answer only after a delay attaining 20 ms by small action potential (30 mv). Increasing the stimulation reduces the delay and gives rise to repetitive action potentials.

5) Measuring the threshold of the synaptic response, when there are spontaneous or induced variations of the electrical activity of the ganglion, suggests that these two phenomena are linked.

6) The absolute refractory period of the giant fibers, determined by trans-synaptic stimulation or by antidromic stimulation is more than 1,4 ms at 18° C. The relative refractory period, of variable duration, seems to be associated with the existence of a distinct positive afterpotential.

RÉSUMÉ

1) La réponse des fibres géantes de la chaîne ganglionnaire abdominale de *Periplaneta americana* a été étudiée par la technique des microélectrodes.

2) D'après la forme des réponses, il est possible de distinguer deux catégories de fibres.

3) Les fibres de la première catégorie répondent à une stimulation présynaptique par un potentiel d'action de grande amplitude (80 à 90 mv) après un délai de 3 ms à 18° C. Ce potentiel est parfois suivi à moins de 2 ms par un deuxième potentiel d'amplitude plus faible (60 à 70 mv).

4) Les fibres de la deuxième catégorie, vraisemblablement de plus petit diamètre, ne répondent qu'après un délai pouvant atteindre 20 ms et par un potentiel d'action de faible amplitude (30 mv). Une augmentation de l'intensité de la stimulation entraîne un raccourcissement de ce délai ainsi que l'apparition de potentiels d'action répétitifs.

5) Une évaluation des seuils d'excitabilité synaptique lors des variations spontanées ou induites de l'activité électrique ganglionnaire permet de penser que ces deux phénomènes sont liés.

6) La période réfractaire absolue de la fibre géante, déterminée soit par stimulation synaptique, soit par stimulation antidromique est supérieure à 1,4 ms à 18° C. La période réfractaire relative, de durée variable, semble liée à l'existence d'un potentiel consécutif positif accusé.

BIBLIOGRAPHIE

- BERNARD (J.), BOISTEL (J.), HAMON (M.), 1961 : Modifications de l'activité électrique de la fibre nerveuse d'insecte sous l'effet de variations de température. *XI Internationaler Kongress für Entomologie*, Wien, 1960, I, 639-643.
- BERNARD (J.), GAHERY (Y.), BOISTEL (J.), 1964 : The effects of temperature changes applied to the cercal nerves and to the sixth abdominal ganglion of the cockroach (*Blattella germanica* L.). *XXth International Congress of Entomology*, London, 1964, sous presse.

- BOISTEL (J.), CORABCEUF (E.), 1954 : Potentiel de membrane et potentiels d'action de nerf d'insecte recueillis à l'aide de microélectrodes intracellulaires. *C. R. Acad. Sci.*, 238, 2116-2118.
- CALLEC (J. J.), BOISTEL (J.), 1964 : Analysis with microelectrodes of the synaptic transmission at the level of the sixth abdominal ganglion of the cockroach, *Periplaneta americana*. *XIIIth International Congress of Entomology*, London, 1964, sous presse.
- CALLEC (J. J.), BOISTEL (J.), 1965 : Essais de localisation à l'aide de microélectrodes de zones synaptiques au niveau du 6^e ganglion abdominal d'un insecte (cas particulier de *Periplaneta americana*). *J. Physiol.*, Paris, 57, n° 1, 233-234.
- GAHERY (Y.), BOISTEL (J.), 1964 : Study of some pharmacological substances which modify the electrical activity of the sixth abdominal ganglion of the cockroach, *Periplaneta americana*. *XIIIth International Congress of Entomology*, London, 1964, sous presse.
- HODGKIN (A. L.), 1951 : The ionic basis of electrical activity in nerve and muscle. *Biol. Rev.*, 26, 339-409.
- PICHON (Y.), BOISTEL (J.), 1965 : Etude comparative des effets du potassium et de ceux de la polarisation électrique sur le sixième ganglion abdominal de la blatte *Periplaneta americana*. *33^e Réunion des Physiologistes*, Louvain, 1965, sous presse.
- PUMPHREY (R. J.), RAWDON-SMITH (A. F.), 1937 : Synaptic transmission of nervous impulses through the last abdominal ganglion of the cockroach. *Proc. roy. Soc., B*, 122, 106-118.
- ROEDER (K. D.), 1948 : Organization of the ascending giant fiber system in the cockroach (*Periplaneta americana*). *J. exp. Zool.*, 108, 243-261.
- ROEDER (K. D.), 1953 : Electrical activity in nerves and ganglia. In « *Insect Physiology* », pp. 423-462 (ed. ROEDER K. D.). John Wiley & Sons, New York.
- YAMASAKI (T.), NARAHASHI (T.), 1959 a : The effect of K and Na ions on the resting and action potentials of the cockroach giant axon. *J. Ins. Physiol.*, 3, 146-158.
- YAMASAKI (T.), NARAHASHI (T.), 1959 b : Electrical properties of the cockroach giant axon. *J. Ins. Physiol.*, 3, 230-442.
- YAMASAKI (T.), NARAHASHI (T.), 1960 : Synaptic transmission in the last abdominal ganglion of the cockroach. *J. Ins. Physiol.*, 4, 1-13.

Intervention de M. DELIGNE.

A-t-on suggéré ou pouvez-vous suggérer une signification biologique à l'existence de ces deux types de fibres, différant par leur diamètre et leurs caractéristiques électriques ?

Réponse de MM. PICHON et BOISTEL.

Ces deux catégories de fibres faisant synapse au niveau du 6^e ganglion sont mises en jeu lors de la réaction de fuite de la Blatte. Il semble que l'on ne puisse pas, tout au moins dans l'état actuel de nos recherches, donner une signification biologique particulière à l'existence de ces deux types de fibres.