



HAL
open science

ÉLECTROGRAMME INTRACELLULAIRE ET MÉCANOGRAMME DU CŒUR DE LANGOUSTE : PALINURUS VULGARIS Latr.

R. Tricoche, M.B. Tricoche

► **To cite this version:**

R. Tricoche, M.B. Tricoche. ÉLECTROGRAMME INTRACELLULAIRE ET MÉCANOGRAMME DU CŒUR DE LANGOUSTE : PALINURUS VULGARIS Latr.. Vie et Milieu , 1966, pp.187-198. hal-02946030

HAL Id: hal-02946030

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-02946030v1>

Submitted on 22 Sep 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

188

ÉLECTROGRAMME INTRACELLULAIRE
ET MÉCANOGRAMME DU CŒUR DE LANGOUSTE :
PALINURUS VULGARIS Latr.

par R. TRICOCHÉ et M.B. TRICOCHÉ

SOMMAIRE

Les auteurs ont enregistré l'activité électrique transmembranaire et le mécano-gramme du cœur de langouste (*Palinurus vulgaris*). Les résultats obtenus confirment la notion de spécificité de la réponse transmembranaire myocardique dans le règne animal. L'enregistrement, sur des préparations en mauvais état physiologique, de potentiels d'action à décours inhabituels, suggère que la membrane myocardique jouerait, dans ces conditions, un rôle analogue à celui du centre de l'automatisme cardiaque chez les Vertébrés.

Des études précédentes ont montré l'existence, dans la série animale, d'une spécificité des réponses électriques ventriculaires cardiaques. CORABŒUF, KAYSER et GARGOUÏL (1956) ont mis en évidence des différences notables entre les électrogrammes intracellulaires ventriculaires d'animaux appartenant à des familles voisines comme le Cobaye : *Cavia porcellus*, le Rat : *Rattus norvegicus* et le Spermophile : *Citellus citellus*. Par contre, de telles différences ne sont pas toujours aussi marquées chez des espèces diversement réparties dans la série animale; ainsi les potentiels d'action myocardiques de Roussette : *Scyliorhinus caniculus* (GARGOUÏL & CORABŒUF, 1957) de Lapin : *Oryctolagus cuniculus* et de Chien : *Canis familiaris* (GARGOUÏL, 1958) présentent des décours presque semblables. Par la méthode des enregistrements transmembranaires ventriculaires, de nombreuses études comparatives ont été ainsi

effectuées chez divers animaux : Scorpion : *Buthus Occitanus* (TRICOCHÉ, LAPLAUD, GARGOÛIL et DELAMARE DEBOUTTEVILLE, 1960), Axolotl : *Amblystoma tigrinum* (LAPLAUD, TRICOCHÉ & GARGOÛIL, 1960), Rascasse : *Scorpaena scrofa* (LAPLAUD, TRICOCHÉ, GARGOÛIL, & CORABŒUF, 1960), Crabe : *Carcinus moenas* (LAPLAUD, TRICOCHÉ, GARGOÛIL & CORABŒUF, 1961), Rat noir : *Rattus rattus* et Rat blanc : *Rattus norvegicus* (TRICOCHÉ, JALLAGEAS & GARGOÛIL, 1963).

C'est dans le but de compléter les précédentes observations que nous avons entrepris d'enregistrer lors d'un séjour au Laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer, l'activité électrique intracellulaire du cœur de Langouste : *Palinurus vulgaris*.

L'activité électrophysiologique du cœur des Crustacés a été étudiée par de nombreux auteurs. HOFFMANN (1911, 1912) a décrit des courants d'action de forme oscillatoire au niveau du cœur de l'Araignée de mer : *Maja squinado* et de l'Écrevisse : *Astacus fluviatilis*. RIJLANT (1931) enregistre des résultats semblables chez le Crabe : *Callinectes sapidus*, le Homard : *Homarus americanus* et le Bernard-l'Hermite : *Eupagurus bernhardus*, tandis que DUBUISSON et MONNIER (1931) obtiennent sur le cœur de Crabe : *Callinectes sapidus* des tracés formés d'un complexe QRS avec une phase rapide R et une onde lente diphasique. ARVANITAKI, CARDOT et TAI LEE (1934) mettent en évidence l'influence des conditions d'expérimentation sur la forme des tracés de l'électrocardiogramme de Crabe : *Carcinus moenas*. Les auteurs concluent à la grande fragilité du mécanisme régulant l'activité cardiaque. Il faut également mentionner les travaux de MATSUI (1955) concernant le E.C.G. de la Langouste : *Palinurus japonicus*; ceux de OZAWA, TAKESIGE, UNNO et KUDO (1955) sur le cœur de l'Écrevisse : *Cambarus clarkii* et de MAYNARD (1953) qui décrit l'activité du ganglion cardiaque de Langouste : *Palinurus argus*. Puis HAGIWARA et BULLOCK (1957), BULLOCK et TERZUOLO (1957) enregistrent des potentiels intracellulaires au niveau du centre de l'automatisme et des ganglions cardiaques chez la Langouste : *Palinurus interruptus* et chez le Crabe : *Cancer anthonyi*, IRISAWA et IRISAWA (1957) obtiennent l'électrocardiogramme d'un Crustacé Stomatopode : *Squilla oratoria*. Plus récemment, LAPLAUD, TRICOCHÉ, GARGOÛIL & CORABŒUF (1961) ont enregistré à l'aide de microélectrodes l'activité électrique intracellulaire du cœur de Crabe : *Carcinus moenas*. Ces auteurs mettent en évidence l'existence d'un prépotentiel sur lequel se greffe le potentiel d'action. HOLLEY (1962) obtient, sur le tube cardiaque de Cloporte : *Porcellio dilatatus*, des potentiels d'action dont le décours rappelle celui des potentiels enregistrés au niveau du cœur des Vertébrés. Enfin CARRICABURU & FILLIOL (1962 a, b) ont étudié l'électrocardiogramme et l'électrogramme intracellulaire du cœur de Langouste : *Palinurus regius*.

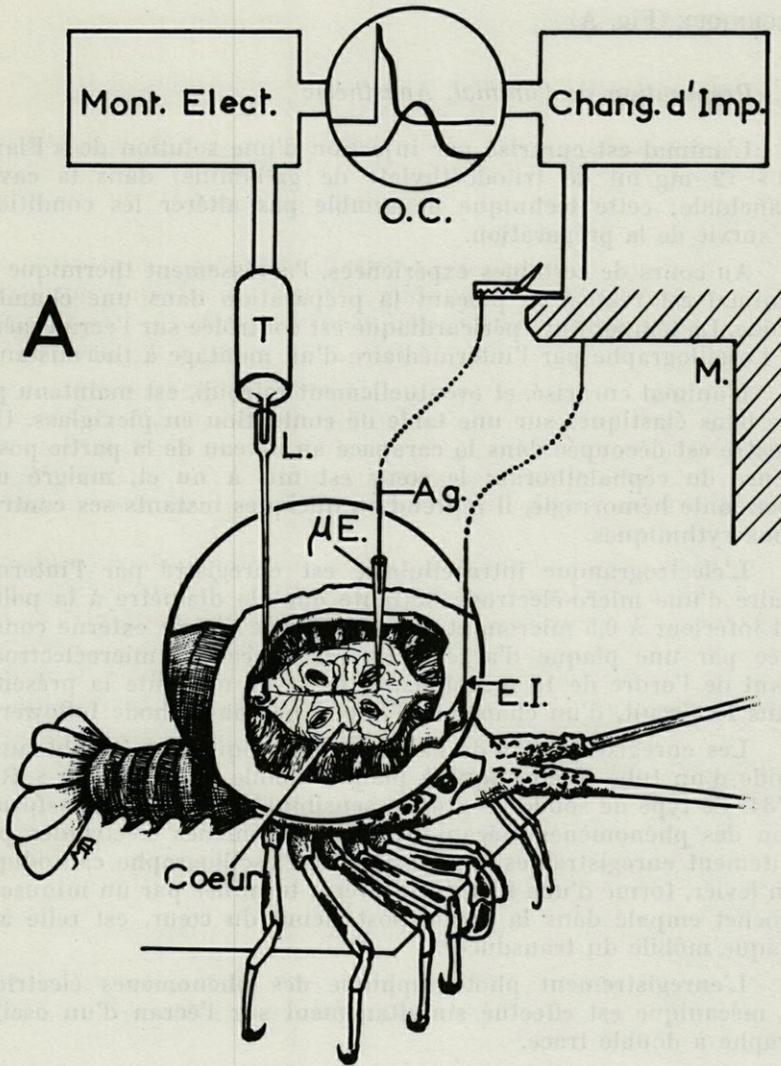


FIG. A. — Représentation schématique de la préparation et des dispositifs techniques permettant l'enregistrement de l'électrogramme intracellulaire et du mécanogramme du cœur de Langouste.

- μE = microélectrode
- Ag = fil d'argent
- E.I. = électrode indifférente
- Chang. d'Imp. = Changeur d'Impédance
- L = Levier
- T = Tube RCA 5734 - Transducer
- Mont. élect. = Montage électrique du Transducer
- O.C. = Oscillographe cathodique
- M = Micromanipulateur.

TECHNIQUE (Fig. A)

Préparation de l'animal. Anesthésie

L'animal est curarisé par injection d'une solution de « Flaxédil » (2 mg/ml de triiodoéthylate de gallamine) dans la cavité branchiale; cette technique ne semble pas altérer les conditions de survie de la préparation.

Au cours de certaines expériences, l'abaissement thermique de l'animal est réalisé en plaçant la préparation dans une chambre froide. La température péricardique est contrôlée sur l'écran même de l'oscillographe par l'intermédiaire d'un montage à thermistance.

L'animal curarisé, et éventuellement refroidi, est maintenu par des liens élastiques sur une table de contention en plexiglass. Une fenêtre est découpée dans la carapace au niveau de la partie postérieure du céphalothorax; le cœur est mis à nu et, malgré une abondante hémorragie, il reprend en quelques instants ses contractions rythmiques.

L'électrogramme intracellulaire est enregistré par l'intermédiaire d'une micro-électrode flottante dont le diamètre à la pointe est inférieur à 0,5 micron, et d'une électrode distale externe constituée par une plaque d'argent. La résistance des microélectrodes étant de l'ordre de 10 mégohms, le montage nécessite la présence, dans le circuit, d'un changeur d'impédance ou cathode follower.

Les enregistrements de l'activité mécanique ont été obtenus à l'aide d'un tube électronique à plaque mobile « Transducer » RCA 5734. Ce type de sonde de grande sensibilité permet la transformation des phénomènes mécaniques en phénomènes électriques parfaitement enregistrables sur l'écran d'un oscillographe cathodique. Un levier, formé d'une fine tige de verre terminée par un minuscule crochet empalé dans la partie postérieure du cœur, est relié à la plaque mobile du transducer.

L'enregistrement photographique des phénomènes électrique et mécanique est effectué simultanément sur l'écran d'un oscillographe à double trace.

RÉSULTATS

A la température de 22 °C (Fig. B, tracé 1), le rythme cardiaque est de l'ordre de 1,25 c/s, la réponse électrique transmembranaire a une durée voisine de 150 ms et une amplitude de 75 mV. Le décours du potentiel d'action rappelle celui enregistré par HOLLEY

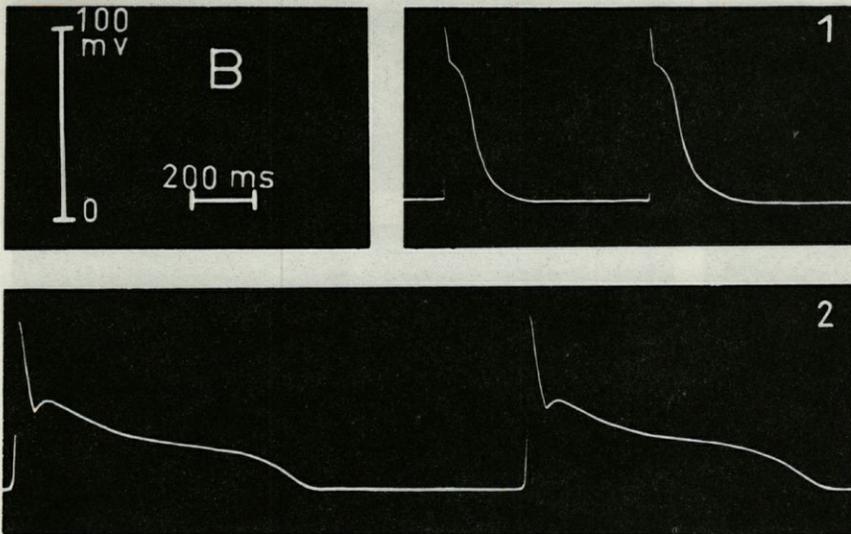


FIG. B. — Electrogramme intracellulaire du cœur de Langouste. Rythme spontané.

(1) à 22 °C. (2) à 8 °C.

(1962) au niveau du cœur de Cloporte. La phase de dépolarisation est rapide, la pointe du potentiel d'action est bien individualisée et la phase de repolarisation présente un plateau relativement élevé. Lors d'un abaissement thermique à 8 °C (Fig. B, tracé 2) le rythme cardiaque se ralentit jusqu'à 0,50 c/s; la durée du potentiel d'action est alors supérieure à la seconde. La vitesse des différentes phases de dépolarisation et de repolarisation est considérablement ralentie. Le plateau du potentiel d'action, très marqué mais de faible amplitude, présente un net rebondissement.

Au niveau de certaines préparations à 22 °C nous avons obtenu des réponses électriques et mécaniques inhabituelles (Fig. C, tracés 1 et 2). Ces tracés semblent être caractéristiques de préparations en mauvais état physiologique présentant alors des arythmies. Il s'agit en effet de cœurs fatigués, soit par stimulation électrique prolongée, soit par lésion mécanique suivie d'une forte hémorragie. Dans ce cas, sur le décours de la phase de repolarisation se greffent des réponses supplémentaires. Ces potentiels secondaires, au nombre de 1 à 3, d'amplitude normale, mais de courte durée, apparaissent à des niveaux de polarisation variables. Il faut remarquer au niveau du mécanogramme une sommation des réponses du type tétanos asynchrone.

Sur le même matériel, à basse température (10 °C) (Fig. D, tracé 1) nous avons étudié l'action de différentes substances dont

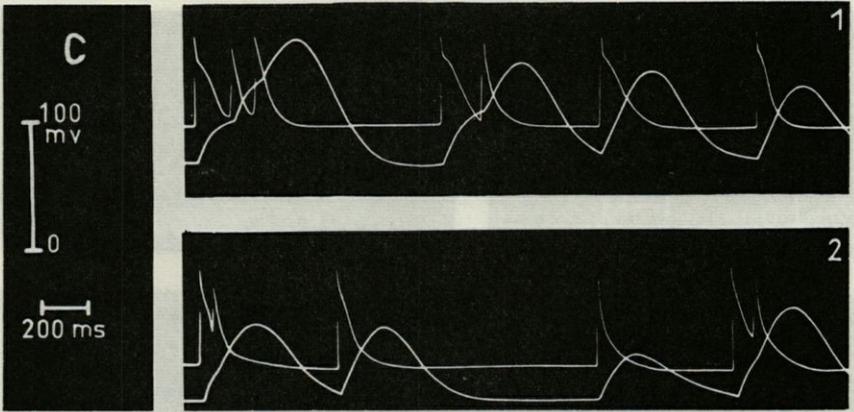


FIG. C. — Action de l'Acétylcholine sur l'électrogramme intracellulaire (tracés supérieurs) et sur le mécanogramme (tracés inférieurs) du cœur de Langouste — Rythme spontané. 10 °C.

- (1) Tracés normaux
- (2) Action de l'acétylcholine.

les effets au niveau du myocarde sont bien connus. Parmi ces substances l'acétylcholine provoque, à des concentrations très faibles, des effets inhabituels.

En effet quelques gouttes seulement de chlorhydrate d'acétylcholine à la concentration de 10^{-7} g/ml déposées au niveau des ostioles entraînent immédiatement une accélération du rythme cardiaque ainsi qu'une augmentation de l'amplitude du plateau sans modification notable du mécanogramme (Fig. C, tracé 2).

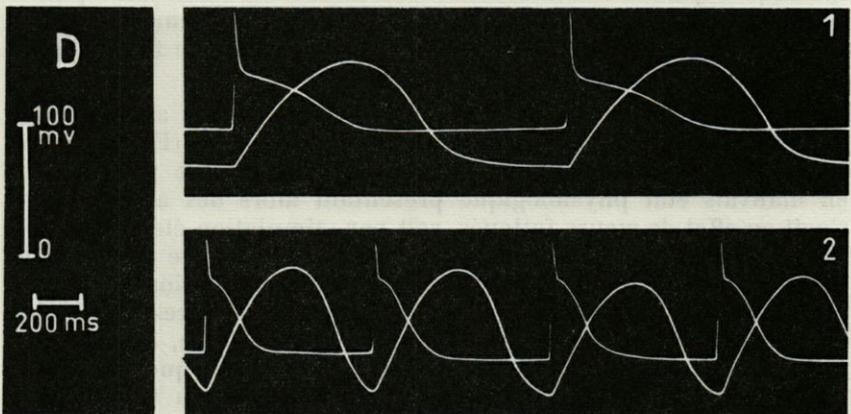


FIG. D. — Electrogramme intracellulaire (tracés supérieurs) et mécanogramme (tracés inférieurs) du cœur de Langouste — Rythme spontané. 22 °C.

- (1) et (2) Préparation fatiguée.

Discussion et Conclusion

A 22 °C l'électrogramme intracellulaire du cœur de Langouste rappelle dans son décours celui enregistré au niveau du myocarde ventriculaire de Rat blanc (GARGOUÏL, 1958).

Sa phase de repolarisation, comme celle de la fibre de Purkinje (CORABŒUF et WEIDMANN, 1954) et celle du ventricule de Rat (GARGOUÏL, 1958) est également très sensible à l'abaissement thermique.

L'électrogramme intracellulaire et le mécanogramme enregistrés au niveau de préparations fatiguées sont difficilement interprétables. Or, selon le schéma d'ALEXANDROWICZ (1932), un important réseau sillonne la face dorsale du cœur de Langouste à partir d'un tronç ganglionnaire médian que l'on peut considérer comme le centre de l'automatisme. Ce réseau se ramifie dans la masse myocardique dont chaque zone pourrait recevoir des influx de une ou plusieurs terminaisons nerveuses. Les variations du milieu environnant pourraient alors influencer différemment la conduction à partir du tronç nerveux. Ou bien, plus simplement, la membrane myocardique se trouvant alors dépolarisée serait le siège d'une activité spontanée répétitive et se conduirait ainsi comme le centre de l'automatisme cardiaque chez les Vertébrés.

Les réponses électrique et mécanique que nous avons obtenues en présence d'acétylcholine sont différentes de celles enregistrées dans les mêmes conditions au niveau du cœur de Rat (TRICOCHÉ, LAPLAUD & GARGOUÏL, 1960). Il est permis de penser avec PROSSER (1942) que le cœur de Langouste, « neurogène », est accéléré, tandis que les « cœurs myogènes » sont inhibés par l'acétylcholine. D'autre part, selon WELSH (1942), l'acétylcholine peut stimuler le cœur des Malacostracés et celui des Copépodes à de très faibles concentrations, jusqu'à 10^{-9} g/ml chez le Homard, mais par contre cette substance se montre inhibitrice aux fortes concentrations.

L'étude électrophysiologique du cœur de Langouste *Palinurus vulgaris* a permis de préciser le décours spécifique de la réponse transmembranaire myocardique.

Le décours inhabituel des réponses électrique et mécanique enregistré sur des préparations en mauvais état physiologique permet l'observation de phénomènes tétaniques.

L'action de l'acétylcholine semble traduire le fonctionnement « neurogène » de ce cœur.

RÉSUMÉ

L'activité électrique transmembranaire du cœur de Langouste *Palinurus vulgaris* Latr. est enregistrée à l'aide de microélectrodes intracellulaires. Le mécanogramme est obtenu par l'intermédiaire d'un Transducateur électronique (R.C.A. 5734).

A 22 °C le potentiel d'action présente un décours sigmoïde comparable à celui enregistré au niveau du myocarde ventriculaire de Rat en hypothermie. L'abaissement thermique provoque un allongement de la durée de la repolarisation et une diminution de l'amplitude du plateau.

La présence de potentiels secondaires et l'apparition d'une sommation de réponses mécaniques de type tétanos asynchrone sur des préparations fatiguées pourraient s'expliquer par les modifications du milieu environnant qui influenceraient différemment la conduction à partir du tronc nerveux dans les divers territoires cardiaques. Ou plus simplement la membrane myocardique se trouvant alors dépolarisée serait le siège d'une activité spontanée répétitive et se conduirait ainsi comme le centre de l'automatisme cardiaque chez les Vertébrés.

L'acétylcholine (10^{-7} g/ml) entraîne une accélération du rythme cardiaque ainsi qu'une augmentation de l'amplitude du plateau sans modification notable du mécanogramme. L'action de cette substance pourrait traduire le fonctionnement « neurogène » de ce cœur.

Enfin l'étude électrophysiologique du cœur de Langouste a permis de préciser à nouveau la notion de spécificité, dans le règne animal, de la réponse transmembranaire myocardique.

SUMMARY

The transmembrane electrical activity of Lobster heart; *Palinurus vulgaris* Latr. is recorded with intracellular microelectrodes. Contractions are detected by means of an electronic Transducer (R.C.A. 5734).

At 22 °C, the action potential has a sigmoid aspect like that recorded on the Rat ventricular myocard at low temperature. Cooling leads to an increase in the duration of the repolarization and a decrease in the magnitude of the « plateau ».

The presence of secondary potentials and the appearance of mechanical responses summation like asynchronous tetanus on fatigued preparations might be explained by the surrounding medium modifications which would influence differently the conduction from the nervous trunk to the different parts of the heart. Or, more simply, since the myocardic membrane is depolarized, it would induce a repetitive spontaneous activity and behave like the cardiac automatism centre in Vertebrates.

Acetylcholine (10^{-7} g/ml) produces an acceleration of the cardiac rhythm, and furthermore increases the magnitude of the « plateau » without any great change in the intensity of contraction. The action of this substance would indicate a « neurogen » mechanism in the heart.

Finally, the electrophysiological study of the Lobster heart made it possible to reaffirm the notion of specificity of myocardial transmembrane response in the animal kingdom.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Aktionspotential des Herzens der Languste *Palinurus vulgaris* Latr. wird mit Hilfe von intracellulären Glascapillarelektroden gemessen. Für das Mechanogramm wird ein elektronischer Transducer verwendet (RCA 5734).

Bei einer Temperatur von 22 °C ist das Aktionspotential S-förmig, vergleichbar dem der Herzmuskelfaser des Ventrikels der Ratte bei Hypothermie.

Absinken der Temperatur bewirkt eine Verlängerung der Dauer der Depolarisation und eine Abnahme der Höhe des « Plateau ».

Das Auftreten sekundärer Potentiale und einer Summation mechanischer Antworten vom Typ des unvollkommenen Tetanus beim ermüdeten Präparat könnte erklärt werden durch Milieuänderungen, die in unterschiedlicher Weise die Leitung vom Nervenstamm in die verschiedenen Herzabschnitte beeinflussen.

Oder noch einfacher, die depolarisierte Herzfasermembran wäre der Sitz einer repetitiven Spontanaktivität und würde sich wie das Automatiezentrum des Wirbeltierherzens verhalten.

Acetylcholin (10^{-7} g/ml) bewirkt eine Beschleunigung des Herzrhythmus und eine Zunahme der Amplitude des « plateau » ohne merkliche Änderung des Mechanogramms. Die Wirkung dieser Substanz würde auf einen « neurogenen » Mechanismus der Herz-tätigkeit schliessen lassen.

Die elektrophysiologische Untersuchung der Herzens der Languste lässt die spezifischen Eigenschaften des Aktionspotentials des Myokards im Tierreich von neuem hervortreten.

Laboratoire de Biologie Marine,
Banyuls-sur-Mer
Laboratoire de Physiologie animale,
Faculté des Sciences - Poitiers

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDROWICZ, J.S., 1932. The innervation of the heart of the Crustacea. I. Decapoda. *Quart. J. Microscop. Sci.*, 75 : 181-249.
- ARVANITAKI, A., H. CARDOT et TAI LEE, 1934. L'électrocardiogramme du Crabe. *J. Physiol. et Pathol. Gén.*, 32 : 26-43.
- BULLOCK, T.H. and C.A. TERZUOLO, 1957. Diverse forms of activity in the somata of spontaneous and integrating ganglion cells. *J. Physiol. (London)*, 138 : 341-364.
- CARRICABURU, P. et M.H. FILLIOL, 1962a. Electrocardiogramme de la Langouste : *Palinurus regius*. *C.R. Soc. Biol.*, 156 : 150-153.
- CARRICABURU, P. et M.H. FILLIOL, 1962b. Electrocardiogramme intracellulaire de la Langouste : *Palinurus regius*. *C.R. Soc. Biol.*, 156 : 716-718.
- CORABŒUF, E., et S. WEIDMANN, 1954. Temperature effects on the electrical activity of Purkinje fibres. *Helv. Physiol. Acta.*, 12 : 32-41.
- CORABŒUF, E., Ch. KAYSER et Y.M. GARGOUÏL, 1956. Enregistrement parallèle de l'électrocardiogramme externe et de l'activité électrique d'une fibre myocardique unique chez trois Mammifères. *C.R. Acad. Sc.*, 243 : 1444-1447.
- DUBUISSON, M. et A.M. MONNIER, 1931. Nouvelles recherches sur l'électrocardiogramme chez les Invertébrés, étudié au moyen de l'oscillographe cathodique. *Arch. Intern. Physiol.*, 34 : 180-193.
- GARGOUÏL, Y.M. et E. CORABŒUF, 1957. Enregistrement intracellulaire de l'activité électrique du ventricule de Roussette (*Scylliorhinus caniculus* L.). *C.R. Acad. Sc.*, 245 : 1949-1952.
- GARGOUÏL, Y.M., 1958. Relations entre l'activité électrique cellulaire et globale du cœur et certains aspects de son métabolisme. Thèse de Sciences, Poitiers.
- HAGIWARA, S. and T.H. BULLOCK, 1957. Intracellular potentials in pacemaker and integrative neurons of the lobster cardiac ganglion. *J. Cellular Comp. Physiol.*, 50 : 25-47.
- HOFFMANN, P., 1911. Ueber Elektrokardiogramme von Evertebraten. Vergleichende Studien Ueber den Herzschlag. *Arch. Anat. Physiol. Abt.* : 135-174.
- HOFFMANN, P., 1912. Ueber den Herzschlag des Flusskrebse mit besonderer Berücksichtigung des systolischen Stillstandes. *Zeitschr. f. Biol.*, 59 : 297-313.

- HOLLEY, A., 1962. Activité électrique globale et cellulaire du cœur de Cloporte *Porcellio dilatatus* Brandt. 87^e Congrès des Sociétés Savantes, Poitiers : 1309-1318.
- IRISAWA, H. and A.F. IRISAWA, 1957. The electrocardiogram of a Stomatopod. *Biol. Bull.*, 112 : 358-362.
- LAPLAUD, J., R. TRICOCHÉ, Y.M. GARGOUÏL et E. CORABŒUF, 1960. Electrogramme intracellulaire, électrocardiogramme et mécanogramme du cœur de Rascasse (*Scorpaena scrofa*). Effet des variations thermiques. *C.R. Soc. Biol.*, 154 : 683-685.
- LAPLAUD, J., R. TRICOCHÉ et Y.M. GARGOUÏL, 1960. Electrogramme intracellulaire (EIC), électrogramme externe et mécanogramme du cœur d'Axolotl (*Amblystoma tigrinum*). *C.R. Soc. Biol.*, 154 : 1608-1612.
- LAPLAUD, J., R. TRICOCHÉ, Y.M. GARGOUÏL et E. CORABŒUF, 1961. Enregistrement de l'activité électrique intracellulaire du cœur de Crabe, *Carcinus moenas*. *C.R. Soc. Biol.*, 155 : 1990-1993.
- MATSUI, K., 1955. The electrocardiogram of the lobster, *Palinurus japonicus*. *Science Repts. Tokyo Kyôiku Daigaku*, B 7 : 139-164.
- MAYNARD, D.M., 1953. Activity in a Crustacean ganglion. I. Cardio-inhibition and acceleration in *Palinurus argus*. *Biol. Bull.*, 104 : 156-170.
- OZAWA, T., T. TAKESIGE, H. UNNO and Y. KUDO, 1955. A study on the electrocardiogram of the cray-fish, *Cambarus clarkii*. *Dobutsugaku Zasshi*, 64 : 178-181.
- PROSSER, C.L., 1942. An analysis of the action of acetylcholine on hearts, particularly in Arthropods. *Biol. Bull.*, 83 : 145-164.
- RIJLANT, P., 1931. Le courant d'action du cœur des Crustacés. Crabes, Homard, Bernard-l'Hermite. *C.R. Soc. Biol.*, 108 : 1147-1150.
- TRICOCHÉ, R., J. LAPLAUD, Y.M. GARGOUÏL et C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE, 1960. Electrocardiogramme et électrogramme intracellulaire du cœur de Scorpion *Buthus occitanus* (L.). *C.R. Soc. Biol.*, 154 : 680-682.
- TRICOCHÉ, R., J. LAPLAUD et Y.M. GARGOUÏL, 1960. Action de l'acétylcholine sur l'activité électrique et mécanique ventriculaires du cœur de Rat en hypothermie. *C.R. Soc. Biol.*, 154 : 1061-1064.
- TRICOCHÉ, R., M. JALLAGEAS et Y.M. GARGOUÏL, 1963. Activité électrique cardiaque comparée chez le Rat noir (*Rattus rattus*) et chez le Rat blanc (*Rattus norvegicus*). *C.R. Soc. Biol.*, 157 : 1096-1099.
- WELSH, J.H., 1942. Chemical mediation in Crustaceans. IV: The action of acetylcholine on isolated hearts of *Homarus* and *Carcinides*. *J. Cell. Comp. Physiol.*, 19 : 271-279.

