

# ULTRASTRUCTURE DU MUSCLE DE LA QUEUE DE L'APPENDICULAIRE *OIKOPLEURA LONGICAUDA* VOGT. LES LIMITES CELLULAIRES ; LES DISQUES INTERCALAIRES.

par

Dimitri Bogoraze et Odette Tuzet (1)

Laboratoire Arago, Banyuls-sur-Mer et Laboratoire de Zoologie,  
Faculté des Sciences, Montpellier.

## Résumé

Nous décrivons dans ce travail une sorte de système canaliculaire très complexe et sinueux, qui peut se bifurquer, revenir en arrière, entourer les noyaux et qui traverse de part en part les cellules musculaires de la queue d'*Oikopleura longicauda*. Une double membrane, visible par endroit, limite ces canaux qui sont tantôt très étroits, tantôt élargis, formant des sacs plus ou moins allongés. Sur leur trajet peuvent s'observer des zones d'adhérence correspondant, les unes aux « *zonulae occludens* » (Farquhar et Palade, 1963), les autres à des desmosomes typiques. Nous pensons donc que, malgré sa complexité, ce système correspond aux limites cellulaires de deux cellules musculaires voisines. Ces limites cellulaires traversent toujours la fibre musculaire au niveau d'une strie Z, donnant une image correspondant à ce que les auteurs ont nommé « disque intercalaire ».

## Historique

Parmi les « Procordés » les muscles des Céphalocordés ont été bien étudiés, ceux des Urocordés beaucoup moins. Berril et Sheldow (1964) décrivent ceux des larves d'Ascidies ; Olsson (1965), en s'occupant de la morphologie et de la physiologie de la corde d'*Oikopleura dioica*, parle rapidement des muscles de la queue et en donne une image au microscope électronique. Nous avons de notre côté publié une note préliminaire (Bogoraze et Tuzet, 1969) sur les muscles de la queue d'*Oikopleura longicauda*.

Nous n'analyserons pas ici les très nombreux travaux effectués sur la musculature striée des Invertébrés et des Vertébrés, nous parlerons de certains d'entre eux au cours de notre exposé et en particulier de ceux où sont décrites des images que nous avons retrouvées dans notre matériel.

(1) Avec la collaboration technique de Simone Oustau.

### Recherches personnelles

Dans les cellules musculaires de la queue d'*Oikopleura longicauda*, nous avons observé des sortes de canalicules traversant l'épaisseur de la queue depuis la face externe jusqu'à la partie interne de la couche musculaire qui, suivant l'endroit par où passe la coupe, est contiguë à la cavité contenant la corde et le cordon nerveux, ou bien se continue par la gaine de la corde (cellules cordales de Olsson). Ces canalicules, quoique très sinueux, sont continus, traversant les cellules de part en part sans jamais communiquer avec le système sarco-plasmique. Le trajet de ces canalicules peut être décomposé en quatre parties, correspondant aux quatre zones de la couche musculaire : les zones cuticulaire (cuticule et protoplasme de l'épithélium sous-cuticulaire), mitochondriale, musculaire et péricordale.

#### I. - Zone cuticulaire.

Dans la partie externe de cette zone, correspondant à la cuticule proprement dite, on peut observer le départ de fins canalicules mesurant environ de 120 à 240 angström de diamètre, qui débouchent à l'extérieur, parfois au sommet d'une excroissance plus ou moins développée de la surface cuticulaire (Pl. I, 1). Ce canal qui a, dans son ensemble, un trajet rectiligne, a des parois bien différenciées bordées d'une mince couche de substance fortement opaque aux électrons. Il traverse la cuticule anhiste puis se prolonge dans la zone protoplasmatique sous-cuticulaire où il présente une zone obscurcie, due à l'orientation de la coupe, zone qui pourrait correspondre à la région de *jonction occlusive* et à la *jonction intermédiaire* de Farquhar et Palade (1963).

On peut voir aussi le canal s'élargir, formant des sortes de petites cisternes et observer des étranglements formés par l'adhérence des parois opposées du canalicule. On retrouve périodiquement cette disposition au cours du trajet du canalicule correspondant à des desmosomes (voir Berril et Sheldow, 1964).

Ce protoplasme sous-cuticulaire contient des noyaux, des mitochondries de petite taille, rappelant par leur structure celles que l'on observe dans la zone mitochondriale bordant les fibres musculaires ; il est finement granuleux. Le canalicule a un trajet sinueux dans cette zone cytoplasmique.

Au point où le canal passe de la zone sous-cuticulaire dans la zone mitochondriale, il se dilate souvent, formant une petite citerne qui précède son passage à travers la double membrane plasmatique qui sépare l'épithélium cuticulaire de la zone des mitochondries appartenant aux cellules musculaires. Le canalicule traverse cette membrane en se rétrécissant fortement, puis il se dilate de nouveau dès qu'il arrive dans la zone mitochondriale (Pl. I, 2).

## 2. - Zone mitochondriale.

Dans la zone mitochondriale, le canal montre un trajet sinueux dont les méandres sont liés à l'épaisseur plus ou moins grande de cette zone, épaisseur en rapport avec la partie de la queue intéressée par la coupe. En effet, la queue étant aplatie, l'importance de la musculature (mitochondries et fibres musculaires) est plus grande si la coupe passe par la largeur de la queue et bien moindre si elle passe par l'épaisseur. De plus, cette largeur varie selon la portion de la queue considérée, plus grande au centre qu'aux deux extrémités, celle rattachée au corps et celle qui est libre. Dès que le canalicule a traversé la membrane limitant la zone des mitochondries, il s'élargit, ses parois demeurent très nettes et opaques aux électrons. Il montre des parties étroites et des parties élargies (Pl. I, 3) formant des sacs allongés. Ces derniers sont souvent séparés par des constrictions au niveau desquelles les parois deviennent plus épaisses et s'accroissent (Pl. I, 4 ; D), formations qui sont semblables aux desmosomes tels que les ont décrits Karrer et Cox (1960) dans les muscles des vaisseaux sanguins de la Souris.

On peut observer des fibrilles allant de la plaque épaisse et fortement colorée du desmosome dans le cytoplasme sous-jacent.

Des prolongements digités du cytoplasme situé entre les mitochondries et dans lequel courent les canalicules, peuvent pénétrer dans leur lumière et les obliterer en partie. Ces digitations peuvent se trouver face à face et s'imbriquer (Pl. II, 5 : d). Dans certains cas, elles peuvent diviser la lacune en deux canalicules qui communiquent à leurs extrémités par un isthme étroit à parois épaisses (Pl. II, 6). Certains de ces canaux peuvent donner, sur leur trajet, des ramifications ; il se forme ainsi une sorte de système réticulaire.

Les noyaux des cellules musculaires qui se trouvent dans cette zone mitochondriale sont de grande taille et allongés transversalement par rapport à l'axe des fibres musculaires de la queue. Leurs bords présentent des festons plus ou moins profonds, aussi les coupes faites pour la microscopie électronique n'intéressent parfois que ceux-ci. Ces noyaux se distinguent du cytoplasme très granuleux dans lequel sont logées les mitochondries, tout d'abord par la présence de la double membrane nucléaire qui les limite, puis par leur contenu qui est moins dense que ne le sont les travées de protoplasme.

Lorsqu'un canalicule vient se heurter contre la paroi d'un noyau, il la contourne en s'appliquant étroitement contre elle, tout en gardant les caractères particuliers de sa paroi (Pl. II, 7). Un même canalicule peut contourner deux portions d'un même noyau. Au niveau des noyaux, le canal peut s'élargir en lacune ou bien ses deux parois peuvent se rapprocher et s'accroître.

En traversant la couche mitochondriale, le canal avec ses parties étroites et dilatées a comme trajet une ligne brisée. Les mitochondries caractérisant cette zone sont très volumineuses, de taille inégale et, en certains points, tellement serrées les unes contre les autres qu'elles ne laissent plus de place au cytoplasme et prennent une forme polyédrique (Pl. II, 6). Les crêtes très nombreuses sont, lorsque les mito-

chondries sont coupées longitudinalement, à peu près parallèles les unes aux autres (Pl. II, 7). Elles se détachent de la paroi interne et montrent, sur leur trajet, des parties renflées et d'autres plus étroites, leur donnant l'aspect d'un tube monoliforme fait de vésicules situées les unes à la suite des autres.

En coupe transversale (Pl. II, 8), ce sont les vésicules qui deviennent bien visibles et on a l'impression que l'intérieur de la mitochondrie est rempli de petites vésicules qui peuvent être plus ou moins éloignées les unes des autres. La matrice, qui est claire, est toujours peu abondante. La membrane interne de la mitochondrie est bien visible, l'externe souvent masquée par les granules sombres et abondants du cytoplasme.

Sur le trajet des canaux, dans la couche mitochondriale, peuvent se produire de vastes lacunes qui dépassent de beaucoup les dimensions de ce que l'on peut nommer citerne. Ces lacunes ont des limites très nettes qui, sur les coupes, soulignent la cavité centrale par une ligne sombre.

De la zone mitochondriale, le canal passe directement dans celle des fibres musculaires, sans qu'en ce point le canalicule change d'aspect. Dans certains cas, avant de pénétrer dans la zone des fibres musculaires, le canalicule peut longer la frontière entre les deux zones en sautant de fibrille musculaire à fibrille musculaire (Pl. III, 9).

### **3. - Zone des fibres musculaires.**

Dans cette zone, l'aspect des canalicules sera différent selon que l'on examine des coupes transversales ou des coupes longitudinales de la queue.

#### **A. - Coupes transversales.**

Parvenu dans la couche musculaire, le canalicule va suivre la bande Z sur toute sa longueur. Dans cette fibre, la bande Z est remplacée par le canalicule et ses parois. Nous sommes donc là en présence d'un disque intercalaire classique (Pl. III, 10).

Le calibre du canal est régulier mais il montre, sur son parcours, de petites ondulations. Son diamètre, très régulier, est de 238 angström environ. Il est bordé par une ligne sombre faite de grains noirs dispersés dans du cytoplasme. Cette structure permet de repérer facilement la présence d'un canal traversant la strie Z, car celle-ci devient, dans son ensemble, plus sombre que normalement.

#### **B. - Coupes longitudinales.**

Le trajet du canal, qui traverse de part en part la couche des fibres musculaires, est très sinueux et tout à fait caractéristique. Il forme des sortes de marches d'escalier qui tantôt sont montantes, tantôt descendantes. Généralement, il traverse la bande Z d'une seule

fibrille (Pl. III, 11) avant de continuer son trajet dans le protoplasme situé entre les fibres musculaires, mais il peut aussi traverser deux fibrilles consécutives sans changer d'orientation (Pl. III, 12). Dans ce cas, on observe une zone claire (le canal n'est plus alors accompagné de sphérolites sombres) entre les deux fibrilles, lorsque le canal traverse la portion de cytoplasme qui sépare les deux fibres musculaires voisines (Pl. III, 13).

Dans le cas le plus courant, le canalicule, après un trajet ascendant ou descendant dans le cytoplasme, emprunte la bande Z la plus proche de la fibre musculaire parallèle à celle qu'il vient de quitter, mais il arrive souvent qu'il fasse un long trajet, il peut sauter de six à dix bandes Z avant de reprendre sa direction transversale (Pl. IV, 14).

Pour passer d'une bande Z à une autre, le canal emprunte toujours la fraction de tissu qui sépare les fibrilles musculaires successives. Ce tissu est disposé très régulièrement entre les fibres, sa largeur est à peu près la même dans une même plage. Il contient de nombreux tubules de réticulum endoplasmique anastomosés, mais nous n'y avons jamais vu de mitochondries.

Dans les coupes longitudinales, comme dans les transversales, le diamètre du tube, lorsqu'il traverse la bande Z, se montre très régulier. Il peut cependant être ondulé. Il est bordé, de chaque côté, par une large bande sombre constituée par des granules fortement opaques ; de plus, on peut observer des formations en massues, très noires et qui sont accolées par leur partie amincie à la paroi externe du tube (Karrer, 1959) (Pl. IV, 15).

Au moment où le canal quitte la bande Z pour passer dans la zone du réticulum endoplasmique, il montre une dilatation, puis reprend le plus souvent son aspect de fin canalicule. Les deux parois de ce dernier peuvent même devenir très proches l'une de l'autre, la lumière étant presque virtuelle. Nous avons alors l'image d'un desmosome (Pl. IV, 16).

Une nouvelle vésicule s'observe au moment où le canal aborde une nouvelle bande Z.

Dans certains cas, lorsque le canal arrive dans la zone du réticulum endoplasmique, il se dilate sur toute sa longueur, formant des lacunes plus ou moins vastes qui ont l'air optiquement vides. Leurs parois sont bien définies, marquées par une ligne sombre et elles sont entourées d'une mince couche de protoplasme réticulaire. Leur longueur est variable, elles peuvent avoir un aspect monoliforme, les parois se rapprochant un certain nombre de fois et pouvant même s'accrocher (Pl. V, 17).

Enfin, sur leur trajet, les canaux peuvent émettre des ramifications qui se font toujours au niveau du protoplasme réticulaire (Pl. V, 18). Elles changent d'orientation et peuvent même s'enfoncer dans la profondeur du muscle, intéressant alors un autre système de fibres musculaires et de bandes Z. Parfois, les ramifications reviennent sur elles-mêmes, traversent une bande Z parallèle à celle qu'elles ont quittée et reviennent se jeter dans le canal contenu dans le cytoplasme, contournant ainsi une portion de fibre musculaire, de bande Z à bande Z.

Le canal ou les lacunes n'occupent pas toujours l'axe du protoplasme réticulaire, ils peuvent être bordés seulement sur une face par celui-ci, l'autre face étant accolée à la fibre musculaire dont le canal n'est alors séparé que par une mince membrane.

#### 4. - Zone péricordale.

Le canal traverse ainsi, dans une marche sinuuse, toute l'épaisseur du muscle. Lorsqu'il arrive à la limite interne de la zone des fibres musculaires, il traverse la paroi de la cellule et vient se perdre entre la gaine de la corde et la couche de fibres élastiques qui limitent l'espace péricordal. Dans les coupes faites, non pas au niveau de la corde, mais de la cavité dans laquelle sont logées corde et moelle dorsale, on voit le canalicule pénétrer dans celle-ci et se perdre parmi les fines fibrilles qui s'observent dans la substance qui occupe cette cavité (Pl. V, 19).

### DISCUSSION

Les canalicules que nous avons observés dans les muscles de la queue d'*Oikopleura longicauda* avaient été déjà vus dans certains muscles d'Invertébrés et de Vertébrés. Mais le système fait de canaux continus, traversant de part en part une couche musculaire, tel que nous venons de le décrire, n'avait pas été signalé.

Chez les Invertébrés, Bouligand (1963) figure et décrit, dans les muscles œsophagiens du Copépode *Cyclops*, des épaissements locaux de deux membranes sarcoplasmiques qui s'affrontent en une formation dont l'aspect rappelle celui des « disques intercalaires » précédemment décrits dans les muscles cardiaques des Vertébrés. Ses images ressemblent beaucoup à celles que nous observons à l'intérieur de certaines stries Z des muscles de la queue d'*Oikopleura longicauda*. Mais, alors que chez le Copépode ce canalicule va se jeter dans l'espace extra-cellulaire où il débouche dans un canalicule sarcoplasmique, chez l'Appendiculaire il se continue sous forme de canal sans communications avec le système sarcoplasmique. Bouligand considère ces formations comme des épaissements « très originaux » de la membrane sarcoplasmique.

Chez les Moustiques, Schaefer, Vanderberg et Rhodin (1967) décrivent des canaux à l'intérieur des masses musculaires coupées transversalement. Ceux-ci débouchent à l'extérieur des masses musculaires.

Anderson et Ellis (1967) observent aussi des canalicules dans les fibres musculaires de *Cambarus* coupées transversalement ; ces canalicules s'ouvrent à la périphérie de la fibre. Pour ces auteurs, ils feraient partie du réticulum endoplasmique.

Chez les Vertébrés, les « disques intercalaires » ont été décrits dans les muscles du cœur. Les canaux qui occupent leur centre sont en continuité avec d'autres canalicules qui cheminent dans le proto-

plasme réticulaire. Stenger et Spiro (1959, Fig. 11 et 12) l'ont vu par exemple chez le Rat et le Chat. Dans les muscles de la queue des larves d'Ascidies, Berril et Sheldon (1964) décrivent un tube traversant la strie Z et se continuant par d'autres canalicules.

Les muscles du cœur qui travaillent continuellement, montrent des mitochondries très abondantes, situées entre chaque fibre musculaire et des canalicules courant dans le cytoplasme entourant ces mitochondries. Ils forment ainsi un système d'irrigation de ce muscle.

Chez *Oikopleura longicauda*, la disposition des mitochondries est différente. Elles sont très abondantes et de grande taille mais sont localisées sur le bord externe des couches musculaires. Les muscles des Appendiculaires, comme ceux du cœur, doivent effectuer de gros efforts, la queue de l'animal remuant constamment dans la logette pour entretenir le courant d'eau servant à la nutrition et à la respiration ; mais ces efforts ne sont pas constants comme ceux du muscle cardiaque. C'est pourquoi, on pourrait concevoir l'existence d'un système d'irrigation canaliculaire très développé dans ces deux catégories de muscle, ce système ayant un rôle dans la nutrition des cellules musculaires. Mais les auteurs qui ont étudié le muscle cardiaque des Vertébrés pensent que cet appareil canaliculaire fait partie du réticulum endoplasmique. Chez les Appendiculaires, nous n'avons jamais vu de communication entre le réticulum endoplasmique et le système canaliculaire.

Bloom (1962) décrit et figure chez les Cyclostomes des granules disposés en série linéaire à l'intérieur du canalicule traversant la strie Z et formant le disque intercalaire. En s'appuyant sur cette observation, il considère ce canalicule comme du réticulum endoplasmique. Nous avons observé des granules semblables dans certains disques intercalaires d'*Oikopleura*, nous ne pensons cependant pas que cela soit suffisant pour faire cette assimilation.

Ces diverses hypothèses, aussi séduisantes soient-elles, ne nous paraissent pas acceptables et nous en sommes venus à penser que ce système canaliculaire correspond en réalité aux limites cellulaires séparant deux cellules musculaires voisines, les lacunes étant des espaces intercellulaires plus importants. De plus, nous n'avons jamais observé, dans les muscles des Appendiculaires, d'autres limites cellulaires que celles qui seraient représentées par le système canaliculaire. Ces sortes de canalicules, quoique très contournés, forment un système continu qui traverse la cellule de part en part et qui n'est jamais en communication avec le réticulum endoplasmique. Une double membrane est visible à la périphérie de certains d'entre eux.

D'après Farquhar et Palade (1963) les limites cellulaires seraient caractérisées par trois différenciations : la *zonula occludens*, caractérisée par la fusion des membranes cellulaires, résultant d'une oblitération d'un espace intercellulaire sur des distances variables. (Les feuillets denses externes des membranes cellulaires contigües convergent pour former une ligne intermédiaire unique) ; la *zonula adherens*, caractérisée par la présence d'un espace intercellulaire (200 angström environ) occupé par un matériel homogène de basse densité, apparemment amorphe ; le *desmosome* ou *macula adherens* caractérisé par la présence d'un espace intercellulaire qui contient un disque cen-

tral de matériel dense, des fibrilles cytoplasmiques convergent vers cette plaque (Pl. I, 4 ; Pl. IV, 16).

Cette trilogie est parfois incomplète.

Dans les cellules musculaires d'*Oikopleura longicauda*, nous retrouvons, entre deux cellules contiguës, la « *zonula adherens* » et les desmosomes. En de nombreux autres points, les deux membranes cellulaires sont séparées par des lacunes plus ou moins larges d'aspects divers.

Reste la question des « disques intercalaires » des auteurs. Fawcett et Selby (1958) pensaient déjà que les disques intercalaires pouvaient être des desmosomes très spéciaux et nous sommes d'accord avec eux.

Nous pensons donc que le système de canalicules que nous avons observé dans les muscles de la queue de l'*Oikopleura*, malgré son trajet extraordinairement sinueux et son polymorphisme, correspond aux limites cellulaires. Celles-ci traversent toujours la fibre musculaire au niveau d'une bande Z, donnant ainsi la formation décrite sous le nom de disque intercalaire.

### Zusammenfassung

Ultrastruktur des Schwanzmuskels der Appendikularien *Oikopleura longicauda* Vogt. Zellgrenzen und Zwischenscheiben.

Wir beschreiben in dieser Arbeit ein komplexes und gewundenes Kanalsystem, das sich manchmal verzweigt, rückläufige Zweige hat, von Zellkernen umgeben ist und die Schwanzmuskelzellen von *Oikopleura longicauda* durchquert. Eine stellenweise sichtbare doppelte Membran begrenzt diese Kanälchen, die manchmal eng oder weit sind, mehr oder weniger lange Säckchen bilden. In ihrem Verlaufe kann man Verwachsungszonen beobachten, die entweder den "zonula occludens" (Farquhar et Palade, 1963) oder typischen Desmosomen entsprechen. Trotz seiner Komplexität halten wir dieses System für die Zellgrenzen zweier benachbarter Muskelzellen. Diese Zellgrenzen durchqueren immer die Muskelfaser auf dem Niveau der Z-Scheibe, und entsprechen dem Aspekt, den die Autoren "Zwischenscheibe" genannt haben.

### INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ANDERSON, W.A. et ELLIS, R.A., 1967. — A comparative electron microscope study of visceral muscle fibers in *Cambarus*, *Drosophila* and *Lumbricus*. *Z. Zellf. mikr. Anat.*, 79, pp. 295-297.
- BERRILL, N.J. et SHELDOW, H., 1964. — The fine structure of the connections between muscle cells in Ascidian talpodes larva. *J. Cell Biol.*, 23, pp. 664-669.
- BLOOM, G.D., 1962. — Fine structure of cyclostome cardiae muscle cell. *Z. Zellf. mikr. Anat.*, 57, pp. 213-239.
- BOGORAZE, D. et TUZET, O., 1969. — Ultrastructure des muscles cardiaques et des muscles de la queue chez *Oikopleura longicauda* Vogt. *C. R. Acad. Sc., Paris*, 268, pp. 1417-1419.
- BOULIGAND, Y., 1962. — Les ultrastructures du muscle strié et de ses attaches au squelette chez les Cyclops (Crustacés Copépodes). *J. microsc.*, 1, pp. 377-394.
- BOULIGAND, Y., 1963. — Les ultrastructures des Copépodes. II. Membranes sarcoplasmiques, reticulum sarcoplasmique et fonction neuro-musculaire chez les Cyclops. *J. microsc.*, 2, pp. 147-212.
- FARQUHAR, M.G. et PALADE, G.E., 1963. — Junction complexes in various epithelia. *Journ. Cell Biol.*, 17, pp. 375-412.

- FAWCETT, D.W. et SELBY, C.C., 1958. — Observations of the fine structure of the turtle atrium. *Journ. Biophy. and Bioch. Cytol.*, 4, pp. 63-72.
- KARRER, H.E., 1959. — The striated musculature of blood vessels. I. General cell morphology. *Journ. Bioph. Bioch. Cytol.*, pp. 383-408.
- KARRER, H.E. et COX, J., 1960. — The striated musculature of blood vessels. II. Cell interconnections and cell surface. *J. Cell Biol.*, 8, pp. 135-150.
- OLSSON, R., 1965. — Comparative morphology and physiology of the *Oikopleura* notochord. *Israël Journ. of Zool.*, 14, pp. 213-220.
- SCHAEFER, C.W., VANDERBERG, J.P., RHODIN, J., 1967. — The fine structure of mosquito midgut muscle. *Journ. of Cell Biol.*, 34, 3, pp. 905-910.
- STENGER, R.J., SPIRO, D., 1961. — The ultrastructure of mammalian cardiac muscle. *Journ. Bioph. and Bioch. Cyt.*, 9, 2, pp. 325-352.

*OIKOPLEURA LONGICAUDA*

## PLANCHE I

- 1 : Canalicule traversant la cuticule et débouchant au sommet d'une excroissance. 21.000 x.  
 2 : Canalicule traversant la zone de l'épithélium cuticulaire avec citerne avant l'entrée dans la zone mitochondriale. 21.000 x.  
 3 : Canal dans la zone mitochondriale, partie élargie. 21.000 x.  
 4 : Desmosome (D) dans la zone mitochondriale. 21.000 x. - *c*, canalicule  
*D*, desmosome - *z.a.*, zonula adherens - *z.o.*, zonula occludens.

## PLANCHE II

- 5 : Digitations dans les canaux (d). 17.500 x.  
 6 : Citerne divisée en 2 canalicules qui communiquent à leurs extrémités. 14.000 x.  
 7 : Canalicules entourant le noyau. 14.000 x.  
 8 : Mitochondries en coupe transversale ; aspect de vésicules. 17.500 x.  
*d*, digitation - *m*, mitochondries - *N*, noyau.

## PLANCHE III

- 9 : Canalicule longeant la zone musculaire avant d'y pénétrer. 17.500 x.  
 10 : Coupe transversale du muscle montrant la canalicule. 17.500 x.  
 11 : Coupe longitudinale. Le canal va de la bande Z à la bande Z en ne traversant qu'une fibrille. 17.500 x.  
 12 : Le canal traverse 2 fibrilles. 21.000 x.  
 13 : Espace clair entre deux disques contigus. 21.000 x. *c*, canalicule - *d.i.*, disque intercalaire.

## PLANCHE IV

- 14 : Canal sautant plusieurs stries Z. 21.000 x.  
 15 : Petites massues noires sur la paroi du tube lorsqu'il traverse la bande Z. 21.000 x.  
 16 : Desmosomes (D) dans le canal du muscle. 21.000 x.

## PLANCHE V

- 17 : Lacune monoliforme. 21.000 x.  
 18 : Ramification des canalicules. 21.000 x.  
 19 : Débouché du canalicule au niveau de la gaine de la corde. 42.000 x. - *c*, canalicule.  
*Fixateur* : O<sub>s</sub> O<sub>4</sub> Palade ; *Inclusion* : Araldite ; *Contraste* : Acétate d'Uranylique saturé dans alcool éthylique 50%.









