

## CONTRIBUTION A L'ETUDE HISTOLOGIQUE DES CHAETOGNATHES

par Marie-Louise FURNESTIN

L'étude histologique des Chaetognathes au microscope photonique a été faite au moins partiellement. De nombreux auteurs, avant 1900, ont indiqué la structure des différentes régions du corps, avec parfois une grande précision. En 1938, KÜHL a rassemblé en une importante compilation la plupart des données obtenues dans ce domaine. Les espèces considérées dans cette première étape furent essentiellement *Sagitta elegans*, *S. hexaptera* et *S. setosa*. En 1957, j'ai moi-même ajouté à cette étude descriptive celle de *S. friderici* qui, comme on pouvait s'y attendre, s'avéra très semblable aux autres espèces. Dans le même temps environ, GHIRARDELLI (1956-1959) expérimentait sur le pouvoir régénérateur de *Spadella cephaloptera* et des Chaetognathes en général. Actuellement, des observations sont faites sur la structure du tube digestif chez *S. decipiens* et *S. neodecipiens* (DALLOT et DUCRET, 1966; DALLOT, à paraître).

Un domaine cytologique et histologique particulier a également retenu l'attention des auteurs, celui de la spermatogénèse et de la succession des stades de maturité sexuelle chez les Chaetognathes. Outre des travaux relativement anciens (BORDAS, 1912; STEVENS, 1903, 1910), on citera ceux de O. TUZET (1931) et, beaucoup plus récents, ceux de GHIRARDELLI (1954, 1961), ARNAUD (1963) et de ces deux derniers auteurs en collaboration (1966), travaux portant, selon les cas, sur *S. bipunctata*, *Spadella cephaloptera*, *Sagitta inflata* et *S. setosa*.

Enfin, depuis quelques années, les investigations se sont poursuivies au microscope électronique; mais elles sont encore peu nombreuses à ma connaissance; étude des yeux (EAKIN et WESTFALL, 1964), de l'organe rétro-cérébral (SCHARRER, 1965), des flagelles des cellules sexuelles mâles (AFZELIUS, 1963), des spermatides chez *S. bipunctata* (ARNAUD, à paraître).

En dépit d'observations variées, on le voit, certains points de la structure histologique des Chaetognathes demandent encore à être précisés, celle des éléments nerveux et de l'épiderme notamment. Il sera question ici de cette dernière formation. Elle offre en effet un intérêt tout spécial qui se résume dans le fait suivant: les Chaetognathes possèdent un épithélium stratifié par endroits, ce qui est chose rare chez les Invertébrés.

D'après KÜHL, les auteurs (HERTWIG, 1880; GRASSI, 1883; RITTER-ZAHONY, 1909; KRUMBACH, 1903 et BURFIELD, 1927) décrivent l'épiderme comme constitué de cellules plates, de forme circulaire ou plus ou moins elliptique et à noyau très apparent. Cet épithélium pavimenteux recouvre la plus grande partie du corps. Ses cellules aplaties vues de face sont remarquables par leur membrane sinueuse qui les fait s'emboîter les unes dans les autres (*S. hexaptera*). Mais dans quelques régions du corps et notamment dans la zone intermédiaire entre la tête et le tronc, c'est-à-dire au niveau de la collerette, l'épiderme s'épaissit. Cet épaississement est mis en relation avec le rôle de la collerette, chargée d'assurer « une liaison forte et élastique » entre la tête et le tronc, en raison des déformations extrêmes que subit la tête des Chaetognathes lors de la préhension des proies et de leur passage dans la bouche. L'épiderme est alors constitué de plusieurs assises cellulaires et certains auteurs ont essayé d'utiliser cette particularité à des fins phylogénétiques...

KÜHL, d'après BURFIELD et SCHNEIDER, reproduit des figures où l'on voit l'épiderme pluristratifié sur une coupe transversale de la région antérieure du tronc de *S. hexaptera* et de *S. elegans* (fig. 38 et 40 in KÜHL), ainsi qu'au niveau de la collerette chez cette même espèce (fig. 7, *id.*). L'épiderme serait également stratifié dans la région qui sépare les yeux et, par ailleurs, les connectifs en relation avec le ganglion ventral peuvent être enrobés dans un épithélium stratifié (BURFIELD).

L'épiderme repose sur une basale d'épaisseur variable mais généralement importante, notamment au niveau du cou, de la partie antérieure du tronc et de l'implantation des nageoires. Elle reçoit l'insertion des muscles.

L'extérieur de l'épiderme est recouvert par une cuticule en général mince (dans la zone du cou, par exemple) mais qui s'épaissit sur les côtés antérieurs de la tête et dans la région buccale, et qui disparaît dans les zones glandulaires.

L'épiderme comprend aussi des régions modifiées sous forme des organes sensoriels (à fonction encore mal connue) qui se répartissent dès l'état larvaire, et plus ou moins régulièrement selon les espèces, sur le tronc, le segment caudal et même sur les nageoires. Innervés par des filets nerveux issus du ganglion ventral, ils se distinguent par une accumulation de noyaux très colorables et la présence de soies sensorielles; mais celles-ci, particulièrement fragiles, ne s'observent bien que sur le vivant et résistent difficilement aux manipulations et à la fixation.

Les organes sensoriels sont décrits comme appartenant à deux types, les uns dont les cellules sensorielles porteuses de soies raides font saillie à l'extérieur de l'épiderme normal qui reste plan de part et d'autre du corpuscule (*S. elegans*, d'après BURFIELD), les autres dont ces mêmes cellules sont situées dans un enfoncement de l'épiderme, les soies seules saillant au-dehors (*Spadella cephaloptera*, d'après HERTWIG). Les deux types se rencontrent chez *P. draco* (M.-L. FURNESTIN, 1957, phot. 49, 50, 52).

J'ai personnellement observé au microscope optique et figuré cet épithélium stratifié chez *S. frederici*, à la partie postérieure de la tête et au niveau du cou, où il prend un aspect alvéolaire (1957, fig. 43 c-d et 44).

Aujourd'hui, je peux en donner une meilleure illustration sous forme d'« électronographies ». Elles ont été faites pour la plupart en 1964 au laboratoire de Zoologie et Biologie générale de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, que dirigeait alors M. le Professeur HOVASSE<sup>(1)</sup>, auquel j'avais confié quelques échantillons de Chaetognathes, en même temps que des Péridiniens qu'il souhaitait examiner au microscope électronique. Les autres ont été faites récemment au Service de microscopie électronique de la Faculté des Sciences de Marseille<sup>(2)</sup>.

Les récoltes de matériel ont été effectuées par le N.O. de l'Institut des Pêches maritimes « Thalassa » le 28/2/1964 (20 h 20 - 20 h 50) au-dessus du plateau celtique sur les côtes ouest de Bretagne, entre 49°31'N - 5°39'O et 49°30'N - 5°38'O, en surface. Une quarantaine de spécimens ont été réunis. Il s'agissait de *S. elegans*. Ils ont été fixés au tétr oxyde d'osmium à 1 %.

Les manipulations à bord ont été les suivantes : une solution à 2 % d'OsO<sub>4</sub> dans l'eau distillée, mélangée au même volume d'eau de mer, a reçu des Chaetognathes à raison d'un tiers de volume du mélange fixateur (soit 6 cm<sup>3</sup> environ d'organismes pour 10 cm<sup>3</sup> de solution osmiée et 10 cm<sup>3</sup> d'eau de mer). La fixation a duré 1 heure et a été suivie de 5 à 6 lavages à l'eau distillée, les Chaetognathes étant ensuite conservés dans l'alcool à 70°<sup>(3)</sup>. On notera le non-emploi de tampon, l'eau de mer jouant ce rôle dans une mesure suffisante.

Parvenus au laboratoire de Clermont-Ferrand, les échantillons ont été inclus à l'épon. Le contraste sur coupes a été obtenu par l'acétate d'uranyle. Les photographies ont été réalisées à deux grossissements, 18 000 et 30 000 (les clichés ayant été faits à un grossissement de 6 000 ou de 10 000 et l'agrandissement étant dans tous les cas de ×3). La série de photographies faite à Marseille cor-

(1) auquel j'adresse mes vifs remerciements pour le don de nombreux clichés photographiques.

(2) C'est à l'obligeance de MM. CRISP et ARNAUD que je dois leur réalisation.

(3) Je remercie M. DARDIGNAC (I.S.T.P.M.) pour avoir récolté et fixé ce matériel.

respond à des grossissements de 12 800 et 40 000 environ (grossissements respectifs de 6 800 et 11 500 pour les clichés).

La plupart intéressent la région tête-tronc et comprennent donc la collerette, formation épidermique à structure réputée pluristratifiée. Nous avons retenu six de ces photographies qui mettent en évidence l'épiderme en question ou des éléments en rapport avec lui.

Nous remarquerons toutefois que, chez *S. elegans*, la collerette est de faible importance et que d'autres espèces, chez lesquelles elle est beaucoup plus développée (*S. bipunctata*, *S. planctonis*, *Pterosagitta draco*, *Spadella cephaloptera*), doivent présenter une pluristratification d'ordre supérieur.

La structure pluristratifiée, comme l'imbrication des membranes sinueuses des cellules, est néanmoins apparente chez *S. elegans* (fig. 1, 2). On observe, de façon presque continue le long de ces membranes, les desmosomes qui, on le sait, sont particulièrement fréquents entre les cellules soumises à une distorsion constante, comme celles du tégument. Ils sont ici très nombreux, mais de petites dimensions (fig. 1). Par ailleurs, l'existence d'espaces intercellulaires (microenvironnement), dont on doutait encore plus ou moins, est confirmée (fig. 1).

La basale se détache nettement ; on constate son importance. On distingue bien les noyaux épidermiques, parfois aplatis ou comprimés (fig. 1), ainsi que les deux feuilletts et les pores de la membrane nucléaire (fig. 1 et 2). Mais il semble que dans certaines régions, seule l'assise profonde de l'épiderme soit vivante et renferme des organites cellulaires, les cellules des assises périphériques ne présentant aucune structure reconnaissable hors la membrane garnie de desmosomes (fig. 1). De plus, dans l'assise vivante, les organites tels que noyau et mitochondries paraissent repoussés contre la basale le long de laquelle ils s'accumuleraient en une bande continue (fig. 1). Mais ce phénomène, de même que la discrimination possible entre assises, reste à vérifier.

Il existe en outre, au niveau de certaines cellules, des faisceaux de fibres nerveuses de diamètre très variable et groupées en amas parfois volumineux (fig. 2 et 3). Ces fibres, inter ou intracellulaires selon les cas, dépendent du système nerveux périphérique (BURFIELD, 1927) en relation avec le ganglion ventral et formant, sous l'épiderme, des plexus qui innervent l'ensemble des organes sensoriels disséminés à la surface du corps.

Dans d'autres cellules, on reconnaît de nombreuses mitochondries (fig. 1-2). Il peut être intéressant de noter que ce ne sont apparemment ni des mitochondries classiques à crêtes, ni des mitochondries à tubules (ou à microvilli) caractéristiques des Protozoaires et observées aussi chez quelques Métazoaires. Elles diffèrent de ces dernières, auxquelles elles font penser au premier abord, par l'absence de sections longitudinales des tubules parmi ce qui pourrait être leurs sections transversales. Elles rappelleraient davantage certaines mitochondries de Protistes, dont la membrane émet des crêtes minces, souvent courtes, parfois plus ou moins longues et sinueuses, et qui se renflent à leur extrémité, prenant l'aspect de « sphères pédicellées » formant une sorte de couronne interne. Au centre de la mitochondrie se situent des éléments dont on ne voit que la partie renflée, circulaire en section, le pédicule s'insérant sur une zone de la membrane non comprise dans la photographie. Deux mitochondries présentant assez nettement cette structure, simple variante, du reste, de la structure fondamentale de ces organites, ont été isolées sur la figure 4 à partir d'un cliché concernant le segment caudal de *S. elegans*. On peut penser que cette structure caractérise l'ensemble des mitochondries des Chaetognathes car on la retrouve également dans les mitochondries des cellules photoréceptrices de *Sagitta scrippsae* photographiées par EAKIN et J.A. WESTFALL (1964), mais sans commentaire particulier.

Sous l'épiderme apparaissent des faisceaux musculaires typiques, directement insérés sur la basale (fig. 1-3).

Une région cuticulaire a également été photographiée mais n'a pas donné lieu à des clichés aussi nets (fig. 5). On y repère seulement la basale, bien marquée, et la cuticule moins développée. L'épaisseur de ces deux formations est précisément responsable du mauvais état fréquent des coupes réalisées à leur niveau. Précisons que le cliché intéresse l'épiderme du segment caudal et non la région du cou, c'est-à-dire la collerette. On constate donc que la pluristratification s'étend aussi à la région caudale mais les cellules semblent ici beaucoup plus petites et de forme encore plus irrégulière que dans les zones d'épaississement de l'épiderme.



FIG. 1. — *Epiderme pluristratifié* ( $\times 18\,000$ ). On distingue deux assises de cellules épidermiques (Ce) au-dessus de la basale (B); au-dessous, du tissu musculaire (Tm). N : noyau. M : mitochondries. D : desmosomes. Ei : espaces intercellulaires.

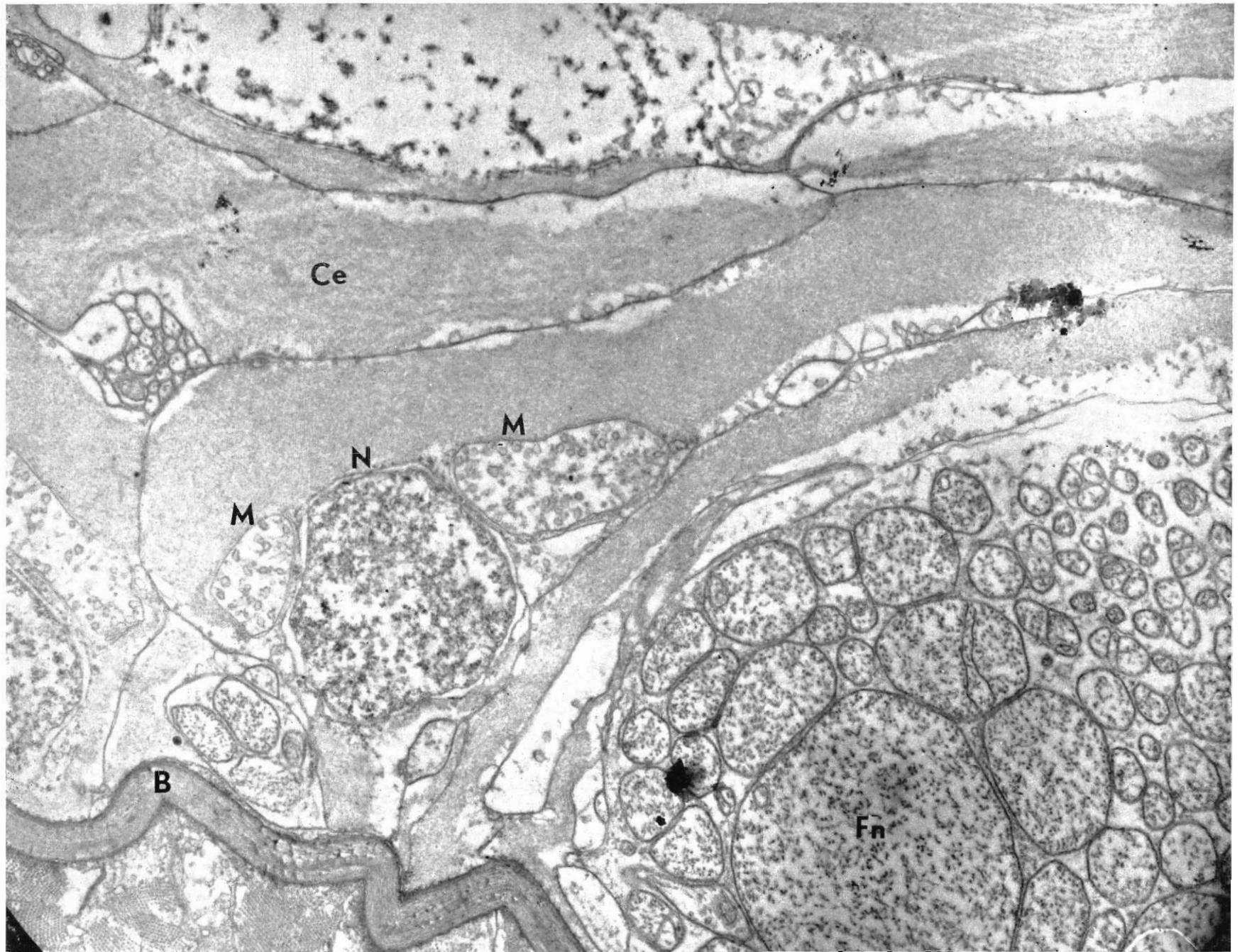


FIG. 2. — *Epiderme pluristratifié avec terminaisons nerveuses* ( $\times 30\,000$ ). On distingue plusieurs assises de cellules épidermiques (Ce) au-dessus de la basale (B). A droite, une fibre nerveuse composée (Fn). N : noyau. M : mitochondrie.

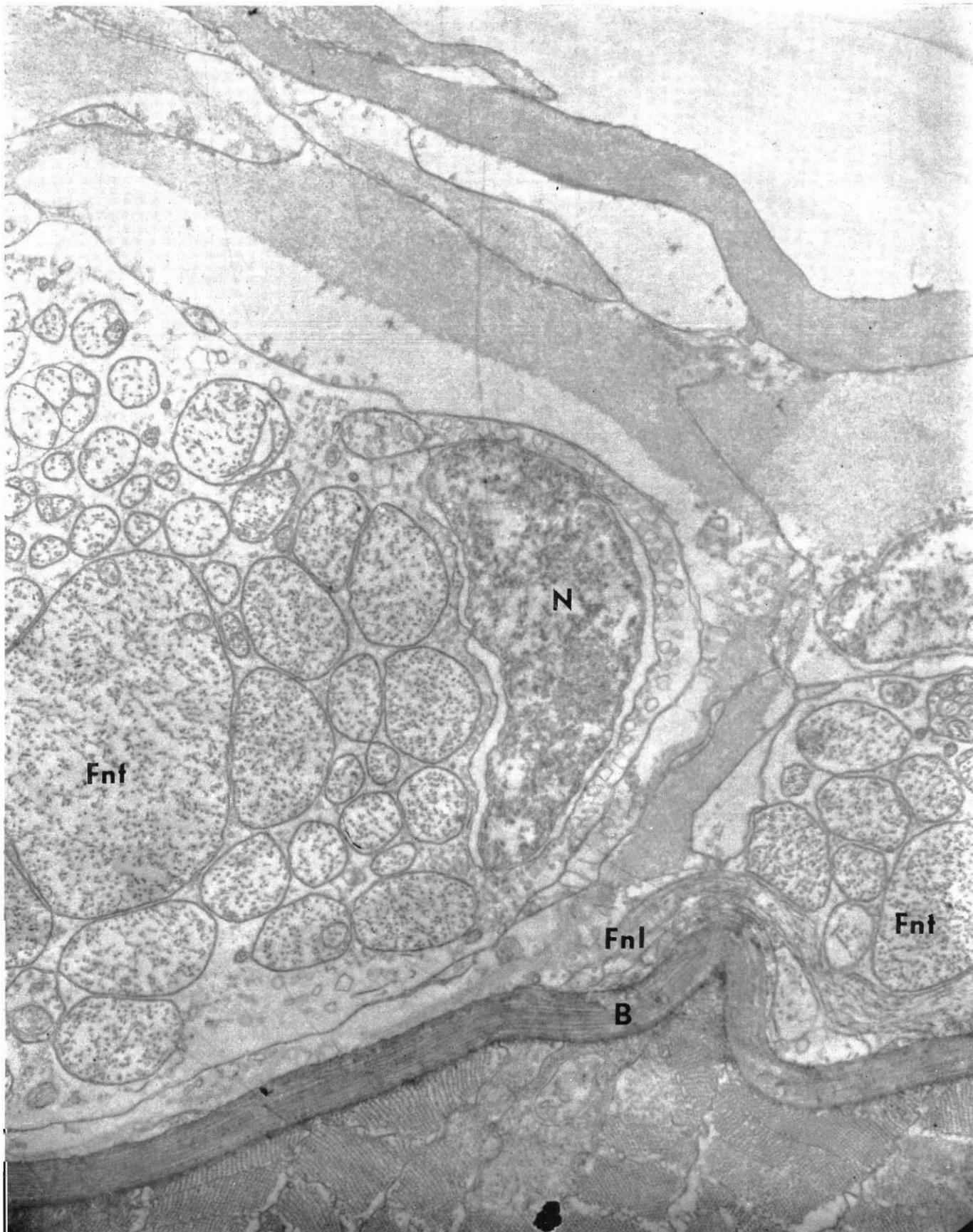


FIG. 3. — *Fibres nerveuses intraépidermiques* ( $\times 30\,000$ ). On repère au voisinage de la basale (B) deux fibres composées en section transversale (Fnt) et une fibre en coupe longitudinale (Fnl). Un noyau (N) en forme de croissant s'observe dans la région médiane.

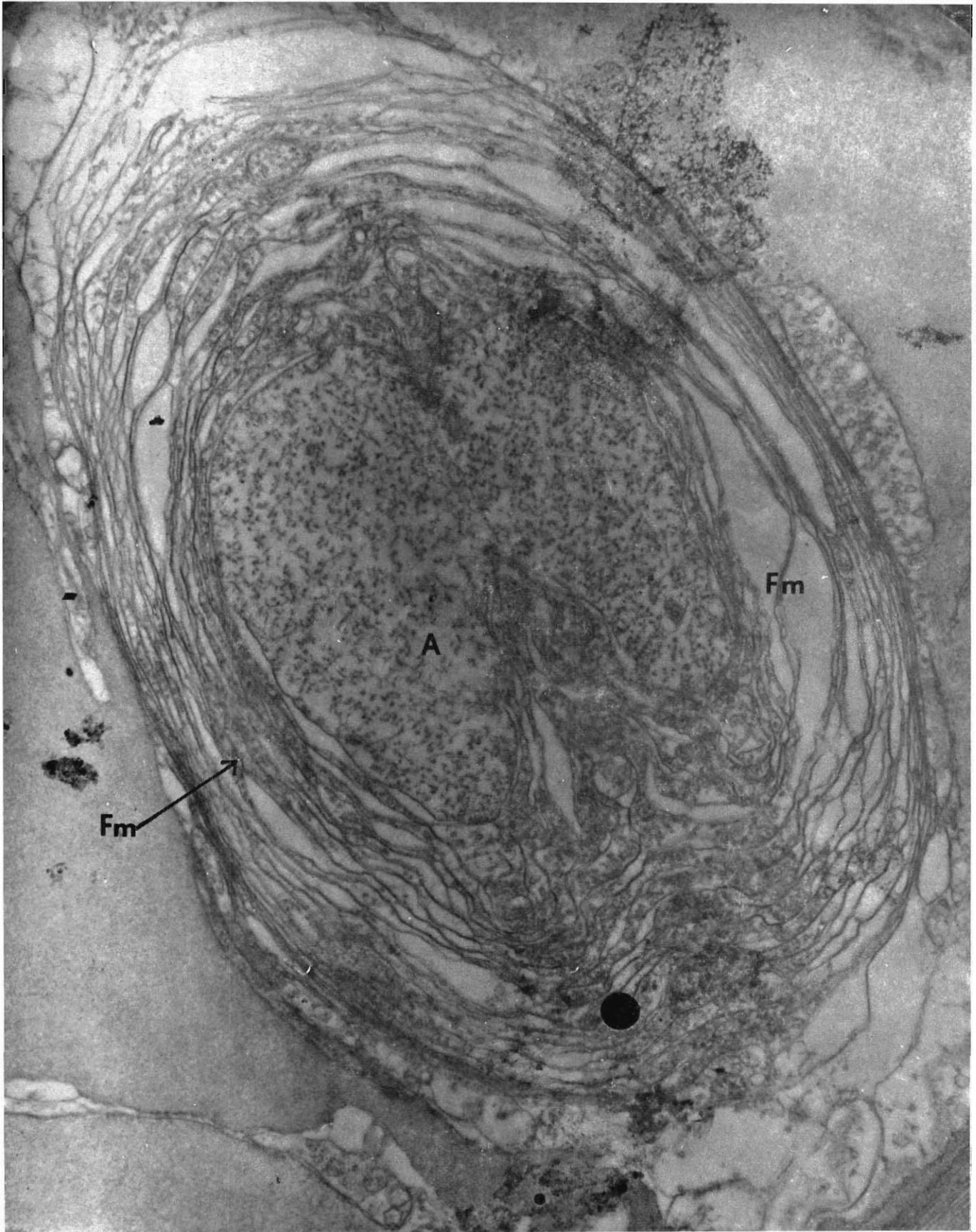


FIG. 6. — Axone au niveau d'une bifurcation, entouré de formations de type myélinique ( $\times 30\,000$ ).  
A : axone. Fm : figures myéliniques.

La figure 6, enfin, difficile à interpréter, montrerait un axone (peut-être au niveau d'une bifurcation). Les formations qui l'entourent évoquent les figures myéliniques que l'on observe autour des



FIG. 4. — Mitochondries de l'épiderme du segment caudal. On distingue les crêtes de type particulier en sphères pédicellées ( $\times 40\,000$ ).

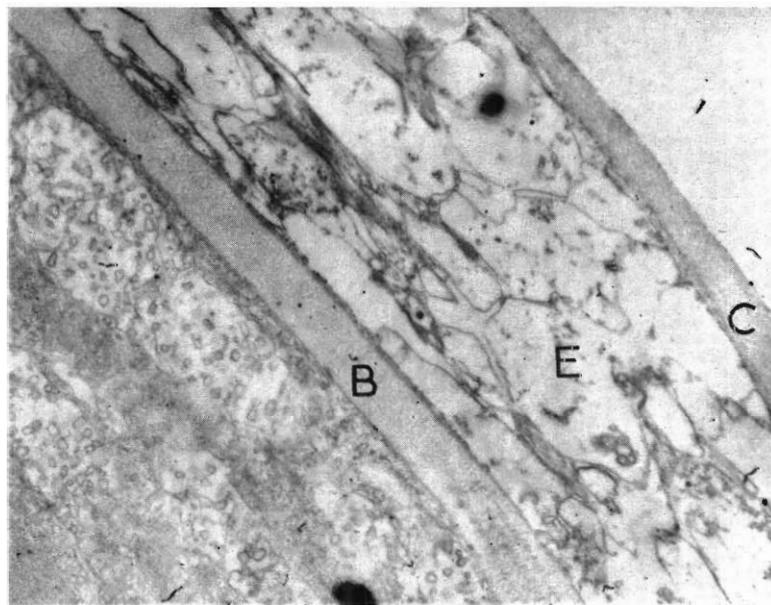


FIG. 5. — Zone cuticulaire de l'épiderme au niveau du segment caudal ( $\times 12\,800$ ). Malgré l'état défectueux du cliché, on repère la basale (B) et, à la surface de l'épiderme (E), la cuticule (C).

fibres nerveuses chez d'autres Invertébrés, les Crustacés notamment, et qui se trouvent au contact même de l'axone, alors que, dans les fibres myélinisées des Vertébrés, on a la succession axone-cellule de Schwann - myéline (GEREN et SCHMIDT, 1954).

A l'issue de ce bref commentaire, on pourra remarquer l'intérêt qu'offre l'étude de l'ultrastructure des Chaetognathes en ce qu'elle met en évidence chez ces organismes des particularités nombreuses (et dont certaines évoquent les Vertébrés), telles que pluristratification de l'épiderme, abondance des fibres nerveuses intraépidermiques, figures myéliniques, mitochondries à « sphères pédicellées », qui apparaissent sur les photographies présentées, et auxquelles on peut ajouter l'existence de quatre fibres centrales dans les flagelles des cellules sexuelles mâles.

Laboratoire de Biologie animale  
(Plancton)  
Faculté des Sciences. Marseille.

#### AUTEURS CONSULTÉS

- AFZELIUS (Björn A.), 1963. — Cilia and flagella that do not conform to the 9 + 2 pattern. — *J. Ultrastructure Res.*, **9** (3-4), p. 389-392.
- ARNAUD (J.), 1963. — Sur l'emploi de l'hématoxyline ferrique de REGAUD pour l'étude de la garniture chromosomique chez les Chaetognathes. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.*, **17** (2), p. 617-620, 1 pl.
- BEAUCHAMP (P. DE), 1960. — Classe des Chétognathes (Chaetognatha). — *In* Traité de Zoologie, Anatomie, Systématique, Biologie (P.P. GRASSÉ), **5** (2), p. 1500-1520, fig. 1371-1384.
- BORDAS (M.), 1912. — Spermatogenesis of *S. bipunctata*. — *Cellule*, Louvain, 28.
- 1914. — Reduction of chromosomes in spermatogenesis of *Sagitta*. — *Mem. Soc. Espan. nat. Madrid*, **10**.
- BURFIELD (S.T.), 1927. — *Sagitta*. — *L.M.B.C. Mem.* 28. Liverpool, *Proc. Trans. Liv. Biol. Soc.*, **42**, 1926-27.
- DALLOT (S.) et DUCRET (F.), 1966. — A propos de *S. decipiens* FOWLER et de *S. neodecipiens* TOKIOKA. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit.*, Bucarest, Com. Plancton, n° 12.
- EAKIN (R.M.) et WESTFALL (J.A.), 1964. — Fine structure of the eye of a Chaetognath. — *J. Cell Biology*, **21**, p. 115-132, 22 fig.
- FINEAN (J.B.), 1961. — Ray diffraction and electron microscope studies of nerve myelin. — *In* Electron microscopy in Anatomy. Londres, ARNOLD Edit., p. 114-125.
- FREEMAN (J.A.), 1964. — Cellular fine structure. — Mc. GRAW-HILL Book Company 21930, 198 p., 189 fig.
- FURNESTIN (M.-L.), 1957. — Chaetognathes et zooplancton du secteur atlantique marocain. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **21** (1-2), 356 p., 104 fig., 53 phot.
- GEREN (B.B.) et SCHMITT (F.O.), 1954. — The structure of the Schwann cell and its relation to axon in certain Invertebrates nerve fibers. — *Proc. Nat. Acad. Sci.*, n. s., **40**, p. 863-870.
- GHIRARDELLI (E.), 1954. — Osservazioni sul corredo cromosomico di *Sagitta inflata* GRASSI. — *Sci. gen.*, **4** (4), p. 336-343, 6 fig.
- 1956. — La regenerazione in *Spadella cephaloptera* BUSCH. — *Boll. Zool.*, **23** (2), p. 597-608, 1 pl.
- 1958. — La struttura delle pinne e la istogenesi rigenerativa in *Spadella cephaloptera* BUSCH. — *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, **31**, p. 1-14, 2 pl.
- 1959. — Osservazioni sulla deficienza dei poteri rigenerativi nei Chetognati. — *Atti. Accad. Sci. Ist. Bologna*, ser. 11, **6**, p. 1-15, 1 pl.
- 1961. — Istologia e citologia degli stade di maturita nei Chetognati. — *Boll. Pesca, Piscic. Idrobiol.*, an. 36, **15** (1), p. 5-19, 3 fig.
- 1963. — I Chetognati : affinita e posizione sistematica. — *Monit. Zool. ital.*, 70-71, p. 496-505, 1 pl.
- GHIRARDELLI (E.) et ARNAUD (J.), 1966. — Contribution à l'étude de la spermatogenèse chez les Chaetognathes. — *Arch. Zool. ital.*, **51**, p. 309-325.
- GRASSÉ (P.P.), LAVIOLETTE (P.), HOLLANDE (A.), NIGON (V.) et WOLFF (E.), 1966. — Biologie générale. — Précis de Sci. biol. (GRASSÉ). Paris, MASSON Edit., 998 p., 598 fig.
- GRASSI (B.), 1883. — I Chetognati. — *Fauna Flora Neapel*, Monogr. 5.
- HERTWIG (O.), 1880. — Über die Anatomie und Histologie der Chaetognathen. — S. B. Jena, *Ges. Med. Naturw.*
- HYMAN (L.H.), 1959. — The Invertebrates : smaller Coelomates groups. Phylum Chaetognatha. **5**, p. 1-71, 19 fig. — Mc. GRAW-HILL Book Co. Inc.
- KRUMBACH (Th.), 1903. — Über die Greifhaken der Chaetognathen. — *Zool. Jb. Syst.*, **13**, Jena.
- KÜHL (W.), 1938. — Chaetognatha. — *Akad. Verlagsges. M.B.H.*, Leipzig, 226 p., 165 fig. *In* Bronns, *Klassen u. Ord. Tierreichs*, **4** (4), B.2., T. 1.

- LAMOTTE (M.) et L'HÉRITIER (Ph.), 1965. — Biologie générale. I. Structure de la cellule. Reproduction sexuée. - -  
Coll. « Biologie » (A. OBRÉ), DOIN, 270 p., 147 fig.
- MAGNAN (C.), 1961. — Traité de microscopie électronique. — Paris, HERMANN Edit., 2, p. 651-1300, nbr. fig. et pl.
- RITTER-ZAHONY (R. v.), 1909. — Anatomie der Chaetognathen. — Zool. Ergeb., 14, Forts. Ber. Komm. Erforsch. östl. Mittelmeeres. Denksch. Ak. Wiss. Wien, 84.
- SCHARRER (E.), 1965. — The fine structure of the retrocerebral organ of *Sagitta* (Chaetognatha). — *Life Sciences*, 4, p. 923-26, 2 fig.
- SCHNEIDER (K.C.), 1902. — Lehrbuch der Vergleichenden Histologie der Tiere. — Jena.
- STEVENS (N.M.), 1903. — Ovogenesis and spermatogenesis of *Sagitta bipunctata*. — *Zool. Jb. Anat.*, 18, Jena.
- TAXI (J.), 1965. — Axones et figures myéliniques au microscope électronique. — *Ann. Sci. Nat. Zool.*, 7, 12<sup>e</sup> sér., p. 413-674.
- TUZET (O.), 1931. — Recherches sur la spermatogénèse des Chaetognathes, *Sagitta bipunctata* (Q. et G.) et *Spadella cephaloptera* (B.). — *Arch. Zool. Not. Rev.*, 71.
- VAN DEN BROEK (A.J.P.), 1952. — La classification générale des Métazoaires supérieurs et les récentes données embryologiques. — *Ann. Soc. Roy. Zool. Belgique*, 83 (1), p. 131-142, fig.
-