

50376  
1965  
98



50376  
1965  
98

FACULTE DES SCIENCES DE LILLE

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES

(Sciences Naturelles)

---

Renée OLIVIER

ETUDE ULTRASTRUCTURALE D'UN CILIE :

SPIROSTOMUM AMBIGUUM

---

Présenté le <sup>30</sup> juin 1965

devant la commission d'examen

Jury d'examen

M. DURCHON,

Président

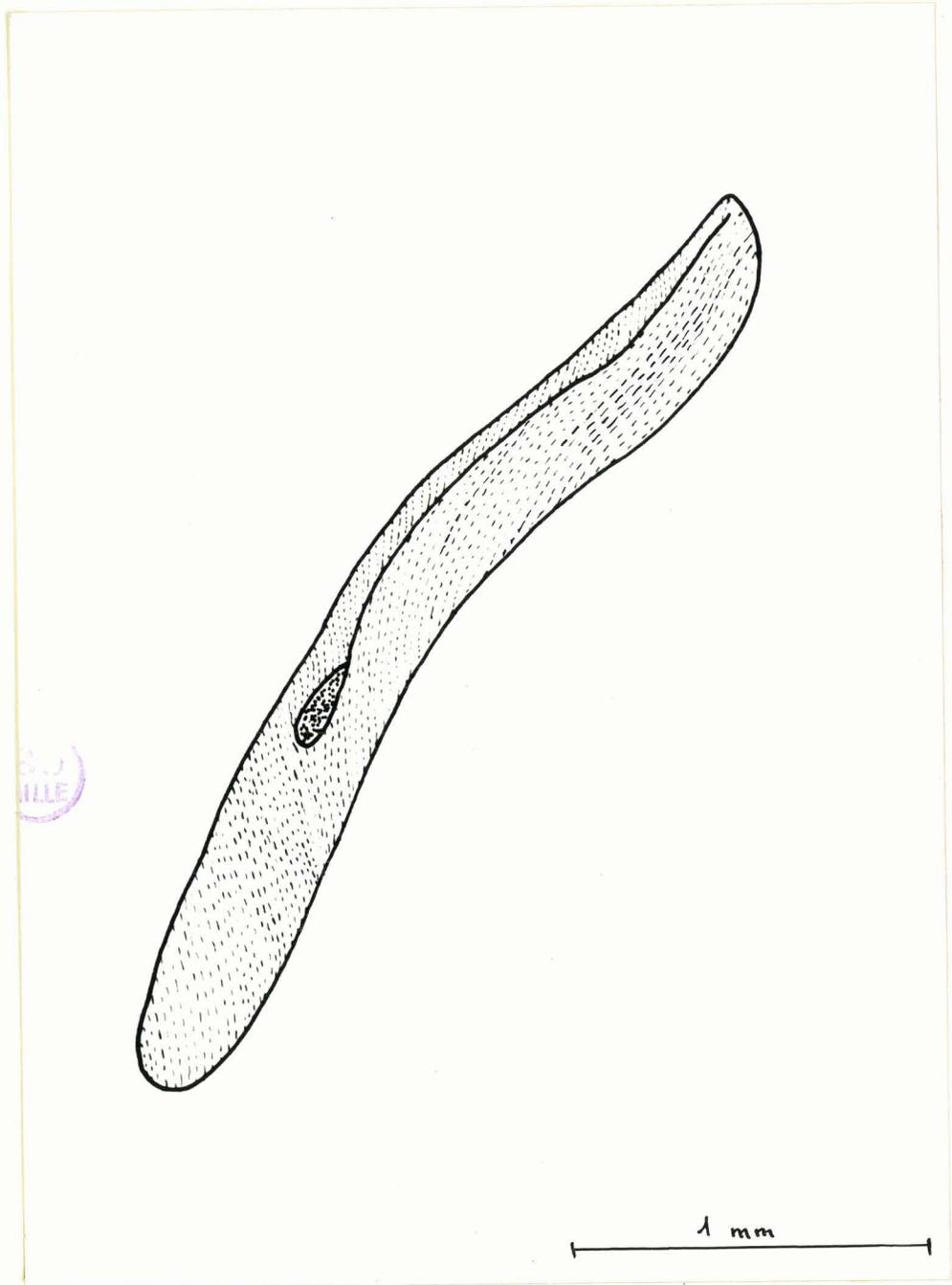
E. VIVIER,

Examineurs

F. SCHALLER,

## S O M M A I R E

HISTORIQUE .....	p. 1
MATERIEL ET METHODES .....	p. 7
A- TECHNIQUES DE MICROSCOPIE ELECTRONIQUE .....	p. 8
1- Fixation au glutaraldéhyde .....	p. 8
2- Fixation au permanganate de potassium .....	p. 9
3- Inclusions .....	p. 10
B- TECHNIQUES HISTOLOGIQUES .....	p. 11
OBSERVATIONS .....	p. 13
A- LA ZONE PERIPHERIQUE .....	p. 13
1- La membrane cellulaire et ses invaginations .....	p. 14
2- Inclusions ectoplasmiques .....	p. 15
3- Myonèmes périphériques .....	p. 15
B- LE PERISTOME .....	p. 26
1- Cils et cinétosomes .....	p. 26
2- Fibrilles péristomiennes .....	p. 27
C- LE CYTOPLASME .....	p. 36
1- Ribosomes et reticulum endoplasmique .....	p. 36
2- Mitochondries .....	p. 36
3- Appareil de Golgi .....	p. 37
4- Vacuoles et corpuscules associés .....	p. 37
5- "X Bodies" .....	p. 38
6- Fibrilles .....	p. 39
D- LES NOYAUX .....	p. 46
DISCUSSION .....	p. 53
1- Contraction et extension .....	p. 53
2- Signification des invaginations ectoplasmiques .....	p. 54
3- Nature des éléments nucléaires .....	p. 55
CONCLUSION .....	p. 56
BIBLIOGRAPHIE .....	p. 57



Spirostomum en extension

Noter le péristome se terminant au niveau de la cavité buccale,  
les crêtes et les sillons sur toute la surface du corps.

## H I S T O R I Q U E

Le Spirostome est décrit pour la première fois par STEIN en 1867. BISHOP apporte ses travaux en 1923, 1925, 1927, puis RANDALL étudie l'ultrastructure en 1957.

Les travaux plus récents nous donnent davantage de précisions, en particulier ceux de KYOZO YAGIU et YOSHINOBU SHIGENAKA en 1963, ceux de HAROLD E. FINLEY , CHARLES A. BROWN et WENDELL A. DANIEL en 1964, enfin ceux de DANIEL et MATTERN en 1965.

C'est un Cilié allongé, recouvert de rangées de cils courts suivant sensiblement une spirale en sens inverse des aiguilles d'une montre quand on le regarde de face. Une très légère stimulation mécanique le fait se contracter vigoureusement. La partie antérieure paraît être plus sensible que la partie postérieure, ceci est également vrai pour des portions de partie antérieure comparées à des portions de partie postérieure de même taille.

Les membranelles péristomiales suivent un trajet selon le sens des aiguilles d'une montre. La frange adorale commence à l'extrémité antérieure, parcourt la longueur de l'animal et commence à former une spirale avant de s'approcher du cytostome. Il n'y a pas de membrane ondulante, mais une simple rangée de cils apparaît sur la droite de la dépression formant la cavité buccale.

Le Spirostome se nourrit de bactéries ou de petits Flagellés. Les vacuoles alimentaires suivent un cycle de l'arrière vers l'avant, puis reviennent en sens inverse selon un chemin parallèle. Les déchets sont évacués au niveau d'un cytoprocte logé dans une petite dépression terminale.

La vacuole contractile est située dans la partie postérieure du corps ; elle est alimentée par un long canal dorsal venant de la partie antérieure.

Le noyau se compose d'un macronoyau et de micronoyaux : le macronoyau en forme de chapelet parcourt le Spirostome d'une extrémité à l'autre ; les micronoyaux sont répartis assez irrégulièrement dans le cytoplasme, s'alignant cependant avec le macronoyau.

Toutes ces descriptions ont été faites dès 1867 par STEIN.

Le microscope électronique a permis d'aborder l'ultrastructure ; le système fibrillaire a été plus spécialement étudié et interprété de diverses façons.

De nombreuses observations ont été faites par FINLEY, BROWN et DANIEL (1964).

La région périphérique est composée d'une série de crêtes et de sillons formés par des expansions de l'ectoplasme. La limite entre l'ectoplasme et l'endoplasme est marquée par la présence d'éléments fibrillaires qui ne paraissent pas continus. Ce seraient les "M bands" décrites par RANDALL et JACKSON (1958) et "the contractile fibrillar system" de YAGIU et SHIGENAKA (1963). Les mitochondries se présentent en grand nombre dans l'ectoplasme ; dans celui-ci apparaissent également de nombreux corps dont il est possible de décrire une structure interne ; ils ne ressemblent à aucun autre composant ectoplasmique connu chez les Ciliés.

Le corps du Spirostome est bordé par deux membranes très minces. D'après DANIEL (1964), la membrane externe est probablement une membrane appelée "unit membrane".

Les cils occupent trois zones : les sillons ectoplasmiques, le péristome et la cavité buccale. Ils ont une structure commune bien qu'ils occupent des aires différentes et qu'ils remplissent des fonctions distinctes. Le cil est classiquement enfermé dans une gaine en continuité avec la membrane ; il comporte neuf groupes de fibrilles périphériques et deux fibrilles centrales.

DANIEL distingue quatre systèmes fibrillaires : Le premier complexe est formé de rangées distinctes de fibrilles tubulaires situées dans la portion basse de la crête ectoplasmique, les fibrilles sont rassemblées de manière à former trois couches, l'une d'entre elles semble être attachée à la membrane la plus interne de la surface du corps. Ce système porte le nom de "lateral ectomyonemes" pour DANIEL (1964) et de "longitudinal fibrillar bundle" ou "L.F.B." pour YAGIU et SHIGENAKA (1963). D'après ces auteurs, les 6 à 10 couches fibrillaires formant le "L.F.B." proviendraient du même nombre de corps basaux d'une rangée : un groupe de fibrilles quitte la partie inférieure de chaque corps basal, effectue un parcours vers l'arrière et vient finalement rejoindre le "L.F.B."

Le second système fibrillaire est constitué de fibrilles situées sous la membrane interne. Les fibrilles suivent les contours des crêtes cytoplasmiques, ce qui les fit appeler "the peripheral ectomyonemes".

Le troisième système porte le nom de "adoral ectomyonemes". Il consiste en un ensemble de cordons reliant les cinétosomes (~~en forme d'éventail~~) des membranelles adorales et se présente sous la forme d'un éventail.

Le quatrième complexe fibrillaire est formé de filaments constituant une bande située à la jonction de l'ectoplasme et de l'endoplasme. Il fut nommé respectivement "endomyoneme complex" par DANIEL (1964), "contractile fibrillar system" par YAGIU et SHIGENAKA (1963), "neurophane and myophane" par NERESCHEIMER (1903), "Längsmyoneme und zonale myoneme" par MAIER (1903), "Myonemfäden" par WETZEL (1925). Il apparaît sous forme d'un réseau fibreux s'étendant dans toutes les directions au niveau de la séparation ectoplasme-endoplasme. La longueur de ces fibrilles est apparemment variable. Ce complexe serait en relation intime avec un système de vacuoles de taille différente limitées par une membrane. La vacuole est aplatie ou a perdu sa membrane dans l'aire de contact.

FINLEY, BROWN et DANIEL ont constaté l'existence de corps sphériques non identifiés, denses aux électrons, dispersés dans tout le corps de l'animal mais plus nombreux au niveau des crêtes. Ils appartiennent à trois catégories. Les uns ont une organisation interne compliquée : ils sont formés de petits grains rassemblés sans membrane limitante. Les autres contiennent des granules géométriques très denses aux électrons et des particules moins denses, le tout limité par une membrane. Ils notent aussi la présence de sphères sans structure interne.

Enfin, ils ont décrit des plis prenant naissance dans le plancher du sillon formant le péristome. Leur section montre qu'ils contiennent des fibrilles tubulaires. Il reste à déterminer s'ils se constituent à la contraction résultant de la fixation de l'animal.

Des travaux récents de DANIEL et MATTERN nous donnent des précisions sur la nature des relations entre les cinétosomes du péristome et le système tubulaire sous-jacent.

La portion distale du cil présente neuf doublets périphériques et deux tubules centraux. Quand les sections sont plus profondes, c'est la plaque distale du cinétosome, donnant naissance aux tubules centraux, qui se trouve au centre, ceci au niveau du plancher du péristome. Au-dessous, les neuf triplets sont apparents. La plaque proximale du cinétosome représente la portion la plus profonde du cinétosome. Sous cette plaque furent observés des paquets de tubules creux en continuité avec les plaques de deux des trois rangées de cils d'une membranelle. Ces tubules sont au nombre de dix ou onze disposés en deux rangées, l'une en comprenant six ou sept et la seconde quatre. Il n'a pas été prouvé si la troisième rangée de cils était ou non dans le même plan que les deux autres.

Les deux lignes de tubules convergent pour donner un ensemble plus grand en pénétrant dans la profondeur de l'endoplasme et effectuer un parcours plus ou moins parallèle au péristome alors qu'il lui était à peu près perpendiculaire.

De temps à autre, des tubules alignés, sans relation apparente avec les précédents, furent observés à l'intérieur de l'endoplasme.

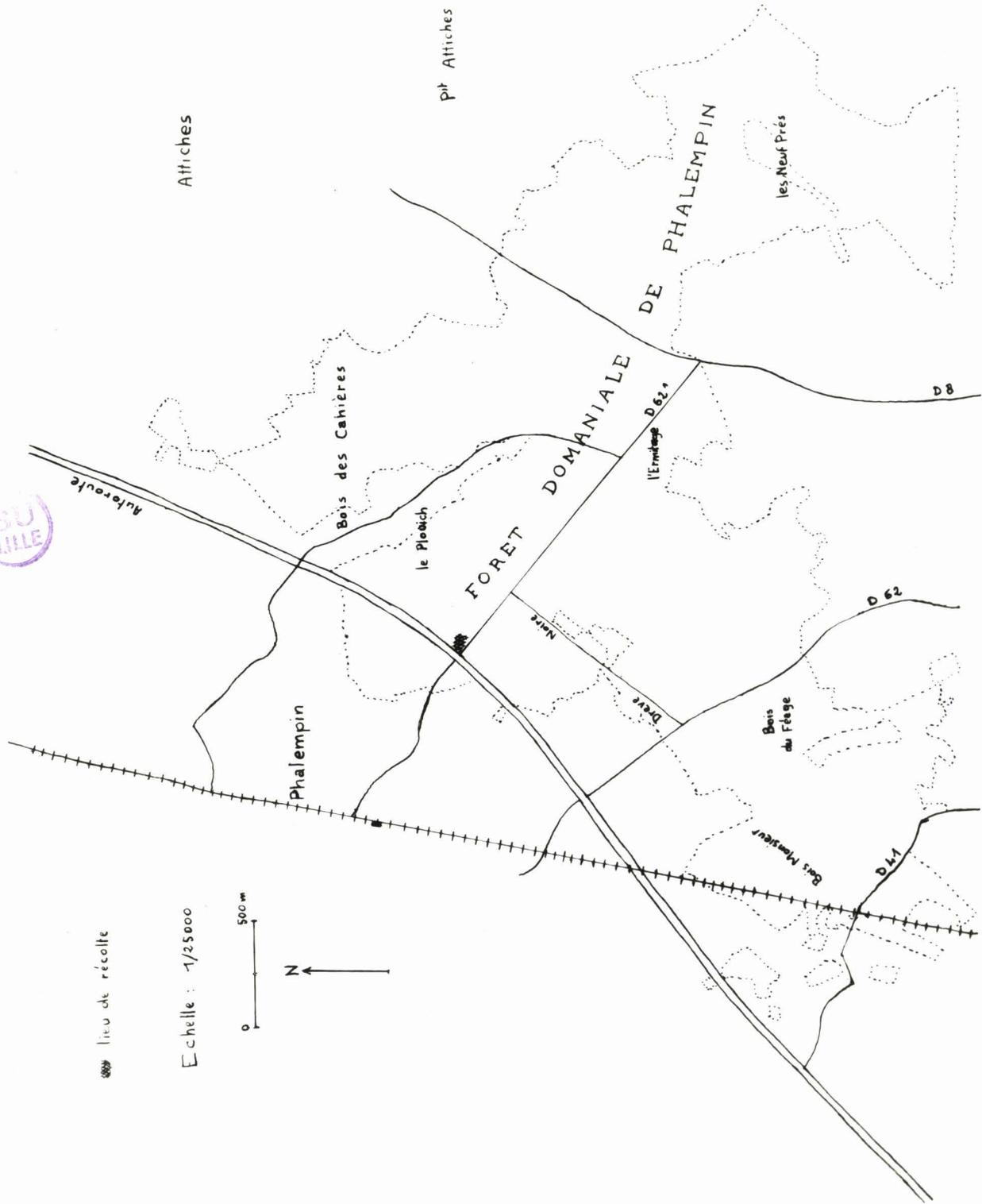
Chez le Spirostome, les fibrilles semblent donc constituer un ensemble complexe que les auteurs ont identifié en les désignant de diverse manière. Les fonctions attribuées aux différents systèmes ne sont pas toujours les mêmes : pour YAGIU et SHIGENAKA (1963), les fibrilles constituant "the longitudinal fibrillar bundle" ont plutôt un rôle dans la conduction et la coordination qu'un rôle dans la contraction, tandis que les fibrilles séparant l'ectoplasme de l'endoplasme représenteraient les éléments contractiles. D'autre part, pour DANIEL, le système tubulaire superficiel pourrait être considéré comme le système contractile par analogie avec "the hm fibers" du Stentor. MAIER (1903) a décrit "the Ringmuskelschicht" séparant l'ectoplasme de l'endoplasme, mais ne lui a pas conféré le rôle de contraction.

Les auteurs ne sont tenus à décrire surtout les systèmes fibrillaires qui semblent former une partie importante du Spirostome, mais ne se sont pas beaucoup attardés sur le noyau, ni sur la structure cytoplasmique. Ainsi, nous allons essayer de donner une étude d'ensemble de l'ultrastructure du Spirostome.



lieu de récolte

Echelle : 1/25000



## MATERIEL ET METHODES

Les Spirostomes sont des Ciliés habitant les mares où s'accumulent des débris végétaux. Les spécimens ayant servi à l'étude furent prélevés dans une petite mare de la forêt de Phalempin dont nous localisons l'emplacement sur la carte ci-contre. D'autres mares, situées aux alentours de St Omer et de Montreuil-sur-Mer furent au préalable prospectées, mais aucune d'entre elles ne semblait héberger de Spirostomes.

Ils appartiennent dans la classe des Ciliés à la sous-classe des Spirotriches caractérisés par une zone adorale composée de nombreuses membranelles ; plus particulièrement à l'ordre des Hétérotriches chez qui l'on rencontre une ciliature uniforme et à la classe des Spirostomidés placée à côté de celle des Stentoridés. Ce sont des Ciliés du genre Spirostomum et de l'espèce ambiguum.

Nous les trouvons sous forme de petits amas blancs à la surface de l'eau et ils se dispersent très rapidement lorsqu'ils sont inquiétés. Ils ont l'aspect de bâtonnets blancs de 2 à 3 mm de long, de section cylindrique. Ils sont munis d'un très grand pouvoir de contraction : contractés, ils prennent la forme d'un tonnelet, plus ou moins effilé tout de même à chaque extrémité.

Il est facile de les cultiver en laboratoire. Après les avoir isolés convenablement afin de les séparer des autres organismes et des particules étrangères, nous les plaçons dans des tubes contenant du bouillon de laitue additionné de suspension bactérienne : *Klebsiella aerogenes*. Le bouillon de laitue est renouvelé régulièrement; quelques gouttes de suspension bactérienne sont ajoutées environ toutes les semaines dans chaque tube après avoir enlevé l'ancien voile bactérien. Ainsi, nous obtenons une multiplication asexuée des Spirostomes dont nous n'avons pas suivi exactement le déroulement, mais nous avons remarqué qu'elle se faisait mieux s'ils étaient placés en assez grande quantité au départ, une dizaine au moins et si l'on renouvelait souvent le milieu.

A - TECHNIQUES DE MICROSCOPIE ELECTRONIQUE

1- Fixation au glutaraldéhyde

a- Produits utilisés :

1- Phosphate monosodique :  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  , 2  $\text{H}_2\text{O}$  PM = 156

sel : 62,4 g

eau distillée : Q.S. 1 l

2- Phosphate disodique :  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  , 12  $\text{H}_2\text{O}$  PM = 358

sel : 143,2 g

eau distillée : Q.S. 1 l

3- Solution stock pH = 7,25

solution 1° : 16 cc

solution 2° : 34 cc

4- Sucrose :

sucrose : 111,2 g

eau distillée : Q.S. 1 l

5- Liquide de lavage

solution stock : 1 partie

sucrose : 3 parties

b- Technique de la fixation

1- Glutaraldéhyde :

solution stock : 1 partie

gluta commercial : 1 partie

eau distillée : 2 parties

Fixation 1 h 30 à 2 h à 4° C

2- Lavage :

1 nuit à 4° C

3- Acide osmique dans le tampon :

1 h 30 à 4° C

Nous utilisons l'acide osmique tamponné Millionig 2 %.

Mélange tampon :

Solution A : 2,26 %  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 - 2 \text{H}_2\text{O}$

Solution B : 2,52 % NaOH

Solution C : 5,4 % glucose

Solution D : 41,5 cc Sol. A + 0,5 cc Sol. B

Fixateur :

22,5 cc sol. D + 2,5 cc sol. C + 0,5 g  $\text{OsO}_4$

Le flacon compte-gouttes dans lequel nous préparons le fixateur est lavé à l'acide sulfo-chromique afin d'éliminer toutes matières organiques.

## 2- Fixation au permanganate de potassium

a- Produits utilisés :

1- Solution acétique :

acétate Na : 9,5 g

eau distillée : Q.S. 500 cc

2- Solution véronal :

véronal sodique : 12,5 g

eau distillée : Q.S. 500 cc

3- Solution HCl :

HCl max. : 8 cc

eau distillée : 1 000 cc

4- Tampon Falade :

10 cc sol. 1 + 10 cc sol. 2 + 10 cc sol. 3

+ 20 cc  $\text{H}_2\text{O}$

5- Solution de  $\text{MnO}_4 \text{K}$

$\text{MnO}_4 \text{K}$  : 1,2 g

eau distillée : 100 cc

b- Technique de la fixation :

Le fixateur est obtenu de la manière suivante : 1/2 volume  $MnO_4K$  + 1/2 volume tampon Palade. La fixation a lieu pendant 1 heure à 0° et à un pH de 7,4.

### 3- Inclusions

Déshydratation :

- alcool 70° : 2 fois 5'
- alcool 90° : 2 fois 5'
- alcool absolu : 2 fois 10'
- alcool absolu bidistillé : 3 fois 20'

Puis - oxyde de propylène : 2 fois 30'

- oxyde de propylène + mélange final : 1 h
- mélange final : 2 h

Nous obtenons le mélange final de la manière suivante :

mélange A :

Epon 812 : 62 cc

Dodecenyl Succinic Anhydride (DDSA) : 100 cc

mélange B :

Epon 812 : 100 cc

Méthyl Nadic Anhydride (MNA) : 89 cc

Mélange final : 18 cc A + 15 cc B = 0,6 DMF 30

Ensuite, nous faisons les inclusions dans des capsules sèches et nous mettons polymériser à 60° pendant 72 h.

Nous effectuons les coupes à l'ultratomme L.K.B. Enfin, nous utilisons les colorations à l'hydroxyde de Plomb et à l'acétate d'uranyle selon les grilles :

G<sub>1</sub> G<sub>2</sub> G<sub>3</sub> G<sub>4</sub> : coloration au Plomb selon Karnowsky (méthode A) 10'

G<sub>5</sub> : acétate d'uranyle en solution aqueuse à 5 % : 1 h + Pb 10'

G<sub>6</sub> : acétate d'uranyle 1 h + Pb 6'

G<sub>7</sub> : acétate d'uranyle 1 h + Pb 3'

G<sub>8</sub> : Pb 10'

Les grilles de G<sub>1</sub> à G<sub>7</sub> ont été fixées au glutaraldéhyde avec la postfixation à l'acide osmique et G<sub>8</sub> au permanganate de potassium.

## B - TECHNIQUES HISTOLOGIQUES

Nous utilisons la fixation au Bouin alcoolique. Les organismes une fois fixés, nous réalisons des microinclusions mixtes gélose-paraffine ; nous déposons sur les microinclusions de gélose une goutte de vert lumière, ce qui nous permettra de les repérer aisément lorsque nous les mettrons dans la paraffine. Après avoir constitué les blocs de manière à ce que la gélose affleure sur ses bords latéraux, nous exécutons les coupes à 6 .

### 1- Réaction de Feulgen

Une hydrolyse modérée par HCl sépare les bases puriques de l'acide désoxyribonucléique qui présente des réactions d'aldéhyde. Il recolore la fuchsine basique décolorée par l'acide sulfureux. Nous procédons à une coloration de fond par le picro-indigo carmin.

### 2- Periodic Acid Schiff

Nous utilisons la méthode acide périodique Schiff et la coloration de fond par le picro-indigo carmin.

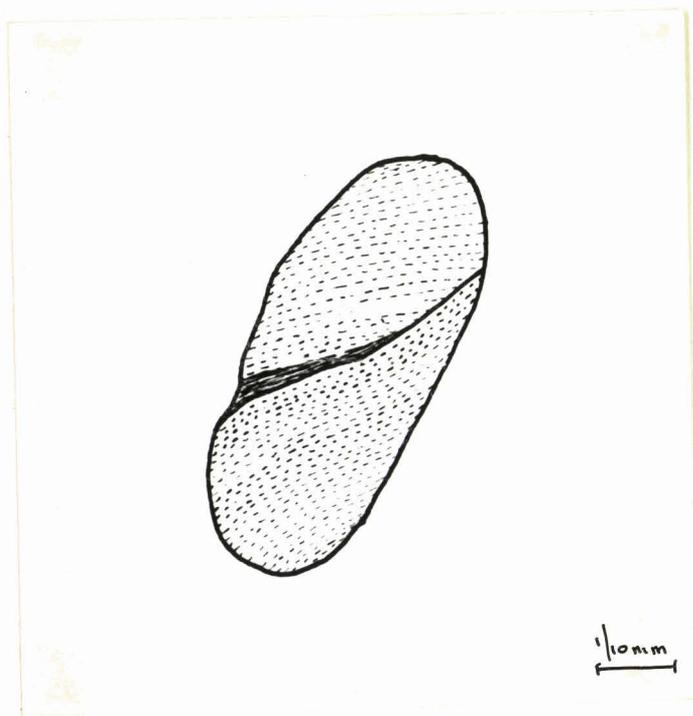


Schéma de Spirostomum contracté.  
Noter le péristome, les crêtes et les sillons.

## OBSERVATIONS

L'étude que nous nous proposons de faire sur *Spirostomum ambiguum* mettra en évidence les différents éléments de l'animal sous sa forme contractée ; en effet, lors de la fixation, il se contracte violemment, et sa longueur diminue des 3/4 par rapport à sa longueur dans la forme en extension ; c'est ce que nous montre la photo ci-contre après fixation au glutaraldéhyde. De plus, le péristome apparaît nettement selon une ligne hélicoïdale et le corps montre une striation régulière représentant les crêtes et les sillons tous parallèles entre eux, mais dans une direction presque perpendiculaire à celle du péristome.

Une vue d'ensemble nous fait apparaître plusieurs zones que nous étudierons successivement : d'abord, la zone périphérique se distinguant nettement du reste du corps - nous consacrerons une étude particulière au péristome caractérisé par la présence de nombreux cils-, puis le cytoplasme avec ses différents organites, enfin, les noyaux.

### A - LA ZONE PERIPHERIQUE

Une coupe longitudinale d'une extrémité (fig. 1) nous montre une vue générale de la structure interne. Une zone périphérique se détache de l'ensemble du cytoplasme. Nous appellerons le cytoplasme qui la constitue ectoplasme par opposition à l'endoplasme formant la partie interne.

L'ectoplasme constitue un ensemble de crêtes et de sillons répartis sur toute la surface du corps. Les sillons sont profonds et assez étroits. Ils ont une largeur de 0,8 à 1  $\mu$  tandis que les crêtes mesurent environ 2  $\mu$  (fig. 5). Une coupe tangentielle de cette zone (fig. 5) indique une dyssymétrie dans l'allure du contour des crêtes : une face de la crête présente un contour rectiligne, l'autre

un contour sinueux et marqué par de nombreuses encoches que nous décrirons plus loin. Dans le fond de chaque sillon prennent naissance des cils (fig. 1 - 4) disposés très régulièrement dans chacun des sillons d'une part et d'un sillon à l'autre d'autre part (fig. 5).

#### 1- La membrane cellulaire et ses invaginations

La paroi cellulaire (fig. 3) est formée de deux membranes, chacune représentant ce que l'on appelle d'une manière conventionnelle "unit membrane", d'une épaisseur de 75 à 80 Å et constituée de 2 feuilletts classiques séparés d'un espace clair. Ces deux membranes sont éloignées l'une de l'autre de 160 Å : l'espace intermembranaire est transparent aux électrons.

De place en place, sur les crêtes, et très souvent dans la profondeur des sillons, la paroi cellulaire s'invagine et devient simple ; en effet, à ce niveau, la membrane externe seule se prolonge pour former la paroi de l'invagination, et la membrane interne s'interrompt (Fig. 2-3-4). Ces invaginations sont de contour irrégulier, cependant de forme générale sphérique avec un diamètre de 0,6  $\mu$ .

Nous avons donc de nombreuses vésicules ouvertes en surface, tantôt vides, tantôt remplies de débris. Elles peuvent nous faire penser aux pores cuticulaires signalés par FAURE-FREMIET (1962) chez *Epistylis anastatica* : Cilié Pérित्रिचे ; ces pores existent tout autour de l'animal et seraient le siège d'une phagocytose. Des vésicules analogues furent également signalées par VIVIER (1964) chez une Grégarine du genre *Selenidium* ; elles pourraient être interprétées dans l'hypothèse d'un cycle alimentaire. D'autre part, CHEISSIN (1962) indique chez *Colpodium colpoda* : Cilié Holotriche la présence de nombreuses ampoules sécrétant une substance mucœide à travers les pores de la pellicule. Il nous semble préférable de retenir cette interprétation définissant une sécrétion car le phénomène de phagocytose semble peu probable chez *Spirostomum* qui possède une cavité buccale.

## 2- Inclusions ectoplasmiques

L'ectoplasme est très riche en ribosomes libres, uniformément répartis (fig. 2) ; de place en place, ils se groupent pour former des amas plus denses.

Les mitochondries apparaissent très nombreuses dans l'ectoplasme dans lequel elles sont disposées en ligne (fig. 5). Nous les décrirons dans le chapitre concernant le cytoplasme.

Nous observons également des inclusions plus ou moins opaques aux électrons de 0,1 à 0,2  $\mu$  (fig. 3) ; elles sont constituées d'un ensemble de granules dont le nombre plus ou moins grand doit entraîner la différence d'opacité. Aucune membrane ne les délimite. Ces granules pourraient constituer des réserves, ce qui semble confirmé par le fait qu'une coloration au P.A.S. révèle la présence de polysaccharides denses dans toute la zone périphérique ; de plus, cette coloration met aussi des polysaccharides en évidence dans l'endoplasme ; ils y sont répartis sous la forme d'un réseau et nous retrouvons ces mêmes granules disséminés au hasard dans l'endoplasme.

D'autres éléments sont à signaler dans la zone périphérique ; ce sont des organites appelés "X-Bodies" par DANIEL ; nous les trouvons en assez grand nombre mais ils sont aussi présents dans l'endoplasme où nous les étudierons.

Des vacuoles sont logées sous la membrane cellulaire ; elles sont allongées, limitées par une seule membrane et suivent les contours de la surface des crêtes. Il ne semble pas qu'elles soient en rapport avec les invaginations signalées précédemment car elles sont dépourvues de tout contenu.

## 3- Myonèmes périphériques

Au sommet des crêtes, entre la paroi cellulaire et ces vacuoles, nous observons des sections de fibrilles (fig. 1-2-3-4) correspondant aux "peripheral ectomyonemes" de DANIEL (1964). Elles sont tantôt disposées en une ligne régulière, sous la membrane, tantôt en quinconce. Ces fibrilles périphériques ont un diamètre de 250 Å environ, elles sont constituées d'une membrane très opaque

limitant un espace clair.

D'autres fibrilles sont logées à la base des crêtes ectoplasmiques (fig. 1-2-3-4) ; elles représentent les "lateral ectomyonemes" signalées par DANIEL. Elles sont disposées selon 7 à 10 rangées et dans certains cas, celles-ci semblent groupées 2 par 2. Leur diamètre est sensiblement le même que celui des fibrilles périphériques. La rangée la plus externe des fibrilles latérales semble se prolonger sous la paroi cellulaire en se substituant à la membrane la plus interne (fig. 3-4), mais elle doit simplement se superposer à cette dernière.

Des cinétosomes formant la base des cils logés dans le fond des sillons part un ensemble de fibrilles (fig. 6-7) de  $240 \text{ \AA}$  de diamètre environ. Il est à noter que les cils sont rangés en une file dans chaque sillon mais qu'ils ne sont pas groupés, et cependant, nous observons toujours la présence de deux cinétosomes. Les fibrilles partant d'une paire de cinétosomes rejoignent celles qui proviennent des cinétosomes placés dans un autre plan et nous obtenons ainsi un paquet de fibrilles toutes parallèles entre elles ; ce seraient elles qui à la base des crêtes viendraient constituer les fibrilles latérales. Il est possible que les fibrilles périphériques aient aussi leur origine dans ces fibrilles naissant à la base des cinétosomes ; à un certain niveau, celles-ci se dichotomiseraient, une partie viendrait à la base des crêtes former les fibrilles latérales et la seconde parcourrait les crêtes sous la membrane formant les fibrilles périphériques.

Une structure périodique caractérise toutes les fibrilles provenant des cinétosomes. Nous pouvons en effet observer une striation transverse (fig. 7) montrant une périodicité d'environ  $150 \text{ \AA}$ . Une telle striation est remarquée par GRIMSTONE et CLEVELAND (1965) dans l'axostyle de certains flagellés ; ces auteurs notent en plus l'existence de connexions entre les différentes fibres de l'axostyle, ce que nous n'observons pas ici entre les fibrilles en coupe longitu-

dinale. Ils signalent d'autre part la similitude entre ces fibres axostylaires et les deux fibrilles centrales du flagelle. VIVIER (1965) remarque une striation transversale habituellement oblique dans les fibrilles longitudinales tubulaires constituant les myonèmes de *Selenidium*. La striation des fibrilles semble donc être un élément acquis.

Une coupe tangentielle (fig. 7) nous montre dans les crêtes, en face de chaque cil, des sections transversales de fibrilles au nombre de 7 à 9, sur l'autre face de la crête, nous observons des fibrilles en coupe longitudinale représentant les fibrilles périphériques décrites précédemment. Il est difficile d'interpréter ces fibrilles situées en face des cils car elles devraient apparaître en coupe longitudinale en section transversale ou oblique, ce qui n'est pas le cas.

Enfin, la zone périphérique est séparée du reste du cytoplasme par une épaisse couche de fibrilles que nous appellerons endomyonème. Ces fibrilles sont très minces : leur diamètre est de 50 Å ou moins, il n'apparaît en aucun cas de sections transversales, ce qui ne nous permet pas de dire qu'elles forment comme les fibrilles latérales et périphériques des tubules creux. Elles sont de densité moyenne aux électrons et dans certains cas, elles semblent s'orienter parallèlement les unes par rapport aux autres. Elles représentent pour YAGIU et SCHIGENAKA les éléments contractiles de *Spirostomum*.



Fig. 1 - Coupe longitudinale d'une extrémité montrant une vue  
d'ensemble  $G_6$  - x 12.000



Fig. 2 - Structure d'ensemble de la zone périphérique.

ect : ectoplasme - end : endoplasme - p : paroi - f.p : fibrilles périphériques - f.l : fibrilles latérales - e : endomyonème - v.s.p : vacuole sous-pelliculaire - m : mitochondrie - g : granule de réserve - i : invagination.

G<sub>1</sub> - x 15.000

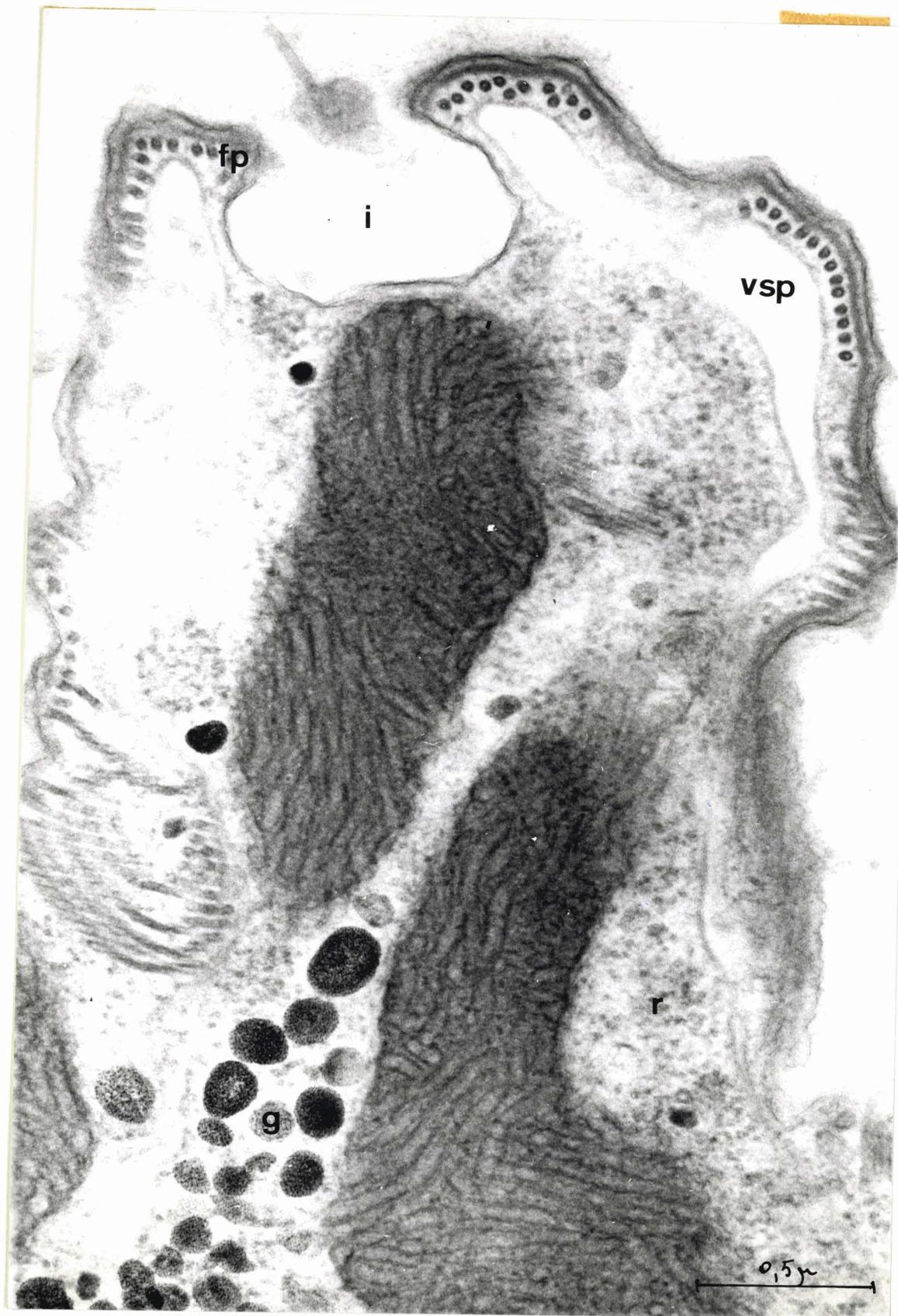


Fig. 3 - Section d'une crête à fort grossissement. Noter les 2 "unit membranes".

f.p : fibrilles périphériques - i : invagination - v.s.p : vésicule sous-pelliculaire - r : ribosomes - g : grains de réserve.

G<sub>2</sub> x 60.000



Fig. 4 - Section de la zone périphérique montrant que la rangée la plus interne de fibrilles latérales paraît se substituer à la membrane interne de la paroi.

G<sub>7</sub> x 30 000

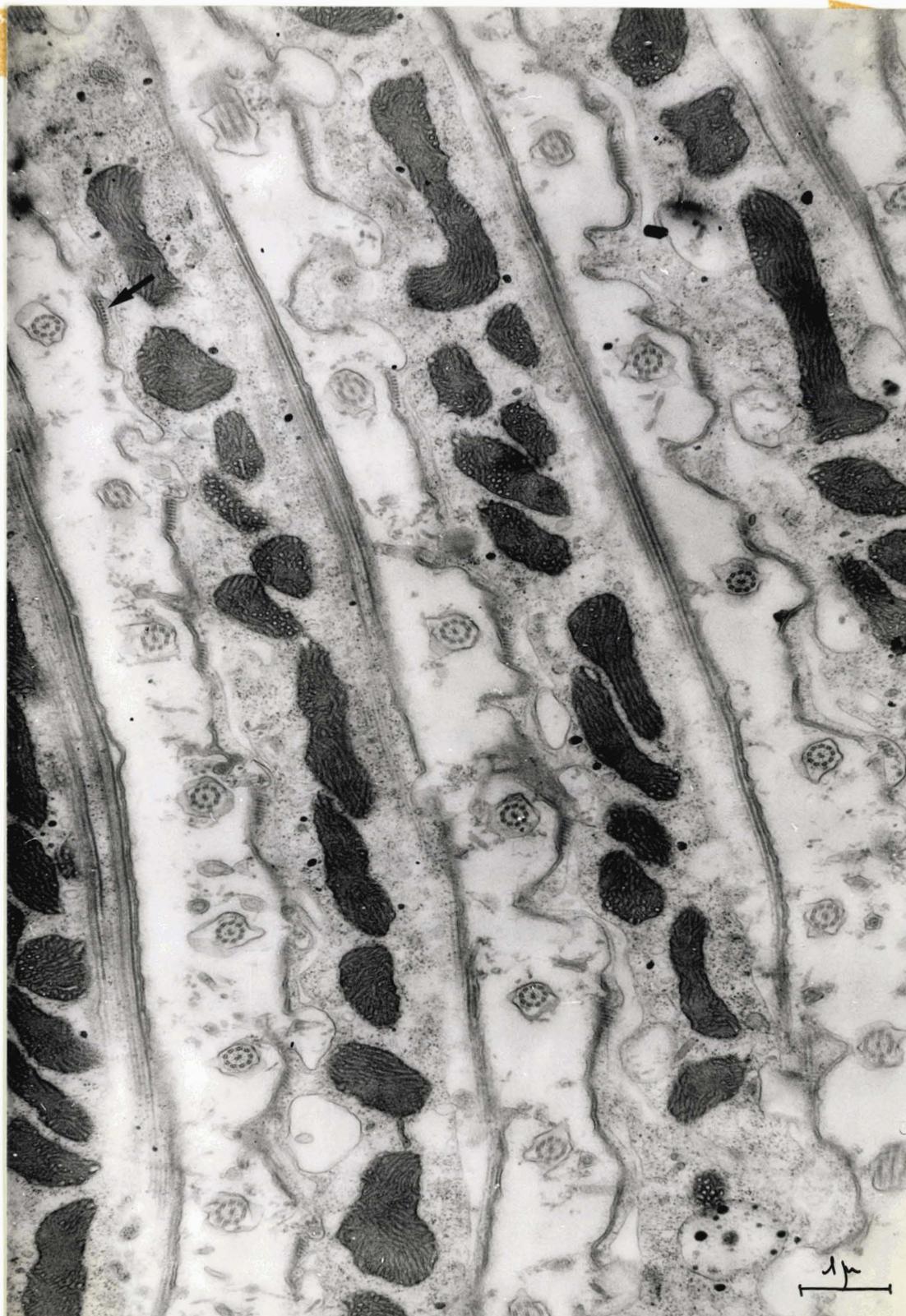


Fig. 5 - Coupe tangentielle. Noter la dyssymétrie des 2 faces de la crête et les fibrilles en C.T. situées sous chaque cil (flèche)

G<sub>4</sub> - x 15 000



Fig. 6 - Coupe montrant le départ des fibrilles au niveau des cinétosomes (flèche)

p.d : partie distale du cinétosome

p.p : partie proximale

G<sub>7</sub> - x 15.000



Fig. 7 - Coupe mettant en évidence la structure périodique des fibrilles dérivant des cinétosomes (flèche)

G<sub>3</sub> x 30 000

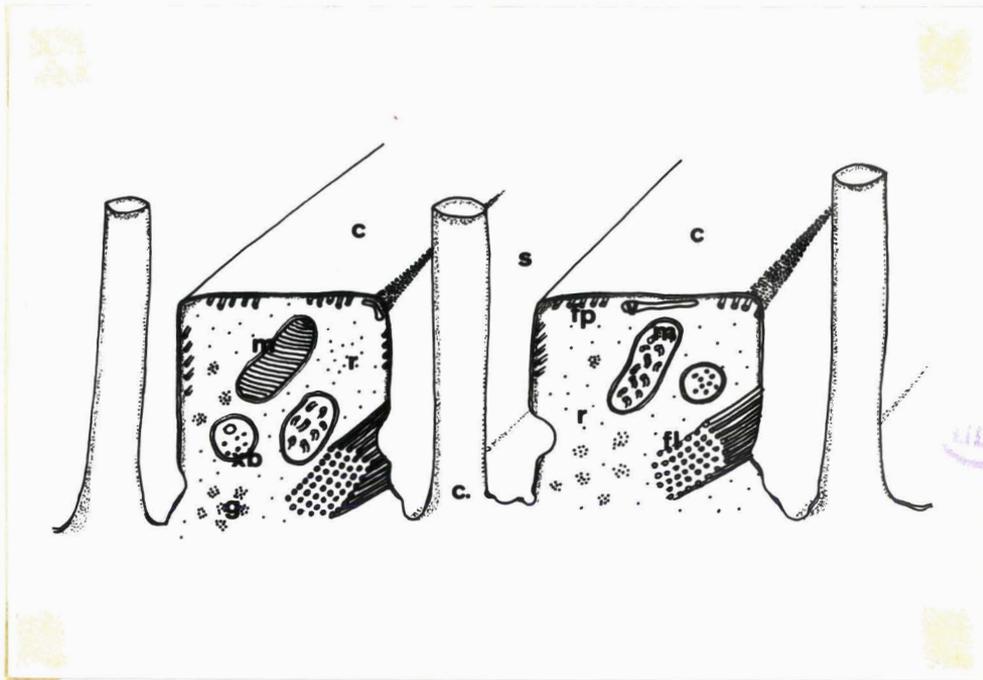


Diagramme de la zone périphérique.

- |                           |                |          |
|---------------------------|----------------|----------|
| c : crête                 | s : sillon     | c. : cil |
| m : mitochondrie          | x.b : "X body" |          |
| f.l : fibrilles latérales | v : vacuoles   |          |
| g : granules de réserves  | r : ribosomes  |          |

## B - LE PERISTOME

Une vue externe de Spirostomum montre une ligne en hélice caractérisée par un grand nombre de cils disposés de manière à former des membranelles ; elle constitue le péristome : sillon prenant naissance à la partie antérieure du corps, suivant un parcours selon une spirale senestre et se terminant à la cavité buccale. La grande quantité de cils nous invite à étudier leur structure ainsi que celle de leurs cinétosomes.

### 1- Cils et cinétosomes

La gaine entourant le cil est en prolongement de la membrane externe de la paroi cellulaire comme nous l'indique une coupe longitudinale des cils (fig. 3). Elle est très dense aux électrons et paraît légèrement plus épaisse que la membrane avec laquelle elle est en continuité.

Le cil comporte d'une manière classique les neuf paires de fibrilles périphériques et les deux fibrilles centrales qui apparaissent très bien en coupe transversale (fig. 4-9 et schéma). Chaque paire de fibrilles périphériques porte deux bras tous orientés dans le même sens, et les deux fibrilles centrales sont reliées entre elles. Ces deux catégories de fibrilles ont un diamètre de 250 à 300 Å. En outre, nous observons neuf fibrilles secondaires situées sur un cercle à l'intérieur des fibrilles périphériques. Elles n'ont qu'un diamètre de 50 Å et sont beaucoup plus transparentes aux électrons. De plus, il semble que les fibrilles périphériques soient reliées aux fibrilles centrales (fig. 4-5) par des filaments transverses très minces. CHEISSIN (1962) les a également observées chez Colpodium colpoda. Cet ensemble de fibrilles est contenu dans une matrice entourée par la gaine de contour plus ou moins irrégulier. A la base du cil, les fibrilles secondaires disparaissent, puis les fibrilles centrales ; celles-ci sont remplacées par un grain basal occupant le centre du cil (fig. 9). A ce niveau, nous passons du cil au cinétosome.

Deux parties doivent être distinguées dans le cinétosome : la partie distale en surface et la partie proximale en profondeur. Les fibrilles périphériques du cil se prolongent dans la partie distale du cinétosome, mais cette fois, ce ne sont plus neuf doublets de fibrilles, mais neuf triplets (fig. 7) qui acquièrent une certaine courbure (en C.T.). Il n'apparaît rien au centre. Dans la partie proximale, la courbure des triplets est plus accentuée (fig. 6) et de chacun part un petit filament vers le centre.

Les cils situés dans le fond des sillons de la périphérie ont la même structure que les cils constituant les membranelles du péristome. Nous avons signalé dans le chapitre précédent qu'à un de ces cils correspondaient deux cinétosomes ; nous avons ainsi des cinétosomes non cilifères montrant la même structure que les autres. Ce fait fut aussi remarqué par FAURE-FREMIET (1962) dans l'infra-ciliature de la frange vibratile infundibulaire d'*Epistylis anastatica*.

Une membranelle est formée par trois rangées de cils (fig. 11), chaque rangée comprenant une dizaine de cils. Entre chaque membranelle apparaît dans la paroi du péristome un repli. Sous chacun de ces replis se loge dans le cytoplasme une vacuole allongée dont nous ne connaissons pas la signification (fig. 11).

Des cinétosomes part un système fibrillaire que nous allons décrire.

## 2- Fibrilles péristomiennes

Une coupe longitudinale (fig. 3) ou une coupe oblique (fig. 9-10) du péristome nous montre un ensemble de fibrilles en éventail partant des cinétosomes, puis ces fibrilles se rassemblent pour suivre un long parcours sinueux à travers le cytoplasme. Elles sont d'abord orientées perpendiculairement à la surface du corps lorsqu'elles constituent l'éventail, puis leur direction générale devient parallèle à la surface du corps. Dans la fig. 9, l'en-

domyonème paraît s'interrompre au niveau du péristome, mais en fait, à ce niveau, il est situé dans un autre plan comme nous l'indique la fig. 10 et constitue une ligne très dense.

En coupe transversale apparaissent sous les cinétosomes des files de fibrilles tubulaires, chaque file comprenant plusieurs rangées/ Chaque rangée, constituée de 5 à 7 tubules et habituellement isolée, mais de temps à autre apparaît dessous une deuxième rangée, accompagnant la première, constituée seulement de 2 tubules. Il semble donc que les rangées soient groupées 2 par 2 mais qu'elles n'apparaissent pas toutes les deux dans le plan de la coupe.

Il est à signaler que nous n'avons que 2 files de tubules alors que les cils et les cinétosomes sont toujours disposés selon 3 rangées. Une rangée de cinétosomes serait donc dépourvue de fibrilles ? Mais il apparaît sous la troisième rangée de chaque membranelle des segments de 2 fibrilles parallèles en coupe longitudinale. Il existe donc 3 files de fibrilles correspondant aux 3 rangées de cinétosomes en considérant que l'une des files ne parcourt pas le cytoplasme dans le même plan que les 2 autres.

Toutes ces fibrilles tubulaires appartenant aux différentes membranelles viennent se rejoindre dans la profondeur du cytoplasme et constitue un grand ensemble dans lequel les fibrilles sont reliées entre elles (fig. 12). De telles liaisons étaient déjà visibles dans la figure 11 où tous les tubules d'une même rangée étaient reliés entre eux par de fins desmodemes mais ici s'ajoutent des liaisons entre des tubules appartenant à des rangées différentes.

Enfin, nous observons l'existence de fibrilles disposées selon des arcs de cercle dans les replis péristomiens et se renouvelant dans le cytoplasme sous les replis au voisinage des vacuoles.

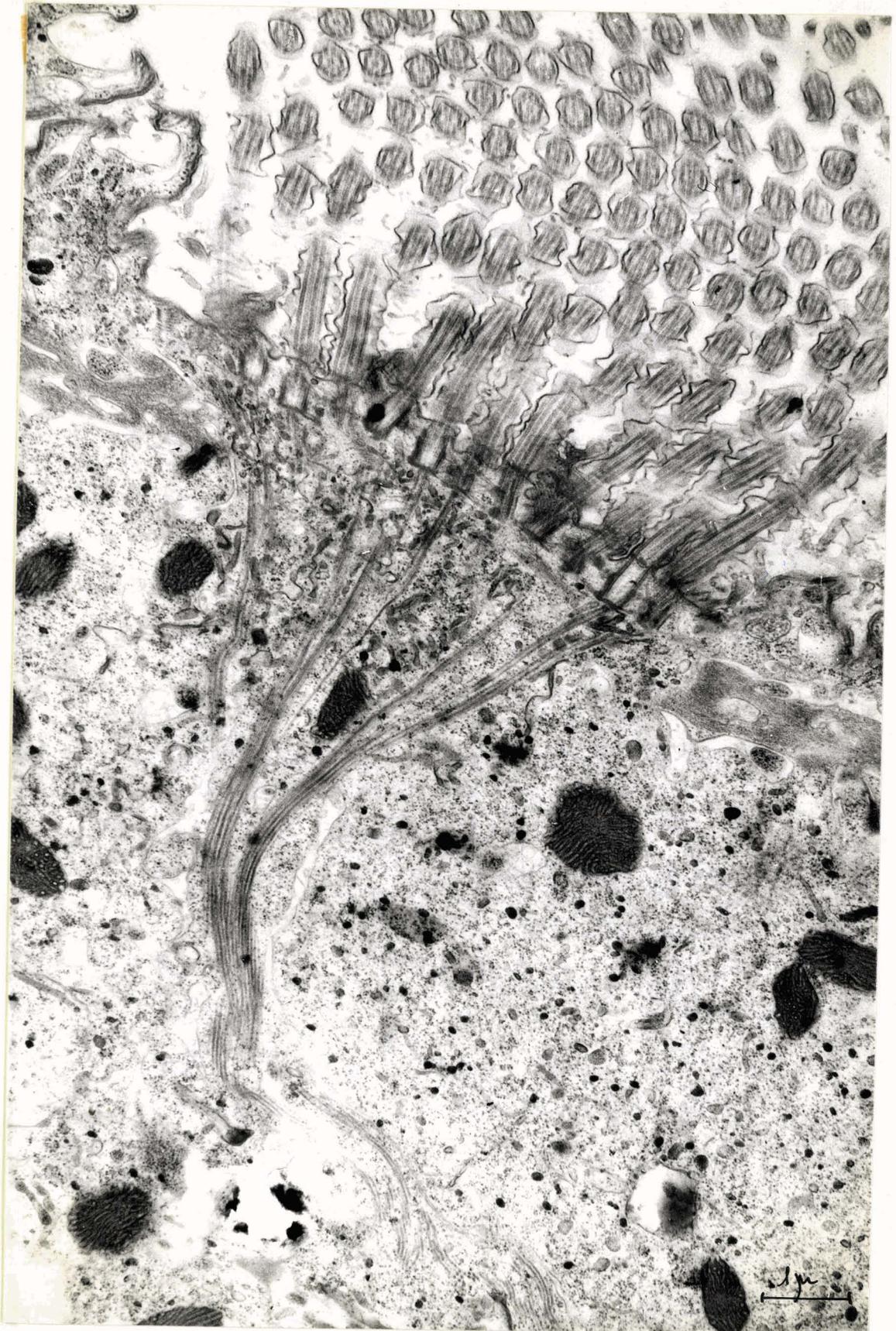


Fig. 8 - Coupe au niveau du péristome montrant les cils en coupe longitudinale.

G<sub>3</sub> - x 15 000

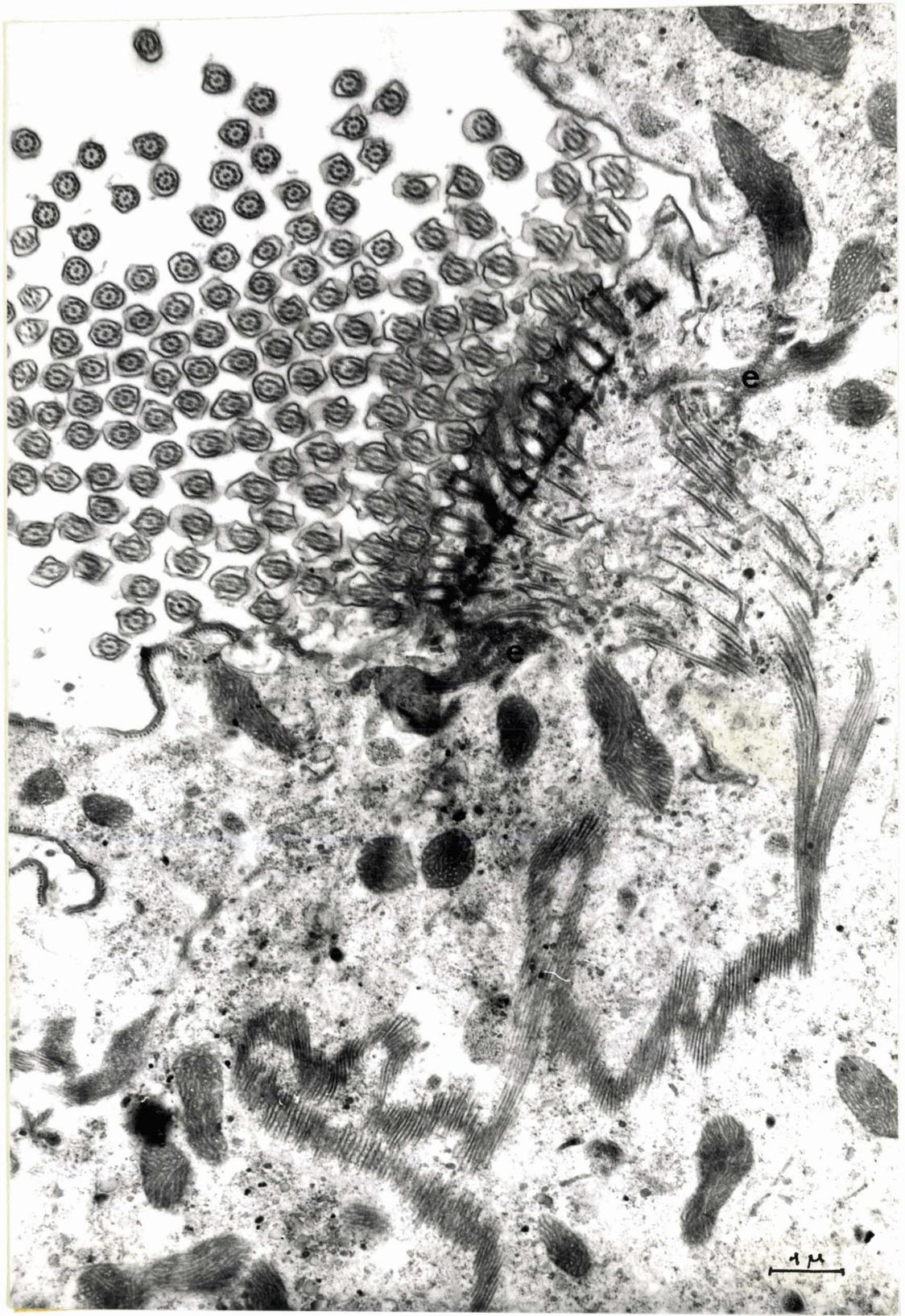


Fig. 9 - Coupe au niveau du péristome montrant les cils en C.T. et les fibrilles disposées en éventail. L'endomyonème (e) paraît s'interrompre au niveau des fibrilles.

G<sub>6</sub> - x 12 000

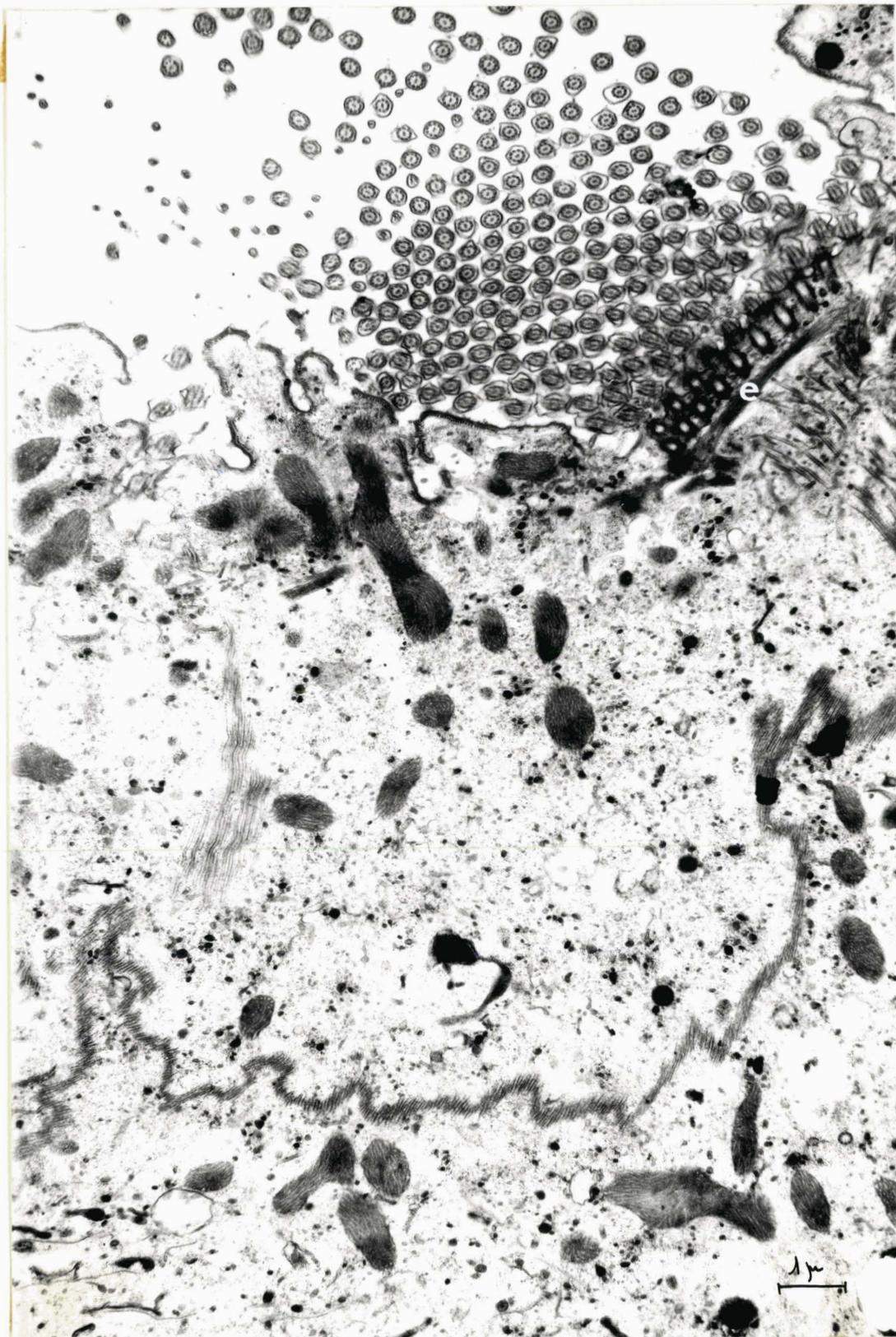


Fig. 10 - Coupe montrant le trajet très long et sinueux des fibrilles péristomiennes à travers l'endoplasme. L'endomyonème (e) forme une ligne continue sous les cinétosomes.

G<sub>5</sub> - x 10 500

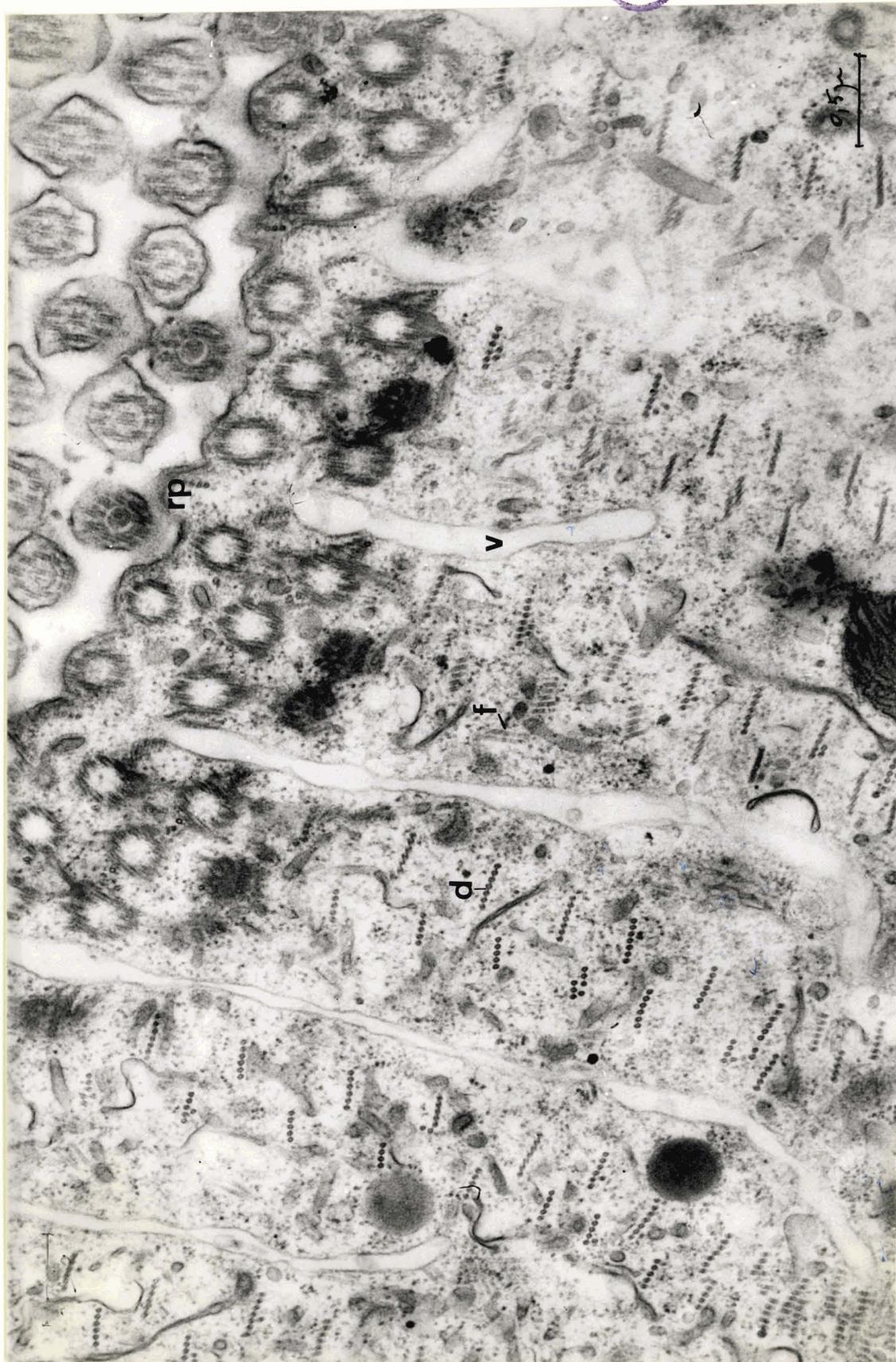


Fig. 11 - Coupe légèrement oblique au niveau du péristome montrant les replis péristomiques (r.p), les vacuoles (v) situées sous ces replis et les rangées de fibrilles placées sous les cinétosomes

F : fibrilles en C.L. - d : desmosomes

G<sub>2</sub> x 30 000



Fig. 12 -- Coupe en profondeur de l'endoplasme montrant les fibrilles péristomiennes en C.T. reliées par de fins desmosomes (flèche)

G<sub>1</sub> - x30.000

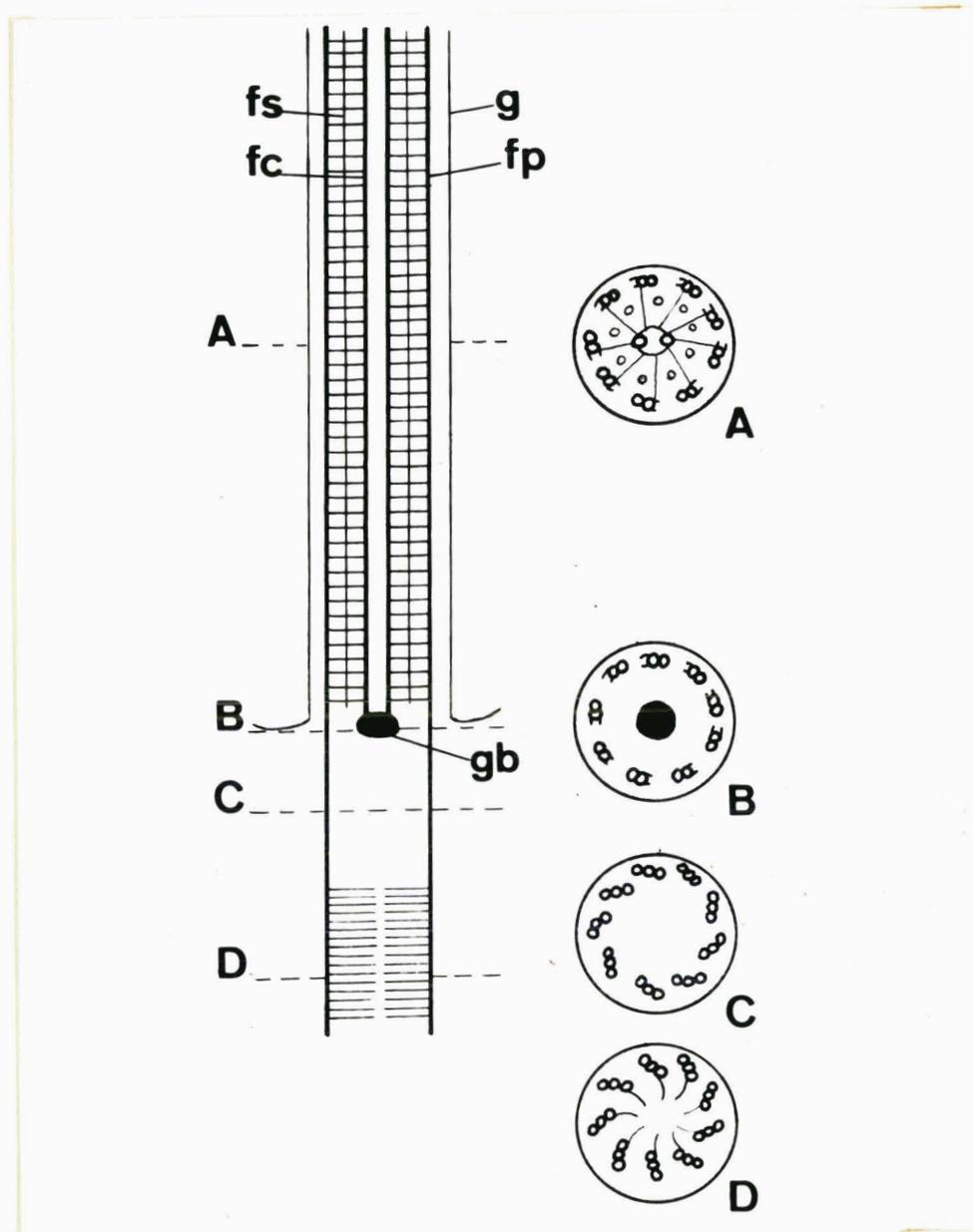


Schéma du cil et du cinétosome

à gauche : coupe longitudinale - à droite : coupes transversales

A : au niveau du cil                      B : au niveau du grain dorsal  
C : dans la partie distale du cinétosome  
D : dans la partie proximale du cinétosome

g : gaine du cil - g.b : grain basal - f.p : fibrilles périphériques -  
f.s : fibrilles secondaires - f.c : fibrilles centrales.

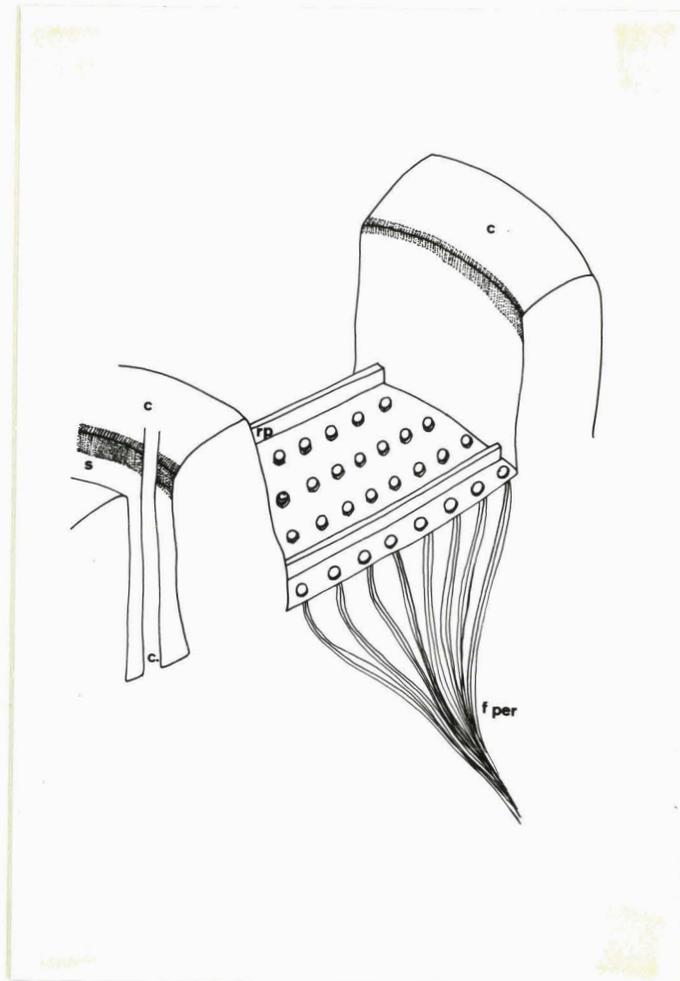


Diagramme du péristome montrant les  
cils disposés en 3 rangées et les fibrilles  
péristomiennes.

c : crête

s : sillon

c : cil

r.p : replis péristomiens

f.per : fibrilles péristomiennes

## C - LE CYTOPLASME

Nous décrirons successivement les différents organites rencontrés dans le cytoplasme.

### 1- Ribosomes et reticulum endoplasmique

Le cytoplasme est parsemé d'un grand nombre de ribosomes généralement répartis d'une manière uniforme. Cependant, en certains endroits, ils s'agglomèrent pour former soit des lignes, soit des cercles ou des demi-cercles, soit des spirales et constituer ce que l'on appelle des polysomes (fig. 20). On admet que les ribosomes se groupent pour synthétiser des protéines. En outre, nous observons des plages claires presque dépourvues de ribosomes et d'autres foncées où les ribosomes sont très abondants.

Nous remarquons dans l'endoplasme des fragments de reticulum endoplasmique selon la terminologie de HAGUENAU (1958). Ce sont en effet des membranes dépourvues de grains (fig. 13). Dans la plupart des cas, nous avons plusieurs filaments parallèles entre eux, mais nous pouvons avoir aussi des filaments isolés. Dans la figure 1, nous observons deux filaments de reticulum particulièrement longs délimitant une zone très riche en ribosomes.

### 2- Mitochondries

Comme nous l'avons signalé précédemment, les mitochondries sont très nombreuses et disposées régulièrement dans la zone périphérique (fig. 5), mais nous en rencontrons aussi dans l'endoplasme où elles sont disséminées au hasard, isolées ou par petits groupes (fig. 10).

Elles ont en général une taille ovale et sont de taille importante ; leur longueur varie de 1 à 2  $\mu$  et leur largeur est d'environ 0,5  $\mu$ . Elles sont entourées d'une paroi externe dont les 2 membranes externe et interne sont d'épaisseur inégale (fig. 14),

la membrane externe étant beaucoup plus mince que la membrane interne. L'espace intermembranaire mesure environ 160 Å. L'intérieur de la mitochondrie est rempli par une substance fondamentale ou matrice dans laquelle se trouve un système de tubules de 400 Å de diamètre qui seraient des digitations de la membrane interne (2<sup>e</sup> mitochondrie à gauche). Le trajet des tubules semble quelconque, mais dans certains cas, ils sont disposés parallèles entre eux et dans un même plan (1<sup>ère</sup> mitochondrie à droite : C.L. de tubules ; 1<sup>ère</sup> mitochondrie à gauche : C.T. de tubules).

### 3- Appareil de Golgi

La fixation au permanganate de potassium révèle la présence d'un appareil de Golgi, situé dans l'endoplasme, sous l'endomyonème. Il est constitué de dictyosomes formés de l'empilement de saccules aplatis, de 0,3 µ de long et renflés à chaque extrémité.

Parallèlement à ces saccules, caractérisés par une membrane très opaque et un contenu clair, nous observons une vésicule dilatée de longueur sensiblement inférieure et de 0,6 µ de large. La membrane bordant cette vésicule semble bordée de nombreux ribosomes du côté opposé aux saccules. Il est à noter que le dernier saccule situé du côté de la vésicule apparaît dans la plupart des cas fragmentés en un chapelet de petites vésicules.

### 4- Vacuoles et corpuscules associés

De très grosses vacuoles alimentaires sont dispersées dans l'endoplasme. Elles sont de forme ovoïde ; leur diamètre est environ de 8 µ. Elles sont limitées par une paroi externe dont les deux membranes externe et interne sont à peu près de même épaisseur (fig. 16). Leur contenu est formé de débris divers dont de nombreuses bactéries constituant l'aliment essentiel de Spirostomum.

D'autres vacuoles sont disposées sous l'endomyonème dans l'endoplasme ; elles sont allongées ( $2 \mu$ ) et s'élargissent en certains endroits pour loger des corpuscules (fig. 2) formés d'une substance fondamentale dans laquelle sont disséminés des grains. Il peut y avoir plusieurs corpuscules dans une même vacuole. Ils ont en général  $0,35 \mu$  de diamètre, mais nous en rencontrons d'autres de taille plus élevée, de  $0,6$  à  $1 \mu$ , résultant peut-être de la fusion des autres.

Des granules plus petits de  $0,2 \mu$  de diamètre, au contour irrégulier apparaissent très nombreux dans tout le cytoplasme : dans l'ectoplasme, ils forment presque une ligne continue au-dessus de l'endomyonème et dans l'endoplasme, ils sont fréquents et disséminés au hasard. Comme nous l'avons vu, ce sont sans doute des éléments de réserves. Par opposition aux précédents, ils ne sont pas contenus dans des vacuoles.

Par contre, des vacuoles au contour sinueux et de grande taille ( $3 \mu$  de long sur  $1 \mu$  de large) contiennent des corpuscules de  $1 \mu$  de diamètre devant représenter des cristaux (fig. 17) dont nous pouvons décrire l'évolution : jeunes, ils sont constitués de peu d'éléments, puis ils deviennent beaucoup plus opaques, forment une masse arrondie sombre dans laquelle nous pouvons cependant discerner des aiguilles, enfin, ils finissent par éclater.

##### 5- "X-Bodies"

Nous rencontrons ces corps dans tout l'ensemble du cytoplasme. Ils ont une forme sphérique ; leur diamètre est environ de  $1 \mu$  ; ils sont limités par une paroi externe comprenant 2 membranes. Comme pour les mitochondries, la membrane externe est plus mince que la membrane interne (fig. 13). Ces corpuscules contiennent soit une substance diffuse plus opaque en certains points (1), soit des granules assez nombreux de  $0,06 \mu$  de diamètre (3), soit une substance assez claire et quelques gros granules de  $0,1$  à  $0,25 \mu$  (2). Cette

dernière forme peut représenter une forme de passage entre les deux autres : une substance diffuse s'agglomère, constitue un corpuscule important, lequel se scinde en de nombreux granules.

#### 6- Fibrilles

Nous observons dans l'endoplasme des rangées de fibrilles isolées (fig. 13) composées chacune de 20 à 40 fibrilles reliées entre elles par de fins desmosomes. Ces fibrilles ne semblent pas être en rapport avec l'un ou l'autre des systèmes étudiés. Elles forment simplement des rangées sinueuses et éparses.

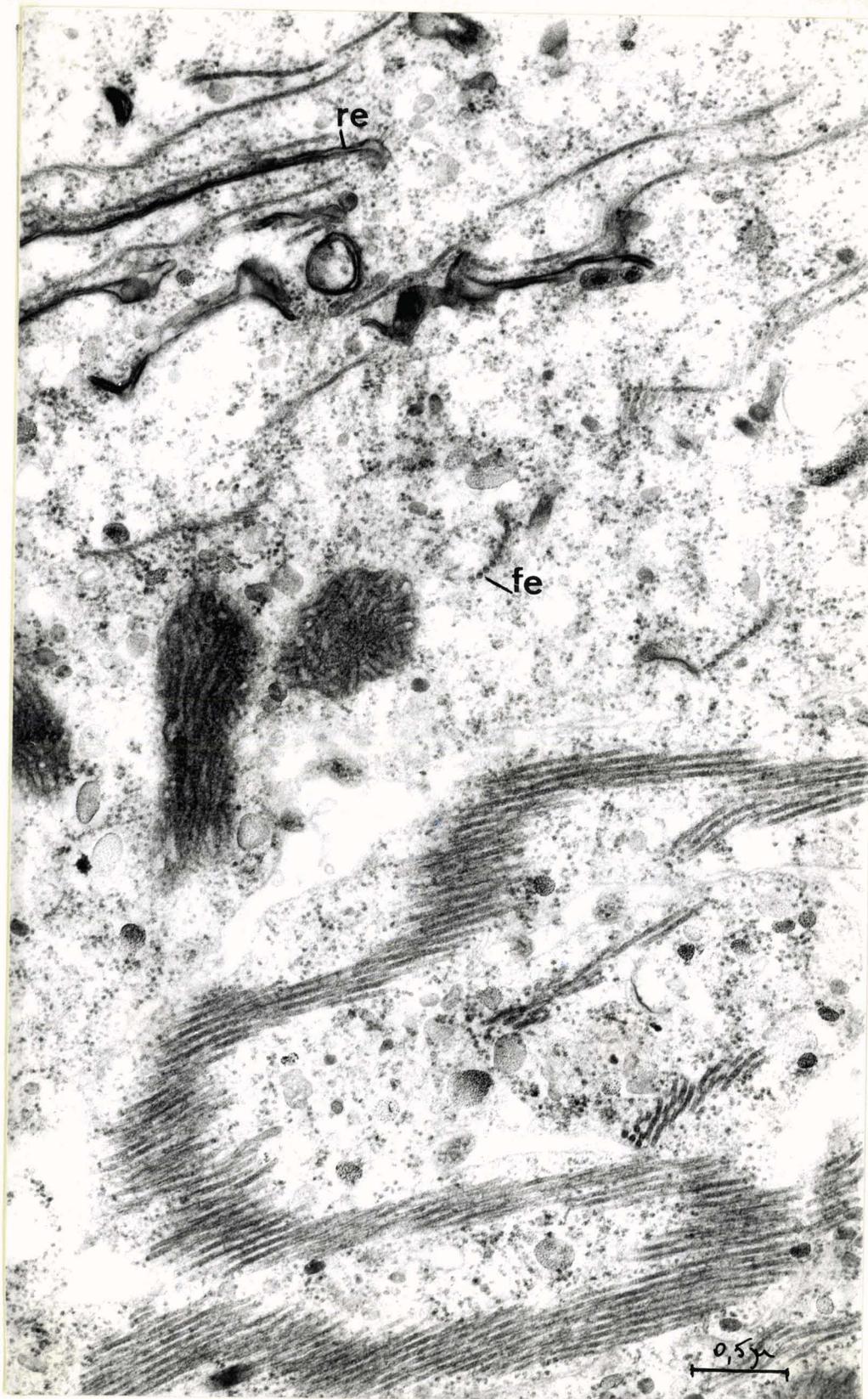


Fig. 13 - Vue d'ensemble de l'endoplasme.

f.e : fibrilles endoplasmiques - r.e : reticulum endoplasmique  
f.per : fibrilles péristomiennes

G<sub>6</sub> - x 30 000

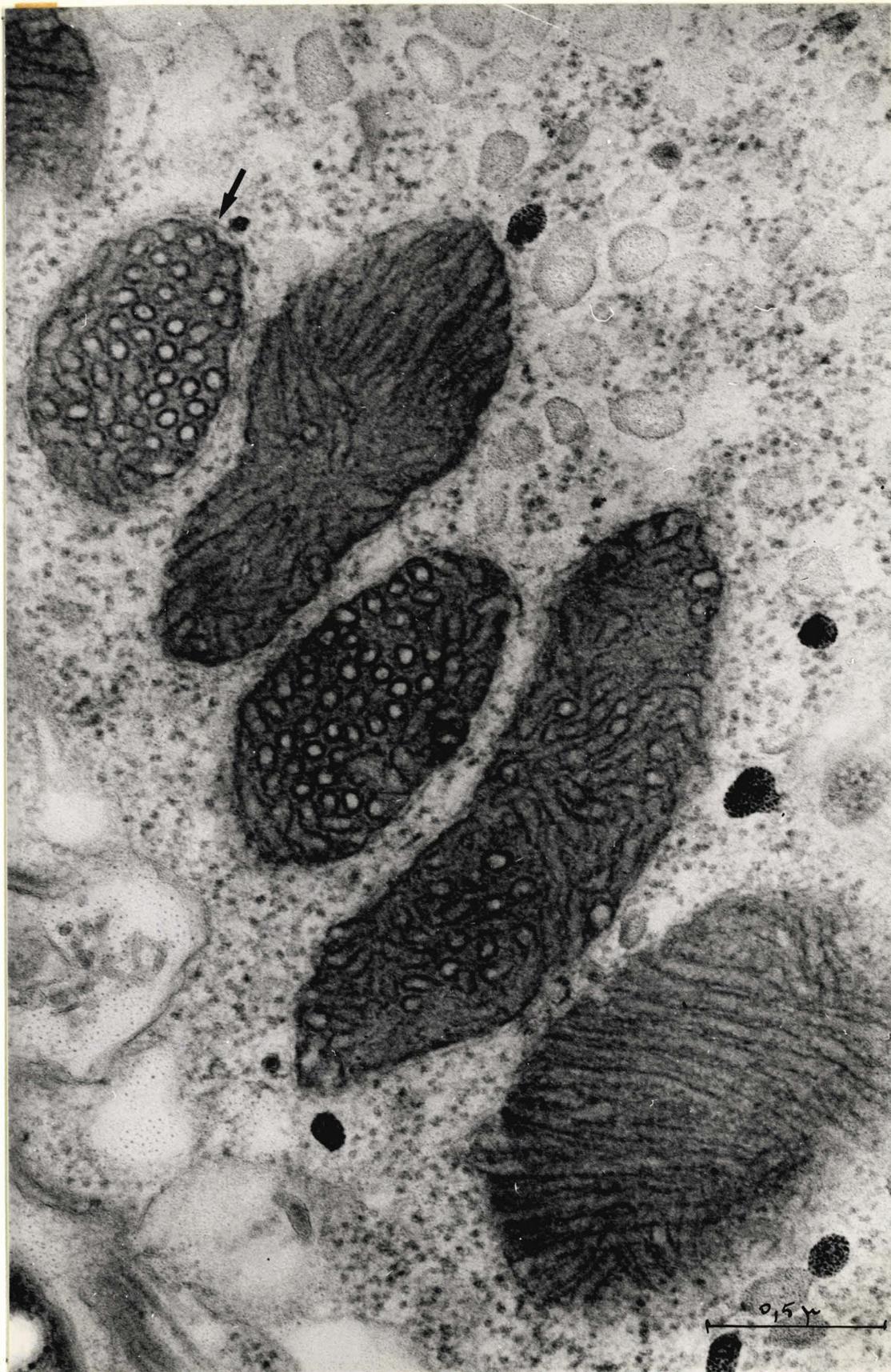


Fig. 14 - Mitochondries au fort grossissement. Noter la différence d'épaisseur des 2 membranes constituant la paroi (flèche).

G<sub>4</sub> - x 60 000



U  
LILLE

Fig. 15 - Coupe montrant des dictyosomes (flèche) situés dans l'endoplasme sous l'endomyonème.

G<sub>8</sub> - x 30 000

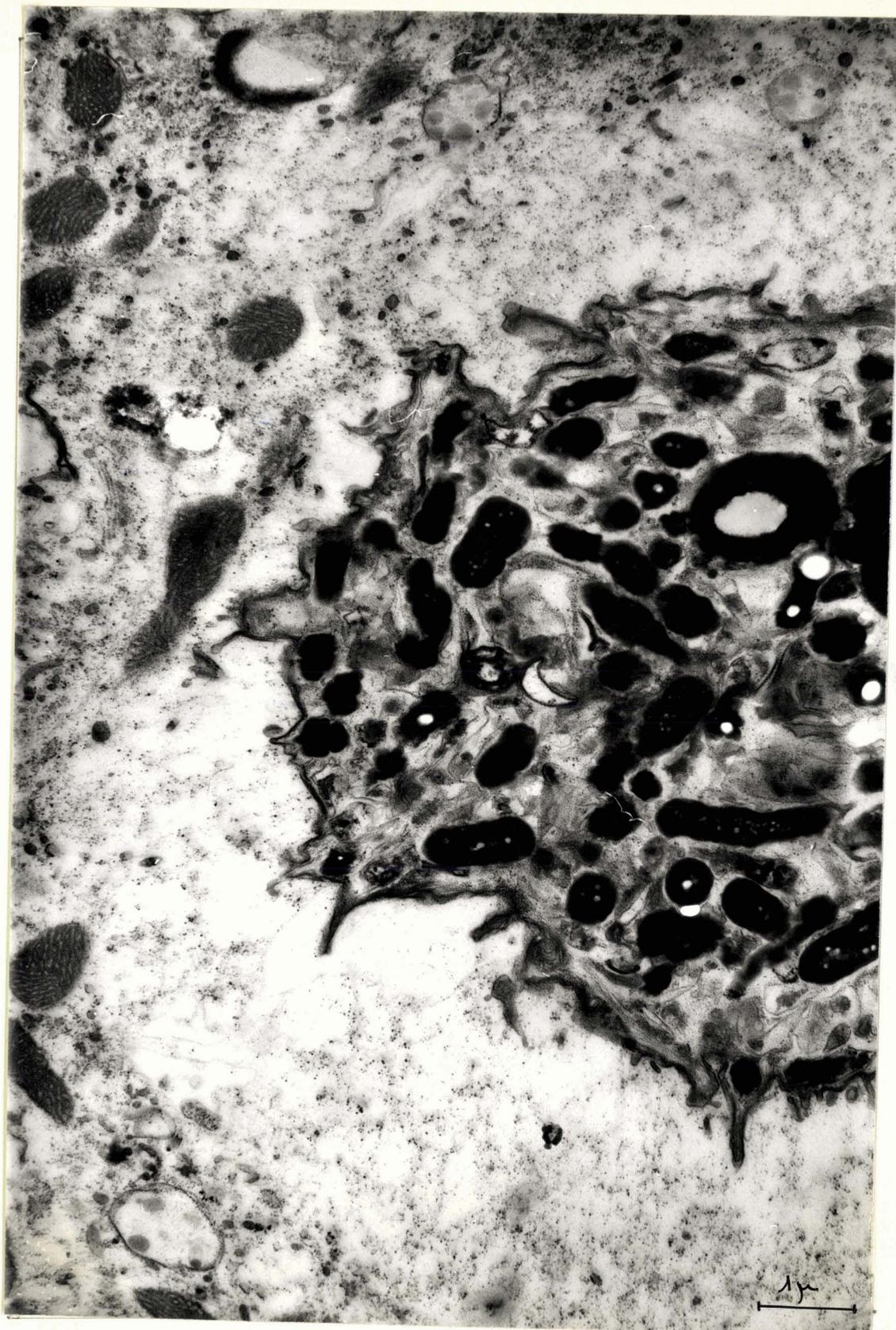


Fig. 16 - Vacuole alimentaire. Dessous à gauche se trouve une plage endoplasmique claire.

G<sub>5</sub> - x 15 000

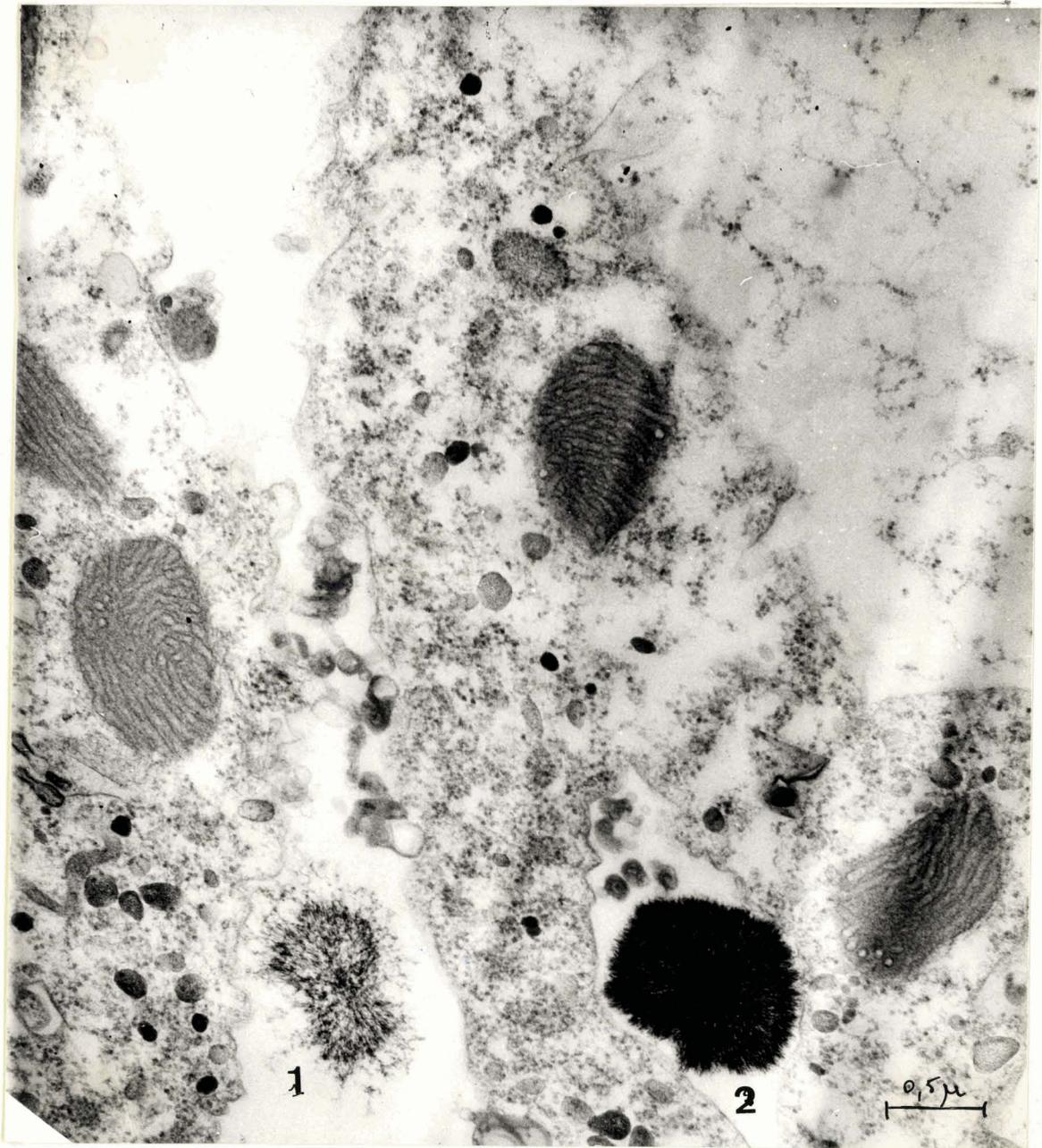
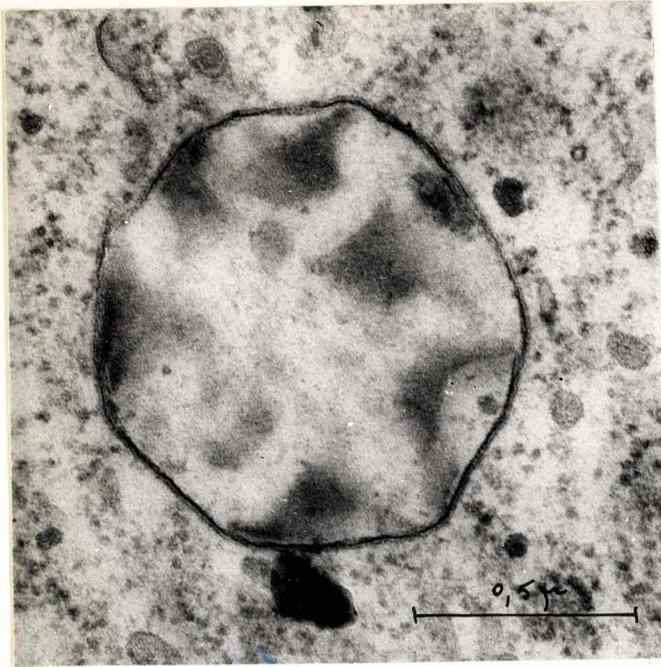


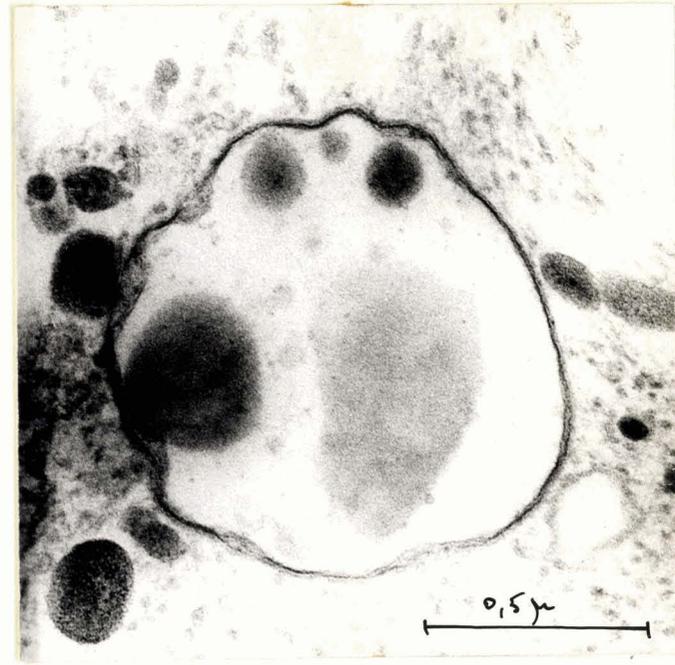
Fig. 17 - Cristaux contenus dans des vacuoles

- 1 : stade jeune
- 2 : stade ancien

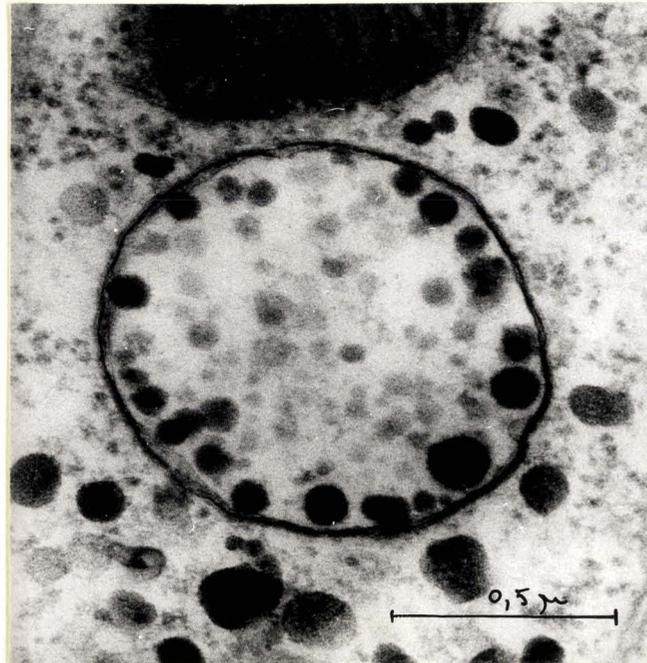
G<sub>6</sub> - x 30 000



1



2



3

Fig. 18 - "X-Bodies" à contenus différents.

- 1 : substance diffuse
- 2 : substance + gros corpuscules
- 3 : petits granules

G<sub>3</sub> - x 60 000

D - LÉS NOYAUX

Nous sommes en présence de plusieurs noyaux : d'une part des noyaux de grande taille ou macronoyaux disposés en chapelet, d'autre part des petits noyaux ou micronoyaux épars.

Les macronoyaux ont une forme générale sphérique, mais ils peuvent présenter plusieurs lobes comme nous le montre la fig. 19. Ils ont un diamètre de 6 à 10  $\mu$ . Leur paroi est de structure complexe (fig. 21) : elle comprend deux membranes, une membrane externe et une membrane interne comprenant chacune 2 feuillets séparés par un espace intermembranaire de 16 m $\mu$  transparent aux électrons. Chaque membrane a une épaisseur de 20 m $\mu$ . La membrane externe est hérissée de granules disposés en une ligne suivant exactement son contour. Ces granules paraissent plus petits que les ribosomes rencontrés dans le cytoplasme. La membrane nucléaire est percée de pores (fig. 22) de 66 m $\mu$  de diamètre révélés dans une coupe tangentielle du noyau. Chaque pore est occupé par un article dense au centre. Cette coupe nous fait aussi remarquer que des grains de Palade sont très abondants dans le cytoplasme entourant le noyau.

A l'intérieur du noyau, nous observons d'une part des corpuscules uniformément répartis, d'un diamètre de 1  $\mu$  ; on les interprète d'une manière classique comme des nucléoles. D'autre part, de petits granules occupent tout le reste du noyau ; ils sont plus ou moins agglomérés en petites masses ; ce sont des grains d'A.D.N.

Des vacuoles sont disposées tout autour des macronoyaux. Elles sont très souvent allongées (fig. 20), mais peuvent aussi présenter une certaine longueur (fig. 19, en haut) : 0,66  $\mu$  au lieu de 0,20  $\mu$ . Les vacuoles sont séparées des noyaux par un espace de 0,1  $\mu$  contenant des ribosomes. Il est difficile de préciser le rôle des vacuoles. Nous pourrions penser qu'elles favorisent les échanges nucléo-cytoplasmiques existant à travers les pores nucléaires, mais

ceci serait plus probable si elles étaient directement en rapport avec la membrane nucléaire, or, elles en sont toujours séparées par une zone de cytoplasme à ribosomes.

Nous avons noté d'autre part l'existence de noyaux n'ayant pas la même structure que ceux décrits jusqu'à présent ; ce seraient des micronoyaux de 2  $\mu$  de diamètre (fig. 23). Ils présentent également des pores membranaires. Nous ne distinguons pas de nucléoles comme dans les macronoyaux ; par contre, nous observons un réseau plus ou moins dense devant être constitué de particules d'A.D.N. qui seraient alors plus abondants que dans les macronoyaux.

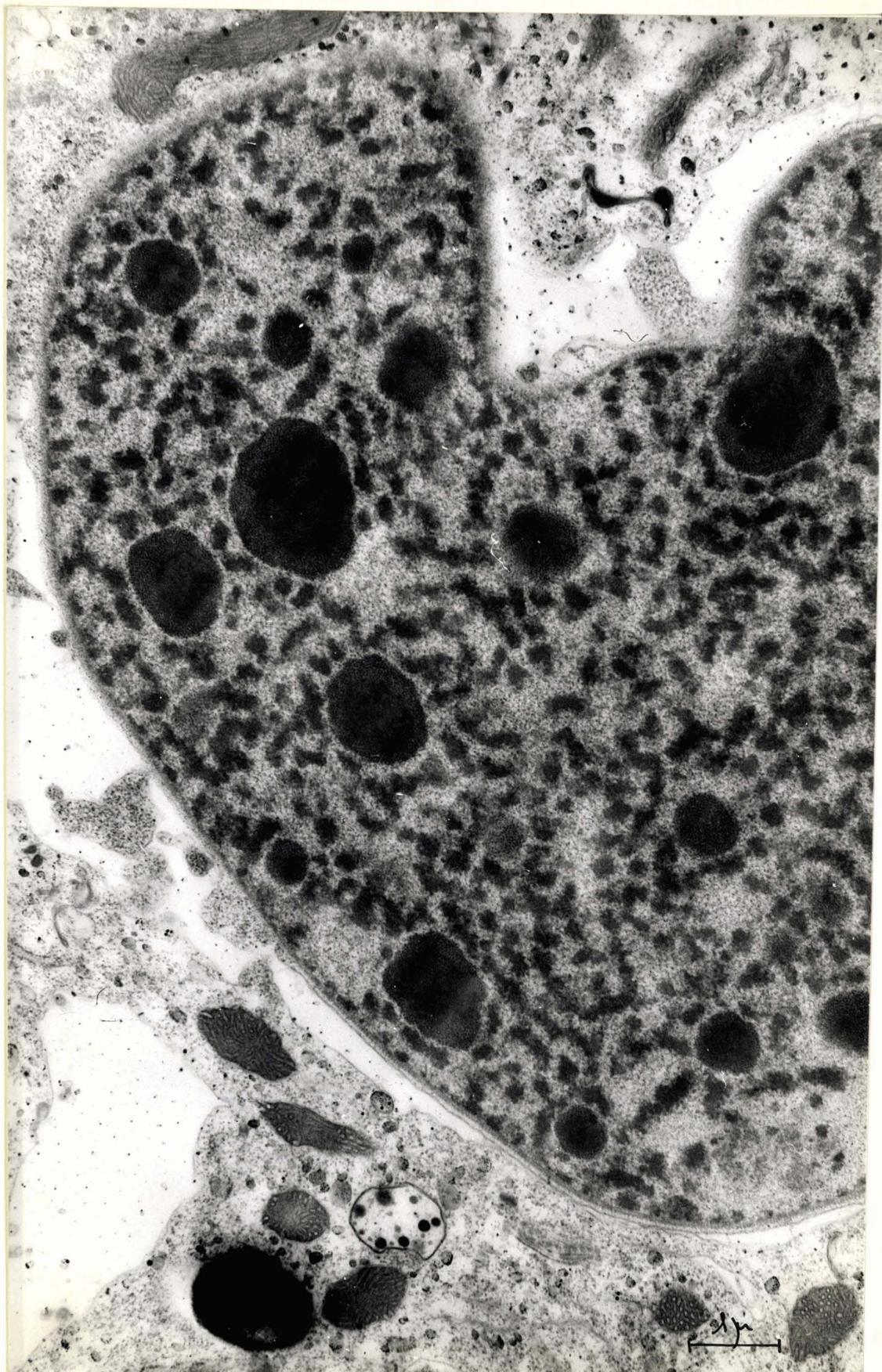
DU  
LILLE

Fig. 19 - Vue d'ensemble du macronucleus.

G<sub>11</sub> - x 15 000

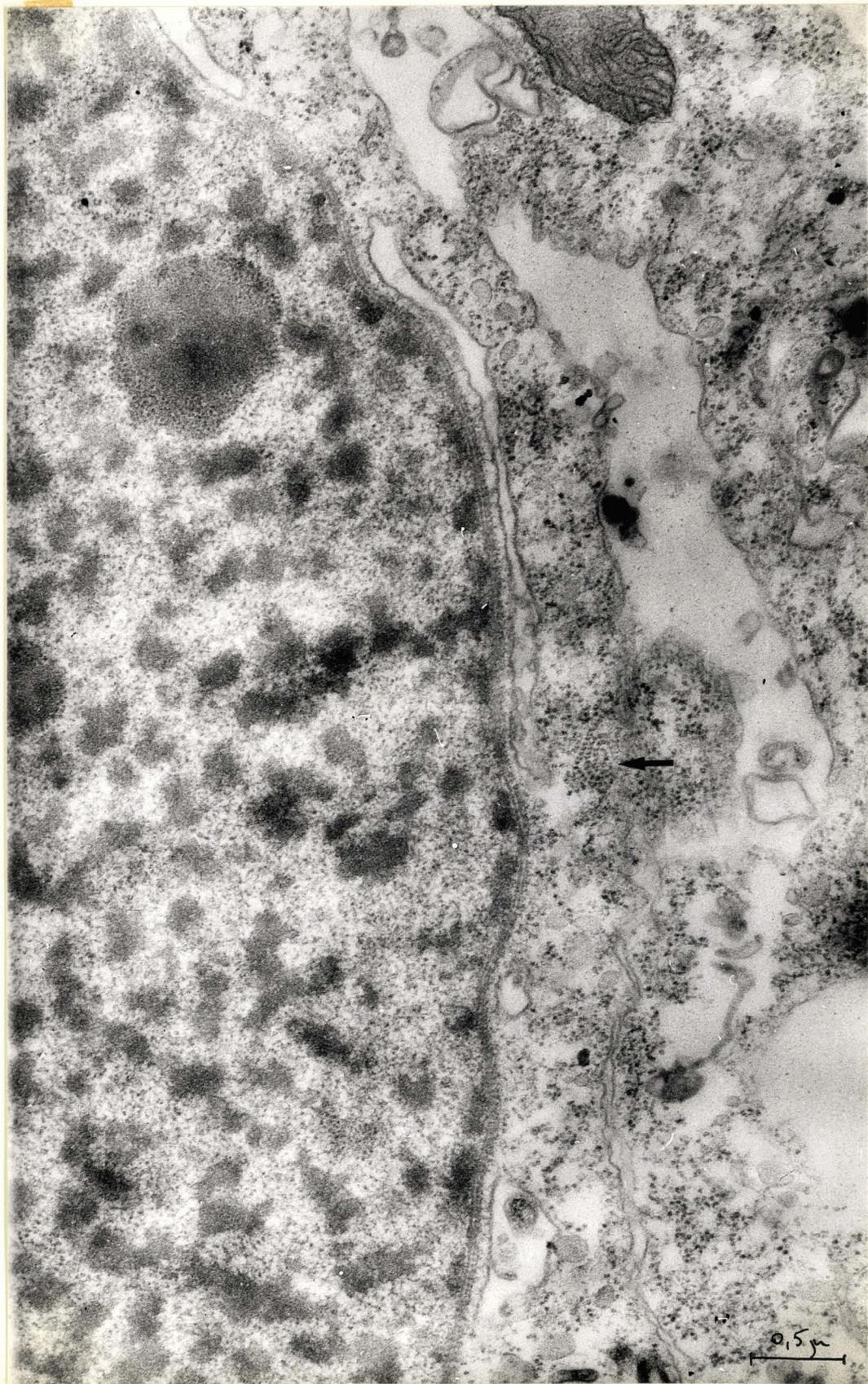


Fig. 20 - Coupe montrant les vacuoles allongés contournant le macronucleus.  
Noter les polysomes de l'endoplasme (flèche)  
G<sub>2</sub> - x 30 000

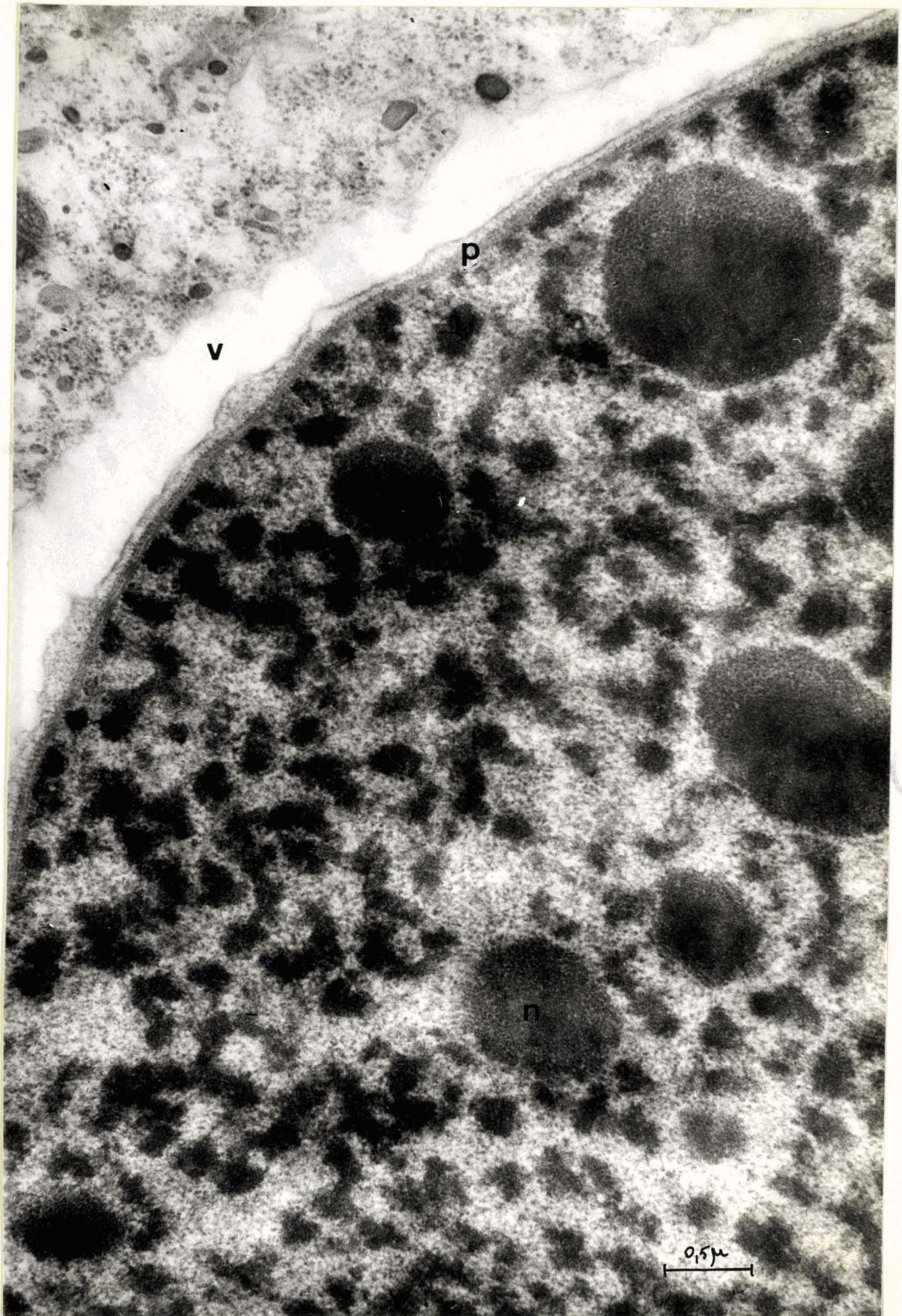


Fig. 21 - Coupe du macronucleus. Noter la double membrane surmontée d'une ligne de granules.

G<sub>5</sub> - x 30 000

v : vacuole - p : paroi - n : nucléole

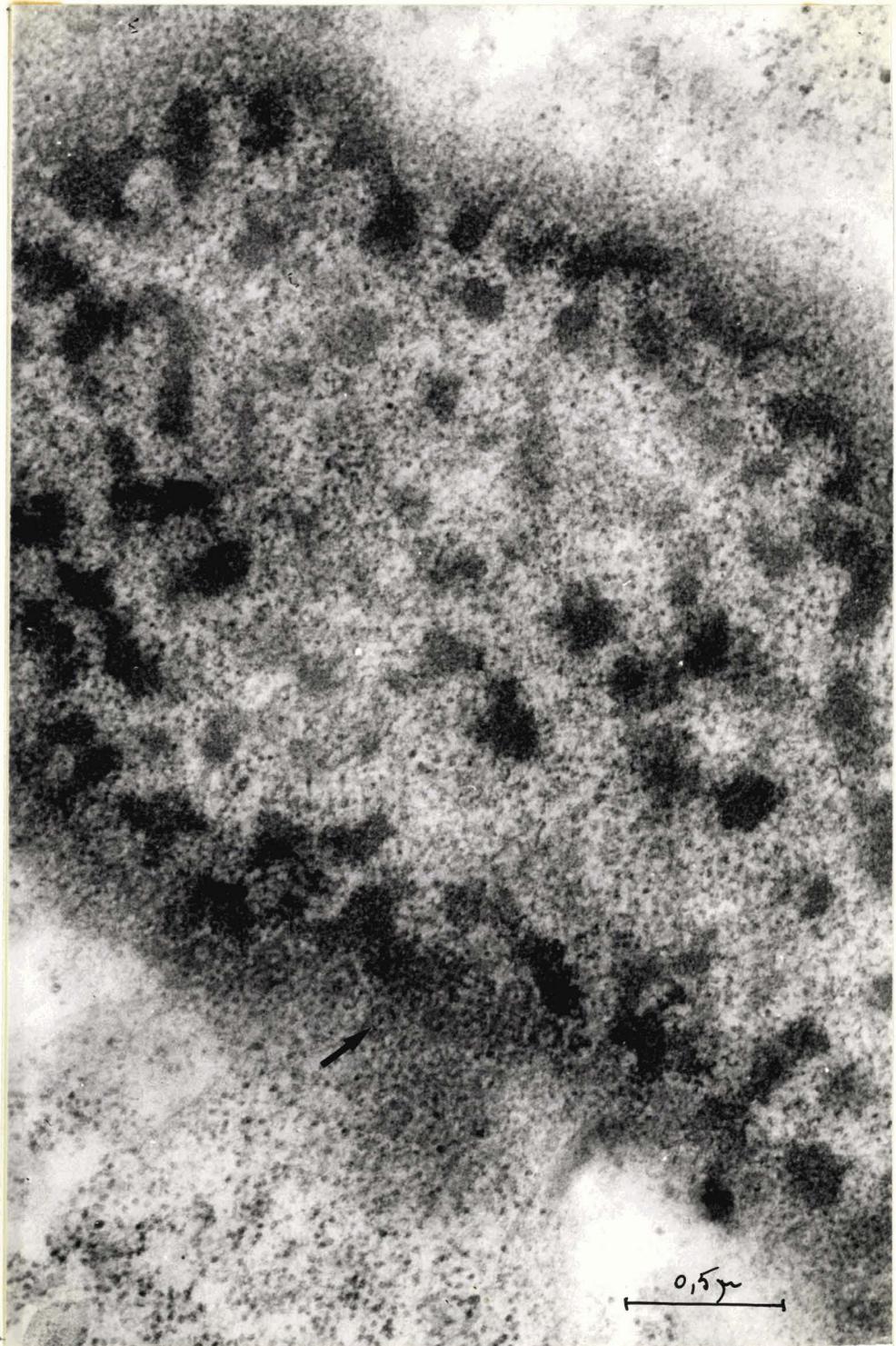


Fig. 22 - Coupe tangentielle du noyau montrant les pores membranaires (flèches). Noter la densité des ribosomes au voisinage de la paroi nucléolaire.

G<sub>3</sub> - x 45 000



Fig. 23 - Coupe de micronoyau montrant les pores membranaires (p.m)  
et le réseau de grains d'A.R.N.

G<sub>3</sub> - x 15 000

## D I S C U S S I O N

L'étude de l'ultrastructure de Spirostomum nous invite à considérer le rôle et la signification des différents éléments rencontrés. C'est ainsi que se pose le problème de la contraction et de l'extension en rapport avec la présence des fibrilles, celui de la signification des invaginations ectoplasmiques, de même que le problème de la nature des éléments nucléaires.

### 1- Contraction et extension

Comme nous l'avons déjà signalé, Spirostomum se contracte dès qu'intervient un changement dans son milieu : il suffit d'agiter même très légèrement le bouillon de laitue dans lequel il se trouve pour qu'aussitôt, il diminue de taille et s'immobilise. Il serait intéressant de connaître à quel niveau se produisent les modifications entraînant ces changements de forme.

Il apparaît deux systèmes pouvant être à l'origine de ces phénomènes, d'une part, les fibrilles cinétodesmiennes caractérisées par leur structure périodique, d'autre part l'endomyonème composé de très fines fibrilles.

La striation des fibrilles cinétodesmiennes est un argument en faveur du rôle de ces fibrilles dans la contraction ; nous pouvons en effet établir une analogie entre la structure de ces fibrilles et celle des fibrilles musculaires capables de se contracter. ROTH et SHIGENAKA (1964) étudient la formation des cils et des "filaments" chez des Protozoaires habitant la panse des Ruminants. Deux étapes principales sont à considérer, d'abord la synthèse de protéines, puis l'arrangement de ces protéines pour former les "filaments". D'autre part, BOEDTKER et DOTY (1955-56) ont montré que des variations de pH pouvaient à eux seuls changer la configuration de chaînes de polypeptides synthétiques en solution, ceci étant dû à la cassure de ponts hydrogène. Donc, tout système fibrillaire

ayant normalement une configuration hélicoïdale peut s'allonger sous l'effet d'agents brisant les ponts hydrogène . De plus, la cassure des ponts hydrogènes étant un phénomène réversible, on passe dans le cas de la cassure de l'extension à la contraction, et dans l'autre cas de la contraction à l'extension.

Nous attacherons donc aux fibrilles cinétodesmiennes un rôle important dans la contraction en reconnaissant toutefois le rôle possible de l'endomyonème présentant une position caractéristique entre l'ectoplasme et l'endoplasme. Nous pouvons établir une analogie entre les "km fibers" du Stentor et les fibrilles cinétodesmiennes de Spirostomum d'une part, et entre les "M bands" du Stentor et l'endomyonème de Spirostomum d'autre part -ces systèmes fibrillaires du Stentor sont étudiés par RANDALL et JACKSON (1958)- et conclure que les fibrilles cinétodesmiennes jouent le plus grand rôle dans la contraction et l'endomyonème un rôle secondaire.

## 2- Signification des invaginations ectoplasmiques

Dans de nombreux cas, les invaginations se formant à la périphérie des Protozoaires sont considérées comme étant le siège d'une phagocytose. C'est en particulier le cas des pores cuticulaires décrits par FAURE-FREMIET (1962) chez *Epistylis anastatica*. Dans cette théorie, nous pouvons les rapprocher de celles qui se forment par micropinocytose interne au niveau des vacuoles digestives de ce même Cilié Péritriche (FAVARD et CARASSO, 1963) ou de *Paramecium aurelia* (TURAND, 1961). Il est à signaler par ailleurs que nous n'avons pas remarqué de vésicules de pinocytose au niveau des vacuoles digestives chez *Spirostomum* ; nous reconnaissons cependant qu'elles peuvent exister ; de même, nous n'avons pas obtenu de coupes de la vésicule contractile.

Nous ne pensons pas que ces invaginations donnent lieu à un phénomène de phagocytose car *Spirostomum* s'alimenterait plutôt par la cavité buccale et de plus, nous n'avons jamais observé dans l'ectoplasme ou l'endoplasme de vacuoles contenant des débris ali-

mentaires autres que les vacuoles digestives classiques. Ce seraient plutôt des ampoules d'excrétion s'ouvrant en surface bien que l'excrétion se fasse normalement au niveau du cytoprocte.

### 3- Nature des éléments nucléaires

Le noyau est composé de gros corpuscules de structure granulaire disséminés dans un ensemble de grains agglomérés en certains endroits. La réaction de Feulgen colore l'ensemble du noyau sauf de petites enclaves.

Il est classique de considérer les gros corpuscules comme des nucléoles et les fines granulations comme des grains d'A.D.N., ce qui correspond à la coloration histologique. NOIROT-TIMOTHEE (1960) interprète les inclusions nucléaires des *Ophryoscolecidae* de cette manière. Par contre pour JURAND (1964) qui étudie le macronoyau de *Paramecium aurelia* les "large bodies", selon sa terminologie, sont les supports génétiques car ces éléments sont les seuls à posséder une structure assez complexe pour jouer ce rôle ; de plus, d'après JURAND, on pourrait difficilement attribuer une telle complexité aux "small bodies".

Si l'organite que nous avons identifié micronoyau représente bien un micronoyau, il est logique de considérer les fins granules comme des grains d'A.D.N. car il ne possède que cette catégorie d'éléments et chez les Ciliés, c'est au niveau du micronoyau que se passent les phénomènes de division nucléaire.

Ainsi le macronoyau est composé de nucléoles formés de grains d'A.R.N. répartis assez régulièrement dans un réseau de grains d'A.D.N. qui s'agglomèrent en certains endroits constituant des inclusions de taille inférieure aux précédentes et le micronoyau d'un ensemble de grains d'A.D.N.

## C O N C L U S I O N

Spirostomum est constitué d'une cellule limitée par une membrane et renfermant toutes les inclusions caractéristiques.

Le cytoplasme est divisé en deux parties séparées l'une de l'autre par un dense réseau de fines fibrilles : l'endomyonème ; ce sont l'ectoplasme à la périphérie limité par une paroi à double membrane et l'endoplasme au centre.

L'ectoplasme constitue un ensemble de crêtes et de sillons ; dans les sillons sont insérés d'une manière très régulière des cils issus de cinétosomes d'où partent des fibrilles cinéto-desmiennes venant ensuite former les fibrilles latérales et les fibrilles périphériques. L'ectoplasme joue donc le rôle principal dans les mouvements de Spirostomum tandis que l'endoplasme dans lequel s'effectue le cycle des vacuoles alimentaires est le siège de la digestion des aliments. Les ribosomes sont répartis uniformément dans tout le cytoplasme, tandis que les mitochondries et les réserves abondent surtout dans l'ectoplasme. D'autre part, toute une région de l'ectoplasme caractérisée par la présence de nombreux cils disposés en membranelles s'individualise pour former le péristome se terminant dans la cavité buccale. L'appareil nucléaire est composé d'un macronoyau en forme de chapelet et de micronoyaux indépendants,

Nous sommes donc en présence d'une cellule remplissant toutes les fonctions vitales grâce à des organites différenciés, l'ectoplasme jouant un rôle prépondérant dans le mouvement, la nutrition et l'excrétion et l'endoplasme dans la digestion et la reproduction.

B I B L I O G R A P H I E

- CHEISSIN E.M. et MOSEVICH T.N. (1962) - An electron microscope study of *Copodium colpoda*. (Ark. Protistenk. Bd. 106, S 181-200)
- DANIEL W.A. et MATTERN C. F. T. (1965) - Some observations on the structure of the peristomial membranelle of *Spirostomum ambiguum*. (J. Protozool., vol. 12, n° 1, 14-27)
- FAURE-FREMIET E. (1962) - Etude au microscope électronique des ultrastructures d'*Epistylis anastatica*. (J. de Microsc., 1, 287-312)
- FAVARD P. et CARASSO N. (1963) - Mise en évidence d'un processus de micropinocytose interne au niveau des vacuoles digestives d'*Epistylis anastatica*. (J. de Microsc., vol. 2, n° 5, 495-98)
- FINLEY H.E., BROWN Ch. et DANIEL W.A. (1964) - Electron microscopy of the ectoplasm and infraciliature of *Spirostomum ambiguum*. (J. Protozool., vol. 11, n° 2, 264-80)
- GRIMSTONE A.V. et CLEVELAND L.R. (1965) - The fine structure and function of the contractile axostyles of certain flagellates. (J.C.B., vol. 24, n° 3, 387-400)
- JURAND A. (1961) - An electron microscope study of food vacuoles in *Paramecium aurelia*. (J. Protozool., 8, 125-130)
- JURAND A., BEALE G.H. et YOUNG M.R. (1964) - Studies on the macronucleus of *Paramecium aurelia*. (J. Protozool., vol. 11, n° 4, 491-7)



- KUDO R.R. - Protozoology. (Charles Thomas Speingfield, Illinois)
- MACKINSON D.L. et HARVES R.S.J. - An introduction to the study of Protozoa.  
(The Clarendon Press, Oxford, 1961)
- NOIROT-TIMOTHEE (1960) - Etude d'une famille de Ciliés "Les Ophryoscollecidae" structures et ultrastructures.
- PITELKA (1963) - Electron microscopy of Protozoa. International series of Monograph on pure and applied Biology.
- RANDALL J.T. (1957) - The fine structure of the protozoan *Spirostomum ambiguum*. (Symp. Soc. Exp. Biol., 10, 185)
- RANDALL J.T. et JACKSON S.F. (1958) - Fine structure and function in *Stentor polymorphus*. (J.B.B.C., vol. 4, n° 6, 807-30)
- ROTH L.E. et SHIGENAKA Y. (1964) - The structure and formation of cilia and filaments in rumen protozoa. (J.C.B., vol. 20, n° 2, 249-70)
- VIVIER E. et SCHREVEL J. (1964) - Etude au microscope électronique d'une grégarine du genre *Selenidium* parasite de *Sabellaria alveolata* L. (J. de Microsc., vol. 3, n° 6, 651-70)
- YAGIU R. et SHIGENAKA Y. (1963) - Electron microscopy of the longitudinal fibrillar bundle and the contractile fibrillar system in *Spirostomum ambiguum*. (J. Protozool., vol. 10, n° 3, 364-8)