

stade avec des fragments en V devenus légèrement tortueux. Enfin ces filaments en V s'unissent entre eux par leurs extrémités périphériques, de sorte que la rosette est alors constituée par un seul filament décrivant des anses en V (fig. 5, en J) ; à ce moment, le corps de la cellule, qui déjà s'était légèrement étranglé selon un plan perpendiculaire à l'axe du fuseau, s'étrangle de plus en plus, et bientôt (en K), cet

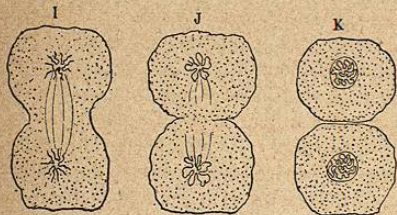


FIG. 5.

étranglement aboutit à la division de la cellule en deux nouvelles cellules ; en même temps, dans chacune de ces cellules filles, le filament chromatique, disposé en rosette, s'allonge et décrit des méandres multiples, figurant une masse qui présente plus ou moins rapidement un aspect réticulé et autour de laquelle apparaît une membrane nucléaire (fig. 5, en K). Ainsi se trouvent constitués les noyaux des deux cellules filles (comparer avec la fig. 3, en A).

On voit par cette rapide description combien est complexe l'activité du noyau dans la division cellulaire, et on conçoit que la karyokinèse puisse être considérée comme l'acte essentiel dans cette division¹.

Fonctionnement des globules. — Une fois formés, les globules, sous l'influence des excitants, fonctionnent de diverses manières. Pour les uns, nous trouvons de simples *changements de forme* ; c'est ainsi que certains globules de la peau des batraciens, sous l'influence de la lumière seule, comme excitant, passent de la forme sphérique à la forme étoilée et même chevelue². Ce changement de forme est ce qu'on connaît depuis longtemps sous le nom de *contraction*. Nous pouvons encore citer, comme changement de forme ou contraction, les mouvements des *cils vibratiles*, dont est pourvue la surface libre de certaines cellules épithéliales, mouvements qui tiennent uniquement à la vie de la cellule, sans l'intervention du système nerveux, puisque, quarante-huit heures après la mort, ils subsistent ou peuvent reparaitre sous l'influence excitante d'une solution très légère de potasse ou de soude. Les

¹ Nos connaissances sur ces phénomènes sont dues principalement aux travaux de Strasburger, Flemming, Balbiani, Guignard, etc.

² Ces changements de forme amènent des changements de coloration dans les globules qui sont chargés de pigment (chromoblastes). Voyez les travaux de G. Pouchet sur la couleur et les changements de coloration des crustacés et des poissons (*Journ. de l'anatomie*, 1873-74).

autres globules fonctionnent en élaborant divers composés chimiques (Voy. *Sécrétions*), en emmagasinant les produits (Voy. *Nutrition*), en présidant au passage des substances absorbées, en transportant l'oxygène dans l'économie (globules du sang), etc.

Mort des globules. — Le globule étant *essentiellement éphémère*, il arrive un moment où, après avoir manifesté spécialement quelques-uns des phénomènes que nous avons signalés, cet élément se transforme et disparaît. Cependant quelques-uns peuvent persister à l'état de cellules pendant de longues années, mais alors ils ne vivent pour ainsi dire plus, ils sont plongés dans une espèce de sommeil qu'on peut déjà comparer à leur mort. Ce cas est très commun chez les végétaux ; il est plus rare de voir chez l'homme des cellules cesser de fonctionner, perdre leur caractère de vitalité active toute en conservant la forme cellulaire. Nous pouvons citer cependant certains globules pigmentaires, comme ceux de l'uvée (pigment de la face profonde de la choroïde et de l'iris), qui ne manifestent plus que les propriétés physiques de leur pigment, destiné à assurer les fonctions de l'œil en absorbant ou en réfléchissant les rayons lumineux. On peut encore citer ici les globules que nous étudierons sous le nom de *globules embryonnaires* ou *plasmatiques*, qui semblent se momifier au milieu du tissu conjonctif, mais qui, cependant, à un moment donné, sous l'influence d'une excitation suffisante, se réveillent tout à coup, et se mettent à fonctionner activement, soit en réparant des brèches faites aux tissus, soit en donnant naissance à des produits nouveaux, le plus souvent pathologiques. Mais la plupart des cellules restent peu de temps sous la forme globulaire : ou bien elles meurent ou bien elles se transforment.

Dans le *premier cas*, le globule ne laisse plus ou presque plus de *formes déterminées*. — Ou bien il se dessèche et tombe en poussière (couches furfuracées et desquamation incessante de la surface épidermique) ; ainsi les lamelles et débris pulvérulents qui constituent le furfur épidermique peuvent reprendre la forme cellulaire au contact d'une solution alcaline ; mais on n'en a pas moins affaire à un cadavre de globule. Ou bien, et c'est le cas le plus fréquent, le globule s'infiltre de graisse ou d'autres substances sur lesquelles il exerce une puissante attraction ; puis il se liquéfie, il tombe en déliquium, et ses débris forment divers liquides ; tel est le mécanisme de quelques sécrétions

Dans le *second cas*, les globules perdent la forme globulaire, mais ils donnent naissance à de *nouvelles formes anatomiques*, en se soudant, en se confondant les uns avec les autres, pour

former des fibres, des lames, des canaux. Telle est l'origine de la plupart des parties non cellulaires de l'économie. Quelques-uns de ces éléments anatomiques ainsi formés jouissent encore au plus haut degré des propriétés caractéristiques du globule primitif; c'est ainsi que la fibre musculaire, outre l'élasticité, est douée du pouvoir électro-moteur et surtout de la propriété bien plus essentielle de changer de forme sous l'influence des excitants. La fibre nerveuse jouit de propriétés, sinon semblables, du moins tout aussi caractéristiques de l'état de vie.

Tels sont les principaux phénomènes qui peuvent donner l'idée la plus générale de la *physiologie des cellules*. Tous, avons-nous dit, ont lieu sous l'influence des excitants ou irritants; nous avons vu que ceux-ci ont pu être divisés en physiques, chimiques et vitaux; cette division est assez juste et intéressante pour le physiologiste, quoique les excitants les plus différents puissent produire le même effet: un choc, un contact amène la contraction cellulaire et surtout musculaire; l'électricité, certains acides même produisent le même phénomène, qui, cependant, à l'état physiologique, se manifeste presque exclusivement sous l'influence du système nerveux. Une division d'un bien plus grand intérêt aurait pour base, non la nature, mais les effets de l'excitant; malheureusement elle est impossible. C'est ainsi qu'on a essayé de reconnaître *trois espèces d'irritabilité: irritabilité de formation ou de développement, irritabilité nutritive, irritabilité fonctionnelle*. Mais nous avons vu que développement, nutrition, fonction et même mort, tous ces différents phénomènes forment pour la cellule un tout physiologique que nous avons dû artificiellement séparer pour la commodité de l'étude: l'irritabilité de développement pourrait-elle se séparer de l'irritabilité nutritive, et n'avons-nous pas vu que les cellules, des glandes, par exemple, fonctionnent parfois en disparaissant comme éléments cellulaires, et se liquéfiant en un produit de sécrétion?

III. — DIFFÉRENTES ESPÈCES DE CELLULES LEURS RÔLES PARTICULIERS — SCHÉMA DE L'ORGANISME PLAN DE CETTE PHYSIOLOGIE

Dans l'origine, un organisme se compose d'une cellule unique, l'ovule, dont nous avons déjà parlé, et dont nous avons rapidement

décrit la *segmentation*, comme type de génération, de prolifération des globules en général.

Cette segmentation, en se poursuivant, finit par donner naissance à des couches continues de cellules; c'est ce qu'on appelle les *feuilletés du blastoderme*. Quoique nous devions revenir sur cette question dans le chapitre consacré à la physiologie de la génération (embryologie), il est nécessaire de donner ici une idée de ces formations, afin de faire ressortir l'importance des cellules ou globules, puisque c'est des cellules des feuilletés blastodermiques que dérivent les éléments anatomiques de l'organisme.

Dès que l'ovule est divisé en quatre segments, ces segments limitent déjà entre eux, par leur léger écartement, un espace dit cavité de segmentation (c. fig. 6, A). A mesure que la segmenta-

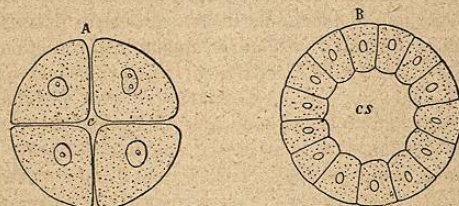


Fig. 6.

tion se poursuit, cette cavité augmente de plus en plus (CS, fig. 6, B) et finalement l'œuf segmenté forme une sphère creuse (fig. 7, C)

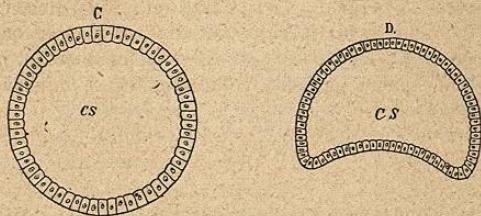


Fig. 7.

dont la paroi est constituée par une simple couche de cellules comparable à un *épithélium*. La large cavité circonscrite par cette couche de cellules mérite toujours le nom de *cavité de segmentation* (CS). Il se produit alors des transformations assez diffé-

rentes selon les animaux (invertébrés, poissons, oiseaux, mammifères)¹, mais qui peuvent cependant être ramenées au type suivant, c'est-à-dire à la formation d'une *gastrula* (théorie de la gastrula de Hæckel). L'un des hémisphères de la sphère creuse s'aplatit, puis s'invagine graduellement dans l'intérieur de l'autre hémisphère (fig. 7, D, et fig. 8, E) : il se produit ainsi une nouvelle cavité, dite cavité d'invagination (CI, fig. 8) ou cavité de la *gastrula* (de γαστήρ, estomac, tube digestif, puisque cette cavité correspond à la future cavité intestinale). La cavité de segmentation (CS, fig. 7, D) est ainsi réduite à une fente (fig. 8, E) séparant deux feuillets cellulaires : l'un de ces feuillets, placé vers l'extérieur, est dit *feuillelet externe* (*e*, fig. 8, E), l'autre *feuillelet interne* (*i*). Bientôt le feuillelet interne, par division de ses cellules, se divise en deux couches, dont l'une est le *feuillelet interne* proprement dit (*i*, fig. 8, F), l'autre le *feuillelet moyen* (*m*) ou *mésoderme*. — Telle est l'origine de la *vésicule blastodermique* et de ses trois feuillets.

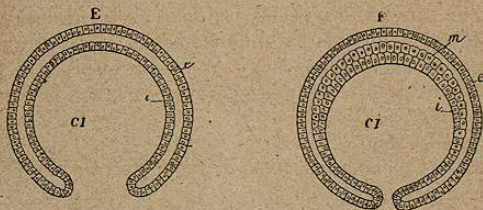


FIG. 8.

Le *feuillelet externe*, nommé *feuillelet corné*, *ectoderme*, reste à l'état globulaire (cellulaire) ; c'est lui qui formera notre *épiderme*, notre *écorce externe* et les différents organes qui en dérivent (éléments spéciaux des organes des sens ; *cellules nerveuses* des organes nerveux centraux ; Voy. *Embryologie*)

Le *feuillelet interne* ou *entoderme* donnera, grâce à l'enveloppement qui détermine la cavité interne de l'embryon, l'*écorce interne* de celui-ci, l'*épithélium* de son *futur canal intestinal*, et par suite des nombreuses annexes de ce canal, du plus grand nombre des glandes, du poumon lui-même.

Quant aux globules du *feuillelet moyen* ou *intermédiaire* ou

¹ Voy. Mathias-Duval, *De la formation du blastoderme dans l'œuf d'oiseau* (*Annales des sciences naturelles : zoologie*, 1884, t., XVIII, n° 1, 2 et 3).

mésoderme, ils subissent des transformations bien plus compliquées : les uns se transforment, par le mécanisme déjà indiqué à propos des globules en général, en fibres, fibres musculaires, nerveuses, fibres élastiques, connectives et toutes les formes du tissu connectif ; d'autres restent à l'état de globule, mais en changeant de forme, et alors les uns se mêlent aux éléments fibreux du tissu connectif (*globules embryonnaires* ou *mésodermiques*, cellules du cartilage, des os, des tendons), les autres naissent dans un liquide (*globules sanguins*), etc.

Nous voyons, en résumé, que les globules primitivement semblables des trois couches du blastoderme, en se différenciant chez le fœtus et finalement chez le sujet développé, ont donné lieu aux globules de l'*écorce externe* ou *épiderme*, aux *globules des écorces internes* ou *épithéliaux*, aux *globules embryonnaires*, *globules sanguins*, aux *globules nerveux*.

Les éléments de l'*écorce externe* et ceux de l'*écorce* ou *épithélium interne* peuvent être résumés, vu leurs analogies, sous le nom de *globules épithéliaux*¹, puisqu'ils tapissent également des surfaces ; nous n'avons donc, en somme, que quatre espèces de globules types à étudier : le *globule épithélial*, le *nerveux*, le *sanguin* et l'*embryonnaire*.

1° Les *globules épithéliaux*, étendus sur des membranes fibreuses destinées seulement à les soutenir, forment la partie vraiment vivante de ces membranes : aussi, selon l'activité de leurs fonctions, présentent-ils diverses formes :

Si dans une région ces globules n'ont pas de fonctions vitales très actives, ils ne sont qu'en petit nombre, et pour recouvrir, malgré cela, complètement la surface qui leur est destinée, ils

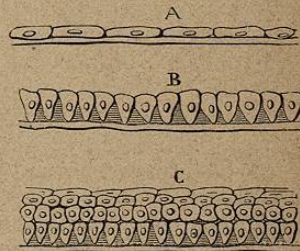


FIG. 9. — Diverses formes d'épithélium *.

¹ En effet, le mot *épithélium* a été primitivement employé pour désigner l'épiderme du mamelon, puis a été étendu à la désignation de l'épiderme des muqueuses pour lesquelles on tend à l'employer exclusivement. On trouve dans Astruc : « La peau fine et délicate qui recouvre le mamelon et qu'on appelle *épithélium* » (ἐπίλ. sur ; θηλή mamelon).

* A. Épithélium pavimenteux ; B, épithélium cylindrique ; C, épithélium stratifié.

s'aplatissent, forment une espèce de carrelage ou paviment, et l'on a ainsi l'*épithélium pavimenteux* (fig. 9, A).

Si, au contraire, comme en général sur les muqueuses très importantes, leurs fonctions vitales sont très actives, ils se multiplient, s'accumulent en grand nombre sur un même espace, et, pour se faire mutuellement place, ils se compriment latéralement et de ronds deviennent cylindriques; on a alors l'*épithélium cylindrique* (fig. 9, B).

Enfin, si une simple couche est insuffisante, les globules se superposent, et l'on a l'*épithélium stratifié* (fig. 9, C).

De plus, pour présenter des surfaces plus étendues sans occuper trop d'espace, ces épithéliums se plissent sur eux-mêmes, et, selon que le plissement se fait vers la surface libre ou vers la profondeur, on a des *papilles* ou des *glandes*; nous insisterons particulièrement sur la formation de ces organes à propos des épithéliums de la muqueuse buccale.

Mais ce qui est peut-être plus important encore que leurs formes, ce sont les fonctions de ces épithéliums: ici encore nous trouvons trois modes différents:

Certains globules épithéliaux agissent comme barrière, s'opposent exactement aux phénomènes de passage: ils sont imperméables. Nous aurons à étudier ce fait avec l'*épithélium* de la vessie, par exemple. On pourrait appeler ces globules des *globules neutres*.

D'autres, au contraire, absorbent activement les substances (gaz ou liquide) avec lesquelles ils sont en contact, pour les transmettre aux parties situées plus profondément, au sang, par exemple. Ce sont des *globules d'absorption*.

Enfin des globules d'une troisième catégorie attirent à eux certaines substances contenues dans les tissus ou liquides voisins et en débarrassent l'organisme, dont ils se détachent eux-mêmes: tel est le mécanisme d'un grand nombre de *sécrétions*, et ces globules sont des *globules de sécrétion*. Ces globules de sécrétion sont caractérisés, plus que tous les autres, par une existence très éphémère; ce sont eux qui forment la plupart des glandes: la glande mammaire, par exemple, n'est autre chose qu'une membrane canaliculée, couverte de globules qui jouissent à certaines époques d'une vie excessivement active; alors ils se multiplient très rapidement et se désagrègent presque aussitôt; l'ensemble de leurs débris constitue le lait.

2° Les *globules nerveux* ou *cellules nerveuses*, quoique pro-

venant, comme le montre l'embryologie, du feuillet externe du blastoderme (du moins les cellules nerveuses du centre cérébro-spinal), ne sont pas établis sur des surfaces sous forme de membranes: ils sont cachés dans la profondeur, constituant l'élément essentiel de ce qu'on nomme la *substance grise nerveuse*. Ces globules présentent des phénomènes de vie très active; nous traiterons bientôt de leurs fonctions. Rappelons ici qu'on peut les considérer comme en continuité avec les tubes nerveux qui les mettent en rapport avec les surfaces sensibles ou les organes contractiles.

3° Les *globules sanguins*, que nous avons précédemment (p. 3) choisis comme exemple des études de physiologie générale, sont, en effet, ceux dont les propriétés sont le mieux connues, et pour lesquels on a le mieux démontré que ces propriétés sont d'ordre purement physico-chimique (V. plus loin: *Respiration*, combinaison de l'oxygène avec l'hémoglobine); ces globules sanguins forment dans le sang, et, par suite, dans le corps, une masse considérable, presque 1/12 de notre masse totale. Loin d'être comme les précédents placés dans un coin de l'économie, ils sont entraînés par un courant perpétuel; leur forme discoïde se prête à ces transports. Pendant cette existence nomade, le globule sanguin est encore caractérisé par des phénomènes de répulsion, d'attraction, de changements de forme et de composition, se chargeant en certains points de principes chimiques qu'il est destiné à aller déposer ailleurs (oxygène).

4° Les *globules embryonnaires*¹ sont ainsi nommés, parce qu'en général ils restent chez le sujet achevé ce qu'ils étaient chez l'embryon; disséminés au milieu des tissus, ils continuent à servir à leur production (cellules du périoste formant continuellement l'os), ou à la réparation des brèches qui peuvent accidentellement entamer ces tissus (bourgeons charnus et cicatrices): de là aussi leur nom de *cellules plasmatiques*. Quelques-uns de ces globules subissent une sorte de déchéance, en accumulant la graisse dans leur intérieur et donnant ainsi lieu au tissu adipeux: à cet état, ils ne sont plus guère susceptibles de subir des transformations; ils sont comme morts. Mais la plupart, quoique changeant de forme (cellule plasmatique étoilée), conservent à l'état latent toutes leurs propriétés vitales, prêts à se réveiller sous une excitation suffisante: c'est

¹ Corps fibro-plastiques de Ch. Robin; cellules plasmatiques de Virchow; cellules plates du tissu conjonctif de Ranvier, etc.

ainsi qu'ils peuvent donner lieu à des produits relativement nouveaux, la plupart pathologiques, tel que le cancer, les diverses tumeurs et en général les globules purulents des abcès. Aussi le globule embryonnaire est-il presque uniquement du ressort de la pathologie.

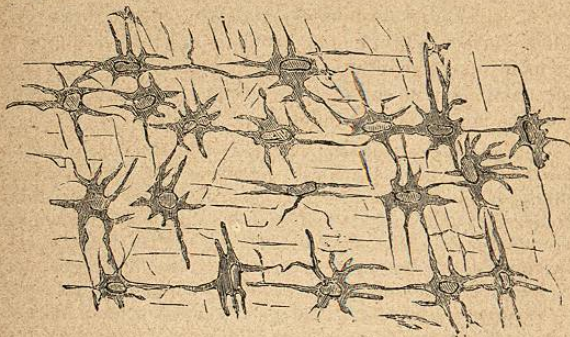


Fig. 10*.

Maintenant que nous connaissons les *diverses espèces de globules* qui, pour le physiologiste, abstraction faite du globule embryonnaire, constituent par leur association l'organisme achevé, nous pouvons essayer de nous représenter d'une façon schématique le groupement et les fonctions de ces *trois* catégories de globules.

Nous pouvons nous représenter l'organisme comme une masse homogène, plutôt liquide que solide, à la surface de laquelle est une couche de globules corticaux épithéliaux (AAA, fig. 11), dont les uns absorbent, les autres excrètent, les autres enfin sont *impermeables* dans un sens comme dans l'autre, neutres en un mot. Dans l'intérieur, vers le milieu, loin de la surface (fig. 11, B), se trouve un groupe de globules relativement permanents, les globules nerveux, qui, par leurs prolongements, sont

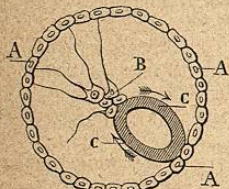


Fig. 11.—Schéma de l'organisme**

* Coupe de la cornée parallèle à la surface. Corpuscules étoilés, aplatis, avec leurs prolongements anastomotiques (d'après His).

** AAA, globules de la surface, de l'écorce, épithélium. — B, globules centraux nerveux avec leurs prolongements venant de la surface ou s'y rendant; — CC, le cercle de la circulation, qui va de la périphérie au centre et revient du centre à la périphérie.

en communication avec les globules périphériques de manière à être excités par les uns et à réagir sur les autres (actes réflexes). Enfin les globules sanguins voyagent de la périphérie au centre et *vice versa* (fig. 11, CC), et ce courant circulaire amène vers le centre les éléments nutritifs absorbés par certains globules de la surface, et entraîne les déchets des globules centraux vers des globules de la surface, qui ont pour but de les rejeter (sécrétions toutes plus ou moins excrémentitielles); le globule sanguin et sa circulation effectuent ainsi un commerce d'échanges, qui chez les animaux inférieurs se fait par simple imbibition.

Telle est la forme la plus simple à laquelle peut se ramener l'organisme la plus compliqué. Dans cet organisme, tous les éléments anatomiques peuvent être considérés comme autant de petits êtres qui, tout en formant une sorte de *colonie*, vivraient indépendamment les uns des autres. En effet, on peut isoler des parties de cette colonie, sans qu'elles cessent de vivre; on peut les transplanter, comme l'ont montré les expériences de greffe animale (P. Bert). Rappelons seulement l'expérience suivante: Paul Bert coupe, sur un petit rat tout jeune, la queue sur une longueur de 2 centimètres; il la laisse plusieurs heures (parfois même plusieurs jours, par une température basse) dans un flacon; puis il introduit sous la peau du même rat, ou de tout autre animal de même espèce, ce segment de queue préalablement dépouillé de sa peau. Dans cette nouvelle condition, le segment continue à vivre, et grandit, si bien que, six mois après on le retrouve mesurant 5 centimètres au lieu de 2. Avec un bout de la patte, on obtient le même résultat. Chaque partie du corps, chaque élément anatomique vit donc d'une vie personnelle, mais dans cette sorte de colonie qui constitue l'organisme, tous ces phénomènes d'activité globulaire sont intimement liés les uns aux autres et liés à des phénomènes chimiques et physiques qu'il faut étudier en même temps: ainsi le globule sanguin semble être au service du globule nerveux, en établissant, au point de vue nutritif, la communication entre ce globule profond et ceux des surfaces; mais sa circulation exige l'intervention du globule nerveux, lequel excite la fibre musculaire et donne ainsi lieu à des phénomènes mécaniques d'hydrostatique, etc.

On voit donc que l'ensemble des phénomènes de l'économie animale constitue une chaîne vivante qu'il faut artificiellement briser pour la commodité de l'étude. Le phénomène le plus frappant est la pérégrination du globule sanguin: c'est peut-être par lui qu'il serait le plus naturel d'aborder le problème; mais nous préférons commencer:

1° Par le *globule nerveux*, parce qu'il nous amènera naturellement à étudier:

2° Les formes non globulaires (*muscles*) avec lesquelles il est en communication, et, par suite, les *mouvements* et les autres phénomènes mécaniques et physiques de l'organisme, ainsi que les tissus qui en sont le siège.

3^o Nous passerons alors au *globule sanguin* et à sa *circulation*.

4^o Alors seulement nous pourrons aborder, forts de toutes ces connaissances, l'étude des *écorces internes et externes*, auxquelles nous rattacherons les *organes des sens*, et enfin nous terminerons par une écorce interne particulière, l'épithélium des *organes génitaux*, dont une dépendance, l'épithélium de l'ovaire, nous ramènera à notre point de départ, l'ovule.

RÉSUMÉ. — La physiologie est l'étude des phénomènes que présentent les êtres vivants; partout où l'analyse de ces phénomènes a été poussée assez loin, on les voit se réduire à des actes physico-chimiques. On peut donc dire, avec de Blainville, que la physiologie est l'art de rapporter les phénomènes vitaux aux lois générales de la matière. Ces phénomènes doivent être étudiés dans les éléments anatomiques, dont la cellule est la forme la plus simple et le point de départ. Les éléments anatomiques vivent d'une vie indépendante, et c'est la réunion harmonique, le concours de toutes ces vies individuelles qui constitue la vie de l'organisme entier. La classification générale des cellules à propriétés bien caractérisées nous donne l'aperçu le plus général sur les fonctions de l'organisme, et nous permet d'établir l'ordre dans lequel doivent être étudiées ces fonctions.

DEUXIÈME PARTIE

DU SYSTÈME NERVEUX

I. — ÉLÉMENTS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE
DU SYSTÈME NERVEUX

1^o *Éléments anatomiques*. — Le globule nerveux ou cellule nerveuse est en général de petites dimensions (1 à 8 centièmes de millimètre); mais dans certaines régions (cornes antérieures de la moelle, cellules dites motrices), cet élément atteint des proportions relativement considérables, au point d'être presque aperçu à l'œil nu (moelle épinière du bœuf). Ces globules ne présentent pas d'enveloppe; ils ont un noyau sphérique et un nucléole très apparent. Ils sont en général étoilés, c'est-à-dire pourvus de prolongements (fig. 12); aujourd'hui on connaît des globules à un prolongement ou *unipolaires*; beaucoup sont *bipolaires*, c'est-à-dire ayant deux prolongements dirigés dans le même sens, et plus souvent en sens opposé: enfin le plus grand nombre sont *multipolaires*, et peuvent avoir jusqu'à dix prolongements. De ces prolongements, les uns se ramifient pour s'anastomoser avec les ramifications des prolongements semblables des cellules nerveuses voisines, et établir ainsi des connexions fonctionnelles entre ces



FIG. 12. — Cellules nerveuses (Virchow, *Pathologie cellulaire*).