

de l'étude du *liquide céphalo-rachidien* et de celle du *sommeil*, etc. Enfin nous signalons seulement l'indication des travaux de P. Bert sur les *gaz du sang*, de C. Sappey sur l'origine des *hématies*, de Marey, Dastre et Morat sur l'*inexcitabilité périodique du cœur*, sur les *vaso-moteurs*, de Fredericq sur la lutte de l'organisme contre le froid et contre le chaud, les recherches sur la *spermatogenèse*, sur la *fécondation*, sur l'origine de l'*ovule*, sur le *pourpre rétinien*, sur les *nerfs sécrétoires*, etc., etc.

La nature même des développements consacrés aux questions que nous venons d'indiquer nous a décidé à employer deux textes différents, de manière à signaler au lecteur les parties qui sont d'une importance primordiale, et celles qui, plus particulières, peuvent être relativement négligées à une première lecture, pour devenir l'objet d'une étude plus attentive après qu'on se sera assimilé les notions relativement élémentaires. C'est ainsi que nous avons mis au second plan, c'est-à-dire en petit texte, l'analyse délicate des fonctions intimes de quelques organes des sens (physiologie du limaçon et étude des perceptions musicales; physiologie de la rétine), l'étude de quelques questions importantes, mais fort délicates, d'embryologie (origines du corps de Wolff et des glandes génitales), l'exposé de quelques théories controversées et discutables, etc., etc.

Ces quelques indications montrent assez que nous nous sommes attaché à ne pas oublier que notre but est d'être directement utile à l'élève. C'est dans cet esprit que nous avons augmenté les additions, ajouté des figures schématiques, multiplié davantage les citations bibliographiques, remanié certaines questions (fonctions du foie: prétendue distinction du foie biliaire et glycogénique; mécanisme de la sécrétion urinaire, etc.), fait, en un mot, tous nos efforts pour que, dans les limites que nous nous sommes assignées dès le début, ce petit volume présente à l'étudiant comme au médecin un exposé complet de l'état actuel de la *physiologie*.

MATHIAS DUVAL.

Février 1887.

## COURS

DE

# PHYSIOLOGIE

## PREMIÈRE PARTIE

### PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

#### I. — PHYSIOLOGIE — HISTORIQUE (BICHAT, MAGENDIE, CL. BERNARD)

La *Biologie* est la science des êtres vivants; elle comprend deux grandes branches principales: l'*Anatomie*, qui a pour objet l'étude des organes et des tissus de ces êtres; la *Physiologie*, qui a pour objet l'étude des fonctions de ces organes et des propriétés de ces tissus.

Les phénomènes qui résultent de ces fonctions et de ces propriétés ont été longtemps regardés comme les phénomènes les plus impénétrables, et l'on avait été conduit à admettre que les manifestations vitales s'accompliraient en dehors des lois physico-chimiques, qu'elles seraient régies par des causes impossibles à saisir et à localiser (*principe vital, esprit, âme physiologique ou archée*), causes qui auraient une existence immatérielle, indépendante du substratum organique qu'elles régissent. La chimie moderne, avec Lavoisier, nous a montré que les phénomènes qui se passent dans les êtres vivants sont des phénomènes physico-chimiques identiques à ceux que présentent les corps bruts: c'est ainsi que le phénomène de la *respiration*, de la *production de la chaleur animale* a pu être identifié aux combustions qui se passent dans nos foyers.

Ce n'est pas à dire que la physique et la chimie nous permettent aujourd'hui d'expliquer tous les phénomènes que présentent les *êtres vivants*; mais du moins ces sciences nous permettent toujours, grâce à leurs puissants moyens d'investigation, de saisir et de *localiser* ces phénomènes, de les rattacher à un substratum organique, et nous dispensent d'invoquer l'existence d'un principe entièrement indépendant des formes organiques dans lesquelles il se manifesterait.

Alors même qu'on conserverait le nom de *force vitale* pour exprimer d'une manière générale les phénomènes d'évolution que présentent les éléments anatomiques (ci-après : *Physiologie de la cellule*), on ne peut songer à considérer cette force comme un principe intelligent, capricieux ou volontaire, mais seulement comme une propriété de la matière, comme un mode spécial de mouvements moléculaires.

C'est au commencement de ce siècle que Xavier Bichat formula le premier nettement cette idée, que la raison des phénomènes qui caractérisent les êtres vivants doit être cherchée non pas dans l'activité mystérieuse d'un principe d'ordre supérieur immatériel, mais, au contraire, dans les propriétés de la matière au sein de laquelle s'accomplissent ces phénomènes. Bichat, fondateur de l'*anatomie générale*, créateur de la science des tissus, devait être fatalement amené à considérer les phénomènes vitaux comme résultant des propriétés, des activités particulières des tissus. En s'en tenant à cet énoncé général, Bichat nous apparaît comme le fondateur de la physiologie générale, quoique, jusqu'à un certain point, il soit retombé dans une hypothèse vitaliste lorsqu'il s'agit de définir les propriétés de ces tissus; puisqu'il pose en principe que les propriétés vitales des tissus sont absolument opposées aux propriétés physiques: la vie est à ses yeux une lutte entre des actions opposées, entre les actions physico-chimiques et les actions vitales, car il admet que les propriétés vitales conservent le corps vivant en entravant les propriétés physiques qui tendent à le détruire. Quand la mort survient, c'est le triomphe des propriétés physiques sur leurs antagonistes. Bichat, d'ailleurs, résume complètement ses idées dans la définition qu'il donne de la vie: *La vie est l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort*; ce qui signifie pour lui: La vie est l'ensemble des propriétés vitales qui résistent aux propriétés physiques.

L'œuvre de Magendie fut une vive réaction contre la doctrine de Bichat: Magendie s'appliqua à l'étude des phénomènes physico-chimiques des êtres vivants, et chercha à ramener autant que possible les actes dits vitaux à des actes physico-chimiques.

Mais c'est surtout à Claude Bernard que la physiologie est redevable de la démonstration de la nature physico-chimique des actes élémentaires de l'organisme, c'est-à-dire des phénomènes intimes dont les

éléments anatomiques sont le siège. Nous en citerons ici un seul exemple, qui recevra plus loin des développements spéciaux; nous voulons parler de la fonction propre du globule rouge du sang. Comme l'a démontré Claude Bernard, le globule rouge du sang se charge d'oxygène et en devient le véhicule, du poumon vers les tissus. Cette propriété de l'hématie (ou globe rouge) n'est autre chose que le résultat des propriétés chimiques d'une substance qui entre dans sa constitution; l'hémoglobine, ou matière rouge du globule, est avide d'oxygène, elle s'oxyde. Sans entrer ici dans des détails techniques, cet exemple suffira pour faire comprendre qu'un phénomène physiologique, dit vital, est expliqué du moment qu'il est ramené à un acte physico-chimique. Nous voyons, en effet, que, dans le globule sanguin, ce qu'il y a de spécial, c'est la substance organique, l'hémoglobine, mais que les propriétés de cette substance sont semblables à celles des corps inorganiques: c'est une affinité chimique, et cette affinité s'exerce aussi bien dans l'organisme vivant qu'en dehors de lui, car le globule du sang défibriné conserve les mêmes propriétés; bien plus, l'hémoglobine, chimiquement isolée et en dissolution, présente la même avidité pour l'oxygène.

Ainsi donc les phénomènes de l'organisme vivant n'ont rien qui les distingue des phénomènes physiques ou chimiques généraux, si ce n'est les instruments qui les manifestent. Le muscle produit des phénomènes de mouvement, qui, comme ceux des machines inertes, ne sauraient échapper aux lois de la mécanique générale; les poissons électriques produisent de l'électricité, qui ne diffère en rien de l'électricité d'une pile métallique.

Ces propriétés physico-chimiques des appareils et éléments organiques n'entrent en jeu que dans certaines circonstances; mais il en est de même des propriétés des corps inorganiques; seulement les conditions qui mettent en jeu les propriétés des êtres organisés sont le plus souvent si complexes, que, dans l'impossibilité de déterminer les causes, on a pu croire à une certaine spontanéité. Un examen exact montre ce qu'il faut voir au-dessous de cette prétendue spontanéité, surtout quand on étudie les formes élémentaires. Ainsi dans les êtres inférieurs, tels que les infusoires, il n'y a pas d'indépendance réelle de l'organisme vis-à-vis du milieu cosmique. Ces êtres ne manifestent les propriétés vitales, souvent très actives, dont ils sont doués, que sous l'influence de l'humidité, de la lumière, de la chaleur extérieure; et dès qu'une ou plusieurs de ces conditions viennent à manquer, la manifestation vitale cesse, parce que les phénomènes physico-chimiques, qui lui sont parallèles, s'arrêtent.

Nous pouvons donc dire, empruntant à Cl. Bernard ses propres expressions, « qu'il n'y a en réalité qu'une physique, qu'une chimie et qu'une mécanique générales, dans lesquelles rentrent toutes les manifestations phénoménales de la nature, aussi bien celles des corps vivants, que celles des corps bruts; tous les phénomènes, en un mot, qui apparaissent dans un être vivant retrouvent leurs lois en dehors de lui, de sorte qu'on pourrait dire que toutes les manifestations de la

vie se composent de phénomènes empruntés, quant à leur nature, au monde cosmique extérieur. »

## II. — PHYSIOLOGIE SPÉCIALE ET PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE PHYSIOLOGIE CELLULAIRE

A. *Distinction de la physiologie générale et de la physiologie spéciale.* — D'après les considérations que nous venons de passer en revue, et notamment d'après l'exemple choisi des fonctions du globule rouge du sang, nous voyons qu'aujourd'hui la physiologie porte ses recherches jusque sur les actes dont les éléments anatomiques eux-mêmes sont le siège : tel est le caractère de la *physiologie générale*, qui étudie les propriétés des éléments anatomiques et des tissus, par opposition à la *physiologie spéciale* qui s'occupe des fonctions des organes. La *physiologie spéciale* était seule l'objet des recherches expérimentales avant les travaux de Claude Bernard : le *De usu partium*, de Galien, était encore et semblait devoir être toujours l'objectif unique des investigateurs. Aussi la vivisection consistait-elle essentiellement en ablations d'organes, en lésions de nerfs ou de vaisseaux, l'expérimentateur cherchant à conclure des troubles observés à la nature et à l'importance des fonctions de l'organe enlevé.

On éclaircissait ainsi la question des mécanismes fonctionnels, et, par exemple, pour ce qui est des fonctions de la respiration, on déterminait le rôle de la glotte, de la trachée, du poumon ; mais tous ces appareils mécaniques ne sont que pour amener l'air au contact du sang, et le sang lui-même n'est que pour amener l'oxygène au contact des tissus. Que le mécanisme respiratoire soit accompli par un poumon, des branchies ou des trachées, ce qui semble indiquer la différence la plus absolue dans le mode de respiration, l'acte intime d'utilisation de l'oxygène par les éléments des tissus est cependant toujours le même. Au-dessous des variétés les plus infinies de mécanismes préparatoires, nous trouvons toujours les mêmes phénomènes élémentaires. Les mécanismes sont l'objet de la physiologie spéciale, presque exclusivement cultivée au commencement de ce siècle ; les phénomènes élémentaires, c'est-à-dire se passant dans les éléments anatomiques des tissus, sont l'objet de la physiologie générale : avoir créé cette physiologie générale sera à tout jamais le titre le plus glorieux de Cl. Bernard.

Mais qu'il s'agisse du domaine de la physiologie générale ou de celui de la physiologie spéciale, c'est toujours, nous le répétons, à

des phénomènes de nature physico-chimique ou même purement mécanique que nous avons affaire.

C'est ainsi que, d'une part, l'appareil de la circulation nous présente des phénomènes qui relèvent des lois les plus simples de la mécanique : que l'œil est un véritable appareil physique de dioptrique ; que la transformation de l'amidon en sucre, dans le tube digestif, est un fait essentiellement chimique. Ce que les phénomènes vitaux présentent de particulier, ce ne sont ni les résultats qu'ils produisent, ni les forces qu'ils mettent en jeu, mais la manière dont ils combinent ces forces : il n'y a pas de *phénomènes vitaux* proprement dits, il y a des *procédés vitaux*.

B. *Physiologie cellulaire.* — Ces phénomènes se localisent, avec leurs caractères de procédés spéciaux, dans les *éléments anatomiques*, et se trouvent au plus haut degré dans les *globules* ou *cellules*, ou dans des formes dérivées des *cellules* et en ayant conservé les propriétés (*fibres musculaires*, par exemple). Les cellules présentent un aspect essentiellement changeant : d'une existence éphémère, elles subissent des métamorphoses incessantes de *forme* et de *composition*, depuis un moment qu'on peut appeler leur *naissance*, jusqu'à celui qui constitue leur *mort* ; en un mot, elles ont des *âges*, elles présentent une *évolution*. L'évolution est précisément ce qu'offrent de plus particulier les êtres, comme les éléments organisés.

Ces métamorphoses sont, avons-nous dit, « des changements de *forme* et de *composition* ». Les changements de composition ne suffisent pas pour caractériser la vie, car tout corps organique au contact de l'air absorbe de l'oxygène et dégage de l'acide carbonique, jusqu'à ce qu'il soit complètement brûlé, putréfié. Le globule, au contraire, loin de se détruire par cet échange, se transforme, se multiplie : telle est la *vie*.

C'est donc par l'étude de la cellule en général que nous devons commencer, et c'est autour d'elle que tout doit se grouper, puisqu'elle est l'élément essentiellement vivant.

C. *Du globule ou cellule ; ses propriétés.* — Les globules, éléments essentiellement vivants, sont tout d'abord caractérisés par leurs *dimensions microscopiques*. De là l'importance du *microscope* dans les études de physiologie générale. En effet, le diamètre des globules est assez petit pour que les histologistes aient cru devoir adopter comme unité de mensuration le millième de millimètre (désigné généralement par la lettre  $\mu$ ). Un seul, l'*ovule*, atteint chez les mammifères jusqu'à  $2/10$  de millimètre, de façon à être

déjà visible à l'œil nu, et présente chez les autres animaux des dimensions très considérables (jaune de l'œuf d'oiseau).

Si, après leurs dimensions exiguës, nous passons en revue les caractères des globules, en commençant par leurs propriétés physiques et chimiques pour terminer par celles qui se rapportent à leur évolution, nous trouvons successivement à noter :

*Leur forme.* — Tous les globules ont primitivement la forme d'une petite masse sphérique, constituée par une substance albumineuse d'aspect plus ou moins granuleux et dite *protoplasma*<sup>1</sup>. C'est ainsi qu'ils se présentent à l'état jeune (*protoblastes* de Kœlliker, *gymnocytodes* de Hœckel) ; on dit alors que ces éléments, qui méritent bien plus le nom de *globules* que celui de *cellules*, sont formés par une simple masse de *protoplasma* homogène. Mais ils peuvent ensuite, par diverses causes, changer à l'infini de forme et d'aspect. Ainsi leur substance homogène peut se diviser de façon que vers la superficie se groupent des parties solides, tandis qu'une matière plus liquide restera vers le centre ; le protoplasma s'est

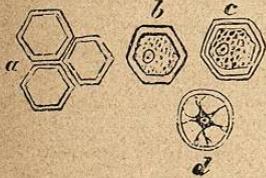


FIG. 1. — Cellules végétales (pomme de terre)\*.

sécrété une enveloppe, et l'on a de la sorte un corpuscule formé d'une *membrane limitante* et d'un *contenu*. Alors le *globule* prend la forme qui lui a mérité généralement le nom de *cellule*<sup>2</sup>. La cellule domine presque uniquement dans le règne végétal (fig. 1) : pour les animaux, sans être exclusifs, nous préférons en général le mot de *globule*, qui, du reste, rappelle mieux la forme primitive et essentielle. A l'état de *cellule* l'élément vital se compose d'une

<sup>1</sup> De πρῶτος, premier, πλάσμα (de πλασσω, je forme) ; le protoplasma est la matière vivante par excellence.

<sup>2</sup> Le nom de *cellule* a été employé en ayant égard surtout à la cavité circonscrite par l'enveloppe du globule, et à une époque où on ne tenait guère compte du protoplasma contenu dans cette cavité. Or c'est ce protoplasma qui est la partie essentiellement vivante. C'est pourquoi le nom de *globule* devrait être préféré à celui de *cellule*, quoique l'usage contraire ait prévalu. Aussi nous servirons-nous ici de l'une de ces dénominations aussi bien que de l'autre.

\* a, Cellules à parois épaisses, régulièrement polygonales ; — b et c, cellule isolée, avec enveloppe, contenu finement granuleux, noyau et nucléole ; — d, par l'action de certains réactifs (eau), on a produit une rétraction et un aspect étoilé dans le contenu cellulaire ou *Protoplasma*. (Virchow, *Pathologie cellulaire*.)

*enveloppe amorphe*, d'un *contenu granuleux et transparent* (*protoplasma* et diverses substances élaborées par lui), au milieu duquel on trouve une vésicule nommée *noyau* (*nucléus*), laquelle renferme elle-même une autre vésicule nommée *nucléole*.

Les globules à l'état de simple masse de protoplasma sont ceux qui présentent la vie la plus active, et un grand nombre d'animaux inférieurs (monères) sont réduits à une sphère de protoplasma. Aussi plusieurs auteurs font-ils aujourd'hui de l'étude des *propriétés du protoplasma* la base de la *physiologie générale*, et en effet, étudier les propriétés des cellules vivantes, c'est étudier les propriétés du protoplasma.

Outre ce groupement de la masse primitivement homogène, les formes extérieures du globule peuvent se modifier à l'infini : par exemple, par les progrès de la nutrition, le globule grossit ; alors, pressé par ses voisins et les pressant lui-même, il prend des formes plus ou moins géométriques (fig. 1). Ailleurs, dans les centres nerveux, par exemple, les rapports que les globules nerveux doivent affecter avec les fibres nerveuses obligent les premiers à s'éloigner de la forme typique pour prendre des prolongements en étoile. C'est ainsi, et par bien d'autres causes à voir par la suite, que nous trouvons dans les globules achevés et modifiés, les formes polyédriques, lamellaires, cylindro-coniques, fusiformes, étoilées.

*Propriétés du protoplasma.* — La propriété la plus caractéristique du protoplasma est d'être doué de mouvements particuliers : si le protoplasma forme un globule sans enveloppe, on le voit, à l'état vivant, émettre des prolongements qu'il peut ensuite rétracter, mais dans l'un desquels peut aussi se porter graduellement toute sa masse, de sorte que le globule se déplace. On fait facilement l'observation de ces phénomènes sur les *amibes* (*amœba*), animaux inférieurs dont chacun est réduit à un simple globule de protoplasma, et c'est pourquoi on a donné aux phénomènes sus-indiqués les noms de *prolongements amiboïdes*, *mouvements amiboïdes* : les globules blancs du sang de tous les animaux présentent les mêmes phénomènes, et, actuellement, un très grand nombre d'éléments anatomiques (cellules des divers tissus) ont donné lieu à des observations semblables, grâce aux procédés particuliers d'étude (chambres chaudes et chambres humides), qui permettent d'observer au microscope les éléments anatomiques isolés et vivants. — Le protoplasma contenu dans une enveloppe cellulaire (cellules proprement dites) présente aussi des mouvements qui se traduisent par des déplacements de ses granulations, des courants agitant sa

masse, des vacuoles contractiles apparaissant et disparaissant de façon plus ou moins régulière. Les liquides acides arrêtent ces mouvements et tuent le protoplasma. Nous reviendrons sur ces phénomènes à propos de l'étude de diverses cellules.

*Couleur.* — Les globules sont, en général, incolores; quelques-uns cependant sont diversement colorés: le globule sanguin est rouge. D'autres sont pigmentés, c'est-à-dire renferment des granulations opaques qui, chez l'homme, sont généralement d'un noir foncé.

*Élasticité.* — Les globules jouissent, en général, d'une grande élasticité. Ainsi un globule aplati par une force physique au point de devenir discoïde, peut, en se retrouvant libre, reprendre exactement sa forme primitive. On en voit qui, pour traverser une ouverture trop étroite, s'allongent en cylindre pour redevenir parfaitement ronds, le défilé une fois franchi. Ces phénomènes s'observent parfaitement sur les globules du sang en circulation (dans le mésentère ou la membrane digitale de la grenouille, par exemple).

*Composition chimique.* — Tous les globules ont cela de commun, que leur composition chimique est très compliquée.

L'élément dominant est l'eau: elle y entre pour les  $\frac{4}{5}$  et forme l'une des conditions de vitalité du globule, car elle sert de menstrue aux autres substances.

Après l'eau, vient, en ligne d'importance, l'albumine: cette substance est presque caractéristique du globule; on ne trouve jamais dans le globule la substance collagène ou gélatine, qui paraît, au contraire, caractéristique des éléments non globulaires (fibres connectives et mêmes élastiques).

A côté de l'albumine, nous trouvons toujours une certaine proportion de corps gras dans un état de combinaison intime avec les éléments précédents, surtout dans les jeunes cellules, comme le prouve leur transparence. Cette combinaison intime de l'eau de l'albumine et de la graisse paraît être un des phénomènes essentiels de la vitalité du globule; quand celui-ci arrive à la maturité, les corps gras s'y accumulent et on les voit, alors seulement, paraître à l'état libre sous forme de perles sphériques donnant à la cellule un aspect opaque. Cette apparition doit être souvent regardée comme un signe de mort prochaine ou au moins de vétusté du globule. En exceptant, d'une part, les cellules adipeuses, qui ont un rôle particulier à remplir, et notamment celui d'emmagasiner des matériaux combustibles (graisses), et, d'autre part, l'ovule, qui chez certains animaux renferme une provision nutritive sous forme

de graisse, on peut dire que tout élément normal ou pathologique qui s'infiltre de graisse, est destiné à périr et à disparaître par résorption.

A côté de ces trois éléments principaux on en trouve d'autres en moindre quantité, mais non moins essentiels; ce sont toutes les substances minérales qui entrent dans la composition générale du corps: tel est le potassium (à l'état de sel de potasse), le phosphore (ces deux substances se trouvent surtout dans les éléments nerveux), le soufre incorporé à l'albumine ou représenté par des sels. Il en est de même du sodium, du calcium, du fer, du magnésium et de quelques autres métaux encore. Il nous suffit de remarquer l'extrême richesse chimique des globules, ce qui doit nous faire prévoir de la part de corps si complexes une grande disposition aux métamorphoses.

*Pouvoir électro-moteur.* — C'est sans doute aussi à la multiplicité des éléments constitutifs qu'il faut rapporter le pouvoir électro-moteur des globules; cette propriété de dégager de l'électricité est surtout connue pour les nerfs ou tubes nerveux, qui ne sont pas des globules, mais en dérivent et sont en connexion intime avec eux.

*Ténacité de composition.* — Mais de toutes les propriétés relatives à leur composition, la plus importante et la plus essentiellement vitale que présentent les globules, c'est leur ténacité à maintenir leur constitution, malgré les milieux ambiants; leur force pour repousser certaines substances et s'en assimiler d'autres par une véritable sélection. Exposé à une atmosphère avide d'humidité, un globule vivant ne perdra pas son eau de constitution: c'est ainsi que les cellules du tégument, chez l'animal comme chez la plante, maintiennent dans l'intérieur de l'organisme l'humidité nécessaire à la vie. C'est ainsi que le globule sanguin, riche en potasse et en phosphates, nage dans un liquide (*liquor* du sang) riche seulement en soude, presque privé des sels précédents, et cependant le globule garde sa potasse et repousse la soude par un véritable phénomène de répulsion; ailleurs le même globule sanguin se charge d'oxygène dans le poumon et en devient ensuite le véhicule à travers l'économie. Citons encore l'épithélium de la vessie urinaire qui s'oppose exactement au passage de l'urine à travers les parois, passage qui s'effectuera six ou sept heures après la mort du sujet, alors seulement que cet épithélium aura cessé de vivre à son tour.

En regard de ces phénomènes, que nous pouvons appeler de *refus*, nous avons d'autres cas où le globule favorise, au con-

traire, le passage; c'est ainsi que l'épithélium intestinal, à un moment donné, laisse passer les aliments élaborés avec une rapidité qui rend presque impossible l'étude de ce phénomène.

*Vie et évolution du globule.* — Enfin ce qui doit à nos yeux former le caractère essentiel du globule, c'est sa vie, son évolution; cet élément naît, fonctionne, et, au bout d'un temps très variable, tend à disparaître par des transformations très diverses.

Ces trois phénomènes, naissance, vie et mort, phénomènes qui constituent les métamorphoses et le fonctionnement du globule, n'ont lieu que sous l'influence de certains excitants<sup>4</sup>. Pour le règne végétal, la lumière, la chaleur et sans doute l'électricité constituent quelques-uns des excitants les plus indispensables. C'est ainsi que des grains de blé, trouvés dans les tombeaux des Pyramides, y avaient dormi pendant de longues suites d'années sans donner signe de vie, et se sont réveillés, c'est-à-dire se sont mis à végéter, dès qu'ils ont été soumis aux excitants extérieurs. Les conditions ne sont pas moins complexes pour le globule animal: parfois c'est la chaleur; c'est ainsi qu'un certain degré de brûlure produit de rapides changements dans les cellules de notre écorce, de notre épiderme. Ces causes excitantes peuvent être physiques, chimiques, ou même naître dans l'intérieur même de l'organisme (être vitales), c'est-à-dire résulter de l'action de certains éléments anatomiques (cellules ou dérivés) sur d'autres éléments; la principale parmi ces causes intimes ou intérieures (ou vitales), est certainement l'innervation, ou l'influence du système nerveux sur les éléments vivants. Du reste, les actions des divers excitants peuvent se succéder et former un circuit d'influences de nature alternante; ainsi les éléments des surfaces (épithélium, épiderme), excités par des causes externes, excitent à leur tour, par l'intermédiaire des nerfs sensitifs, les cellules nerveuses, qui, par l'intermédiaire des nerfs moteurs, portent l'excitation vers les muscles ou vers d'autres éléments des surfaces, vers les épithéliums glandulaires, par exemple, et nous avons ainsi des excitations dites vitales provenant d'excitations primitivement mécaniques.

<sup>4</sup> « La matière par elle-même est inerte, même la matière vivante, en ce sens qu'elle doit être considérée comme dépourvue de toute spontanéité. Mais cette matière vivante est irritable, et elle peut ainsi entrer en activité pour manifester ses propriétés particulières. » (Cl. Bernard.)

Nous verrons que le globule nerveux lui-même, qui au premier abord paraît jouir d'une grande spontanéité, ne fait que transmettre, que réfléchir des excitations (ou irritations) qu'il a reçues de diverses sources. Les faits qui, à un examen superficiel, semblent le résultat d'une spontanéité nerveuse ne sont, en somme, que des actions réflexes.

*Naissance des globules.* — La science a été longtemps incertaine sur la question de savoir si les globules (ou éléments cellulaires) peuvent prendre naissance d'une manière spontanée dans un liquide plus ou moins amorphe, sans procéder d'aucun globule préexistant: telle était la théorie de la *formation libre des cellules* (Schleiden et Schwann, 1838). Schwann donnait au liquide générateur le nom de *cytoblastème*. Raspail comparait volontiers la formation de la cellule dans ce cytoblastème à la *formation des cristaux* dans un liquide qui contient la matière cristallisable en dissolution. Puis la théorie du *blastème* ou de la genèse a été longtemps soutenue par Ch. Robin. Aujourd'hui cette manière de voir a été complètement abandonnée, par le fait d'observations plus exactes.

Ces observations plus exactes, qui ont eu pour point de départ les travaux de Remak (1852) sur la formation (par segmentation) des globules du sang, ont montré que toute cellule provient d'une cellule préexistante (*omnis cellula a cellula et in cellula*). L'étude de l'accroissement et de la reproduction des épithéliums, qui ne sont formés que de cellules, celle de nombreux produits pathologiques montrent, en effet, que tout globule naît d'un autre globule (*omne vivum ex ovo*); c'est aussi ce qui résulte de toutes les études d'embryologie (formation du *blastoderme*, et formation des éléments des tissus par évolution des cellules du blastoderme).

La *division* est le mode selon lequel se fait cette production des cellules; c'est-à-dire qu'un globule primitif se divise en deux ou quelquefois un plus grand nombre (bourgeonnement), et la forme type de cette division nous est présentée par la première cellule d'un organisme, par l'ovule. A un moment donné, si les milieux ambiants sont favorables, on voit la cellule mère (fig. 2-1) présenter un étranglement superficiel, qui, se prononçant de plus en plus,

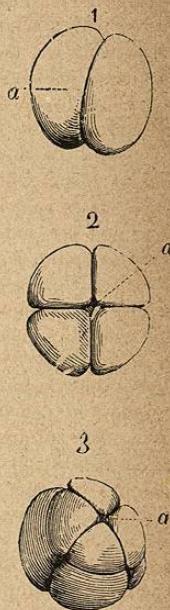


Fig. 2. — Divers degrés successifs du sillonnement et de la segmentation consécutive d'un globule (ovule de la grenouille, d'après Baer)\*.

\* 1, Premier sillonnement vu un peu de côté; 2, second sillonnement vu directement du haut; 3, troisième vu obliquement du haut.

divise le globule primitif en deux nouveaux globules : quand se sont produits deux sillons disposés comme des méridiens (fig. 2-II), on en voit apparaître un nouveau dans le sens de l'équateur, de sorte que finalement nous avons quatre puis huit globules au lieu d'un (fig. 2-III). Nous aurons à étudier ces phénomènes avec plus de détails pour les divers globules et en particulier pour l'ovule, sous le nom de *segmentation du vitellus*. Contentons-nous de dire, d'une façon générale, que toute cellule naît d'une autre cellule par une *segmentation*, soit que le contenu seul y prenne part, ce qu'on appelle alors *endogenèse*, soit que contenu et enveloppe, formant masse homogène (*globule* proprement dit), subissent ensemble la division, ce qui constitue la *fissiparité* (dont le *bourgeonnement* n'est qu'une variété).

Enfin on a reconnu, dans ces dernières années, que le *noyau* était, pendant la division de la cellule, le siège de phénomènes particuliers, qui révèlent de sa part une activité spéciale dans l'acte de division. On a donné à ces phénomènes le nom de *Karyokinèse* (de *κάρυον*, noyau ; *κίνησις*, mouvement, activité). Nous en tracerons ici un rapide tableau à l'aide des figures 3, 4 et 5.

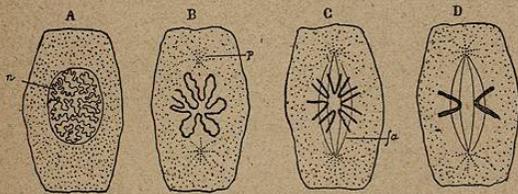


FIG. 3.

On a reconnu que le noyau, à l'état de repos, est composé, outre sa membrane périphérique, d'une partie liquide, dite suc nucléaire, et d'un réseau solide, se colorant facilement par les réactifs colorants, d'où le nom de *réseau chromatique*. Lorsque la cellule va se diviser, les éléments du réseau chromatique se concentrent et se condensent en un long filament qui décrit de nombreux méandres dans la cavité circonscrite par la membrane du noyau (A, fig. 3). Ce filament chromatique s'épaissit, se raccourcit, et bientôt (B, fig. 3) ses méandres dessinent une sorte de rosette, formée d'une série d'anses en forme de V ; en même temps la membrane du noyau a disparu, et, d'autre part, il se dessine, dans deux points opposés du protoplasma de la cellule, deux figures en étoiles (en p, fig. 3, B) dont les rayons sont

dessinés par la disposition radiée des granulations du protoplasma. Ces deux étoiles ou *aster*<sup>1</sup> marquent les points où vont se réunir, en deux nouveaux noyaux, les fragments du noyau primitif, les fragments du filament chromatique primitif.

En effet, les anses en V qui forment la rosette du stade B (fig. 3) se séparent les unes des autres pour former autant de fragments en forme de V (filaments en V), dont la pointe est tournée vers la région centrale (C, fig. 3) ; en même temps on voit se dessiner des filaments incolores ou peu colorables (filaments achromatiques *fa*, fig. 3, C), qui vont d'un aster à l'autre, dessinent ainsi une figure en *fuseau*, et paraissent formés par des parties provenant aussi bien du liquide du noyau que du protoplasma de la cellule (puisque depuis le stade B, il n'y a plus de membrane séparant le liquide nucléaire d'avec le protoplasma cellulaire).

Bientôt les filaments en V se disposent en un plan perpendiculaire à l'axe du fuseau et passant par le milieu de ce fuseau ; cet état est représenté dans la figure 3, en D ; seulement, pour simplifier, on n'a ici figuré que deux gros filaments en V.

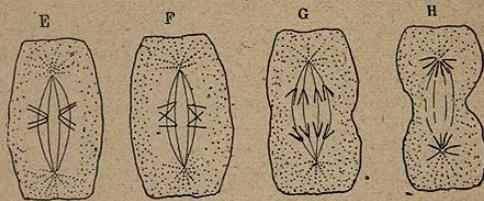


FIG. 4.

A un stade suivant (E, fig. 4) chaque filament en V se dédouble, selon sa longueur, en deux filaments, dont chacun s'écarte, par son sommet, de l'axe du fuseau (F, fig. 4), comme pour se diriger, par ce sommet, chacun vers l'un des pôles du fuseau (c'est-à-dire vers l'aster correspondant) ; c'est ce qui a lieu en effet, c'est-à-dire que les nouveaux filaments forment deux groupes (fig. 4 en G) qui s'éloignent de plus en plus l'un de l'autre, et se dirigent vers l'aster qui leur correspond, en paraissant cheminer le long des filaments achromatiques du fuseau, la pointe de chaque V regardant ce pôle (dans la fig. G on a représenté seulement quatre filaments en V pour chaque groupe). — Ils atteignent ce pôle (fig. 4, H), et alors se disposent en rosette autour de ce pôle (autour du centre de l'aster). La figure 5 (en I) représente ce

<sup>1</sup> On verra plus loin (V. le chap. sur la *Fécondation*) comment des figures semblables se dessinent dans l'ovule, et comment elles méritent alors les noms d'*amphiaster* (double étoile), de *fuseau*, etc.