

jusque sur son axe et former un réseau à larges mailles, d'une extrême délicatesse. Le tissu réticulaire se continue, du reste, insensiblement avec le tissu spongieux.

B. — Conformation intérieure des os larges.

Les os larges se composent de trois couches superposées. — Deux de ces couches répondent à leurs surfaces. Elles sont fermées par le tissu compact et portent le nom de *tables*. Moins épaisses que les parois du canal médullaire, elles le sont beaucoup plus que la couche de tissu compact qui recouvre les extrémités des os longs et la périphérie des os courts. Ces deux tables ne présentent pas, du reste, sur toute l'étendue superficielle du même os une épaisseur uniforme. Celle-ci diminue de la périphérie, vers le centre, où les deux tables se confondent pour former une seule couche mince et demi-transparente.

La couche moyenne ou spongieuse se compose de lamelles plus solides en général que celles du tissu spongieux des os longs. Dans les os du crâne elle prend le nom de *diploé*. Son épaisseur, au voisinage des bords, égale celle des couches compactes; en se rapprochant du centre de l'os, cette couche diminue de plus en plus et disparaît avant de l'atteindre. Sur la plupart des os larges, elle ne forme pas une couche continue, mais des îlots irrégulièrement répartis.

Dans l'épaisseur de la couche spongieuse des os plats on observe des canaux particuliers, que tapisse à l'état normal la membrane interne des veines, et qui sont connus sous le nom de *canaux veineux*. — Ces canaux présentent un calibre supérieur à celui des conduits nourriciers. — Leur direction est celle d'une ligne très irrégulièrement brisée; elle varie du reste selon les individus et d'un côté à l'autre. — Leurs parois, revêtues d'une mince couche de tissu compact, sont inégales et criblées d'orifices, par lesquels pénètrent les veines afférentes. Ils atteignent leur plus grand développement dans les os du crâne.

C. — Conformation intérieure des os courts.

Les os courts sont essentiellement formés de tissu spongieux. Une mince couche de tissu compact recouvre celui-ci au niveau des surfaces articulaires; les lamelles du tissu spongieux sont perpendiculaires au tissu compact et plus ou moins obliques au niveau des surfaces périostiques.

La plupart de ces os présentent aussi des canaux veineux, remarquables surtout dans les vertèbres par leur calibre et par leur nombre. Leur direction est en général parallèle à celle des surfaces articulaires.

Les saillies osseuses sont formées à l'extérieur par une couche de tissu compact. Lorsqu'elles n'offrent qu'un petit volume, ce tissu les constitue exclusivement.

§ 3. — STRUCTURE DES OS.

Considérés dans leur structure, les os se composent d'une partie essentielle, le tissu osseux; et de parties accessoires, qui comprennent le périoste, la moelle, des vaisseaux et des nerfs.

A. — Tissu osseux.

Le tissu osseux nous offre à étudier : 1° la substance fondamentale qui le constitue; 2° des canalicules vasculaires qui le sillonnent en grand nombre; 3° des cavités microscopiques, ou *ostéoplastes*, plus multipliés encore et qui le caractérisent essentiellement; 4° des fibres spéciales; 5° sa composition chimique.

1° Substance fondamentale des os.

Quelle que soit la forme que revête le tissu osseux, qu'il se montre à l'état compact, à l'état spongieux ou à l'état réticulaire, ses caractères restent toujours identiques. Il présente une couleur blanche et une dureté qui rappellent celles de l'ivoire, un poids supérieur à celui de tous les autres tissus, et une certaine élasticité. — Vu à l'œil nu, il offre un aspect homogène, et semble se ranger au nombre des substances amorphes.

Divisé en tranches minces et soumis à l'examen microscopique, il affecte une disposition stratifiée. Les couches qui le composent sont concentriques comme celles qui forment le tronc d'un arbre; seulement dans ce tronc il n'y a qu'un axe et qu'un seul système de couches qui se recouvrent successivement, la dernière embrassant toutes les autres. Dans le tissu osseux il y a une multitude d'axes et autant de petits systèmes de lamelles concentriquement disposées. — Sur les os longs, ces systèmes suivent pour la plupart une direction longitudinale. Sur les os larges, ils rayonnent du centre vers la circonférence. Dans les os courts, ils ne suivent aucune direction déterminée.

La stratification peut être constatée sur les filaments du tissu réticulaire et sur les lamelles du tissu spongieux; mais c'est sur le tissu compact qu'elle se montre dans toute son évidence. Pour l'étudier, on donnera donc la préférence à la diaphyse des os longs et aux tables des os larges. Des tranches perpendiculaires aux surfaces osseuses sont les

plus convenables. Si ces tranches offrent une suffisante transparence, on pourra distinguer les lamelles concentriques, mais assez vaguement. Afin de rendre celles-ci plus manifestes, il est utile de les immerger pendant quelques heures dans une solution d'acide chlorhydrique, assez concentrée pour entraîner les sels calcaires. Les lamelles concentriques deviennent alors très apparentes; on peut même les dissocier, bien que dans l'état normal elles adhèrent entre elles de la manière la plus intime. — Leur épaisseur mesure $0^{\text{mm}},008$; elle est à peu près égale pour toutes. Leur coupe présente un aspect finement granuleux qui a fait penser autrefois à un grand nombre d'anatomistes qu'elles se composaient de fibres plus ou moins parallèles; mais cette opinion repose sur une simple apparence. Les lamelles du tissu osseux se distinguent en lamelles pâles et lamelles striées; les premières offrent un aspect amorphe ou très finement granuleux. Les stries que présentent les secondes se composent de granules linéairement disposés; elles sont transversales et par conséquent perpendiculaires aux lamelles.

Indépendamment des systèmes à lamelles concentriques et des deux systèmes généraux, il existe pour les os longs des systèmes partiels occupant les intervalles des premiers et sous-jacents aux seconds.

Dans le tissu spongieux, les lames les plus minces se composent de plusieurs lamelles. Les moyennes en comprennent de dix à douze, et les plus épaisses jusqu'à vingt ou vingt-cinq.

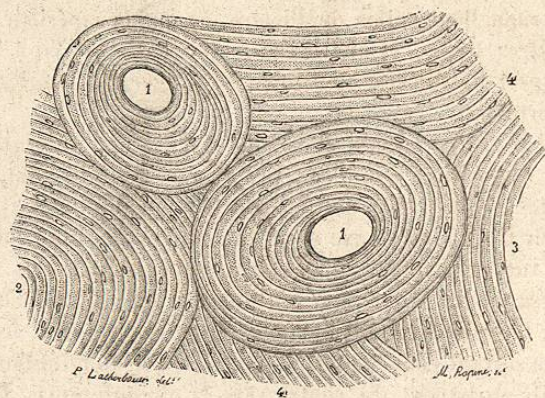


FIG. 1. — Lamelles de la substance osseuse, vues sur une coupe transversale de la diaphyse du fémur. — Grossissement de 200 diamètres.

1, 1. Coupe des canalicules vasculaires formant l'axe de chaque système à lamelles concentriques. — 2. Segment d'un système de Havers. — 3. Autre segment dont on voit seulement les lamelles périphériques. — 4, 4. Groupe de lamelles cheminant dans l'intervalle des systèmes de Havers et appartenant à des systèmes partiels.

Historique. — La structure lamellaire du tissu osseux a été signalée en 1689 par Gagliardi, qui, pour la démontrer, avait recours à l'ébullition longtemps prolongée, et qui invoquait aussi l'exfoliation dont les os deviennent le siège lorsqu'ils restent indéfiniment exposés à l'air libre (1). Il pensait que toutes les lamelles étaient unies entre elles par des chevilles transversales (*claviculi ossei*). Mais les lamelles qu'il obtenait n'étaient pas les lamelles élémentaires; c'étaient des groupes très irréguliers de celles-ci.

En 1691, Clopton Havers constatait cette disposition lamelleuse et apportait dans cette étude beaucoup plus de sagacité; ce fut à l'aide du microscope qu'il l'observa: « *Harum laminarum in uno eodemque loco, microscopii auxilio, sedecim numeravi* (2). »

En 1751, Lassone, afin de rendre plus évidente la stratification de la substance fondamentale, fit appel à la macération dans un acide minéral étendu (3).

Pendant les lamelles élémentaires, entrevues par Havers, n'ont été bien observées et bien décrites qu'en 1834 par Deutsch, qui, à cette époque, en a donné des dessins exacts (4).

2° Canalicules vasculaires.

Les canalicules vasculaires, ou *canalicules de Havers*, existent en grand nombre. Chacun d'eux renferme un capillaire. — C'est dans le tissu compact qu'on les observe. Le tissu réticulaire n'en présente aucune trace. Le tissu spongieux en est aussi à peu près complètement dépourvu; parmi les lames qui entrent dans sa composition, les plus grosses sont seules parcourues par quelques rares canalicules.

Le diamètre des canalicules de Havers varie beaucoup. Il se réduit pour les plus petits à $0^{\text{mm}},03$, et peut s'élever pour les plus considérables jusqu'à $0^{\text{mm}},40$; leur moyen calibre est de $0^{\text{mm}},10$ à $0^{\text{mm}},12$. — Leur direction prédominante dans les os longs est longitudinale. Dans les os larges, ils partent du centre de leurs surfaces et s'étendent en rayonnant vers les bords. Dans les os courts, qui en possèdent moins, ils ne suivent en général aucune direction déterminée. — Sur tous les points où on les rencontre, il en existe du reste un assez grand nombre qui s'écartent de la direction commune; ainsi, dans la diaphyse des os longs, entre les canalicules longitudinaux, on en rencontre d'obliques et de transverses. Dans les os larges, on en voit aussi qui affectent divers modes d'obliquité et quelques-uns qui se portent perpendiculairement vers le diploé.

(1) Gagliardi, *Anatome ossium*, p. 10.

(2) Clopton Havers, *Novæ observat. de ossibus*. Lugduni Batav., 1734, p. 45.

(3) Lassone, *Mém. de l'Acad. des sc.*, 1751, p. 72.

(4) Deutsch, *De penitiori ossium structura*.

De même que les vaisseaux contenus dans leur cavité, ces canalicules s'anastomosent entre eux. Considérés dans leur ensemble, ils forment un véritable réseau dont les mailles sur le corps des os longs s'allongent dans le sens vertical. Les anastomoses affectent tantôt une direction oblique et tantôt une direction transversale.

Les canalicules les plus superficiels s'ouvrent à la surface des os par des pertuis taillés en bec de flûte, pertuis qui nous sont déjà connus, et qui constituent les orifices du troisième ordre. — Sur les surfaces articulaires et sur celles qui donnent attache aux tendons, il n'existe pas d'orifices, ainsi que nous l'avons vu. Au niveau de ces surfaces et de ces insertions, les canalicules s'infléchissent pour se continuer avec les canalicules voisins. — Sur toute l'étendue des conduits nourriciers, ils communiquent avec la cavité de ceux-ci par des pertuis visibles seulement à la loupe. — Ils communiquent aussi avec le canal médullaire par des orifices situés au fond des lacunes qu'on remarque sur ses parois. Au niveau des points où le tissu compact se superpose au tissu spongieux, ils s'ouvrent dans les cellules de celui-ci.

Indépendamment du vaisseau qu'ils contiennent, rencontre-t-on aussi quelquefois dans ces canalicules des vésicules adipeuses. Leur existence serait constante et leur nombre assez considérable, selon plusieurs auteurs, qui ont proposé de leur donner le nom de *canalicules médullaires*. Cette opinion est fondée lorsqu'on l'applique à la vieillesse; mais elle ne l'est pas si on l'applique à l'âge adulte et à l'enfance. Jusqu'à trente-cinq ou quarante ans, et souvent même à un âge plus avancé encore, les canalicules vasculaires ne contiennent pas de tissu adipeux. Lorsque après avoir immergé la diaphyse d'un os long dans une solution acide assez concentrée pour faire disparaître les sels calcaires sans attaquer les vésicules adipeuses, on détache de celle-ci une mince tranche transversale, tous les capillaires deviennent très distincts, et cependant on n'aperçoit sur leur contour aucun vestige de cellules adipeuses. — Sur les os secs on rencontre assez fréquemment, il est vrai, dans les canalicules un liquide huileux; mais alors il provient du canal médullaire; de celui-ci il a pénétré dans leur cavité et remonté peu à peu, en vertu des lois de la capillarité, de leur orifice profond vers leur orifice externe ou périphérique. C'est ainsi que des os parfaitement blancs pendant les premiers mois qui suivent leur préparation, jaunissent plus tard; c'est pourquoi aussi cette teinte jaune se montre d'abord aux extrémités des os où le tissu compact, plus mince, est plus rapidement envahi dans toute son épaisseur.

Les parois des canalicules vasculaires sont constituées par les lamelles concentriques du tissu osseux. Chacun des innombrables systèmes qui composent ce tissu a pour axe un canalicule. — Mais le nombre des lamelles n'est pas proportionnel au diamètre de ceux-ci. Les plus petits

sont formés de cinq ou six lamelles; les plus grands en présentent huit ou dix. Les moyens sont ceux qui offrent les parois les plus épaisses; les lamelles contribuant à les former varient de dix à vingt-cinq ou trente. Parmi celles-ci, il en est qui ne font pas le tour complet du canalicule; elles décrivent seulement les deux tiers ou les trois quarts de sa circonférence, puis se terminent en pointe et disparaissent au milieu des lamelles voisines. Lorsque plusieurs d'entre elles affectent la même disposition et occupent le même côté, les parois du canalicule se trouvent amincies du côté opposé, et le capillaire qui le remplit ne répond plus à son axe.

Tous les systèmes de couches concentriques suivent exactement le trajet des vaisseaux. Ils s'infléchissent comme ceux-ci; c'est pourquoi sur les coupes des os, indépendamment des systèmes transversalement ou longitudinalement divisés, on en distingue toujours un assez grand nombre dont la surface de section est plus ou moins oblique.

Sous l'influence de l'inflammation, le calibre des canalicules vasculaires s'accroît avec rapidité, par suite de la résorption de l'osséine et des sels calcaires qui constituent leurs parois.

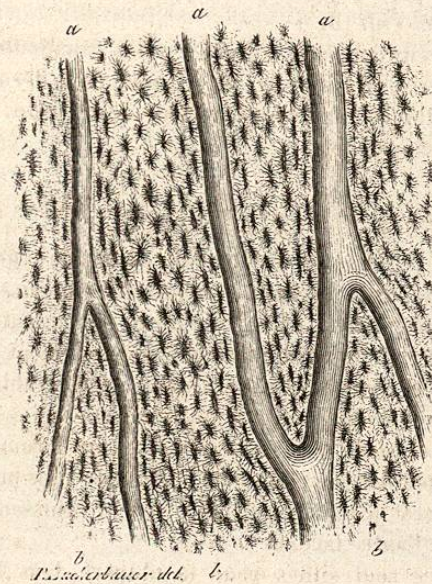


FIG. 2. — Canalicules vasculaires et ostéoplastes, vus sur une tranche longitudinale de la diaphyse de l'humérus. — Grossissement de 200 diamètres.

a, a, a. Canalicules vasculaires de diamètres différents; deux de ces canalicules communiquent par une large anastomose. — b, b, b. Ostéoplastes occupant la substance fondamentale qui sépare ces canalicules. On voit que leur grand axe est parallèle à celui des conduits vasculaires.

Historique. — Dans une lettre adressée en 1686 à l'Académie des sciences de Londres, Leeuwenhoek fait mention des canalicules vasculaires qu'il venait d'observer sur un fémur de bœuf coupé en travers. Il les prit d'abord pour des globules; mais bientôt il reconnut que ces globules n'étaient que l'extrémité des tubes divisés: « *Summitates tubulorum illorum ex quibus os componitur* (1). »

Cinq ans plus tard, en 1694, Clopton Havers décrivit ces tubes, que Leeuwenhoek n'avait signalés qu'incidemment. Ce fut aussi sur les os du bœuf qu'il les aperçut d'abord. Il les vit ensuite sur ceux de l'homme: « *Pariter eos in humano osse, non sine summa delectatione, intuitus sum* (2). » Cet auteur en admet deux espèces qui communiquent ensemble, les transversaux et les longitudinaux. Leur cavité est remplie d'un liquide huileux qu'ils puisent dans le canal médullaire: « *Per os medullosum oleum seipsum diffundit, laminisque immediate providet.* »

L'illustre Albinus, en 1754, a démontré que chacun d'eux contenait un capillaire sanguin. Ayant injecté les vaisseaux, il remarqua que tous les canalicules étaient pleins: « *Postquam autem vasa implevi, diffractis ossibus per longitudinem non vacuos, sed impletos canaliculos illos eorum vidi* (3). »

En résumé, Leeuwenhoek a découvert les canalicules vasculaires. Havers, en les décrivant mieux, a fait accepter cette découverte par ses contemporains. Albinus a fait connaître leur destination, que ni l'un ni l'autre n'avaient soupçonnée.

3° Ostéoplastes, canalicules osseux, cellules étoilées des os.

Le tissu osseux présente des cavités microscopiques, qui ont été tour à tour appelées *lacunes osseuses*, *corpuscules osseux*, *corpuscules noirs des os*, *ostéoplastes*. Cette dernière dénomination, proposée en 1842 par Serres, est aujourd'hui la plus généralement acceptée.

Le nombre de ces cavités est extrêmement considérable, puisqu'il en existerait en moyenne 900 sur un millimètre carré, selon Harting, évaluation qui ne paraît pas exagérée. — Leur forme, extrêmement irrégulière, se rapproche de celle d'un ellipsoïde plus ou moins aplati. — Leur longueur est de 0^{mm},02 à 0^{mm},03; et leur épaisseur, ou l'axe qui s'étend de l'une à l'autre face, de 0^{mm},01.

Les ostéoplastes sont situés pour la plupart dans l'épaisseur des lamelles élémentaires. — Leur grand axe est parallèle aux lamelles, de telle sorte qu'ils semblent suivre leur direction. Disposés en séries

(1) Leeuwenhoek, *Epistolæ*, t. II, p. 199.

(2) C. Havers, *Novæ observat. de ossibus*. Lugduni Batav., 1734, p. 52.

(3) B. S. Albinus, *Academic. annot.*, lib. III, cap. III, p. 24.

linéaires, ils forment sur les coupes transversales des cercles concentriques, mais beaucoup moins réguliers et moins accusés que les anneaux résultant de la section des lamelles.

De chacune de ces cavités naissent de nombreux prolongements, creux aussi et connus sous le nom de *canalicules osseux*. Les plus considérables partent des extrémités de la cavité qui semblent dans quelques cas s'effiler pour les produire. Les autres émanent de ses faces; sur l'une et l'autre, on en compte en moyenne de huit à quinze. Leur longueur est de 0^{mm},03 à 0^{mm},04, leur diamètre de 0^{mm},001.

Les canalicules osseux s'irradient dans toutes les directions. Mais ceux qui tirent leur origine des parties latérales ou des faces de la cavité semblent affecter surtout une direction transversale ou perpendiculaire aux lamelles. La plupart traversent donc celles-ci. Dans leur trajet, le plus grand nombre se divisent; quelques-uns même, et surtout ceux des extrémités, se ramifient; ils deviennent alors de plus en plus déliés. A leur extrémité terminale on les voit s'anastomoser entre eux et avec les canalicules des ostéoplastes environnants. — Ceux qui occupent le voisinage des canalicules vasculaires s'ouvrent dans leur cavité. — Ceux qui ont pour siège les lamelles du tissu spongieux ou les filaments du tissu réticulaire, s'ouvrent dans les cellules correspondantes ou directement dans le canal médullaire. — Ceux des lamelles périphériques

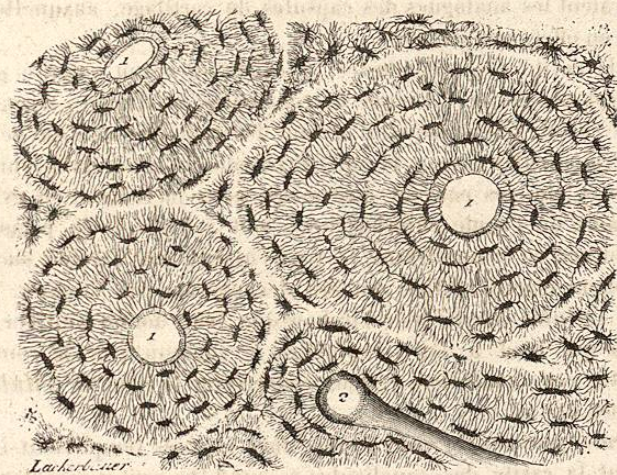


FIG. 3. — Canalicules vasculaires et ostéoplastes, vus sur une coupe transversale de la diaphyse de l'humérus. — Grossissement de 200 diamètres.

1, 1. Coupe des canalicules vasculaires. — 2. Coupe d'un canalicule longitudinal divisé au niveau de son anastomose avec un canalicule transversal. — Autour des conduits perpendiculairement divisés sont les ostéoplastes, qui forment des anneaux concentriques.

s'ouvrent sur la surface des os, dont ils représentent les orifices du quatrième ordre.

La cavité des ostéoplastes offre des parois irrégulières et criblées d'orifices inégaux, orifices formant l'embouchure ou le point de départ des canalicules osseux. Vues sur une lamelle sèche avec l'ensemble de leurs prolongements, ces cavités rappellent au premier aspect les insectes de la famille des myriapodes qui semblent avoir envahi par milliers le champ de la préparation. Remplies d'air, elles réfractent très fortement la lumière, se détachent en noir sur le fond transparent de la lame osseuse et deviennent alors très manifestes.

Lorsqu'on examine une lame osseuse à un grossissement de 400 ou 500 diamètres, les canalicules osseux, divisés, se montrent sous la figure de pertuis qui quelquefois se groupent sur certains points et qui donnent alors à la substance fondamentale un aspect pointillé.

Les ostéoplastes sont-ils constitués par une substance osseuse différente de la substance fondamentale? Cette question, souvent posée, n'est pas encore résolue. Leurs parois cependant semblent plus denses, plus résistantes que la substance fondamentale du tissu osseux; lorsqu'on soumet ce tissu à l'action de l'acide chlorhydrique, c'est d'abord la substance comprise entre les ostéoplastes qui se dissout; les parois des cavités osseuses ne sont détruites que consécutivement. S'il était démontré qu'elles diffèrent par leur densité de la substance environnante, elles seraient les analogues des capsules de cartilage, auxquelles elles ont été, en effet, comparées.

Dans la cavité des ostéoplastes, il existe un noyau entouré par une masse protoplasmique. Chacune de ces cavités, en d'autres termes, contient une cellule nue de laquelle partent des prolongements qui pénètrent dans les canalicules osseux, et qui s'anastomosent aussi dans leur trajet. Ces cellules étoilées peuvent être mises assez facilement en évidence, soit à l'aide de l'acide chlorhydrique, soit à l'aide de la potasse, soit mieux encore en ramollissant le tissu osseux par l'action successive de ces deux réactifs. Elles ont été découvertes par Virchow, d'où le nom de *cellules osseuses* de Virchow que leur donne Kolliker, dénomination qui tend à faire confondre le contenu avec le contenant; pour éviter cette confusion, je leur conserverai le nom de *cellules nues* ou *étoilées des os*.

Les prolongements de ces cellules nues étoilées remplissent-ils complètement la cavité des canalicules osseux? On peut conjecturer qu'ils en occupent une partie seulement, car ils paraissent relativement courts; et, d'une autre part, les canalicules osseux vont s'ouvrir en très grand nombre dans les canalicules de Havers, où ils puisent le plasma exhalé des capillaires sanguins. Ce liquide nourricier se répand de proche en proche très probablement dans tout le réseau des cana-

licules et distribue ainsi à la totalité du tissu les sucs nécessaires à son développement, à sa nutrition et à son incessante rénovation.

Historique. — La découverte des ostéoplastes est récente. Purkinje les a signalés le premier en 1834. On crut d'abord qu'ils étaient remplis d'un précipité pulvérulent formé par du carbonate de chaux, d'où le nom de *corpuscules osseux* qui leur a été donné. Cette opinion, en 1839, a été défendue surtout par Henle; cet auteur se fondait sur ce qu'ils étaient noirs et opaques à la lumière transmise, blancs et brillants à la lumière réfléchie.

Mais Tood et Bowman, en 1845, démontrèrent que sur les préparations sèches les ostéoplastes sont pleins d'air et que leur couleur noire était due à la réfraction des rayons lumineux; ils firent remarquer qu'en plongeant la préparation dans l'essence de térébenthine le liquide chassait l'air et remplissait peu à peu les cavités osseuses qui devenaient alors transparentes.

Quelques années plus tard, Virchow reconnut dans ces cavités la présence d'une cellule étoilée; en traitant le tissu osseux par l'acide chlorhydrique, il parvint à extraire ces cellules avec leurs prolongements.

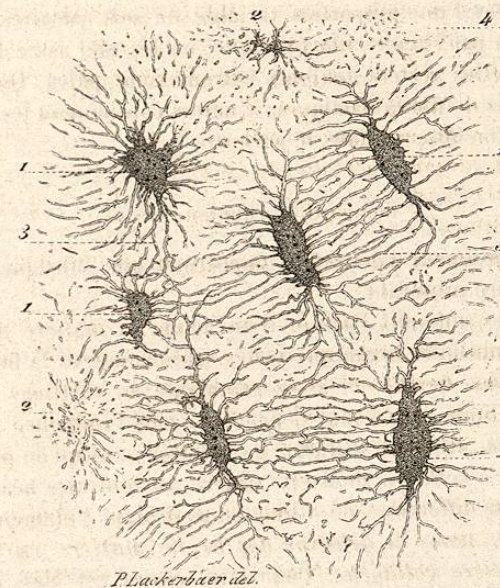


FIG. 4. — Ostéoplastes vus à un grossissement de 500 diamètres.

1, 1, 1, 1. Corps ou cavité des ostéoplastes. — 2, 2. Ostéoplastes dont il reste seulement quelques vestiges. — 3, 3. Canalicules osseux et anastomoses de ces canalicules. — 4. Pertuis correspondant aux canalicules osseux divisés.