l'écorce; la cellule interne (C*y*) devient l'initiale du cylindre central et, dès lors, la jeune radicelle possède un méristème subterminal, comparable en tous points à celui de la racine principale. Que ce méristème continue à fonctionner et que les éléments auxquels il donne naissance se différencient, la radicelle ne tardera pas à posséder une structure primaire comparable aussi à celle de la racine principale. Les faisceaux ligneux et libériens qui se seront différenciés au sein de la radicelle se raccorderont à ceux de la racine principale, de manière à établir une continuité parfaite entre les stèles des deux membres.

Par ce qui précède, on peut s'expliquer aisément la disposition linéaire des radicelles à la surface de la racine principale et la fixité, dans chaque espèce, du nombre des rangées qu'elles forment : le nombre de ces rangées est égal à celui des faisceaux ligneux. On s'explique mieux aussi le caractère endogène de la ramification de la racine.

Il nous reste à voir comment la radicelle, constituée à l'intérieur du cylindre central de la racine mère, se fait jour jusqu'au dehors. On pourrait croire que c'est par une simple déchirure des tissus de l'écorce qu'elle parvient à les traverser. Il n'en est rien en réalité. En même temps que les cellules de la plage rhizogène se sont cloisonnées pour former la radicelle, les cellules voisines de l'endoderme se sont allongées suivant le rayon de la racine, puis ont subi une nombreuse série de cloisonnements tangentiels. Elles ont ainsi donné naissance à une sorte de fourreau, enveloppant de toutes parts la radicelle et l'isolant du reste de l'écorce : c'est ce qu'on appelle la *poche* de la radicelle. Sécrétant des diastases par sa surface, cette poche dissout et digère les membranes et le contenu des cellules corticales et transmet aux tissus de la radicelle, en voie de développement, les résultats de cette digestion. La poche digestive (c'est le nom qu'elle mérite et qu'on lui donne) fraye ainsi un passage à la radicelle, qu'elle précède et protège, en même temps qu'elle lui fournit les aliments nécessaires à son développement. Quand la poche digestive a traversé toute l'épaisseur de

l'écorce, elle paraît au dehors, bientôt suivie de la radicelle elle-même, qui porte ainsi à ses débuts un double étui protecteur : la poche digestive, dont le rôle est désormais fini, et, au-dessous de celle-ci, sa coiffe propre. Chez certaines plantes, la racine mère ne forme pas de poche digestive à sa radicelle; c'est alors cette dernière qui digère directement, par son sommet, les tissus de l'écorce.

La formation et la sortie des radicelles présentent, suivant les plantes chez lesquelles on les étudie, de nombreuses variations qui ont été surtout mises en évidence par un travail considérable de MM. Van Tieghem et Douliot et dans le détail desquelles il nous est impossible d'entrer; mais de ces multiples variations se dégagent deux faits généraux, l'origine profonde des radicelles et le rapport constant qui existe entre leur position et celle des faisceaux ligneux de la racine principale.

QUINZIÈME LEÇON

Structure primaire de la tige.

La tige : morphologie externe. — Comme la racine principale, dont elle est le prolongement, la *tige principale* (*fig.* 170) possède une forme cylindro-conique qui lui assure une symétrie plus ou moins parfaite par rapport à un axe représenté par la droite qui unit son sommet au centre de sa base.

On désigne du nom de *collet* la limite de séparation entre la tige et la racine principales. Dans les premières phases du développement de ces deux organes, cette limite est nettement marquée par l'apparition des premiers poils radicaux; la partie de l'axe située au-dessus d'eux appartient à la tige. Plus tard, après la chute des premiers poils radicaux, la limite devient beaucoup moins précise; on peut remarquer

toutefois que l'axe de la plante se rétrécit en général assez brusquement dans la région où la tige fait place à la racine.

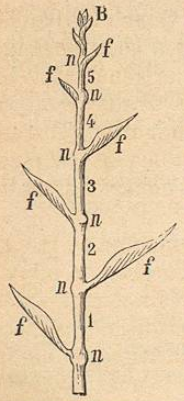

Fig. 170. — Jeune tige. — B, bourgeon terminal; *f*, feuilles; *n*, nœuds; 1, 2, 3, 4, 5..., entre-nœuds.

La tige porte des feuilles à sa surface, ce qui permet d'y établir un certain nombre de repères. On appelle *nœuds* les points de la tige auxquels sont fixées les feuilles; un *entre-nœud* est l'intervalle qui sépare deux nœuds consécutifs.

On peut observer que les entre-nœuds les plus voisins du sommet vont en décroissant régulièrement à mesure qu'ils se rapprochent de ce point. En même temps on voit diminuer les dimensions des feuilles qui correspondent aux nœuds successifs. Le sommet de la tige est occupé par un *bourgeon*, c'est-à-dire une agglomération de jeunes feuilles, serrées les unes contre les autres : à cause de sa position, cet organe a reçu le nom de *bourgeon terminal*. Une coupe longitudinale faite suivant l'axe de la tige et passant par le bourgeon terminal laisse voir (*fig.* 171) que les feuilles qui constituent ce dernier sont attachées en réalité à des niveaux différents, mais très rapprochés, de la tige qui les supporte et qu'elles s'emboîtent les unes dans les autres de manière à recouvrir et à protéger le sommet absolument nu de la tige.

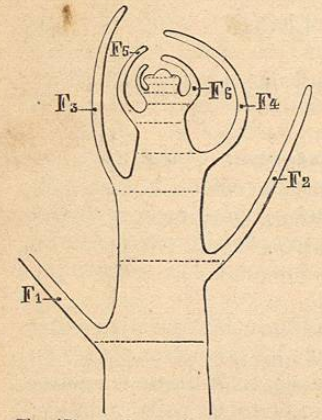

Fig. 171. — Coupe longitudinale et axile du sommet de la tige. F_1, F_2, ... F_6, feuilles de plus en plus jeunes. (Les traits pointillés correspondent aux nœuds successifs.)

En y regardant de plus près, ces observations montrent que les feuilles portées par la tige

principale se forment les unes après les autres, tout près de son sommet et dans le bourgeon terminal. Quand les feuilles sont encore étroitement rapprochées, il n'y a pour ainsi dire pas d'entre-nœuds : ils sont tous d'une extrême brièveté. A mesure que la tige s'allonge, les feuilles se dégagent, en quelque sorte, une à une du bourgeon terminal et s'étagent lentement le long de la tige, s'y espaçant de plus en plus. A partir d'une certaine distance, les entre-nœuds cessent de s'allonger.

On peut conclure de là que les parties nouvelles de la tige se forment à son sommet, au centre du bourgeon terminal, et continuent à s'allonger pendant un certain temps après leur formation; c'est ce qu'on exprime en disant que l'accroissement de la tige en longueur est à la fois *terminal* et *intercalaire*.

La tige principale reste quelquefois simple; souvent, au contraire, elle se ramifie, en formant des *tiges secondaires* ou *branches* (*fig.* 172). La ramification de la tige est toujours latérale, c'est-à-dire que les branches apparaissent sur les flancs de la tige principale : c'est du fond de l'angle formé par une feuille et par l'entre-nœud qui lui est immédiatement supérieur, c'est-à-dire dans l'*aisselle* d'une feuille, que sort la branche; elle se manifeste d'abord sous la forme d'un bourgeon qui, en raison de sa position, reçoit le nom de *bourgeon latéral* ou *axillaire*. Quand un bourgeon axillaire se développe pour donner naissance à une branche, il est facile de voir que la surface de cette dernière est en continuité absolue avec celle de la tige principale; jamais elle n'est entourée à sa base d'un bourrelet semblable à celui qui circonscrit la base d'une radicelle;

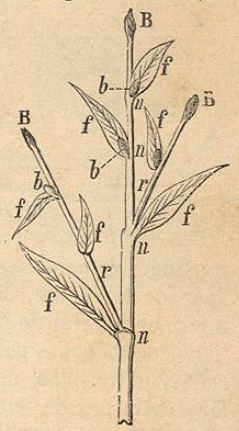

Fig. 172. — Tige ramifiée. — B, bourgeons terminaux; *f*, feuilles; *n*, nœuds; *r*, branches; *b*, bourgeons axillaires.

elle a donc son origine dans les parties extérieures de la tige, ce qu'on exprime en disant qu'elle est *exogène*. Les tiges secondaires présentent les mêmes caractères que la tige principale : chaque branche porte à son extrémité un bourgeon terminal; sur ses côtés sont des feuilles qui déterminent des nœuds et des entre-nœuds et qui protègent à leurs aisselles des bourgeons axillaires.

Des flancs de la tige peuvent se détacher des racines, auxquelles on donne le nom de *racines latérales* : elles se développent surtout lorsque la tige est horizontale et rampe à la surface du sol ; elles sont d'ailleurs endogènes par rapport à la tige comme le sont les radicelles par rapport à la racine principale.

Morphologie interne : structure primaire. — Pour étudier la structure de la tige, imaginons que nous fassions une section transversale dans une tige jeune, à quelque distance du collet. Nous verrons (*fig.* 173) que son axe est occupé par un *cylindre central* épais, qu'entoure extérieurement une *écorce* mince. Quand on passe de la tige à la racine, le rapport entre les volumes de ces deux parties se trouve, comme nous le savons déjà, renversé : le cylindre central se rétrécit considérablement et ne forme plus qu'un filament grêle dans l'axe de la racine, dont le volume total est d'ailleurs très inférieur à celui de la tige.

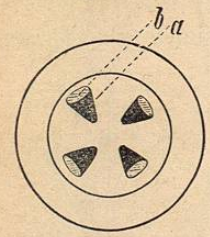

Fig. 173. — Structure primaire de la tige (schéma). — *a*, bois; *b*, liber.

L'écorce débute par une assise dont les cellules, très adhérentes entre elles, cutinisent plus ou moins fortement les faces externes de leurs membranes. C'est l'*épiderme*. Cette assise est interrompue, de distance en distance, par des ouvertures auxquelles on donne le nom de *stomates*.

Un stomate (*fig.* 174) se compose de deux cellules qui, vues de face, se présentent sous la forme de deux haricots microscopiques et se regardant par leurs bords concaves. Ces deux cellules, dites *cellules stomatiques*, ménagent entre

elles, par l'écartement de leurs bords concaves, une ouverture appelée *ostiole*. Leur membrane, inégalement épaissie, présente son maximum d'épaisseur sur la face externe et sur celle qui regarde l'ostiole; c'est aussi sur ces deux faces que la cutinisation de la membrane est poussée le plus loin. Au-dessous du stomate, à l'intérieur des tissus de la tige, se trouve généralement une lacune assez étendue, à laquelle on donne le nom de *chambre sous-stomatique*.

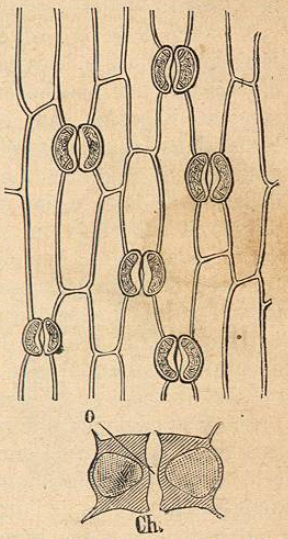

Fig. 174. — En haut, portion d'épiderme vue de face, avec quelques stomates. — En bas, un stomate isolé, coupé par un plan perpendiculaire à l'épiderme (*o*, ostiole; *Ch.*, chambre sous-stomatique).

Comment se forme un stomate? Il est facile de s'en rendre compte en étudiant l'épiderme très jeune. On voit ainsi (*fig.* 175) qu'une cellule épidermique, d'abord simple et peu différente de celles qui l'entourent, se divise en deux, après une bipartition de son noyau. Puis la membrane de séparation de ces deux cellules nouvelles se délamine dans sa partie moyenne, ménageant, entre ses deux feuillets écartés, une ouverture qui est l'ébauche de l'ostiole. Les deux cellules ainsi écartées arrondissent leurs contours, épaississent et cutinisent leurs membranes : elles ne tardent pas à prendre les caractères de deux cellules stomatiques. Les cellules stomatiques tirent donc, en résumé, leur origine de la bipartition d'une cellule qu'on peut appeler leur *cellule mère*.

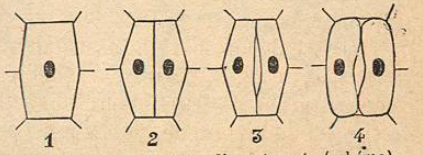

Fig. 175. — Formation d'un stomate (schéma).

Tantôt les stomates sont distribués sans ordre à la surface de l'épiderme; tantôt ils sont rangés régulièrement en files longitudinales, parallèles à l'axe de la tige.

L'écorce de la tige est, d'une manière générale, moins différenciée que celle de la racine. Il est beaucoup moins facile d'y séparer une couche externe, dans laquelle les cellules seraient disposées sans ordre apparent, d'une couche interne, dans laquelle les éléments anatomiques seraient régulièrement ordonnés. La dernière assise de l'écorce, l'endoderme de la tige, ne présente que rarement les cadres plissés et subérifiés qui caractérisent si nettement l'endoderme de la racine. Parfois ces plissements, visibles dans la tige très jeune, disparaissent ultérieurement. Dans certaines tiges, l'endoderme se distingue de toutes les assises voisines parce qu'il emmagasine dans ses cellules un grand nombre de grains d'amidon, que les réactifs iodés permettent de mettre aisément en évidence.

S'il y a quelques différences entre l'écorce de la tige et celle de la racine, c'est surtout par la structure du cylindre central que ces deux membres de la plante se distinguent manifestement l'un de l'autre.

Au milieu du parenchyme conjonctif, qui forme la majeure partie du cylindre central de la tige, sont distribués, symétriquement autour de l'axe de l'organe, des faisceaux qui le parcourent dans le sens de la longueur. Tandis que, dans la racine, les faisceaux sont de deux sortes (des faisceaux ligneux, formés uniquement de bois, et des faisceaux libériens, formés entièrement de liber), il n'y a, dans la tige, qu'une catégorie de faisceaux : chacun d'eux comprend, du

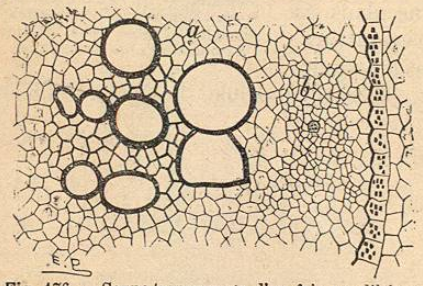

Fig. 176. — Coupe transversale d'un faisceau libéro-ligneux de la tige. — *a*, bois; *b*, liber.

côté de l'axe de la tige, un cordon de bois et, du côté de la périphérie, un cordon parallèle de liber; ce sont des *faisceaux libéro-ligneux* ou, comme on les appelle encore, des *faisceaux collatéraux*.

Portons notre attention sur la composition d'un faisceau libéro-ligneux (*fig.* 176 et 177).

Le bois, qui forme la partie interne du faisceau, est essentiellement constitué, comme celui de la racine, par des vaisseaux ligneux. Mais tandis que, dans un faisceau de la racine, les vaisseaux les plus étroits et les moins parfaits (les vaisseaux spiralés et annelés) sont voisins du bord externe, laissant le bord interne aux vaisseaux les plus larges et les plus parfaits (les vaisseaux ponctués), on observe, au contraire, dans la tige, que les vaisseaux ponctués occupent le bord externe, voisin du liber, laissant le bord interne aux vaisseaux spiralés. En un mot, l'orientation des éléments vasculaires de la tige est inverse de celle que nous avons observée dans la racine.

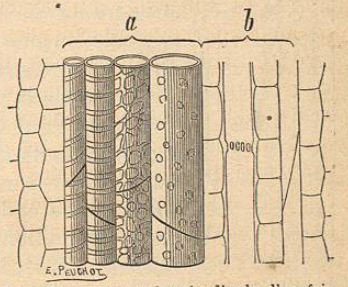

Fig. 177. — Coupe longitudinale d'un faisceau libéro-ligneux de la tige. — *a*, bois, *b*, liber.

On se rappelle aussi que le bois de la racine est exclusivement formé de vaisseaux ligneux. Dans le bois de la tige, de composition plus complexe, aux vaisseaux s'ajoutent d'autres éléments qui sont des *cellules ligneuses* et des *fibres*.

Les *cellules ligneuses* sont des éléments anatomiques dont l'allongement parallèle à l'axe de la tige n'est pas très sensiblement supérieur à leur accroissement suivant les autres directions. Leur membrane s'épaissit et se lignifie comme celle d'un élément vasculaire; mais leur protoplasme, au lieu de se creuser de nombreuses vacuoles, pour se résorber finalement, comme celui d'un vaisseau ligneux, se conserve

avec ses propriétés essentielles : les cellules ligneuses sont des éléments vivants.

Une *fibre* (*fig.* 178) n'est pas autre chose qu'une cellule qui s'est accrue considérablement dans le sens longitudinal et dont les extrémités se terminent en pointe, de manière à lui donner grossièrement la forme d'un fuseau et à lui permettre de s'engrener avec les cellules semblables qui ont pu se développer à son voisinage : dans ce cas, le groupe de fibres associées forme un faisceau. La membrane s'est épaissie considérablement, de manière à réduire progressivement la cavité centrale, dans laquelle le protoplasme s'est résorbé et a disparu; en même temps elle s'est lignifiée comme celle d'un élément vasculaire. La fibre est un élément mort, auquel l'épaississement considérable et la lignification de sa membrane permettent évidemment de jouer un rôle de soutien dans l'organe auquel il appartient.

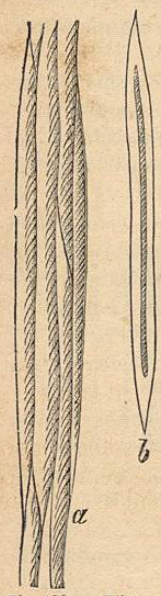

Fig. 178. — Fibres végétales. — *a*, un faisceau de fibres; *b*, une fibre isolée, en coupe longitudinale.

Le liber de la tige ne diffère pas très sensiblement de celui de la racine. Les éléments qui le constituent essentiellement sont encore des tubes criblés. Entre ces tubes s'intercalent des éléments parenchymateux auxquels se mêlent, plus fréquemment que dans la racine et surtout vers la partie externe du liber, des fibres isolées ou réunies en faisceaux.

Entre le bois et le liber, qui forment les deux cordons parallèles du faisceau collatéral, est intercalée une zone parenchymateuse qui n'appartient ni au bois ni au liber et dont nous verrons prochainement le rôle important dans l'édification de la structure de certaines tiges.

L'existence de faisceaux dans le cylindre central de la tige permet de distinguer plusieurs régions dans le parenchyme conjonctif : le *péricycle*, qui circonscrit extérieurement les

faisceaux ; — la *moelle*, qui est circonscrite par eux; — les *rayons médullaires primaires*, qui unissent le péricycle à la moelle. Chacune des bandes parenchymateuses qui séparent le bois du liber dans un faisceau libéro-ligneux se raccorde, sur ses flancs, avec le parenchyme des deux rayons médullaires voisins.

Souvent le péricycle contient des fibres à membranes lignifiées. Ces fibres peuvent être isolées au sein du parenchyme ambiant; généralement elles sont réunies côte à côte de manière à former des faisceaux, qui sont souvent placés en face des faisceaux libéro-ligneux et se traduisent, sur une coupe transversale, par des arcs enveloppant extérieurement ces derniers; il arrive même quelquefois que tous ces arcs confluent en un anneau continu, concentrique à la circonférence de la tige. Quand les fibres péricycliques sont appliquées étroitement contre la face externe du liber, on peut être tenté de les rattacher à ce dernier et de les considérer comme des fibres libériennes. Il faut se garder de cette confusion, que l'usage des réactifs colorants permet souvent d'éviter : la coloration qu'ils communiquent aux fibres péricycliques est souvent différente de celle que prennent les fibres libériennes; les fibres péricycliques subissent, par exemple, une lignification plus profonde (H. Lecomte).

Origine de la structure primaire. — Pour étudier l'origine de la structure primaire de la tige, il est nécessaire de faire dans le sommet de cet organe une coupe longitudinale passant par l'axe. On reconnaît alors (*fig.* 179) que ce sommet est occupé par un méristème, que l'absence de toute coiffe protectrice met absolument à nu : c'est un *méristème terminal*. Ce sont les cellules issues de ce méristème qui s'empilent et se différencient pour constituer les tissus primaires de la tige. La structure du méristème varie suivant les plantes que l'on considère. Supposons, pour fixer les idées, qu'il s'agisse du méristème terminal d'une tige de *Ceratophyllum*.

Le centre de ce méristème est occupé par trois cellules superposées, qui sont les trois *initiales* de la tige. La cellule

supérieure ne se cloisonne que parallèlement à ses faces latérales et les segments résultant de ce cloisonnement ne se divisent pas parallèlement à la surface de la tige; ils en forment le revêtement externe, c'est-à-dire l'épiderme : cette cellule est l'*initiale de l'épiderme*. La cellule moyenne ne se cloisonne aussi que parallèlement à ses faces latérales; mais les segments qu'elle détache ainsi sur ses flancs ne tardent

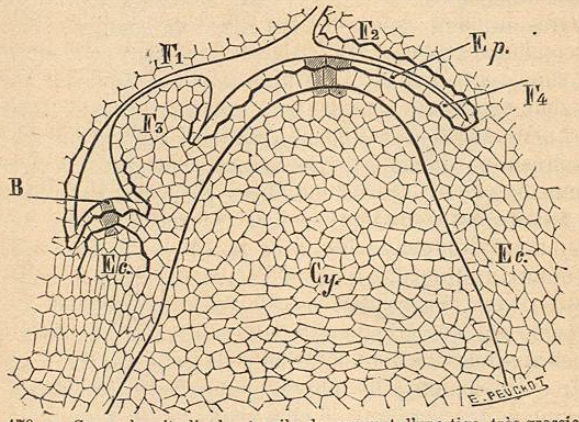

Fig. 179. — Coupe longitudinale et axile du sommet d'une tige, très grossie. — *Ec.*, écorce; *Cy.*, cylindre central; *Ep.*, épiderme; F1, F2, F3, F4, feuilles successives; B, bourgeon axillaire (première ébauche). — (Les cellules initiales sont couvertes de hachures.)

pas à se diviser parallèlement à la surface de la tige, de manière à former un ensemble d'assises cellulaires qui n'est pas autre chose que l'écorce : c'est l'*initiale de l'écorce*. La cellule inférieure se cloisonne à la fois parallèlement à ses faces latérales et à sa face inférieure; de ces cloisonnements résulte un tissu qui est le parenchyme conjonctif du cylindre central : c'est l'*initiale du cylindre central*.

Quand le cylindre central est destiné à contenir des faisceaux libéro-ligneux, on voit, à quelque distance du sommet, se différencier, dans le parenchyme conjonctif, quelques filets de procambium. Dans chacun de ces filets s'organisent

ensuite du bois vers la face interne et du liber vers la face externe. Les éléments du bois qui se différencient les premiers sont les éléments les plus simples, par exemple les vaisseaux spiralés, qui en occupent le bord interne; puis se différencient les vaisseaux réticulés, enfin les vaisseaux ponctués ; en un mot, la différenciation se produit de l'intérieur vers l'extérieur du faisceau : elle est centrifuge. C'est en sens inverse, suivant la direction centripète, que se différencient les éléments du liber. A mesure que s'accentue la différenciation des éléments ligneux et libériens, le bois et le liber tendent à se rapprocher l'un de l'autre et réduisent progressivement la zone neutre qui les sépare.

Ainsi se trouve réalisée la structure primaire de la tige; elle résulte, comme on le voit, de la différenciation qui suit immédiatement les cloisonnements du méristème terminal.

Etude anatomique de la ramification. — Une coupe longitudinale faite dans la partie de la tige qui va produire un rameau, à l'aisselle d'une feuille, montre que cette région est occupée par une sorte de mamelon d'abord à peine saillant et très peu différencié. Si on examine la constitution de ce mamelon dans une tige de *Ceratophyllum*, par exemple, on voit que son sommet est occupé par une cellule de l'épiderme de la tige mère; par de nombreux cloisonnements, parallèlement à ses faces latérales, cette cellule forme à la surface du mamelon une sorte de revêtement qui l'enveloppe à la façon d'un doigt de gant et qui est l'épiderme du jeune rameau en voie de formation : cette cellule est donc l'initiale de l'épiderme de la branche. Au-dessous d'elle, une cellule, empruntée à l'assise sous-épidermique de la tige mère, se cloisonne transversalement et donne naissance à deux cellules superposées, qui ne tardent pas à prendre des caractères analogues à ceux de l'initiale épidermique. De ces deux cellules, la plus voisine de la surface se cloisonne parallèlement à ses faces latérales et donne naissance à des segments qui, par de nouveaux cloisonnements, fournissent les tissus de l'écorce de la branche : c'est l'initiale de l'écorce; la cellule la plus profonde, par des cloisonnements parallèles

à ses faces latérales et à sa face interne, donne naissance au cylindre central de la branche : c'est l'initiale du cylindre central. Ainsi, le méristème, générateur de la branche, entièrement formé aux dépens de l'épiderme et de l'écorce de la tige mère, prend rapidement la même structure que le méristème terminal de celle-ci. Plus tard, des faisceaux libéro-ligneux s'organisent dans le cylindre central du rameau. Enfin, par la différenciation d'éléments cellulaires appartenant aux tissus de la tige mère, s'établissent des raccords entre les faisceaux libéro-ligneux de celle-ci et ceux du rameau qu'elle a formé.

Comparaison entre la racine et la tige. — Pour résumer et condenser les notions que nous avons maintenant acquises sur l'organisation et la structure de la tige, cherchons à présenter, sous forme synoptique, les différences essentielles qui la distinguent de la racine.

RACINE.	TIGE.
Morphologie externe.	
Coiffe.	Pas de coiffe.
Poils temporaires, localisés vers le sommet.	Pas de poils temporaires, localisés vers le sommet.
Allongement subterminal.	Allongement terminal et intercalaire.
Pas de feuilles.	Feuilles.
Ramification endogène.	Ramification exogène.
Morphologie interne (structure primaire).	
Ecorce épaisse.	Ecorce mince.
Assise pilifère.	Epiderme stomatifère.
Ecorce très différenciée.	Ecorce peu différenciée.
Faisceaux ligneux et libériens alternant.	Faisceaux libéro-ligneux.
Bois centripète.	Bois centrifuge.
Bois formé seulement de vaisseaux.	Bois composé de vaisseaux, de fibres et de cellules.
Initiales profondes.	Initiales superficielles.

Passage de la racine à la tige. — Cette comparaison nous révèle, entre la structure primaire de la racine

principale et celle de la tige principale qui en occupe le prolongement, des différences assez profondes pour que nous soyons amenés à nous demander comment s'établit le passage entre l'une et l'autre. C'est dans l'étude de la région du collet qu'il convient de chercher la solution de cette question. Au niveau de cette région, le cylindre central de la racine, très grêle par rapport à l'écorce qui l'enveloppe, subit une dilatation considérable, qui a pour effet de diminuer dans la tige l'épaisseur relative de l'écorce. Mais ce n'est pas à ce changement de dimensions que se réduit le passage de la structure de la racine à celle de la tige : la modification la plus intéressante porte sur la disposition des faisceaux de la stèle (*fig.* 180). Imaginons, pour fixer les idées, qu'il s'agisse du collet d'un pied de Haricot. Dans la racine principale de cette plante (1), la stèle contient quatre faisceaux ligneux dis-

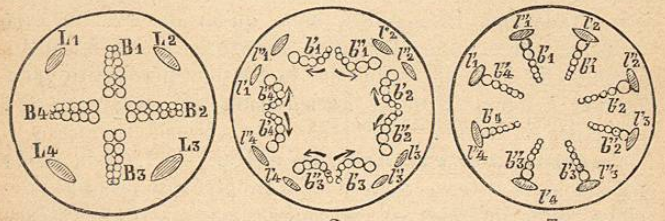

Fig. 180. — Passage de la structure du cylindre central de la racine du Haricot à celle du cylindre central de la tige (schéma). — 1, 2, 3, trois coupes successives faites dans la région intermédiaire. — B_1, B_2, B_3, B_4, faisceaux ligneux de la racine ; L_1, L_2, L_3, L_4, ses faisceaux libériens ; b'_1, b''_1, les deux moitiés tordues du faisceau B_1 ; l'_1, l''_1, les deux moitiés écartées du faisceau L_1 ; etc.

posés en croix et alternant avec autant de faisceaux libériens. Supposons encore, pour faciliter l'exposition, que chaque faisceau ligneux se réduise à deux rangées de vaisseaux. Dans la partie inférieure du collet (2), nous verrons les deux rangées qui constituent chaque faisceau s'écarter l'une de l'autre à partir de leur bord interne, de manière que la section transversale du faisceau prenne grossièrement la forme d'un V et que chaque groupe de vaisseaux ponctués tende à

BIBLIOTECA
FAC. DE MED. U.A.N.L.

se rapprocher d'un des deux faisceaux libériens voisins. En même temps, chacun de ceux-ci se fend, en quelque sorte, dans le sens longitudinal, de manière à se diviser en deux cordons parallèles qui s'écartent l'un de l'autre. Plus haut (3), les deux moitiés de chaque faisceau ligneux se sont complètement séparées; chacune d'elles s'est tordue sur elle-même de 180°, de manière à tourner vers l'axe de la tige ses éléments les plus grêles, les éléments spiralés, et à appliquer, au contraire, contre le liber ses éléments les plus larges, les éléments ponctués. Ainsi se trouve constitué, à l'intérieur de la stèle, un groupe de faisceaux libéro-ligneux dont le nombre est double de celui des faisceaux ligneux ou libériens de la racine, ou, si l'on veut encore, égal au nombre total des faisceaux de celle-ci. — Ce n'est pas toujours suivant cette loi que s'établit le passage des faisceaux de la racine à ceux de la tige; mais, dans tous les cas, ce passage se fait par gradations insensibles, sans qu'on observe un saut brusque entre l'une et l'autre structure, et les faisceaux ligneux de la racine subissent la torsion nécessaire pour donner à leurs éléments l'orientation qui caractérise la structure de la tige.

Origine des racines latérales. — L'étude de la morphologie externe nous a déjà montré que certaines racines, dites latérales, se développent parfois sur les flancs de la tige. On peut se demander comment se constituent, au sein de cette dernière, les tissus d'une racine latérale. Supposons, pour nous limiter et pour fixer les idées, qu'il s'agisse d'une plante Phanérogame. Au moment où va se former la racine latérale, on voit se différencier dans le péricycle de la tige, ordinairement en face de l'intervalle qui sépare deux faisceaux libéro-ligneux, une plage rhizogène tout à fait comparable à celle qui précède la formation d'une radicelle dans une racine-mère. Cette plage rhizogène ne tarde pas à subir des cloisonnements analogues à ceux qui provoquent la différenciation de la radicelle; en même temps, la portion de l'endoderme qui avoisine la plage rhizogène forme une poche digestive à la jeune racine issue de ces cloisonnements. La

racine, précédée de sa poche, qui lui ouvre la voie, traverse progressivement l'écorce de la tige; bientôt elle paraît au dehors, enveloppée à son sommet de sa poche et de sa coiffe propre.

En résumé, la racine latérale prend naissance dans le péricycle de la tige à la façon d'une radicelle dans celui de sa racine-mère : elle est endogène. De plus, elle traverse l'écorce de la tige comme la radicelle traverse celle de la racine.

A mesure que se différencient dans le corps de la racine latérale les faisceaux ligneux et libériens, ils se raccordent avec les faisceaux libéro-ligneux de la tige.

SEIZIÈME LEÇON

Formations secondaires de la tige et de la racine.

En étudiant, au cours de nos deux dernières leçons, l'origine de la structure primaire dans la racine et dans la tige, nous avons vu comment ces organes s'accroissent en longueur. Mais, en même temps qu'ils s'allongent, il arrive fréquemment aussi qu'ils augmentent leur diamètre, qu'ils s'épaississent en un mot. Quel est le mécanisme de cet épaississement? C'est ce que nous allons étudier dans la leçon d'aujourd'hui.

Tissus secondaires. — Nous savons qu'on réunit, sous le nom de *tissus primaires*, dans la racine ou dans la tige, tous ceux dont la différenciation suit immédiatement le cloisonnement du méristème qui occupe l'extrémité de l'organe. Imaginons que, parmi les éléments ainsi différenciés, il y en ait qui, restés vivants, c'est-à-dire en possession de leurs