nombre qui lui correspondront et qui seront séparées par un même nombre de feuilles : ainsi, à la deuxième numérotée 1 correspondront les sixième, onzième, seizième ; à la troisième numérotée 2, les septième, douzième, dix-septième, etc., et ainsi successivement, le nombre des feuilles intermédiaires restant toujours le même :

Si l'on trace sur le rameau une ligne qui passe par les points d'attache de toutes les feuilles, on voit que cette ligne s'enroule en spirale ou plutôt en hélice continue autour de la tige depuis la base jusqu'au sommet. On peut donc d'abord établir cette première loi.

I. *Les feuilles alternes ou éparses sont disposées sur les rameaux en une ligne spirale continue.*

Dans l'exemple que nous avons choisi, celui d'une branche de prunier, la ligne spirale qui s'étend de la feuille zéro à la feuille 5, qui lui est superposée, fait deux fois le tour de la tige en passant par tous les points d'attache des feuilles intermédiaires. D'autres fois cette ligne ne décrira qu'un seul cercle ou bien un nombre beaucoup plus considérable de cercles ; mais ce nombre sera fixe pour la même espèce. On a donné le nom de *cycle* à l'étendue de la ligne spirale placée entre une feuille et celle qui lui correspond exactement. Ainsi, dans le prunier, le cycle est formé de cinq feuilles, et ce cycle se compose de deux tours de spire. On a exprimé cette disposition par deux nombres placés comme ceux d'une fraction : l'un, l'inférieur ou le *dénominateur*, exprime le nombre des feuilles nécessaires pour former le cycle ; l'autre, le supérieur ou le *numérateur*, représente le nombre des tours de spire étendus entre les deux points extrêmes du cycle. Ainsi $\frac{2}{5}$ représente la disposition du peuplier, du poirier, du prunier et d'une foule d'autres arbres dont le cycle se compose de feuilles formant deux tours de spire autour de la tige. On a donné le nom de disposition *quinconciale* à celle dans laquelle cinq feuilles sont nécessaires pour compléter le cycle.

Si nous observons les feuilles de l'orme, du caméllia, qui sont *distiques*, c'est-à-dire la deuxième superposée à la feuille zéro, la troisième à la feuille n° 1, le cycle ne se composera que de deux feuilles, et la ligne spirale qui le parcourt ne fait qu'une seule fois le tour de la tige. Ainsi $\frac{1}{2}$ est la disposition *distique*, celle des feuilles placées comme nous venons de l'indiquer. De même, dans un *Carex* à tige triangulaire, c'est la troisième feuille qui se superpose à la feuille zéro, la sixième à la troisième, et ainsi de suite. Il faut ici trois feuilles pour compléter le cycle. Et comme la ligne spirale passant par le point d'attache des feuilles ne fait qu'une fois le tour de la tige, la disposition *tristique* se représente par la fraction $\frac{1}{3}$.

Le nombre de ces arrangements est assez limité. Ainsi il est ordinairement exprimé par l'une des fractions suivantes :

$$\frac{1}{2}\ \frac{1}{3}\ \frac{2}{5}\ \frac{3}{8}\ \frac{5}{13}\ \frac{8}{21}\ \frac{13}{34}$$

L'examen de la série de ces nombres, exprimant les divers arrangements des feuilles sur les rameaux, va donner lieu à des remarques fort curieuses. Si l'on examine chacun de ces nombres, à l'exception des deux premiers $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{3}$, qui sont en quelque sorte comme le point de départ des autres et qui expriment les dispositions *distique* et *tristique*, on voit que chacun d'eux est la somme des dénominateurs et des numérateurs des deux fractions qui le précèdent. Ainsi, par exemple, $\frac{2}{5}$, qui est le troisième dans la série et représente la disposition *quinconciale*, qui est la plus fréquente, se compose de la somme des deux numérateurs 1 de $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{3}$, et des deux dénominateurs 2 et 3 des mêmes fractions; $\frac{3}{8}$, qui vient après, est formé, de la même manière, des deux numérateurs et des deux dénominateurs des deux nombres $\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{5}$, qui le précèdent dans la série. Il en est absolument de même des autres nombres.

[Cette série donne lieu à une autre considération intéressante. Chacune de ces fractions est une des réduites consécutives de la fraction continue :

$$(a)\ \frac{1}{2+\frac{1}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1}}}}}\ \cdots$$

En effet, en ne considérant que le premier terme, on a $\frac{1}{2}$; en considérant le premier et le second, on a $\frac{1}{2+1}=\frac{1}{3}$; en y adjoignant le troisième : $\frac{1}{2+\frac{1}{1+\frac{1}{1}}}=\frac{1}{\frac{4+1}{2}}=\frac{2}{5}$; en réduisant les quatre premiers termes : $\frac{1}{2+\frac{1}{1+\frac{1}{1+\frac{1}{1}}}}=\frac{1}{2+\frac{1}{\frac{3}{2}}}=\frac{1}{2+\frac{2}{3}}=\frac{1}{\frac{8}{3}}=\frac{3}{8}$, et ainsi des autres. On peut donc dire que la loi de la disposition spirale de la plupart des plantes est exprimée par une fraction continue dont le premier terme est $\frac{1}{2}$ et les autres l'unité divisée par elle-même. M. Al. Braun cite des exemples de dispositions de feuilles exprimées par un des termes de la série

$$(b)\ \frac{1}{3}\ \frac{1}{4}\ \frac{2}{7}\ \frac{3}{11}\ \frac{5}{18}\cdots$$

termes dont les relations sont les mêmes que celles de la précédente.]

Les feuilles composant un cycle sont disposées le long d'une ligne spirale. Si de l'axe du rameau, autour duquel cette ligne spirale est enroulée, on fait partir un rayon se dirigeant vers le point d'attache de chaque feuille, il en résultera autant de rayons que de feuilles composant le cycle. Ces rayons partant tous d'un centre commun, formeront entre eux un angle qui sera le même pour toutes les feuilles, et dont la valeur ou l'ouverture sera d'autant plus grande qu'il faudra moins de feuilles pour constituer le cycle. Cet angle s'appelle *angle de diver-*

gence (*fig.* 92). L'angle de divergence peut donc être défini : l'angle intercepté par deux rayons partant du centre du rameau et aboutissant au point d'attache de deux feuilles qui se suivent. L'ouverture de cet angle représente une certaine quantité de la circonférence du cercle, soit $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{2}{5}$ $\frac{3}{8}$ $\frac{5}{13}$... Les deux nombres qui expriment la composition du cycle sont en même temps l'expression de la valeur de l'angle de divergence de chacune des feuilles qui le composent, relativement à la circonférence du cercle. Ainsi, dans la disposition quinconciale $\frac{2}{5}$, cette fraction représente la valeur de l'angle de divergence, qui est pour chaque feuille considérée relativement à celle qui la précède ou celle qui la suit, de deux cinquièmes de la circonférence du cercle ou 244 degrés sexagésimaux. En effet, s'il faut cinq feuilles pour compléter le cycle et si ces cinq feuilles font deux tours de spire, il est facile de reconnaître que leur angle de divergence est égal aux deux cinquièmes de la circonférence du cercle. Dans la disposition distique $\frac{1}{2}$, il ne faut que deux feuilles pour compléter un cycle, chacune d'elles est placée alternativement de chaque côté de la tige; leur angle de divergence est égal à la moitié de la circonférence du cercle; il est donc représenté par la fraction $\frac{1}{2}$ ou 180°, qui est la formule de la disposition distique. La disposition *tristique* se représente par la fraction $\frac{1}{3}$, ou 120°, qui exprime en même temps la valeur de l'angle formé par les deux rayons passant par deux des feuilles qui se suivent. Il en est de même pour tous les autres arrangements mentionnés précédemment[1].

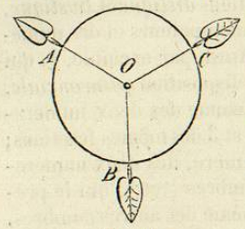

Fig. 92.

De ce qui précède nous pouvons tirer les deux lois suivantes :

II. *Les nombres représentant la composition des divers cycles forment une série dans laquelle chacun de ces nombres est la somme des numérateurs et des dénominateurs des deux nombres qui le précèdent dans la série.*

III. *Le rapport de l'angle de divergence des feuilles avec la circonférence du cercle est toujours exprimé par la fraction qui représente la composition générale du cycle.*

Quand les feuilles sont écartées et bien distinctes les unes des

Fig. 92. Angle de divergence des feuilles.

1 M. J. Sachs a cru devoir nier l'existence d'une spirale génératrice et de la loi naturelle exprimée par les réduites consécutives d'une fraction continue; il se fonde sur ce que cette série ne renferme pas tous les cas observés, ne se rattache pas à la classification et serait l'effet d'une cause encore inconnue (*Traité de bot.*, trad., p. 248). Les mêmes objections peuvent être adressées à toutes les lois naturelles sans exception ; elles n'embrassent jamais la totalité des faits, et leurs causes sont souvent inconnues. La phyllotaxie restera dans la science comme l'expression de faits matériels groupés et généralisés, grâce aux travaux de C.-F. Schimper, d'Al. Braun, Bravais, et de tous ceux qui les ont suivis dans la même voie.

autres et qu'elles ne sont pas par trop nombreuses, on suit avec facilité la ligne spirale qui les unit toutes entre elles. Mais il est quelquefois très-difficile de déterminer de prime abord la disposition de certaines feuilles. Cette difficulté se présente dans deux cas fort différents : 1° Quand l'axe est très-court et très-déprimé : les feuilles sont alors excessivement rapprochées les unes contre les autres, et l'on ne peut suivre bien exactement la ligne qui passe par tous leurs points d'attache. C'est ce qui a lieu dans les plantes dont les feuilles sont réunies en rosette à la base de la tige : comme dans les joubarbes, par exemple, ou dans les écailles qui composent les cônes des pins et des sapins ; dans les bractées qui constituent l'involucre de l'artichaut, du chardon et d'un grand nombre d'autres Synanthérées. 2° Un cas tout à fait opposé au précédent, c'est quand le rameau est très-allongé, que ses feuilles sont fort écartées, et qu'il faut un nombre assez considérable de feuilles pour composer un cycle ; car, dans ce cas, la moindre déviation accidentelle, une légère torsion dans la tige, par exemple, peut laisser du doute pour déterminer exactement quelle est la feuille qui ferme le cycle.

Dans les différents exemples que nous avons examinés jusqu'à présent, les feuilles ne formaient qu'une seule spirale continue autour du rameau. Mais quand les feuilles sont nombreuses et rapprochées, soit qu'elles conservent leur caractère de feuilles, soit qu'elles se réduisent à l'état d'écailles ou de bractées, comme dans un cône de Conifère ou un involucre de Synanthérée, on voit alors qu'elles forment plusieurs spirales parallèles et obliques, les unes dirigées de droite à gauche, les autres de gauche à droite. Si l'on prend, par exemple, un cône de pin ou de sapin ou la tige de quelques espèces de lin, ou l'*Euphorbia Characias*, qui présentent un grand nombre d'écailles ou de feuilles, cette disposition sera manifeste. Il y a ici, indépendamment de la spirale *primitive*, qu'il est très-souvent difficile de distinguer d'abord, d'autres spirales qu'on nomme *secondaires*, et qui sont plus distinctes que la première. Mais la spirale primitive, appelée aussi spirale *génératrice*, embrasse la série complète des feuilles de la tige, c'est-à-dire qu'elle passe par tous leurs points d'attache sans en laisser aucun de côté. Les spires secondaires, au contraire, sont toujours partielles, elles ne comprennent jamais qu'un certain nombre de feuilles de la série. Ainsi, par exemple, en supposant chaque feuille numérotée, la spire génératrice passera par les feuilles 0, 1, 2, 3, 4, 5, etc., tandis que les spires secondaires passent par les numéros 1, 3, 5, 7, etc., ou 2, 4, 6, 8, etc. Hâtons-nous de faire remarquer ici que la différence entre chacun des nombres de la série d'une spirale secondaire exprime le nombre de ces spirales secondaires et parallèles qui se montre ainsi de chaque côté de l'axe de la branche. Ainsi dans l'*Euphorbia Characias*, on aperçoit deux spirales secondaires, l'une composée des chiffres 1, 3, 5, 7, 9, l'autre

des chiffres 2, 4, 6, 8, 10. Mais les chiffres représentés par ces deux spirales réunies comprennent toute la série. S'il y avait un plus grand nombre de spires secondaires et parallèles, les chiffres de chacune des feuilles qui les composent présenteraient toujours entre eux une différence égale au nombre de ces spirales. Ainsi, par exemple, si nous prenons le cône du pin d'Ecosse (*Pinus sylvestris*) (*fig.* 93), nous apercevrons tout de suite que ses écailles forment de gauche à droite huit spires secondaires et parallèles qui, toutes réunies, comprennent la série de toutes les écailles du cône; et de droite à gauche nous en apercevrons treize autres marchant en sens contraire des premières, et comme elles, comprenant toutes les écailles. (Dans la figure que nous donnons ici, par suite du renversement de la planche par la gravure, les séries de numéros que nous indiquons à droite se trouvent du côté gauche et celles de gauche du côté droit.) En suivant l'une de ces spires marchant de gauche à droite ou *sinistrorses*, nous verrons qu'en partant de l'écaille n° 1, la spire passe successivement par les n°s 9, 17, 25, 33; de même celle qui commence par le n° 2 passe par les n°s 10, 18, 26, etc. Or la différence entre chacun de ces nombres qui forment l'une des spires secondaires est de 8, et ce nombre représente exactement celui des spires secondaires, parallèles et sinistrorses. D'un autre côté, nous voyons treize spirales secondaires *dextrorses*, c'est-à-dire dirigées de droite à gauche. Or, en partant de la même écaille n° 1, cette spire passe par 1, 14, 27, 40, 53, ou, du n° 9, par 22, 35, 48, 61, etc., c'est-à-dire que l'on retrouve dans la différence de chacun de ces nombres le nombre 13, qui est celui de ces spirales secondaires et dextrorses.

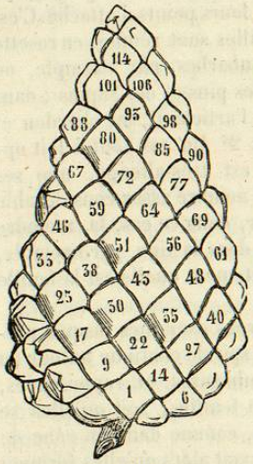

Fig. 39.

[Enfin, avec un peu d'attention, on distingue encore des rangées parallèles verticales au nombre de 21, qui sont numérotées, 1, 22, 43, 64, 85, 106, etc.

Quand on a ainsi numéroté un cône d'après ces spires secondaires, chaque écaille porte le même numéro que si l'on avait numéroté toutes les écailles de la spire génératrice, qu'il est impossible de distinguer, mais dont l'angle de divergence est $\frac{8}{21}$. Cette spire est nécessairement unique, puisqu'elle comprend toutes les écailles du cône. Il est facile de numéroter les écailles d'un cône en partant d'une

Fig. 93. Cône de pin dont les spirales apparentes sont numérotées.

écaille quelconque située à sa base. On numérote les écailles de la spire à huit parallèles, 1, 9, 17, 25, 33, etc.; puis partant de la même écaille, on numérote les écailles de la spire à treize parallèles, 1, 14, 27, 40, etc. Quand on a fini de numéroter toutes les écailles des vingt et une spirales apparentes, on reconnaît les écailles de la spire génératrice qui portent les n°s 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc.]

La formation de spires secondaires est due, comme nous le savons, au raccourcissement extrême de l'axe qui porte les feuilles ou les écailles; car, quand cet axe vient à s'allonger convenablement, ces spires secondaires disparaissent, et à mesure la spire primaire ou génératrice devient de plus en plus apparente. Ce phénomène s'observe très-bien sur quelques tiges de lin et surtout de *Sedum* à feuilles cylindriques. Quand elles sont très-jeunes, leurs feuilles sont très-rapprochées les unes contre les autres et les spires secondaires sont très-visibles, tandis que la spire génératrice n'est pas distincte. Le contraire a lieu quand les tiges se sont allongées et les feuilles écartées.

La spire génératrice marche tantôt de gauche à droite, tantôt de droite à gauche. Mais cette direction est rarement constante. Très-fréquemment elle varie sur les divers rameaux d'une même tige. Quand un rameau nait à l'aisselle d'une feuille sur une branche, on a remarqué que constamment la feuille de la branche commence toujours exactement la spire du rameau. Mais tantôt la spire d'un rameau secondaire marche dans le même sens que celle du rameau primaire, et la spire du premier est dite *homodrome;* tantôt, au contraire, sa direction est opposée ou *hétérodrome*.

II. Feuilles opposées ou verticillées. — Dans les feuilles opposées ou verticillées, les feuilles d'un verticille alternent en général régulièrement avec celles des deux verticilles supérieur et inférieur au milieu desquels elles sont placées. Ainsi les feuilles opposées croisent à angle droit celles qui les précèdent et celles qui les suivent dans la longueur de la tige. Celles qui sont verticillées par trois, par quatre ou par cinq, etc., correspondent alternativement aux espaces qui séparent les feuilles des verticilles supérieur et inférieur. Il résulte de cette disposition, qui est presque générale : 1° que les feuilles opposées ou verticillées sont exactement superposées les unes aux autres de deux en deux verticilles; 2° qu'en ne laissant qu'une seule feuille à chacun des verticilles superposés, ces feuilles suivent une ligne spirale et ascendante dont l'angle de divergence est représenté par le nombre des feuilles qui composent le verticille et le nombre des tours que la spirale décrit autour de la tige.

Dans ce cas, on comprend facilement que les feuilles doivent former des séries verticales très-apparentes, dont le nombre est toujours double de celui des feuilles de chaque verticille. Ainsi, quand les feuilles sont opposées, on compte quatre séries longitudinales, six

quand elles sont verticillées par trois, huit quand elles sont verticillées par quatre, etc.

Dans ces derniers temps, plusieurs botanistes, et notamment, en France, MM. Lestiboudois et Brongniart, ont montré que la position alterne ou opposée des feuilles était intimement liée avec l'arrangement des faisceaux vasculaires dans la tige. Quand ces faisceaux sont disposés en deux groupes égaux et réguliers, si les faisceaux extérieurs de chacun des groupes s'unissent entre eux, ils constituent la nervure médiane de la feuille, qui dans ce cas correspond à l'intervalle des deux groupes, et les feuilles sont *opposées*. Elles deviennent au contraire *alternes*, quand le cercle vasculaire de la tige a subi une modification dans ses éléments.

Pour résumer les faits principaux de la *phyllotaxie*, que nous venons d'exposer, mettons ici sous les yeux du lecteur les conséquences les plus générales qui en découlent :

1° Les feuilles alternes ou éparses sont disposées sur les rameaux en une ligne spirale continue.

2° En prenant une feuille comme point de départ, on en trouve toujours dans la série spirale un certain nombre qui lui correspondent exactement et qui lui sont superposées.

3° L'espace de la ligne spirale étendu entre deux feuilles qui se correspondent constitue un *cycle*.

4° Le nombre des feuilles nécessaires pour former un cycle est en général le même pour tous les individus d'une même espèce et varie suivant les espèces.

5° La ligne spirale étendue entre les deux feuilles extrêmes d'un cycle fait une, deux ou plusieurs fois le tour de la tige.

6° On exprime la disposition des feuilles sur la tige en employant une fraction dont le dénominateur est formé par le nombre des feuilles du cycle et le numérateur par le nombre de tours de spire.

7° Les dispositions qu'on observe le plus communément sont représentées par les fractions suivantes :

$$\frac{1}{2}\ \frac{1}{3}\ \frac{2}{5}\ \frac{3}{8}\ \frac{5}{13}\ \frac{8}{21}\ \frac{13}{34},\ \text{etc.}$$

8° Les fractions représentant la composition des divers cycles forment une série dans laquelle chacun de ces nombres est la somme du numérateur et du dénominateur des deux fractions qui le précèdent dans la série.

9° On appelle angle de *divergence* des feuilles, l'angle formé par chaque feuille avec celle qui la suit ou celle qui la précède. Cet angle, par son ouverture, comprend une certaine portion de la circonférence du cercle.

10° Le rapport de l'angle de divergence avec la circonférence du cercle est toujours exprimé par la fraction qui représente le cycle.

11° La ligne spirale qui passe par le point d'attache de toutes les feuilles constitue la spire primaire ou génératrice.

12° Indépendamment de la spire génératrice, il en existe plusieurs autres à droite et à gauche de l'axe, très-apparentes quand les feuilles sont très-nombreuses et très-rapprochées les unes contre les autres : on les nomme *spires secondaires*.

13° Les spires secondaires ne comprennent jamais la série complète des numéros de toutes les feuilles.

14° Entre les numéros de deux feuilles qui se suivent immédiatement dans une spire secondaire, il existe une différence égale au nombre de ces spires secondaires et parallèles.

15° Quand on a reconnu le nombre des spires secondaires qui existent dans un assemblage de feuilles ou d'écailles, on peut : 1° numéroter exactement chacune des feuilles ou écailles, et connaître ainsi la spire génératrice, qui n'est point apparente ; 2° déterminer le nombre des feuilles ou des écailles qui constituent le cycle, ce nombre étant égal à la somme des spires secondaires qui tournent à droite et à gauche de l'axe ; 3° connaître le nombre des tours de spire compris entre les deux points extrêmes du cycle, ce nombre étant toujours égal au plus petit des deux nombres exprimant les spires secondaires de gauche et de droite. On arrive ainsi à former la fraction qui représente la disposition des feuilles ou des écailles.

16° Les feuilles opposées ou verticillées alternent en général exactement dans deux verticilles qui se suivent.

17° Les feuilles opposées ou verticillées se correspondent exactement de deux en deux verticilles.

18° Chacune d'elles peut être prise comme point de départ d'une ligne spirale.

Structure anatomique des feuilles. — Les feuilles se composent de trois éléments anatomiques : 1° des faisceaux vasculaires provenant de la tige ; 2° de parenchyme ; 3° de deux lames d'épiderme recouvrant les faces supérieure et inférieure de la feuille.

I. Faisceaux. — Les vaisseaux qui entrent dans la feuille se détachent du jeune rameau sous la forme de faisceaux distincts, ordinairement en nombre impair. Les faisceaux, comme nous allons le montrer tout à l'heure, offrent non-seulement la même composition que celle qu'ils avaient dans la tige, mais les éléments anatomiques conservent dans la feuille la situation respective qu'ils affectaient dans ce jeune rameau. Quand ces faisceaux marchent d'abord parallèlement entre eux sans se ramifier, ils forment le support ou pétiole de la feuille. Si ceux qui occupent les parties latérales s'écartent un peu, ils peuvent constituer une feuille munie d'une gaîne à sa base. Enfin ce sont ces faisceaux vasculaires qui, en s'écartant les uns des autres à leur sommet et ordinairement en se ramifiant, forment les nervures et leurs nombreuses divisions, qui sont en quelque sorte le squelette de la feuille.

Nous avons expliqué précédemment (page 117) la différence essentielle qui existe entre les feuilles des plantes monocotylédonées et celles des dicotylédonées. Les dernières ramifications des nervures, réduites à l'état de *veinules*, s'anastomosent entre elles et constituent un réseau à mailles plus ou moins fines et délicates.

Comme les faisceaux de la tige, ceux de la feuille sont formés de trachées, de fausses trachées, de vaisseaux laticifères et de tubes fibreux. Ces éléments anatomiques offrent ici la même situation respective que celle qu'ils avaient dans la tige. Il faut seulement remarquer que le faisceau de vaisseaux, en se séparant de la tige, où sa position est verticale, se renverse pour prendre dans la feuille une situation horizontale. Il résulte de là que la partie du faisceau qui dans la tige était tournée vers le centre de cet organe, regarde la face supérieure de la feuille. Ce sont alors les trachées qui se rapprochent de la face supérieure, entourées de tissu fibreux; puis viennent les fausses trachées, et enfin les vaisseaux laticifères. Tous ces vaisseaux sont accompagnés par des tubes fibreux qui leur servent en quelque sorte de moyen d'union.

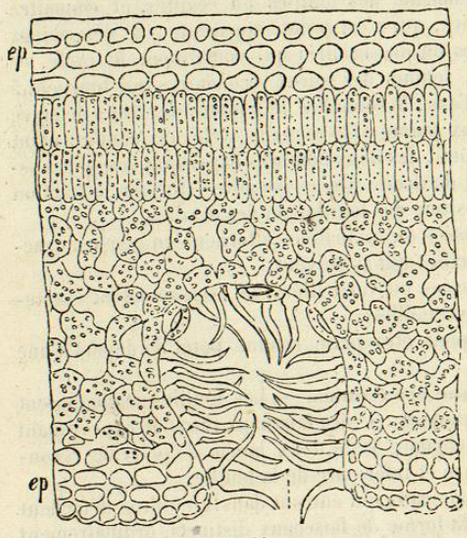

Fig. 94.

II. Parenchyme. — C'est un tissu utriculaire qui remplit les intervalles existant entre les faisceaux vasculaires et leurs nombreuses ramifications. La forme de ces utricules est très-variable. Celles de la face supérieure de la feuille sont souvent très-serrées les unes contre les autres, et affectent quelquefois une forme cylindracée. Celles, au contraire, qui touchent l'épiderme de la face inférieure sont très-irrégulières, souvent divisées en plusieurs branches qui s'unissent avec celles des autres cellules environnantes de même nature, et constituent une sorte de tissu réticulé, à larges mailles, sur lequel l'épiderme est appliqué (*fig.* 94). En général, on a remarqué que les stomates

Fig. 94. Coupe verticale d'une feuille de laurier-rose (*Nerium Oleander*).

correspondent à ces lacunes ou *poches aériennes*, dont l'abondance à la face inférieure de la feuille lui donne cette couleur plus pâle qui lui est propre.

La couleur verte du parenchyme des feuilles est due, comme celle du tissu cellulaire en général, aux granules verts qui existent dans l'intérieur des utricules. On sait que, quand les plantes sont longtemps soustraites à l'action directe de la lumière solaire, leurs feuilles et leurs autres parties vertes s'étiolent, c'est-à-dire qu'elles prennent un jaune pâle par la disparition de la matière verte des granules de la chlorophylle. On sait de plus que ce phénomène produit aussi un autre changement : les sucs contenus dans ces parties perdent leur âcreté et leur amertume et deviennent doux et sucrés.

La matière verte des feuilles contient un peu de fer, comme le sang des animaux. Une feuille étiolée n'en donne plus aucune trace, et quand elle a été de nouveau exposée à l'action de la lumière, elle récupère son fer, qui entre de nouveau dans sa constitution.

Les feuilles épaisses et charnues des plantes grasses sont composées d'un tissu utriculaire plus serré, c'est-à-dire présentant moins de ces espaces vides ou lacunes aériennes qu'on voit si abondamment dans les feuilles minces et membraneuses. Cependant elles en offrent aussi qui correspondent également aux pores corticaux.

[Le vrai parenchyme des feuilles se compose toujours de cellules poreuses, jamais endurcies, contenant de la fécule, du sucre, de la chlorophylle et souvent des cristaux de substances peu solubles. Les cellules épidermiques ne contiennent pas ces substances, mais sont plus riches en principes azotés. Les huiles essentielles et les résines sont sécrétées par des groupes de cellules spéciaux et versées dans des réservoirs particuliers. Les réservoirs des orangers et des citronniers ont la même structure que ceux qui contiennent la résine dans les Conifères. Ils sont sphériques dans les orangers, cylindriques dans les Conifères, mais toujours entourés des cellules qui sécrètent l'huile essentielle. Dans les Urticées et les Acanthacées, on remarque des corps pédiculés composés de parois de cellulose pénétrées de carbonate de chaux. L'épiderme des Prêles et de beaucoup de Graminées, les feuilles des *Moquilea* et des *Petræa*, sont pénétrés de silice au point qu'en les brûlant, on obtient le squelette de la feuille avec ses stomates et ses poils. (Schacht, *Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewæchse*, t. II, p. 121.)

M. Fremy a repris dernièrement l'analyse de la matière verte des feuilles ; il a trouvé qu'elle pouvait donner lieu à une matière bleue (phyllocyanine) et à une matière jaune (phylloxanthine). La première est plus altérable que la seconde ; sous des influences variées, elle peut perdre sa couleur bleue et la reprendre ensuite ; la couleur verte est le produit du mélange de ces deux substances.]

III. — L'épiderme des feuilles présente un nombre considérable de

stomates. Ces organes existent indifféremment aux deux faces de la feuille dans les plantes herbacées ; dans les arbres, c'est en général à la face inférieure qu'on les observe en plus grand nombre, tandis qu'au contraire dans les feuilles étalées à la surface des eaux on ne les trouve qu'à la face en contact avec l'air : position qui indique aussi que ces organes ne servent pas à l'absorption de l'eau, comme beaucoup d'auteurs l'ont annoncé. Tantôt les stomates sont épars et sans ordre, d'autres fois ils sont disposés par séries ou lignes longitudinales, comme dans certaines Monocotylédones.

Ces deux lames d'épiderme recouvrent la partie formée par les fibres vasculaires et le parenchyme, et que de Candolle proposa de nommer *mésophylle*. Cet organe est quelquefois très-mince, ainsi qu'on l'observe pour les feuilles qui sont planes et membraneuses ; mais dans toutes les feuilles épaisses et charnues, dans les plantes grasses, *Sedum*, *Sempervivum*, *Rochea*, par exemple, le mésophylle est très-développé, et donne la forme à la feuille.

Cette structure de la feuille est à peu près la même dans tous les végétaux dont les rameaux s'étalent dans l'air. Mais certaines plantes vivent dans l'eau, et leurs feuilles offrent une organisation tout à fait différente de ce qu'elle est dans des plantes aériennes, ainsi que M. Brongniart l'a fort bien démontré. Déjà, dans les plantes dont les feuilles sont étalées à la surface de l'eau, comme les *Nymphæa*, certains *Polygonum*, etc., l'épiderme de la face supérieure porte seul des stomates ; la face inférieure, constamment en contact avec l'eau, en est dépourvue. Dans les *Potamogeton*, et autres, qui vivent dans les eaux douces et dont les feuilles sont submergées, l'épiderme disparaît et le parenchyme est recouvert par une cuticule très-mince et sans stomates. Mais les feuilles des Phanérogames submergées dans l'eau de la mer, (*Zostera* etc.) ont un épiderme dont les cellules sont chargées de chlorophylle.

[IV. Apparition et durée des feuilles.— La plupart des végétaux de nos climats se garnissent de feuilles au printemps et les perdent en automne ; on les nomme végétaux *à feuilles caduques*. Dans les pays chauds, les végétaux perdent leurs feuilles pendant la saison sèche et reverdissent après les premières pluies de la saison humide. Même dans nos climats quelques végétaux se comportent de la même manière. Je citerai l'*Anagyris fœtida*, arbrisseau de la famille des Légumineuses indigène en Algérie et dans le midi de la France, qui feuille en novembre, fleurit en décembre, conserve ses feuilles pendant l'hiver et le printemps, mais les perd en été quand ses gousses sont mûres. Le *Ferula glauca*, le *Canarina Campanula* et le *Cerinthe major* se comportent de même : desséchés en été, ils repoussent des feuilles à l'entrée de l'hiver. Avant de tomber en automne beaucoup de feuilles pâlissent et même deviennent jaunes ou rouges : tels sont les hêtres, les bouleaux, les érables, le ginkgo, les *Rhus*, la vigne, la vigne

vierge (*Cissus quinquefolia*). Ce changement de couleur provient d'un affaiblissement de la nutrition qui amène l'atrophie dans les vaisseaux unissant le pétiole à la tige ; en outre, une couche séparatrice se développe entre le rameau et le pétiole : celui-ci se désarticule et la feuille tombe. Dans le chêne ordinaire, la feuille se dessèche sur l'arbre et persiste jusqu'au printemps suivant : on dit alors de la feuille qu'elle est *marcescente*. Sur les palmiers en général, et le dattier en particulier, les feuilles meurent, se dessèchent et se détruisent peu à peu sous l'influence des agents atmosphériques. Mais une nombreuse catégorie de végétaux ligneux ont mérité le nom d'arbres toujours verts. Un grand nombre appartiennent à la famille des Conifères et des Cycadées. Néanmoins il en est qui font partie d'autres familles : tels sont les chênes verts (*Quercus Ilex*), l'olivier, le buis, le fusain du Japon, le troëne du même pays, le lierre, le laurier d'Apollon, le laurier-cerise (*Cerasus Laurocerasus*) l'alaterne, (*Rhamnus Alaternus*), le *Cocculus laurifolius*, la pervenche, le *Daphne Laureola*, le gui (*Viscum album*), le *Ficus elastica*, le laurier-rose, les *Pittosporum*, les *Agave*, le *Ruscus aculeatus*, etc. De ce que ces végétaux sont toujours verts, cela ne veut pas dire qu'ils gardent les mêmes feuilles toute leur vie, mais seulement qu'elles ne tombent pas toutes dans une saison déterminée de l'année et se renouvellent partiellement à des époques variables pour chacune d'elles.

Ainsi, suivant Schacht, sur le pin sylvestre les mêmes feuilles ne persistent que pendant quatre ans, tandis que sur les sapins elles durent dix à douze années. Mais quand on se promène dans un bois de pins ou de sapins, l'épaisse couche de feuilles aciculaires jaunies et desséchées qui couvre le sol prouve que ces arbres perdent leurs feuilles comme les autres. Dans la plupart des arbres les feuilles apparaissent au printemps, avant les fleurs ; il faut cependant excepter l'orme le noisetier, le bois-gentil (*Daphne Mezereum*), certains *Calycanthus*. Dans le colchique et le safran les fleurs se développent en automne, les feuilles au printemps suivant. Sur la plupart des arbres, les premières feuilles se montrent aux branches les plus élevées, exceptons cependant le *Sterculia platanifolia*. Le micocoulier (*Celtis australis*), grand arbre du midi de la France, présente une foliation anormale. Au printemps, certains rameaux distribués irrégulièrement sur la cime, sont couverts de feuilles entièrement développées et même de fleurs, tandis que sur les autres, les bourgeons ne sont pas même gonflés par la séve printanière. — Voy. Ch. Martins, *Revue horticole*, 1857.]