

1

TRAVAUX & MÉMOIRES

DE

L'UNIVERSITÉ DE LILLE

TOME X. — MÉMOIRE N° 29.

- C. Eg. BERTRAND et F. CORNAILLE. — ÉTUDE SUR QUELQUES
CARACTÉRISTIQUES DE LA STRUCTURE DES FILICINÉES ACTUELLES.
I. — LA MASSE LIBÉRO-LIGNEUSE ÉLÉMENTAIRE DES FILICINÉES
ACTUELLES ET SES PRINCIPAUX MODES D'AGENCEMENT DANS LA
FRONDE.



LILLE
AU SIÈGE DE L'UNIVERSITÉ, RUE JEAN-BART

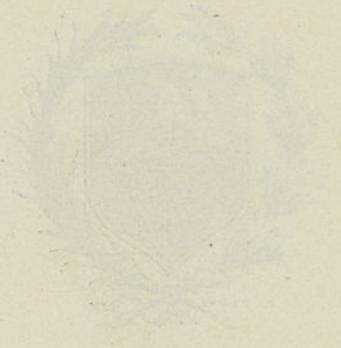
—
1902

TRAVAUX & MÉMOIRES

L'UNIVERSITÉ DE LILLE

*Le Conseil de l'Université de Lille a ordonné l'impression de ce mémoire
le 26 Juin 1901.*

L'impression a été achevée chez LE BIGOT, le 30 Mai 1902.



ÉTUDE SUR QUELQUES CARACTÉRISTIQUES
DE LA
STRUCTURE DES FILICINÉES ACTUELLES

1^{re} partie :

*La masse libéro-ligneuse élémentaire des Filicinées actuelles
et ses principaux modes d'agencement dans la fronde.*

PAR

C. EG. BERTRAND & F. CORNAILLE

TRAVAUX ET MÉMOIRES DE L'UNIVERSITÉ DE LILLE
TOME X. — MÉMOIRE N° 29



LILLE
AU SIÈGE DE L'UNIVERSITÉ, RUE JEAN-BART

—
1902

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ

1902

TRAVAUX PRATIQUES DE LA CLASSE DE PHYSIQUE

Par M. L. BRUNEL

Professeur de Physique à l'École Supérieure d'Électricité

1902

ÉDITIONS G. CHAILLIER

TRAVAUX PRATIQUES DE LA CLASSE DE PHYSIQUE

Par M. L. BRUNEL



LILLE
ÉDITIONS G. CHAILLIER

1902

A MESSIEURS

F. O. BOWER

Professeur de Botanique à l'Université de Glasgow.

D. H. SCOTT

Directeur du Jodrell Laboratory, Kew's Garden.

ET A LEURS ÉLÈVES.

*Témoignage de haute admiration pour l'ensemble de leurs
recherches sur les Fougères actuelles.*

A LA MÉMOIRE

D'EDMUND RUSROW

Professeur de Botanique à l'Université de Dorpat.

*Hommage respectueux en souvenir de son Essai sur les faisceaux
des Cryptogames vasculaires. 1872.*

1911

1912

1913

1914

1915

ÉTUDE
SUR QUELQUES CARACTÉRISTIQUES
DE LA
STRUCTURE DES FILICINÉES ACTUELLES

INTRODUCTION

Les découvertes des paléobotanistes nous ont appris qu'un assez grand nombre de plantes houillères avaient des sporanges analogues à ceux des Fougères actuelles, sporanges qu'elles portaient aussi sur les parties supra-ligulaires de leurs frondes. S'appuyant sur ces caractères de l'appareil sporangial, on a rangé ces plantes fossiles dans les Fougères ou près des Fougères. Mais l'organisation de la fronde et celle du stipe de ces végétaux anciens se sont montrées très différentes de ce que l'on connaissait dans nos Filicinées actuelles. De là sont sorties les nombreuses recherches sur l'appareil végétatif des Filicinées ou *Mégaphyllides* que ces dernières années ont vu présenter. On espérait, en connaissant mieux les plantes vivantes, arriver à lire correctement les dispositifs anatomiques des formes anciennes et à en apprécier la signification. On espérait aussi, en retour, trouver dans les fossiles des termes de comparaison permet-

tant de rattacher les types actuels qui nous paraissent isolés ou anormaux à l'organisation générale des autres représentants du même groupe. Chez les Lycopodinéés ou Centradesmides, la lecture correcte de la structure des Lépidodendrons a permis de comprendre le stipe et la fronde de nos Isoètes. Elle a mis mieux en évidence les affinités de ces êtres. De même, le *Miadesmia membranacea*, a montré que nos Selaginelles, aujourd'hui si isolées, se rattachent intimement à ce type houiller. Ces résultats très encourageants permettaient d'espérer qu'il en serait de même chez les Fougères.

L'ensemble des mémoires déjà publiés sur l'appareil végétatif des Mégaphyllides représente un immense labeur. Nos connaissances sur l'organisation des Filicinées s'en sont trouvées étendues et précisées, grâce surtout aux belles recherches des anatomistes anglais; mais, en mettant en regard le prodigieux effort déployé et l'importance des progrès réalisés, l'Histoire de la Botanique dira que l'exploration de cette partie de son domaine nous a été particulièrement difficile. En fait, nous sommes obligés d'avouer que nous ne savons pas lire les formes anciennes. Nous ne comprenons pas du tout la signification des faits qu'elles nous présentent, nous ne savons pas et nous ne pouvons pas en tenir compte dans nos comparaisons sans risquer de commettre de véritables non sens scientifiques. C'est à peine, si au prix de tant de travail, nous commençons à dégager les premières caractéristiques de l'organisation des Filicinées actuelles des faits secondaires qui nous les masquaient.

En ce moment pourtant le grand effort commun des paléobotanistes et des anatomistes paraît avoir produit un premier résultat. On arrive à penser que les Fougères se rattachent directement aux Phanérogames par les Cycadées. La découverte de spermatozoïdes ciliés chez les Cycadées, la présence d'un bois primaire à différenciation centripète chez les *Medul-*

losa et dans d'autres types fossiles, sont des faits dont la haute valeur établit cette notion d'une manière définitive. Donnant une forme concrète à cette idée de Williamson et du comte de Solms Laubach, notre savant collègue, M. Potonié, de Berlin, a proposé la création d'un groupe des *Cycadofilices* pour tous les êtres intermédiaires entre les Fougères et les Cycadées. Par une rare fortune le groupe des *Cycadofilices* a été immédiatement accepté d'un consentement unanime. D'éminents botanistes, comme le Dr Scott, comme le professeur Seward, comme M. Zeiller, ont fait usage de ce groupe et l'ont popularisé dans leurs livres élémentaires. La notion de Cycadofilicinées se généralise rapidement, orientant ainsi, pour longtemps peut-être, les idées des chercheurs dans une direction bien spéciale.

Il était nécessaire, pour justifier le programme spécial que nous allons suivre dans cet ouvrage et certaines des conclusions que nous présenterons, de rappeler, par cet aperçu sommaire, l'état actuel des recherches sur les Mégaphyllides et les impressions dirigeantes qu'elles subissent en ce moment.

Ce travail a pour objet de présenter un résumé de nos recherches sur l'organisation du stipe et de la fronde des Mégaphyllides. Nous nous en tiendrons, dans ce premier mémoire, aux Filicinées actuelles. A dessein, nous laisserons de côté tout ce qui touche aux racines.

Au cours de nos études sur le stipe et sur la fronde des Mégaphyllides, il nous a semblé, que la pièce libéro-ligneuse élémentaire de ces membres présentait en elle-même et dans ses modes d'agencements des caractéristiques véritablement essentielles, fondamentales. Remarquées au début dans quelques exemples où elles sont plus particulièrement visibles, nous avons vu, par la suite, ces caractéristiques structurales du stipe et de la fronde s'étendre à tous les groupes que nous avons pu

étudier. Elles s'appliquent avec une netteté remarquable aux formes fossiles houillères si spéciales qui possédaient les traces foliaires *tubicaules* et *clepsydroides*. Ces caractéristiques se sont donc singulièrement généralisées. Il reste encore à voir ce qu'elles deviennent dans le cas d'extrême réduction que présentent les genres *Salvinia* et *Azolla*. Malgré cette petite restriction, venant uniquement d'une étude incomplète, nous pensons maintenant que ces caractéristiques du stipe et de la fronde ont une valeur taxonomique suffisamment haute pour devoir être citées parmi les faits à l'aide desquels on définit le groupe organique des Mégaphyllides, au même titre, par exemple, que les caractéristiques tirées du sporange et des organes reproducteurs. Si l'on s'étonnait de voir ainsi surgir de nouvelles caractéristiques d'un sujet où les recherches ont été si multipliées et si habilement conduites, nous constaterions que les caractéristiques structurales du stipe et de la fronde que nous allons mettre en relief ont été quelquefois entrevues, mais elles sont demeurées inutilisées ou totalement incomprises à cause des vues théoriques dont on a fait usage pour apprécier les masses libéro-ligneuses des Fougères. L'unité organique, généralement employée depuis quelques années, *la stèle*, avec son défaut de précision, ne permettait pas l'analyse rigoureuse des cordons libéro-ligneux si particuliers qu'on avait sous les yeux.

Si, comme nous le pensons, la généralité des caractéristiques structurales du stipe et de la fronde est définitivement établie pour toutes les Mégaphyllides vivantes, même lorsqu'elles arrivent aux extrêmes limites de leur réduction, ces données nouvelles nous donnent un moyen d'interroger les formes fossiles très anciennes. L'analyse de la structure des Filicinées houillères, à l'aide des caractéristiques que nous croyons avoir mises en évidence, sera l'épreuve définitive qu'elles auront à subir. A nos yeux le présent travail est donc une sorte d'introduction préparatoire à l'analyse des formes fossiles.

Mais lorsqu'on entreprendra ce travail il faudra tenir grand compte des *unités organiques* employées et juger leur valeur à la précision des résultats qu'elles fourniront. Il en découlera certainement des données précieuses sur la constitution des unités organiques des Mégaphyllides. En appelant ainsi l'attention des anatomistes sur le choix des unités organiques qu'ils sont appelés à employer, nous pensons, comme M. A. Gravis, rendre service aux Etudes d'Anatomie comparée.

Nous avons présenté les résultats essentiels de cet ouvrage au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, tenu à Boulogne-sur-Mer en 1899. Notre communication a été faite à la section de Botanique dans sa séance du 16 septembre. Trois jours plus tard, le 19 septembre, à Douvres, dans une séance du Congrès de la British Association, nous eûmes occasion de montrer comment nos caractéristiques structurales du stipe et de la fronde s'appliquaient aux principaux exemples des Fougères dont M. L. A. Boodle venait de donner l'analyse. Cette forme condensée d'un tel sujet suppose chez le lecteur ou l'auditeur une connaissance d'ensemble qui ne peut être acquise que par de longues observations personnelles ou bien l'existence, à côté du résumé, d'une autre publication suffisamment développée pour permettre d'y suivre la genèse des idées directrices, leurs applications, les formules et les symboles qui en résultent. Le présent mémoire sera cette publication en quelque sorte justificative. Dans cette exposition nous procéderons en présentant des exemples concrets *que nous choisirons de préférence parmi ceux qui sont les plus connus*. Cette méthode permettra de suivre facilement la manière dont nous lisons ces exemples et dont nous les interrogeons. Il en ressortira certainement que nos devanciers ont beaucoup fait pour préparer les généralisations que nous allons esquisser. Les résumés des chapitres, leurs conclusions partielles et les

conclusions générales de chaque partie présenteront sous forme condensée les résultats principaux de ce travail.

Nous avons divisé cet ouvrage en deux parties, la première est consacrée à la pièce libéro-ligneuse élémentaire des Méga-phyllides et à ses modes d'agencement dans la *fronde*. La deuxième partie est consacrée à l'étude de cette même pièce élémentaire et de ses modes d'agencement dans la partie de la trace foliaire qui est contenue dans le *stipe*. Nous commencerons par l'analyse de la fronde, la structure de la trace foliaire y est plus facile à lire, elle prépare admirablement à l'analyse beaucoup plus délicate des stipes. Dans chaque partie les chapitres correspondent en général aux grandes modifications dont les Filicinées vivantes nous ont présenté la réalisation. La liste des chapitres devient ainsi l'énoncé de ces grandes modifications. Nous avons cherché à nous élever des plus simples à celles qui nous semblent plus complexes ou plus modifiées, mais la succession de ces chapitres n'implique dans notre esprit aucune idée de filiation. Dans chaque chapitre, c'est-à-dire à chaque étape de notre marche, nous présentons l'exemple qui nous paraît réaliser le plus complètement le type organique ou la disposition que nous avons en vue. Nous présentons ses variations essentielles ou les principaux faits secondaires qui s'y ajoutent dans le reste du chapitre. Dans quelques chapitres cependant nous avons suivi un ordre inverse du précédent. Nos exemples sont alors choisis de manière à nous élever d'un dispositif connu à un autre dispositif plus complexe qui réalise un autre type organique. Des conclusions générales terminent chaque partie. C'est à la suite de ces conclusions générales que nous présentons les résultats des comparaisons que nous avons faites avec les Cycadées.

Nous avons été amenés à créer quelques noms et quelques symboles nouveaux. Ils répondent à des faits nouveaux que nous devons désigner nettement et abrégativement. Nous nous sommes appliqués à bien spécifier les faits que nous voulions désigner par ces noms et par ces symboles. Nous n'avons eu recours à ces créations qu'avec la plus extrême réserve. Nous espérons que ceux que nous avons créés se justifieront par les services qu'ils rendront aux anatomistes. Nous avons fait aussi un assez grand usage de formules littérales pour désigner la composition élémentaire des traces foliaires. Nous pensons que, grâce aux notations rationnelles que nous avons employées, il est possible d'indiquer la composition de ces traces et d'y souligner nettement les homologues de leurs diverses régions. La rigueur que l'usage de ces formules impose aux observations analytiques nous paraît être leur meilleure justification. Lorsqu'elles sont bien établies ces *formules littérales* sont presque aussi parlantes qu'une figure. Elles nous ont rendu de grands services et nous avons pu y traduire très simplement presque tous les faits que nous avons rencontrés.

En terminant cette introduction nous adressons nos remerciements à Madame Marie Bertrand, Directrice du Lycée de jeunes filles d'Amiens, pour tous les documents qu'elle a mis à notre disposition, notes, croquis et préparations, qu'elle avait rassemblés en vue d'une étude du stipe des Filicinées.

PREMIÈRE PARTIE

La masse libéro-ligneuse élémentaire des Filicinées actuelles et ses principaux modes d'agencement dans la fronde.

LISTE DES CHAPITRES

Chapitre I. — La trace foliaire dans la fronde de l'Osmonde. — Ses notations. — Détermination de ses pièces libéro-ligneuses élémentaires. — Agencement de ces pièces entre elles. — Caractéristiques de la trace osmondéenne.

Chapitre II. — Les petites variantes de la trace foliaire osmondéenne. — Extension de la trace osmondéenne chez les Filicinées actuelles.

Chapitre III. — L'agencement des pièces libéro-ligneuses élémentaires dans la trace foliaire à plis latéraux postérieurs doubles et à divergeants indépendants. — La trace dialydivergente doublement plissée des grandes Fougères cyathéennes. — Ses caractéristiques.

Chapitre IV. — L'agencement des pièces libéro-ligneuses élémentaires dans la trace foliaire à plis doubles localisés sur les derniers faisceaux de l'arc postérieur. — Les caractéristiques de la trace foliaire onocléenne. — Les variations immédiates de la trace onocléenne.

Chapitre V. — La trace foliaire avec deux ou plus de deux

faisceaux postérieurs élargis mais sur lesquels les doubles plis latéraux sont de moins en moins localisés. — Les trachées en plein bois du *Microlepia platyphylla*. — Les plis supplémentaires de la chaîne médiane postérieure du *Pteris aquilina*.

Chapitre VI. — La trace foliaire à divergeants accessoires périphériques ou trace polybotryenne. — Ses caractéristiques.

Chapitre VII. — L'agencement des pièces libéro-ligneuses élémentaires dans la trace foliaire avec chaînes binaires à ailes libres réduites ou chaînes binaires à facies bipolaire. — Le symbole .. $\frac{ch}{..}$..

Chapitre VIII. — La trace foliaire dialydivergeante à arcs internes fermés successivement enveloppants. — Les caractéristiques de la trace foliaire marattienne.

Chapitre IX. — La pièce sorifère antérieure. — Le divergeant à facies unipolaire. — Les caractéristiques de la trace ophioglosséenne.

Chapitre X. — Les traces foliaires très réduites. — La double chaîne binaire. — La chaîne binaire simple. — Le divergeant isolé. — Le faisceau indéterminé.

Chapitre XI. — Conclusion de la Première Partie.

NOTA. — Dans les chapitres de cette Première Partie, l'expression *trace foliaire* désignera l'ensemble des cordons libéro-ligneux qui forment cette trace dans la fronde. — Dans la seconde partie, l'expression *trace foliaire* désignera l'ensemble des cordons élémentaires qui forment cette trace dans le stipe. Dans le stipe, *trace foliaire* individualisée est opposée à *pièce anastomotique* et à *pièce apolaire*. — Dans le langage courant l'expression *trace foliaire, sans spécification*, désigne l'ensemble des deux parties de la trace, celle qui est dans la fronde et celle qui est dans le stipe.

CHAPITRE I. — *La trace foliaire dans la fronde de l'Osmonde.* —
Ses notations. — Détermination de ses pièces libéro-ligneuses
élémentaires. — Agencement de ces pièces entre elles. —
Caractéristiques de la trace osmondéenne.

SOMMAIRE

1. — Structure de la trace foliaire de l'*Osmunda regalis* dans le pétiole
- 2 — Notation des pôles trachéens considérés comme des groupes simples.
Le symbole T opposé au symbole Δ .
3. — Le divergeant ou pièce élémentaire Y. — Notation de la trace en Y.
4. — Le faisceau bipolaire ou pièce élémentaire F. — Notation de la trace en F.
5. — Les pôles doubles $\Delta\Delta$ — Notation de la trace en $\Delta\Delta$.
- 6 — Les quatre formules littérales de la trace foliaire de l'Osmonde.
- 7 — Choix entre les unités organiques qui ont été proposées.
- 8 — La trace foliaire de l'Osmonde dans la partie supérieure de la fronde.
9. — Caractéristiques de la trace foliaire osmondéenne.

1. — Nous prendrons comme premier exemple de la trace foliaire des Mégaphyllides celle de l'*Osmunda regalis*. Ce choix est déterminé non parce que l'Osmonde a été reconnue comme une forme végétale initiale ou très ancienne, mais parce que sa structure, relativement facile à lire, est connue d'un grand nombre de botanistes. De plus on y rattache sans effort la structure des autres traces foliaires des Filicinées ; si l'expression *groupe nodal* était acceptable dans un sujet où nous savons encore si peu de chose des plantes anciennes, on serait tenté de dire que l'organisation de la trace foliaire de l'Osmonde réalise, ou conserve, le *prototype* d'où les Fougères sont dérivées. Il suffit pourtant de rappeler la forme si spéciale de l'anneau sporangial des Osmondes, réduit à sa petite plaque équatoriale pour ne pas

confondre ce qui est un mode plus ou moins heureux d'exposition d'un sujet avec l'expression des affinités réelles des êtres telles qu'elles résultent de leur descendance.

Selon la remarque très judicieuse de M. Gravis, nous considérerons d'abord la trace foliaire dans le milieu du pétiole c'est-à-dire dans une région où cette trace, moyennement étalée, atteint son maximum de caractérisation. Dans le haut de la fronde, la trace foliaire élargie se partage en groupes plus simples. Dans le stipe, au contraire, la trace foliaire se présente trop condensée.

Dans le pétiole, la trace foliaire de l'Osmonde forme une gouttière continue à concavité antérieure. Ses *bords*, plus ou moins fortement circinés, sont ramenés vers la surface de symétrie de la fronde. *Elle n'a pas de plis latéraux sur les flancs de la région postérieure*. La section transversale bien connue de cette gouttière libéro-ligneuse comprend : un grand *arc postérieur* dont la concavité regarde la face supérieure de la fronde et deux *demi-arcs antérieurs* symétriques, à bord libre circiné, formant une *croisse* dont la concavité regarde la face externe. Les demi-arcs antérieurs se raccordent à droite et à gauche avec les extrémités correspondantes de l'arc postérieur. On appelle *marges* ces deux régions de raccord. Il y a une *marge gauche* et une *marge droite*. L'ensemble est symétrique par rapport à une ligne CSⁿ. *Cette trace foliaire présente donc l'indication très nette d'un arc antérieur ouvert en son milieu* (fig. 1).

La trace comprend une lame ligneuse continue tapissée de liber sur deux faces. Des groupes trachéens sont symétriquement placés sur la face antérieure du bois. L'un d'eux T' est médian. *C'est là une particularité de l'Osmonde*. Nous constaterons qu'elle n'existe pas au même niveau chez le *Todea* et les *Leptopteris*. En quelque point qu'on prenne un groupe trachéen, il pointe vers la face interne du contour enveloppé

par la trace foliaire (1) (fig. 5 et 6, p. 24, 25). Ce groupe est souvent accompagné d'une lacune antérieure due à la dislocation des trachées initiales. Il est séparé du bord antérieur de la trace par quelques éléments libériens (2). Une zone péricambiale limite la masse libéro-ligneuse et l'attache à la gaine casparyenne (3).

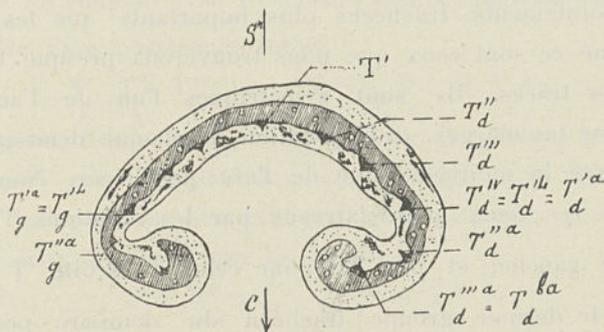


Fig. 1. — Section transversale d'ensemble de la trace foliaire d'*Osmunda regalis* au milieu du pétiole. Elle est notée en groupes trachéens simples ou en T.

Les groupes trachéens sont indiqués par des pointements noirs. Le bois est couvert de hachures. Le liber est ponctué. La gaine casparyenne est marquée par un trait continu.

2. — Pour noter commodément les pointements trachéens de la trace nous les considérerons d'abord comme des groupes trachéens simples que nous désignerons uniformément par la lettre T. A l'aide d'indices, d'accents et d'exposants il nous sera facile de spécifier la position de chacun de ces amas

(1) C'est-à-dire vers la face antérieure ou supérieure de la fronde, en supposant chaque demi-arc antérieur développé dans le prolongement de la branche de l'arc postérieur à laquelle il se raccorde.

(2) Certains éléments libériens combient la lacune ligneuse en s'hypermorphant vers celle-ci à la manière des *thylles*. A. Gravis. *Recherches anatomiques et physiologiques sur le Tradescantia virginica*. Bruxelles, 1898.

(3) Nous continuerons à faire usage de la désignation *assise péricambiale* créée par Nägeli pour spécifier la *région superficielle d'un faisceau multipolaire de racine*, mais cette région n'est nullement homologue du tissu qui entoure l'ensemble des faisceaux primaires unipolaires d'une tige de Dicotylédone cyclospermée. Dès lors le nom de *péricycle* ne doit pas lui être appliqué.

dans la trace. *T* est donc un pointement trachéen, supposé simple, dont la constitution spéciale n'est pas encore établie ou n'a pas à intervenir. Le symbole *T* est, dans notre pensée, opposé au symbole Δ par lequel nous désignons un pôle ligneux reconnu simple, c'est-à-dire, dont il part une seule lame de différenciation ligneuse.

La trace de l'Osmonde (fig. 1, p. 13) nous présente d'abord deux pointements trachéens plus importants que les autres parce que ce sont ceux que nous trouverons presque toujours dans les traces. Ils sont symétriques l'un de l'autre et placés sur les marges, à la jonction de chaque demi-arc antérieur avec la moitié voisine de l'arc postérieur. Nous désignerons ces deux pôles latéraux par les notations T^L_g pour celui de gauche, et par T^L_d pour celui de droite. T^L_d est à la fois le dernier groupe trachéen du demi-arc postérieur droit, ce qui lui ferait appliquer la désignation T^l_d , et le premier groupe trachéen du demi-arc antérieur droit, ce qui le ferait désigner par T^a_d . On a donc

$$T^L_d = T^l_d = T^a_d$$

et par raison de symétrie

$$T^L_g = T^l_g = T^a_g$$

Ces groupes trachéens T^L_g , T^L_d sont ceux qui fournissent les groupes trachéens médians des premières ramifications latérales de la trace en haut du pétiole.

Au milieu de l'arc postérieur de l'Osmonde nous avons remarqué un groupe trachéen médian que nous appelons *T'*, c'est une particularité personnelle du genre *Osmunda*. Ce n'est pas là un groupe trachéen nécessaire. Il est seulement fréquent.

Il y a un nombre variable de groupes trachéens symétriques

sur chaque moitié de l'arc postérieur entre T' et les amas T'^L , T'^L . Nous appellerons

$$T''_d, T'''_d, T^{IV}_d \dots T^{(l-1)}_d, T^l_d = T'^L_d$$

ceux qui sont placés entre T' et T'^L à mesure que nous nous éloignons de T' , T^l_d étant le numéro du dernier terme de cette série. T^l_d se confond avec T'^L . Leurs symétriques sur la moitié gauche de l'arc postérieur seront

$$T''_g, T'''_g, T^{IV}_g \dots T^{(l-1)}_g, T^l_g = T'^L_g$$

De même, il y a un nombre variable de groupes trachéens symétriques entre les latéraux marginaux T'^L et l'extrémité libre de chaque demi-arc antérieur correspondant. Nous désignerons ceux de droite par les notations

$$T''^a_d, T'''^a_d, \dots T^{ka}_d = T^{ba}_d$$

en nous éloignant de T'^L . T'^L se trouvant être le premier terme de cette série antérieure, s'écrirait, dans cette série, T'^a . Nous désignerons toujours par T^{ba}_d le dernier groupe trachéen du demi-arc antérieur droit, c'est le groupe du bord libre de ce demi-arc. *On remarquera que $T^{ka}_d = T^{ba}_d$ n'est jamais au bord libre du demi-arc antérieur droit, mais qu'il est à une certaine distance de ce bord libre.*

Les massifs symétriques sur le demi-arc antérieur gauche sont

$$T''^a_g, T'''^a_g, T^{IVa}_g \dots T^{ka}_g = T^{ba}_g$$

et on a de même $T'^L_g = T'^a_g$

3. — Si l'on établit la différenciation des tissus ligneux, par la comparaison de coupes homologues prélevées dans des frondes à divers stades de développement, on observe un fait très remarquable, sur lequel le regretté Edmund Russow insistait déjà en 1872. *De chaque groupe trachéen partent deux*

lames ligneuses qui vont en divergeant, l'une s'incline à droite, l'autre à gauche (fig. 5, 6, 7, p. 24, 25, 27). Elles sont indiquées par des vaisseaux (trachéides) scalariformes de plus en plus grands. *A l'exception des deux lames placées aux extrémités libres des deux demi-arcs antérieurs, ces bandes ligneuses s'unissent latéralement à des bandes semblables, issues des groupes trachéens voisins.* Les grands tubes criblés se différencient en arrière de la double lame ligneuse avec deux maxima, l'un à droite, l'autre à gauche. Antérieurement, de chaque côté de l'amas trachéen, il y a aussi un groupe de grands éléments grillagés. Sous ce premier aspect, c'est-à-dire en considérant chaque pointement trachéen avec sa double lame ligneuse et le liber avoisinant comme *une pièce libéro-ligneuse élémentaire, ou comme une unité organique*, on met en relief un fait très singulier dont aucune autre masse libéro-ligneuse n'offre d'exemple. *D'un groupe trachéen qui n'est, ni tout à fait central, ni tout à fait périphérique, partent deux lames ligneuses inclinées l'une à droite, l'autre à gauche, et ces lignes de différenciation gagnent les bords du massif. La masse comporte régulièrement du liber sur ses deux faces.* Au point de vue de la Théorie générale des Faisceaux, il y a là un dispositif différent de tout ce que l'on a observé dans les faisceaux décrits.

Comme nous aurons par la suite à faire un fréquent usage de cette unité organique, qui forme à nos yeux un ensemble très différent d'un *faisceau*, nous lui donnerons le nom de *divergeant* (1) et nous le représenterons par le symbole Υ , en affectant cette lettre, *grand upsilon*, d'un exposant égal à l'accent du groupe trachéen T correspondant.

Un *divergeant* Υ est donc *une masse libéro-ligneuse comprenant un groupe trachéen d'où partent deux lignes de*

(1) En prenant comme substantif le participe présent du verbe diverger.

différenciation ligneuse qui vont en s'écartant. Cette double lame de bois primaire est tapissée de liber sur ses deux faces, les grands tubes criblés tendent à s'y localiser en deux massifs externes ou postérieurs et en deux massifs internes ou antérieurs situés à droite et à gauche des trachées T. Une lame péricambiale, souvent double, unit les deux faces du divergeant à la partie de gaine casparyenne qui l'entoure.

Nous appelons ailes d'un divergeant les deux lames ligneuses divergeantes qui partent de son groupe trachéen avec le liber qui les tapisse.

Les divergeants s'ajoutent bout à bout par l'extrémité libre de leurs ailes. (Loi de formation des chaînes libéro-ligneuses énoncée en divergeants).

La trace de l'Osmonde est une chaîne continue de divergeants ajoutés bout à bout.

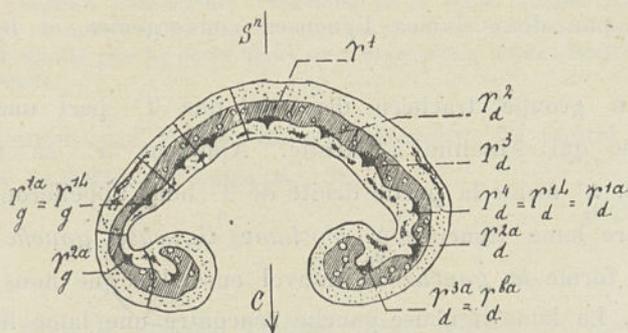


Fig. 2. — Section transversale d'ensemble de la trace foliaire d'*Osmunda regalis* au milieu du pétiole notée en divergeants γ . Sur la moitié gauche de la figure on a marqué les limites des divergeants successifs.

L'arc postérieur de la trace foliaire de l'Osmonde est donc formé par les divergeants :

$$\begin{array}{c}
 | S^n \\
 \gamma^1L \text{ ou } \gamma^1_g, \dots, \gamma^3_g, \gamma^2_g, \gamma^1_d, \gamma^2_d, \gamma^3_d, \dots, \gamma^1_d \text{ ou } \gamma^1L_d \\
 | \\
 \downarrow C
 \end{array}$$

dont les groupes trachéens correspondants sont :

$$\begin{array}{c} | S^n \\ | \\ T'^L \text{ ou } T^L, \dots, T''', T'', T', T'', T''', \dots, T^L, \text{ ou } T'^L \\ | \\ \downarrow C \end{array}$$

Les deux demi-arcs antérieurs de cette trace sont formés des divergeants

$$\begin{array}{c} | S^n \\ | \\ \Upsilon'^L \text{ ou } \Upsilon'^a, \Upsilon'^a, \dots, \Upsilon'^a \text{ ou } \Upsilon'^a \quad | \quad \Upsilon'^a \text{ ou } \Upsilon'^a, \dots, \Upsilon'^a, \Upsilon'^a \text{ ou } \Upsilon'^L \\ | \\ \downarrow C \end{array}$$

dont les groupes trachéens T sont :

$$\begin{array}{c} | S^n \\ | \\ T'^L \text{ ou } T'^a, T'^a, \dots, T'^a \text{ ou } T'^a \quad | \quad T'^a \text{ ou } T'^a, \dots, T'^a, T'^a \text{ ou } T'^L \\ | \\ \downarrow C \end{array}$$

4. — Considérons au contraire le groupe libéro-ligneux formé par deux lames ligneuses convergentes et le liber voisin.

D'un groupe trachéen droit tel que T''_d part une lame ligneuse qui s'incline à droite. Appelons Δ''_{dg} sa trachée initiale. Δ''_{dg} forme la partie droite de T''_d nous appellerons cette première lame ligneuse $\Delta''_{dg} \Upsilon''_d$ *lame ligneuse gauche* parce qu'elle forme *la gauche* du nouvel ensemble que nous considérons. La lame ligneuse gauche rencontre une lame ligneuse semblable, mais celle-ci, partie de T'''_d , s'est inclinée à gauche. Appelons Δ''_{dd} la partie gauche du groupe trachéen T'''_d . Cette seconde lame ligneuse $\Delta''_{dd} \Upsilon''_d$ sera *la lame ligneuse droite* du nouvel ensemble (1). Le système constitué par les deux

(1) Pour juger de la droite et de la gauche d'un cordon libéro-ligneux nous observons la règle suivante. Nous supposons l'arc libéro-ligneux dont il fait partie déroulé sur la tangente au point où la trace CS^n coupe l'arc postérieur de la fronde. L'observateur placé au centre de figure C du stipe, la tête du côté du point de végétation du stipe, regarde de ce point C le cordon libéro-ligneux qu'il décrit.

lames ligneuses $\Delta'' \gamma_d^2$, $\Delta'' \gamma_d^2$, et par le liber voisin, forme un massif libéro-ligneux qui a toutes les qualités d'un faisceau bipolaire légèrement courbé ou rendu concave du côté de la face antérieure, et l'on voit que toute la trace est formée de faisceaux bipolaires semblables attendant deux à deux par leurs pôles (1).

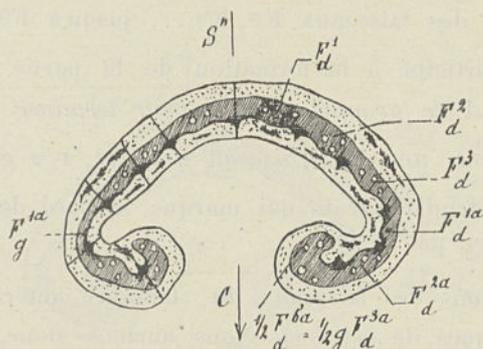


Fig. 3. — Section transversale d'ensemble de la trace foliaire d'*Osmunda regalis* au milieu du pétiole. La trace est notée en faisceaux bipolaires F. Sur la moitié gauche de la figure on a marqué les limites des faisceaux successifs.

Désignons par F l'un de ces faisceaux, la moitié droite de l'arc postérieur s'écrira (fig. 3) :

$$\begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ F_d^1, F_d^2, F_d^3, \dots, F_d^{(l-2)}, F_d^{(l-1)} \\ \vdots \\ C \end{array}$$

$F_d^{(l-1)}$ étant le faisceau bipolaire dont le pôle droit participe à la formation du groupe trachéen marginal $T_d^{(l)}$. Ces fais-

(1) Ce massif comprend en effet :

Deux pôles ligneux $\Delta \Delta_{g, d}$.

Deux lames ligneuses $\Delta \gamma_g, \Delta \gamma_d$ convergentes vers un même centre de figure γ . Le calibre des éléments ligneux y croît régulièrement de chaque point Δ vers le centre de figure γ .

Deux lames libériennes ayant leurs grands éléments grillagés sur les deux faces au niveau du centre de figure γ . La périphérie de ce liber, différenciée en assise péricambiale, unit la masse libéro-ligneuse à la gaine casparienne.

Ainsi constituée le massif libéro-ligneux satisfait aux règles de différenciation ligneuse et de position libéro-ligneuse des faisceaux. Il a toutes les qualités du faisceau bipolaire et il mérite morphologiquement cette désignation.

ceux ont leurs symétriques dans la moitié gauche de la trace

$$\begin{array}{ccccccc} F^{(l-1)}, & F^{(l-2)}, & \dots & F^3, & F^2, & F^1 & \\ g & g & & g & g & g & \\ & & & & & & \downarrow S^n \\ & & & & & & \downarrow C \end{array}$$

Le demi-arc antérieur droit commence par F_d^{1a} dont le pôle gauche forme la droite du groupe trachéen T_d^{VL} et se continue par des faisceaux F_d^{2a} F_d^{3a} ... jusqu'à $F_d^{(k-1)a}$ dont le pôle droit participe à la formation de la partie gauche du groupe T_d^{ka} . A ce groupe s'ajoute, pour terminer le demi-arc antérieur droit, un demi-faisceau qui est $1/2 g F_d^{ka}$. Nous appelons ce demi-faisceau, qui marque le bord de l'arc antérieur droit, $1/2 F_d^{ba}$.

Les notations des faisceaux du demi-arc antérieur gauche sont symétriques de celles-ci. Nous aurions donc, en supposant tous ces faisceaux déroulés sur la même droite, la série :

$$\begin{array}{c} S^n \downarrow \\ C \downarrow \end{array} \left| \underbrace{1/2 F_d^{ba} = 1/2 d F_d^{ka}, \dots, F_d^{2a}, F_d^{1a}}_{\text{demi-arc antérieur gauche}} \right. \left. \underbrace{F^{(l-1)}, \dots, F^1}_{\text{demi-arc postérieur gauche}} \right| \begin{array}{c} S^n \downarrow \\ C \downarrow \end{array}$$

$$\begin{array}{c} F_d^1, F_d^2, \dots, F_d^{(l-1)}, \\ \text{demi-arc postérieur droit} \end{array} \quad \begin{array}{c} F_d^{1a}, F_d^{2a}, \dots, 1/2 g F_d^{ka} \text{ ou } 1/2 F_d^{ba} \\ \text{demi-arc antérieur droit} \end{array} \left| \begin{array}{c} S^n \downarrow \\ C \downarrow \end{array} \right.$$

On remarque de suite que les bords libres de la chaîne sont formés par deux demi-faisceaux. Cette manière d'être, qui semble très singulière au premier abord, se trouve être au contraire, une caractéristique des Mégaphyllides, très bien mise en relief par ce système de notations. Le faisceau médian qui clôture l'arc antérieur apparaît coupé en son milieu (1). Nous pressentons dès maintenant l'opposition des traces foliaires à arc antérieur ouvert et des traces foliaires à arc antérieur fermé.

(1) Toute chaîne ouverte se termine par deux demi-faisceaux bipolaires.

6. — Ces diverses indications montrent comment il est pratiquement possible de mettre en évidence, au moyen de *formules littérales* simples, la constitution de la trace foliaire de l'Osmonde en soulignant davantage l'une ou l'autre de ses particularités organiques. Nous obtenons ainsi *quatre formules équivalentes*. Nous donnerons à ces formules un même numéro, et nous les distinguerons l'une de l'autre en joignant à ce numéro le symbole des unités organiques qu'elle met plus particulièrement en relief.

Formules n° 1. — Figures 1, 2, 3, 4.

S^n | *Formule 1 Y*

$$\begin{array}{c} \Upsilon^1, \Upsilon^2, \Upsilon^3 \dots \\ \left| \begin{array}{c} \Upsilon^{ba} \text{ ou } \Upsilon^{ka} \\ \Upsilon^{(k-1)a} \dots \Upsilon^{3a} \end{array} \right. \left(\begin{array}{c} \Upsilon^{(l-1)} \\ \Upsilon^{2a} \end{array} \right) \Upsilon^1 \text{ ou } \Upsilon^{1L} \text{ ou } \Upsilon^{1a} \end{array}$$

C ↓

S^n | *Formule 1 T*

$$\begin{array}{c} T', T'', T''' \dots \\ \left| \begin{array}{c} T^{ba} \text{ ou } T^{ka} \\ T^{(k-1)a} \dots T'''a \end{array} \right. \left(\begin{array}{c} T^{(l-1)} \\ T^a \end{array} \right) T^1 = T^L = T^a \end{array}$$

C ↓

S^n | *Formule 1 F*

$$\begin{array}{c} F^1 F^2 \dots \\ \left| \begin{array}{c} \frac{1}{2} F^{ba} - \frac{1}{2} g F^{ka} \\ F^{(k-1)a} \dots F^{2a} \end{array} \right. \left(\begin{array}{c} F^{(l-1)} \\ F^a \end{array} \right) F^1 \end{array}$$

C ↓

S^n | *Formule 1 ΔΔ. (2)*

$$\begin{array}{c} \Delta' - \Delta' \Delta'' - \dots \\ \left| \begin{array}{c} \Delta^{ka} \Delta^{(k-1)a} \\ \Delta^{(k-1)a} \Delta^{(k-2)a} \end{array} \right. \left(\begin{array}{c} \Delta^{(l-2)} \Delta^{(l-1)} \\ \Delta^{(l-1)} \text{ ou } \Delta^L \Delta^L \text{ ou } \Delta^a \end{array} \right) \Delta^a \Delta^a \end{array}$$

C ↓

(1) Lorsqu'il y a courbure de la trace sans plissements nous emploierons le signe \rangle . Dans les cas où nous aurons un pli brusque nous prendrons le signe \rangle . Les barres verticales qui coupent le trajet d'une chaîne libéro-ligneuse marquent qu'en ces points la chaîne présente une solution de continuité.

(2) Les petites barres horizontales placées dans les formules en $\Delta\Delta$ indiquent la position des faisceaux F ou celles de leurs moitiés.

7. — En mettant en relief deux unités organiques principales, ces formulès littérales représentatives de la trace de l'Osmonde soulèvent une question très grave. Quel terme de comparaison convient-il de prendre pour apprécier les tissus libéro-ligneux des Mégaphyllides ? Doit-on adopter *le divergeant* à l'exclusion du faisceau bipolaire ? Faut-il au contraire employer le *faisceau bipolaire* ? On conçoit de suite que si le choix de l'unité anatomique est conforme aux éléments réels de la structure des Fougères, on comprendra mieux leur organisation et les variations dont elle est susceptible. Si au contraire l'unité choisie est artificielle, il y a de grandes chances pour que les progrès soient rendus plus difficiles ou soient même totalement arrêtés (1). Actuellement nous ne pouvons présenter aucune raison décisive qui impose l'emploi d'une de ces unités organiques à l'exclusion de l'autre. L'analyse précise des formes fossiles permettra peut-être de fixer nos idées sur ce point. Dans les définitions qu'il a données du *stipe* et de la *fronde*, M. Bertrand a fait un emploi exclusif du *faisceau bipolaire*. Cette unité semble avoir pour elle une plus grande généralité. Divers indices montrent qu'elle se retrouve dans la masse libéro-ligneuse des Sélaginelles et peut-être même dans celle des Equisetum. Ces indications sont-elles suffisantes ? En l'état actuel de la Science, nous estimons qu'il vaut mieux tenir compte simultanément des deux unités organiques possibles, *en remarquant que chacune d'elles est formée de deux demi-unités consécutives de l'autre*.

(1) Pour montrer l'obstacle que le choix d'un caractère peut opposer aux progrès de nos connaissances, il nous suffit de citer l'exemple bien connu des Lépidodendrons et des Sigillaires. Tant qu'on a regardé comme ayant la valeur d'un fait primordial la présence ou l'absence de productions libéro-ligneuses secondaires dans leur axe, leurs affinités réelles ne sont point apparues. Si l'usage d'un caractère tiré de l'accroissement secondaire a pu créer un tel obstacle, quelle portée peut donc avoir l'emploi erroné d'un caractère tiré de la structure initiale.

espèce avec avance ou recul pour le rang d'une demi-unité. Nous verrons ainsi que divergeants et faisceaux bipolaires permettent de signaler toutes les particularités anatomiques qui ont été rencontrées avec la même précision. L'écriture en divergeants a pour elle d'être parfois plus facile, mais ce n'est peut-être là qu'un simple avantage graphique. Cet argument ne saurait suffire à faire choisir le divergeant à l'exclusion du faisceau bipolaire.

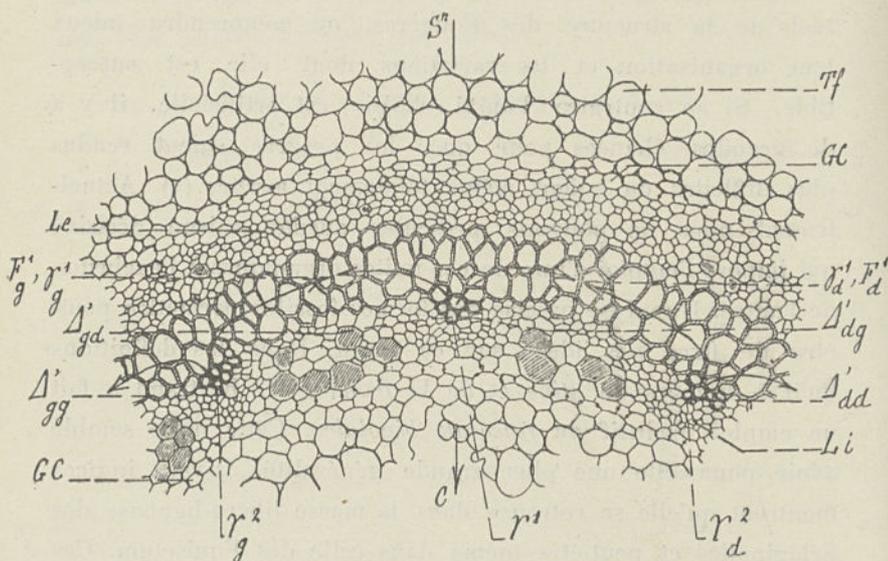


Fig. 5. — Le groupe trachéen médian postérieur de la trace foliaire de l'*Osmunda regalis* avec les deux faisceaux bipolaires qui y aboutissent. L, Liber. Li, Liber interne. Le, Liber externe. Per, région périphérique du liber différenciée en assise péricambiale. Voir aussi figure 6.

Gc, Gaine casparyenne. Tf, Tissu fondamental.

On a indiqué par des flèches les lignes de différenciation ligneuse.

Involontairement, ou explicitement, il a été fait usage d'autres unités organiques pour représenter la trace foliaire de l'*Osmonde* dans le pétiole. On y a d'abord vu, mais sans l'énoncer spécialement, une chaîne de *faisceaux bicollatéraux* dans laquelle des *faisceaux ligneux élémentaires*, revêtus en avant et en arrière d'un faisceau libérien, sont ajoutés bout à bout. Fait

tres remarquable, après de nombreux essais dus à divers auteurs, ce système d'unités n'est pas arrivé à spécifier la position si particulière des trachées de l'*Osmonde*, ni l'agencement des lames ligneuses qui s'ajouteraient alternativement

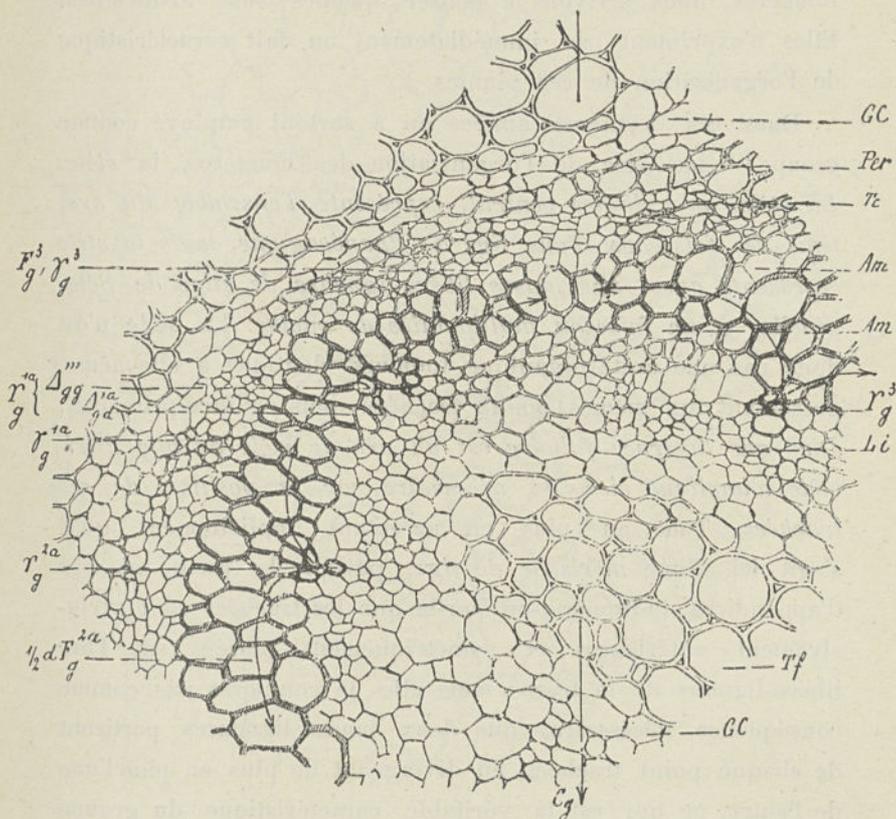


Fig. 6. — Le détail de la partie marginale gauche de la trace foliaire d'*Osmonda regalis*. — Le groupe trachéen et les deux faisceaux bipolaires qui y aboutissent. — Gr. = 150.

Cg. Parallèle à la trace de la surface de symétrie. Te. Tubes criblés. Am, fibres primitives formant le tissu amylofère.

pointe à pointe et dos à dos. Les deux dernières présentant toujours en dehors la partie élargie de leur lame ligneuse. L'emploi de ces unités ligneuses et libériennes ne nous a

rien appris non plus des faits si spéciaux que nous verrons réalisés dans la trace des autres Fougères.

Si donc nous jugeons la valeur de ces unités par les résultats qu'a donnés leur emploi prolongé dans l'analyse des Fougères, nous arrivons à penser qu'elles sont artificielles. Elles n'expriment pas immédiatement un fait caractéristique de l'organisation de ces plantes.

Dans ces dernières années on a surtout employé comme groupe élémentaire de l'organisation des Fougères, la *stèle*. *La stèle, ou cylindre central, représente l'ensemble du système des faisceaux d'une tige de Phanérogame, mais la stèle représente aussi une masse libéro-ligneuse de stipe de Selaginella, et un faisceau multipolaire de racine.* La stèle n'est donc pas une unité organique toujours identique à elle-même, présentant aux mêmes points trachées, bois et liber primaires. *Dire que la trace foliaire est un arc de stèle ou une méristèle n'implique rien de nécessaire sur la position de ses trachées.* Tout au plus, en acceptant implicitement qu'il s'agit ici d'une *méristèle de tige*, puisque la racine n'a pas d'appendices, indiquera-t-on par-là que les trachées sont exclusivement antérieures et symétriquement placées sur l'arc libéro-ligneux de la trace; mais elle ne comporte pas, comme conséquence nécessaire, que deux lames ligneuses partiront de chaque point trachéen en divergeant de plus en plus l'une de l'autre, ce qui est la véritable caractéristique du groupe libéro-ligneux des Mégaphyllides. Ces notions de stèle et de méristèle ont été appliquées non seulement à l'Osmonde mais à diverses Fougères. Après un usage déjà prolongé dans les mains d'habiles anatomistes nous devons constater qu'elles ne nous ont pas donné un seul renseignement précis sur les masses libéro-ligneuses du stipe et de la fronde des Fougères, *par contre elles ont conduit à des singularités comme celle-ci*: le stipe de l'Osmonde serait construit sur un type

organique très différent de celui des autres Mégaphyllides, il serait *monostélisque*, alors que le stipe des autres Fougères serait ordinairement *polystélisque*, sauf dans leur jeune âge.

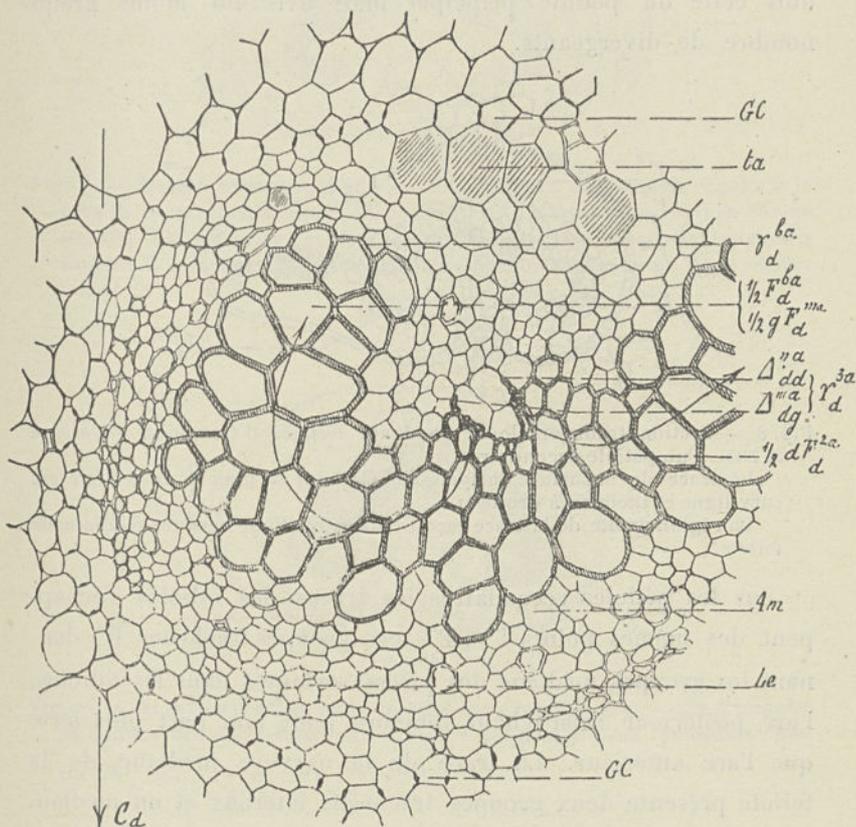


Fig. 7. — Le détail du bord antérieur droit de la trace foliaire de l'Osmonde. Le divergeant γ^{ba} et les deux demi-faisceaux dont il est formé. — Gr. 150.
Ta = Cellules tanifères.

Nous concluons sur ce point en disant que l'emploi des unités organiques, *faisceaux ligneux*, *faisceaux libériens*, *stèles* - dont la position des groupes trachéens n'est pas spécifiée, ne permet pas la lecture correcte de l'organisation des Mégaphyllides actuelles. Leur usage doit donc être abandonné.

8. — Les sorties de la trace dans les pétioles secondaires se font latéralement en enlevant un arc de la trace dans les régions T^L , T^L . — La structure des pétioles secondaires reproduit celle du pétiole principal mais avec un moins grand nombre de divergeants.

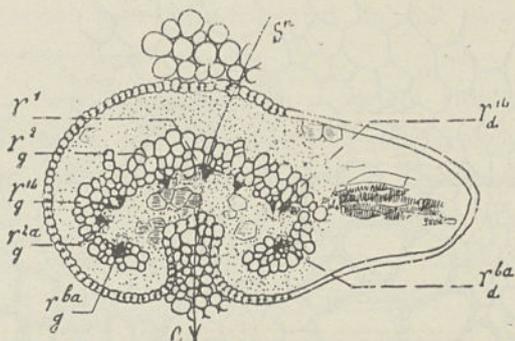


Fig. 8. — Section transversale de la trace foliaire d'*Osmunda regalis* à la base d'un pétiole secondaire.

La trace de la surface de symétrie $C S^o$ sur le plan de la section est curviligne et inclinée à droite (1).

La région droite de la trace reçoit l'insertion d'une nervure médiane de foliole.

Sur les pétioles secondaires les traces des folioles s'échappent des mêmes points T^L , T^L , ces groupes trachéens T^L donnant les groupes médians des pièces sortantes dans les folioles, l'arc postérieur intervenant toujours pour une part plus forte que l'arc antérieur. La trace de la nervure médiane de la foliole présente deux groupes trachéens latéraux et un médian. Elle représente une chaîne de trois divergeants ou de deux faisceaux bipolaires compris entre deux demi-faisceaux bipolaires, mais la cavité de la gouttière est comblée par des éléments péricambiaux. Fig. 12, p. 31. Elle est largement ouverte en avant. Elle peut s'écrire :

(1) En fait, $C S^o$ n'est ici qu'une sorte de parallèle à la surface de symétrie réelle de la fronde. — La trace de symétrie réelle reste contenue dans le pétiole principal de la fronde. On a l'habitude de remplacer la surface de symétrie réelle par des surfaces analogues partageant en deux parties considérées comme équivalentes chaque lobe de la fronde, pétiole secondaire, nervure médiane de foliole, ou même nervure de dernier ordre.

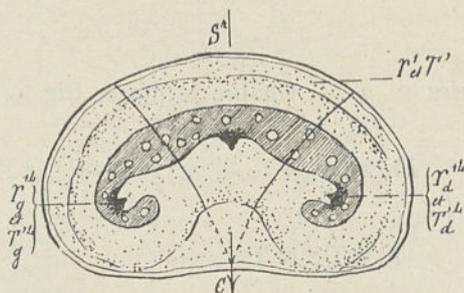


Fig. 9. — Section transversale de la trace foliaire d'*Osmunda regalis* à la base de la nervure médiane d'une foliole. — La trace est à l'état de chaîne ternaire. Elle est notée en divergeants Υ et en groupes trachéens supposés simples T. — On a marqué les limites des trois divergeants de la chaîne ternaire.

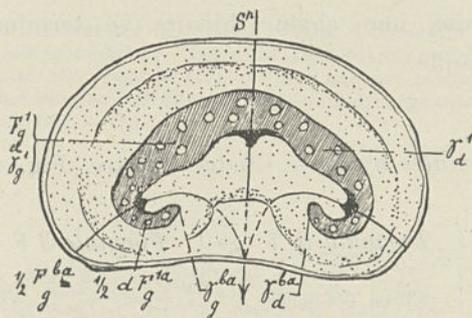


Fig. 10. — La même section notée en faisceaux bipolaires F. — On a marqué les limites des deux faisceaux F_g^1 F_d^1 et celles des deux demi-faisceaux $1/2 d F_g^1 a = 1/2 F_g^1 b a$ et $1/2 g F_d^1 a = F_d^1 b a$.

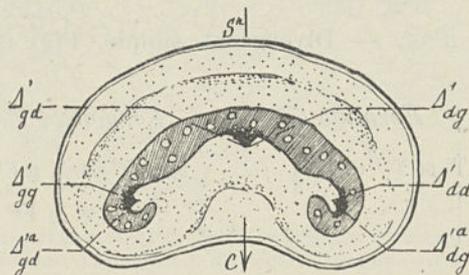


Fig. 11. — La même section notée en pôles trachéens doubles $\Delta\Delta$.

Formules n° 2. — Chaîne ternaire. Fig. 9, 10, 11.

$$\begin{array}{cccc}
 \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ Y^1 \\ \vdots \\ C \end{array} & \text{Formule 2 } \Upsilon & \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ T' \\ \vdots \\ C \end{array} & \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ F^1 \\ \vdots \\ C \end{array} & \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ \Delta' \\ \vdots \\ C \end{array} \\
 & \left. \begin{array}{l} Y^1_d \text{ ou } Y'^L_d \text{ ou } Y^{ba}_d \end{array} \right) & & \left. \begin{array}{l} F^1_d \\ \frac{1}{2} F^{ba}_d \text{ ou } \frac{1}{2} g F^{1a}_d \end{array} \right) & \left. \begin{array}{l} \Delta'_{dg} \\ \Delta'_{dd} \text{ ou } \Delta'_{dg} \\ \Delta'_{dg} \text{ ou } \Delta'_{dd} \end{array} \right)
 \end{array}$$

Dans les nervures latérales et dans leurs ramifications nous trouverons une chaîne binaire se terminant par un divergeant simple.

Formules n° 3. — Chaîne binaire. Fig. 13.

$$\begin{array}{cccc}
 \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ Y^1 \\ \vdots \\ C \end{array} & \text{Formule 3 } \Upsilon & \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ T' \\ \vdots \\ C \end{array} & \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ F^M \\ \vdots \\ C \end{array} & \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ \Delta^m \\ \vdots \\ C \end{array} \\
 & \left. \begin{array}{l} Y^1_d \text{ ou } Y'^L_d \text{ ou } Y^{ba}_d \end{array} \right) & & \left. \begin{array}{l} F^M_d \\ \frac{1}{2} F^{1a}_d \text{ ou } \frac{1}{2} F^{ba}_d \end{array} \right) & \left. \begin{array}{l} \Delta^m_d \text{ ou } \Delta'^L_{dg} \\ \Delta'^n_{dg} \text{ ou } \Delta'^L_{dd} \end{array} \right)
 \end{array}$$

Formules n° 4. — Divergeant simple. Fig. 14, p. 32.

$$\begin{array}{cccc}
 \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ Y^1 \text{ ou } Y'^L \text{ ou } Y^{ba} \\ \vdots \\ C \end{array} & \text{Formule 4 } \Upsilon & \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ T' \text{ ou } T'^L \text{ ou } T^{ba} \\ \vdots \\ C \end{array} & \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ \frac{1}{2} g F^1_d \text{ ou } \frac{1}{2} g F^{1a}_d \\ \text{ou } \frac{1}{2} F^{ba}_d \\ \vdots \\ C \end{array} & \begin{array}{c} S^n \\ \vdots \\ \Delta'_{dg} \text{ ou } \Delta'^a_{dg} \\ \vdots \\ C \end{array} \\
 & & & & \left. \begin{array}{l} \Delta'_{dg} \text{ ou } \Delta'^a_{dg} \end{array} \right)
 \end{array}$$

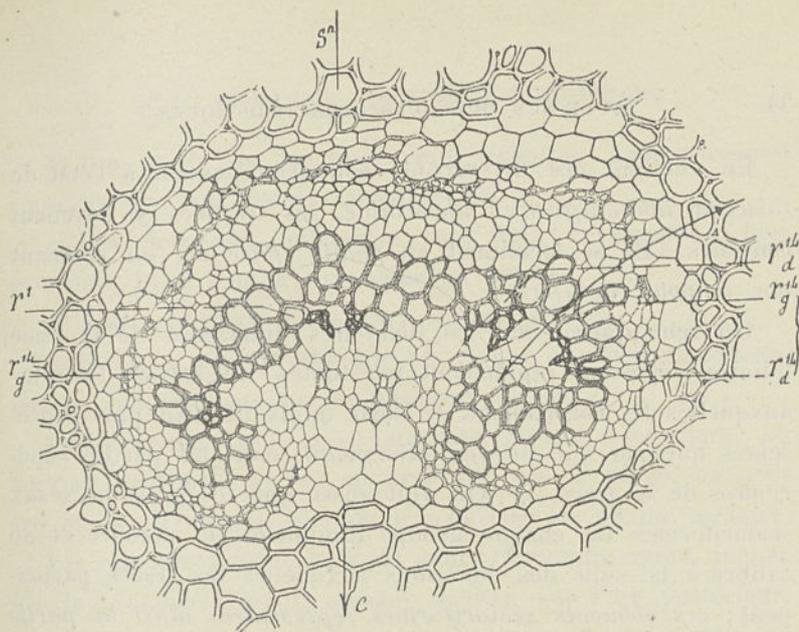


Fig. 12.—Section transversale de la trace foliaire d'*Osmunda regalis* dans le haut d'un pétiole secondaire.— La trace est à l'état de chaîne ternaire.— Sur sa partie droite elle vient de recevoir une nervure médiane de foliole à l'état de chaîne binaire indiquée par ses deux divergents. (S^{1L} S^{1L}) et sa surface de symétrie. — Gr. = 150.

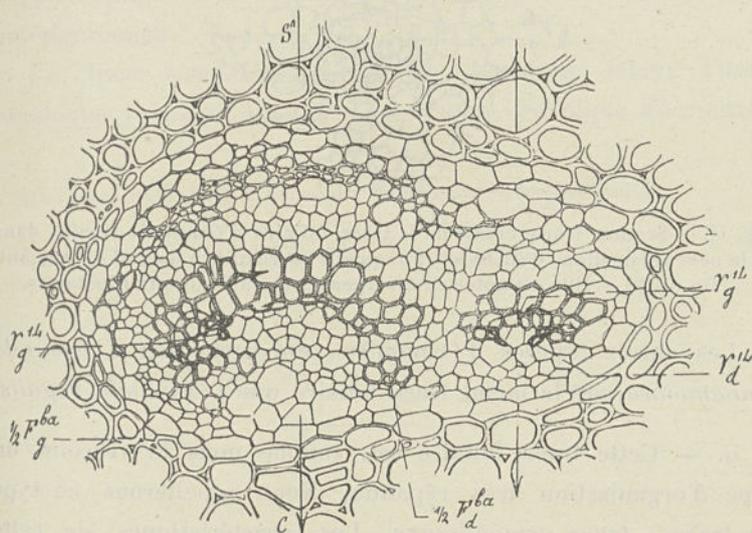


Fig. 13. — Section transversale de la trace foliaire d'*Osmunda regalis* dans la nervure médiane d'une foliole là où cette nervure est à l'état de chaîne binaire. — Sur la droite arrive une nervure secondaire à l'état de chaîne binaire. On voit un exemple de chaîne binaire type dans la trace de *Letopteris superba* représentée fig. 16, page 36. — Gr. = 150.

On a marqué les lignes de différenciation du divergent r^{1L} et celles de la nervure secondaire. g

En s'effilant ces divergeants solitaires passent à l'état de *faisceau libéro-ligneux indéterminé*, les trachées y devenant centrales. Ils se terminent en *pointe effilée* ou en donnant une *ampoule aquifère*.

On remarquera que les demi-arcs antérieurs de la trace foliaire s'épuisent rapidement par toutes les sorties latérales auxquelles ils contribuent, de sorte qu'ils ne sont plus représentés que par *une aile de divergeant* dans les parties supérieures de la trace. — On voit aussi que les gros vaisseaux scalariformes de chaque groupe diminuent de nombre et de calibre à la suite des émissions auxquelles les traces participent; *ces éléments scalariformes représentent ainsi la partie plus spécialement réparatrices des pièces libéro-ligneuses*.

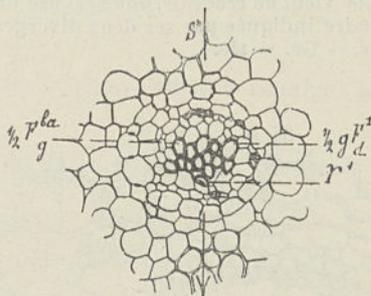


Fig. 14. — Section transversale de la trace foliaire d'*Osmunda regalis* dans la nervure médiane de la foliole lorsqu'elle est réduite à un seul divergeant. — Gr. = 150. — Elle est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

Les autres espèces d'Osmondes, en particulier l'*Osmunda cinnamomea*, ont la même trace foliaire que l'*Osmunda regalis*.

9. — Cette trace foliaire est, comme nous le verrons, un type d'organisation très répandu. Nous appellerons ce type de trace : *trace osmondéenne*. Les caractéristiques de cette trace sont données par les faits suivants :

a) La trace est formée par une chaîne continue de divergeants ou de faisceaux bipolaires.

b) Les bords de la trace sont rabattus antérieurement contrairement aux *traces tubicaules* (I).

c) Les demi-arcs antérieurs sont très développés ; leur extrémité libre tend à s'enrouler en crosse.

d) L'arc antérieur est ouvert en son milieu.

e) Il n'y a pas de plis sur les flancs de l'arc postérieur. Cet arc ne contient pas de faisceaux élargis.

f) L'émission de la pièce sortante, pétiole secondaire, ou nervure principale se fait en prélevant sur la marge un petit arc ou un divergeant bientôt transformés en chaîne ternaire.

Les caractères personnels du genre *Osmunda* seront donnés par la présence d'un divergeant médian sur l'arc postérieur, par le nombre des divergeants intervenant dans les diverses régions de la trace et par de menues indications fournies par les appareils sécréteurs.

Nous désignerons parfois la trace osmondéenne sous l'appellation de trace foliaire gamodivergente à bords rabattus antérieurement.

La trace osmondéenne montre beaucoup mieux l'unité organique *faisceau bipolaire* que l'unité organique *divergeant*.

(I) Traces analogues à celles du *Tubicaulis Solenites*. Cotta.

CHAPITRE II. — *Les petites variantes de la trace foliaire osmondéenne. — Extension de la trace osmondéenne chez les Filicinées actuelles.*

SOMMAIRE

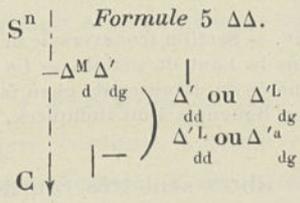
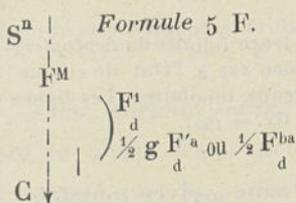
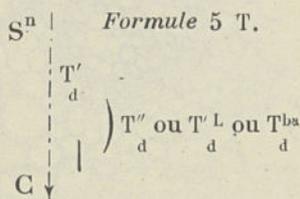
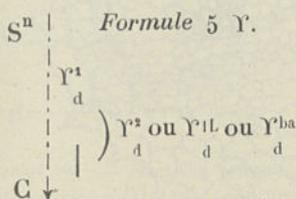
1. — Les traces foliaires du *Todea* et des *Leptopteris* comparées à celle des *Osmunda*.
2. — La trace foliaire des *Aneimia*. — Les rapports de ses marges, et de son arc antérieur, avec les baguettes sorifères.
3. — La trace foliaire à arc antérieur fermé des *Gleichenia*.
4. — Extension de la trace osmondéenne chez les Fougères actuelles.

1. — La section transversale de la trace foliaire du *Todea barbara*, prise dans le pétiole primaire, est une chaîne continue à bords rabattus vers la partie antérieure de la surface de symétrie CS^n , par une courbure directe des amorces des demi-arcs antérieurs semblable à celle de l'Osmonde. Elle est largement ouverte en son milieu. La trace du *Todea* est plus simple que celle de l'Osmonde parce que ses groupes trachéens T'' , T''' ..., postérieurs et antérieurs, sont moins nombreux. Une autre dissemblance est rendue plus frappante par les petits changements de notation qu'elle entraîne. Dans le pétiole, la trace foliaire du *Todea* est dépourvue de groupe trachéen médian. Le groupe T' de l'Osmonde est remplacé par deux groupes symétriques plus ou moins écartés de CS^n . En prenant cette même trace foliaire beaucoup plus bas, les deux groupes T'_g , T'_d , se réunissent en une file médiane qui reproduit celle de l'Osmonde. Pendant une partie de son trajet, la trace foliaire du *Todea* a donc un faisceau médian F^M là où l'Osmonde avait une seule ligne trachéenne. Ce faisceau médian F^M s'étend de T'_g où il a son pôle gauche Δ^m_g

jusqu'en T'_d où il a son pôle droit Δ^m_d . Ce faisceau F^M se poursuit très loin dans la région supérieure de la trace foliaire. L'exemple du *Todea* a cela d'intéressant qu'il nous donne la notion d'un faisceau bipolaire médian dans l'arc postérieur de la trace foliaire, ou ce qui est la traduction du même fait avec une autre espèce de pièces élémentaires, cet exemple nous a habitué au remplacement du groupe trachéen T' par deux groupes symétriques T'_g, T'_d . Que la fronde soit plus grêle, que la plante soit plus jeune, on pourra retrouver le groupe trachéen médian T' . Les Fougères à faisceau bipolaire médian F^M dans leur trace foliaire sont nombreuses. Nous avons tenu, en relevant cette variante entre les genres *Todea* et *Osmunda*, à montrer qu'elle n'avait parfois qu'une faible valeur taxonomique. Il y a cependant toujours grand intérêt pour l'anatomiste à connaître si la trace qu'il étudie présente ou non un faisceau bipolaire médian. — Prise assez haut dans le pétiole, la trace foliaire du *Todea barbara* se présentera à l'état de chaîne *quaternaire* ou de *double chaîne binaire* continue et s'écrira en formules littérales.

Formules n° 5.

Todea barbara, région élevée du pétiole : Fig. 15.



Dans la région supérieure des frondes du *Todea*, la trace

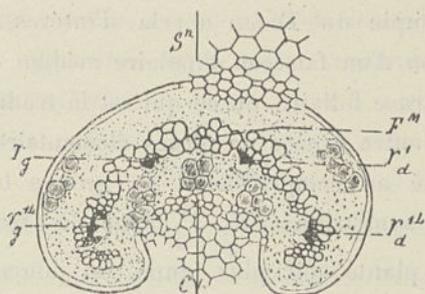


Fig. 15. — Section transversale de la trace foliaire d'une petite fronde du *Todea barbara* prise dans le pétiole principal. Elle est à l'état de double chaîne binaire.

foliaire se réduit fréquemment à une chaîne binaire, dont

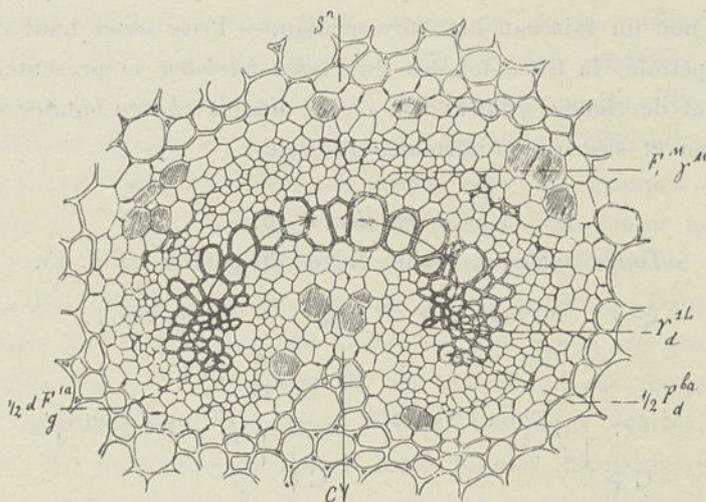


Fig. 16. — Section transversale de la trace foliaire du *Leptopteris superba* prise dans le haut du pétiole. — La trace est à l'état de chaîne binaire. Elle est notée en divergents et en faisceaux bipolaires. Les lignes de différenciation ligneuses sont indiquées. — Gr. = 150.

les ailes libres sont très courtes, sans arriver toutefois, comme

cela se voit dans d'autres genres, à une simple lame ligneuse à trachées marginales entourée de liber. Nous retrouverons plus loin ces chaînes binaires à ailes libres réduites. Cet état de chaîne binaire reproduit les formules n° 3 p. 30.

Les traces des *Leptopteris Fraseri*, *L. superba*, *L. hymenophylloïdes* sont identiques à celles du *Todea* dans des régions plus grêles.

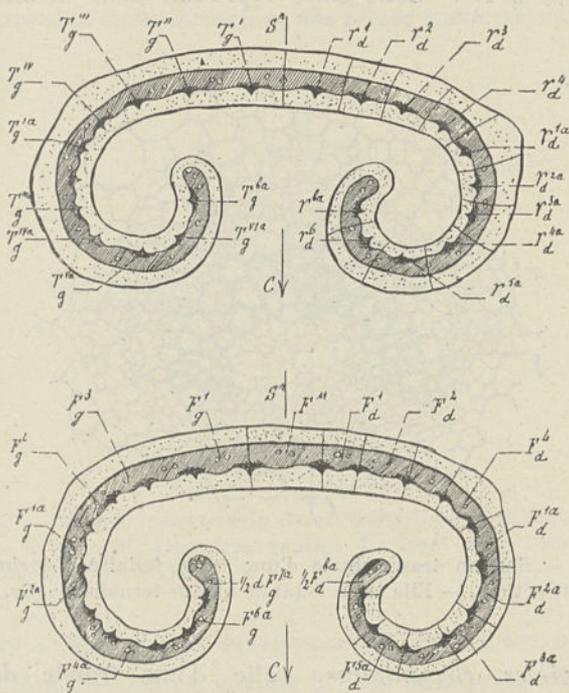


Fig. 17 et 18. — Section transversale d'une très grande trace foliaire osmondéenne avec faisceau médian F^M et faisceaux marginaux F^L F^L . La fig. 17 est notée en divergeants, la figure 18 est notée en faisceaux bipolaires.

2. — Chez *Ancimia collina* et *A. Phyllitidis*, la trace foliaire a encore la forme d'une gouttière continue à bords rabattus antérieurement vers la surface de symétrie. L'arc antérieur y

est largement ouvert en son milieu. Les flancs de l'arc postérieur sont un peu déprimés et comme refoulés vers le point C. Cette convexité vers la partie antérieure de CS^d est surtout sensible dans les masses ligneuses. La trace des *Aneimia* possède les trois groupes trachéens T^L , T^l , T^L_d , elle contient donc deux faisceaux bipolaires postérieurs symétriques F^l , F^l_d et deux demi-faisceaux antérieurs très courts $\frac{1}{2} d F^{la}_g$, $\frac{1}{2} g F^{la}_d$. Cette trace reproduit donc identiquement,

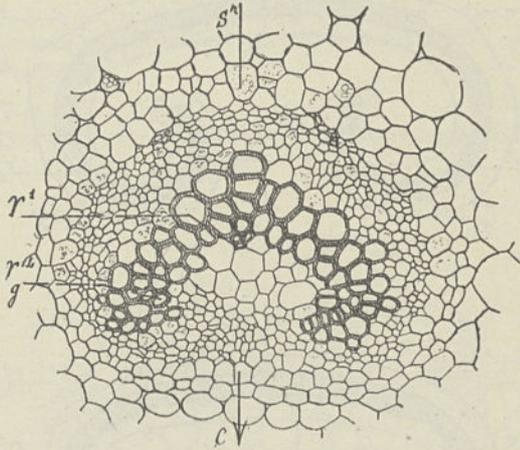


Fig. 19. — Section transversale d'une trace foliaire d'*Aneimia collina* prise dans le pétiole. — Elle est à l'état de chaîne ternaire. — Gr. = 150 (1).

comme pièces élémentaires, celle d'une fronde de jeune *Osmonde* et celle d'une nervure de foliole, c'est-à-dire les formules n° 2, p. 30. Cette trace, relativement plus simple, nous présente pourtant un nouveau fait intéressant. Vers le haut du pétiole chaque demi-arc antérieur s'étend un peu sur

(1) Cette figure, tirée d'une trace grêle, montre la gouttière comblée par le liber. Comme exemple de cette même trace montrant son ouverture antérieure, voir L. A. Boodle. *On the Anatomy of the Schizaceæ*, fig. 17, Pl. XX. *Annals of Botany*. T. XV. — Note ajoutée pendant l'impression.

son bord libre, après quoi, la trace donne une grosse nervure qui se rend dans la baguette sorifère placée du même côté. Elle y forme une lame libéro-ligneuse en gouttière qui est une chaîne binaire ouverte avec deux lignes trachéenne latérales T^L_g , T^L_d .

Dans cet exemple apparaît un rôle des demi-arcs antérieurs que nous trouverons plus accusé ailleurs, par exemple chez *Botrychium Lunaria* et chez *Ophioglossum vulgatum*, ces demi-arcs assurent la vascularisation des pièces sorifères antérieures.

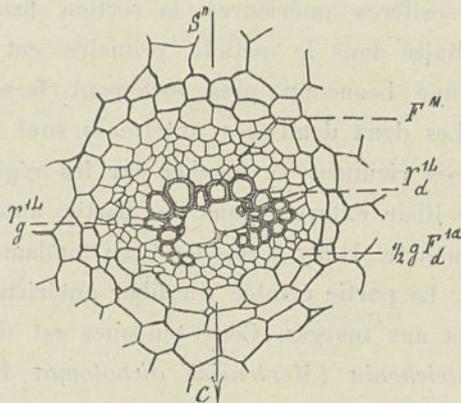


Fig. 20. — Section transversale d'une trace foliaire d'*Aneimia collina* prise dans le pédicelle fructifère gauche. La trace est à l'état de chaîne binaire réduite. — Gr. = 350.

Si malgré le très grand développement de cet arc dans beaucoup de Fougères, nous voyons la face antérieure des pétioles si fréquemment stérile et la ramification se borner à une sorte de nervation palmée, du moins la présence de ce caractère nous avertit qu'il y a possibilité d'une pièce fructifère antérieure dans les plantes connexes.

Parmi les Fougères où l'anneau sporangial se localise en une calotte polaire, les *Aneimia* sont les seules où les demi-arcs antérieurs soient nettement rabattus vers la partie antérieure de

C^S par *courbure directe* de leurs amorces. *Mohria caffrorum* présente une chaîne quinaire dans la région moyenne de son pétiole avec tendance à placer chacun des divergeants Υ^{2a} Υ^{2a} dans le prolongement des lames ligneuses des faisceaux bipolaires F^{1L} , F^{1L} . Le pétiole secondaire du même *Mohria* réalise la chaîne binaire des formules n° 3, page 30. — Nous reviendrons sur les modifications des *Schizea* et des *Lygodium* en étudiant les traces réduites.

3. — Bien que nos Gleichéniées actuelles ne possèdent pas de baguettes sorifères antérieures, la section transversale de leur trace foliaire dans le pétiole primaire est une chaîne ternaire continue beaucoup plus fortement fermée que les précédentes. Les deux demi-arcs antérieurs sont très développés. Les crosses viennent se toucher par les régions péricambiales de leur liber externe dans la partie antérieure de la surface de symétrie. Il n'y a pas de tissu fondamental enfermé dans la trace. La partie criblée du liber antérieur est limitée aux crosses et aux marges. Cette tendance est déjà très sensible chez *Gleichenia (Mertensia) dichotoma*. Elle est plus accusée encore chez *Gleichenia (Eugleichenia) rupestris*. Extérieurement cette très grande puissance des demi-arcs antérieurs est en rapport avec la rapide ramification du pétiole.

La trace foliaire des *Gleichenia* est représentée par les formules n° 2, p. 30. *Eugleichenia rupestris* montre l'indication de deux dépressions symétriques très sensibles sur les flancs de son arc postérieur (1). Les pétioles tertiaires de cette espèce ont une chaîne binaire.

4. — On trouve la trace osmondéenne sous ses formules n° 3 et n° 2, page 30, chez les Hyménophyllées; nous y revien-

(1) Voir les figures données par M. C. Poirault. *Recherches anatomiques sur les Cryptogames vasculaires*. Ann. de Sc. naturelles, 8^e S. T. 18. 1894.

drons en étudiant les *traces réduites*. Elles s'observent encore fréquemment chez des Polypodiacées à pétioles grêles, elle est accompagnée d'une petite modification que nous étudierons dans le Chapitre IV. Mais comme cette modification est alors presque effacée, nous voyons reparaître la trace osmondéenne. Ces exemples montrent la très grande extension du type organique représenté par la trace osmondéenne chez les Fougères actuelles. Il s'est trouvé qu'en présentant d'abord la trace de l'Osmonde nous présentions un type organique très connu et très répandu.

BIBLIOPHOS

CHAPITRE III. — *L'agencement des pièces libéro-ligneuses élémentaires dans la trace foliaire à plis latéraux postérieurs doubles et à divergeants indépendants. — La trace dialydivergeante doublement plissée des grandes Fougères cyathéennes. — Ses caractéristiques.*

SOMMAIRE

1. — La trace foliaire du *Matonia pectinata*. Elle montre une trace osmondéenne fermant en certains points son arc antérieur et présentant en ces points un arc interne enveloppé par un contour externe. — Lecture et notation des pièces élémentaires de la chaîne intérieure.
2. — La trace foliaire osmondéenne lorsque ses faisceaux bipolaires deviennent convexes antérieurement chez le *Dicksonia antarctica*.
3. — La trace foliaire avec plis latéraux doubles et symétriques sur l'arc postérieur d'après le *Cibotium regale*.
4. — La fermeture de l'arc antérieur.
5. — Le système des divergeants intérieurs.
6. — Les réductions de cette trace.
7. — La trace foliaire dialydivergeante doublement plissée chez le *Cyathea medullaris*.
8. — Les réductions de la trace foliaire du *Cyathea*.
9. — Les réductions de la trace foliaire dialydivergeante doublement plissée d'après l'*Alsophila australis*.
10. — Les caractéristiques de la trace foliaire cyathéenne.
11. — Remarque sur la position des centres de figure des faisceaux bipolaires dans le cas des traces foliaires à divergeants indépendants.
12. — Les divergeants fermés. — Le symbole $\Upsilon\odot$.

Dans ce chapitre nous allons nous élever de la trace osmondéenne à un autre type de trace beaucoup plus complexe réalisé chez les grandes Fougères cyathéennes. Ce nouveau type de trace foliaire sera caractérisé par deux plis latéraux doubles symétriques de l'arc postérieur, par des

divergeants isolés, par un système de divergeants intérieurs enfermés dans un contour enveloppant. L'arc antérieur peut être localement fermé. Mais quel que soit le degré de variation de l'ensemble de la trace, elle se montre composée des mêmes pièces élémentaires qu'elle présente toujours à l'état de *divergeants* ou de *faisceaux bipolaires*.

1. — La trace du *Matonia pectinata* telle qu'elle est connue par les recherches du professeur A. C. Seward (1), est une trace osmondéenne pure à grandes crosses dans le pétiole. En haut et en bas de cet organe la trace se ferme antérieurement. En haut du pétiole, les *amorces des demi-arcs* antérieurs font un *pli direct* très brusque, suivi d'un *palier*, qui rejette le prolongement de la chaîne vers la partie antérieure de la

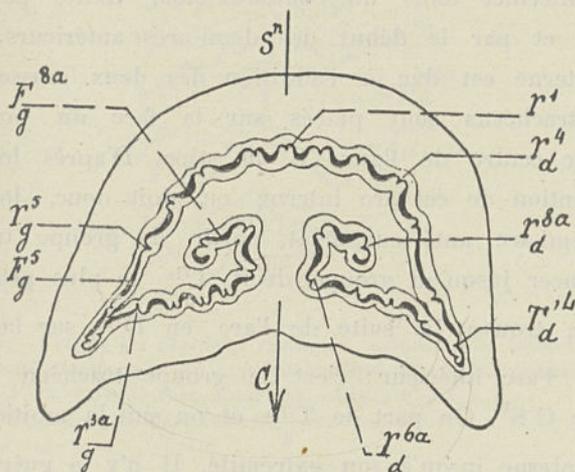


Fig. 21. — Section transversale du pétiole du *Matonia pectinata* assez loin de la réception des folioles. Croquis fait d'après la fig. 39, pl. 19, du travail du professeur A. C. Seward. — Gr. = 15.

La trace est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

Le demi-arc antérieur gauche de la trace contient localement un faisceau de plus que le demi-arc antérieur droit.

(1) A. C. Seward. *On the structure and affinities of Matonia pectinata*. Philosophical Transactions of the royal Society of London, vol. 191, 1899.

surface de symétrie $C S^n$. Les bords libres des demi-arcs intérieurs sont encore enroulés en crosses isolées l'une de l'autre. Tel est l'état de la coupe 1 représentée page 184 du travail de M. Seward et fig. 31, pl. 19 du même ouvrage. On voit d'ailleurs immédiatement sur cette figure que la trace du *Matonia* est composée de faisceaux bipolaires ou de divergeants qui ne diffèrent de ceux de l'Osmonde que par un petit point que nous signalons page 49.

En approchant du point d'émission des folioles, les deux crosses des demi-arcs antérieurs viennent se toucher par leur portion *dorsale ou externe* dans la partie antérieure de la surface de symétrie CS^n en enfermant les extrémités des crosses dans un contour enveloppant, coupes 2 et 3, p. 184. — Les coupes 3, 5, 10, 11, 12 montrent un arc ou chaîne interne enfermée dans un contour clos, limité par l'arc postérieur et par le début des demi-arcs antérieurs. Cette chaîne interne est due à l'addition des deux crosses. Ses groupes trachéens sont placés sur la face du bois qui regarde le centre de figure C du stipe. D'après le mode de constitution de cet arc interne on doit donc, lorsqu'on suit le demi-arc antérieur droit, partir du groupe trachéen T_d^L , s'avancer jusqu'au groupe droit T_d^{VIa} le plus proche de $C S^n$. On trouve la suite de l'arc en T_d^{VIIa} sur la partie droite de l'arc intérieur; c'est le groupe trachéen le plus proche de $C S^n$. On part de T_d^{VIIa} et on suit la moitié droite de l'arc interne jusqu'à son extrémité. Il n'y a guère d'ailleurs qu'un, ou au plus deux groupes trachéens, à la suite de T_d^{VIIa} . Le dernier groupe sera T_d^{VIIIa} . On voit donc que tout se passe comme si les faisceaux F_g^{6a} F_d^{6a} se coupaient en leur milieu γ_g^{6a} et γ_d^{6a} et plaçaient leurs deux tronçons dans le prolongement l'un de l'autre en enfermant une bande

libéro-ligneuse à l'intérieur d'un contour fermé. $\frac{1}{2} d F_d^{6a}$ se plaçant dans le prolongement de $\frac{1}{2} g F_d^{6a}$ ferme l'arc antérieur dans CSⁿ. De même $\frac{1}{2} g F_d^{6a}$ se plaçant dans le prolongement de $\frac{1}{2} d F_d^{6a}$ détermine une bande intérieure continue. Cette façon de sauter ainsi brusquement du milieu de l'arc antérieur au milieu de l'arc intérieur qui lui fait face est un fait très général chez les *Mégaphyllides*. L'exemple du *Matonia* a cela d'avantageux, qu'il permet de saisir la formation de ce dispositif en haut et en bas du pétiole.

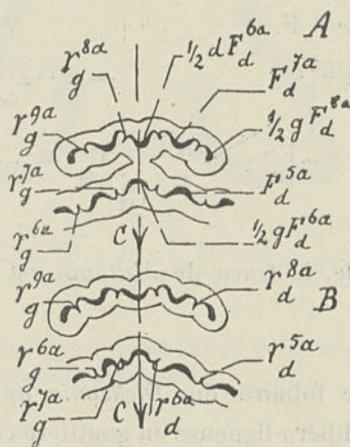


Fig. 22. — Pétiole du *Matonia pectinata*, sommet. La fermeture de l'arc antérieur emprisonne un arc interne qui s'isole localement.

A. Fermeture de l'arc antérieur, coupes 2 et 3, l. c.

B. Isolement de l'arc interne, coupe 12, l. c.

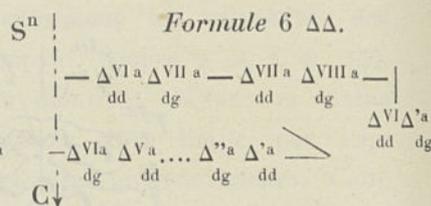
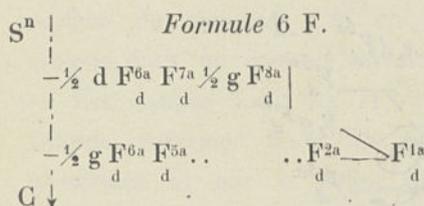
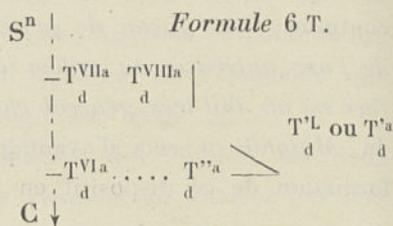
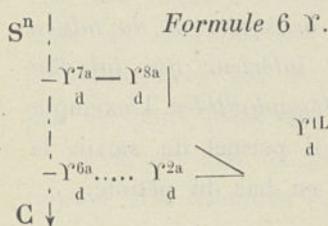
Les formules littérales de la trace du *Matonia* sont donc les formules n° 1 de l'Osmonde avec un pli brusque sur les F^{1a}, la trace n'a pas de faisceau médian F^M, $l = 6$ à 7 $k = 8$ à 9 . Il y a trois courbures de même sens sur la partie des demi-arcs antérieurs qui forment la crosse.

Au niveau où l'arc interne est libre, les formules de la

trace de *Matonia* sont, en laissant de côté l'arc postérieur :

Formules n° 6.

Matonia pectinata, haut du pétiole, demi-arc antérieur droit.



Dans la foliole, la trace de *Matonia* est une trace osmondéenne type (1).

2. — La trace foliaire du *Dicksonia antarctica* nous présente une chaîne libéro-ligneuse en gouttière continue de grandes dimensions. Dans cette trace les deux moitiés de l'arc antérieur sont très développées largement séparés.

L'antépénultième et le pénultième, faisceaux de ces arcs sont rejetés en arrière par un pli direct. Leurs demi-faisceaux de bordure $\frac{1}{2} F^{ba}$, $\frac{1}{2} F^{ba}$, sont rabattus en avant. Bien que

(1) *Matonia pectinata* présente cette complication que les folioles partent rapidement d'un même point par une sorte de ramification palmée, qui a pour effet de libérer d'abord les folioles internes. L'arc interne participe de suite très largement à la formation des traces des folioles internes. Ainsi, dans l'exemple représenté par M. Seward, il y a émission de trois folioles internes sur une hauteur de 9 coupes.

formées d'un même nombre de pièces, les crosses des demi-ares antérieurs sont donc bien moins accusées que chez *Matonia*. Il s'agit encore d'une trace osmondéenne à faisceaux larges et nombreux. La fronde est grande, nous sommes chez une Fougère arborescente.

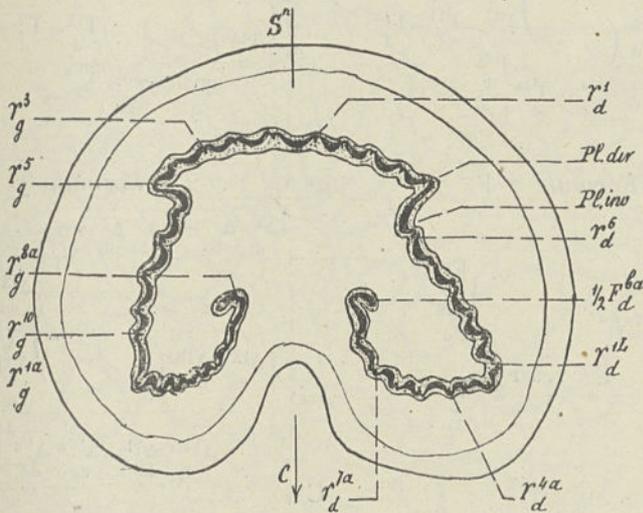


Fig. 23. — Section transversale du pétiole de *Dicksonia antarctica* notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

Pl. dir. Pli direct.

Pl. inv. Pli inverse.

Pl. Ensemble du pli double.

Dans l'exemple représenté fig. 23 nous avons trouvé :

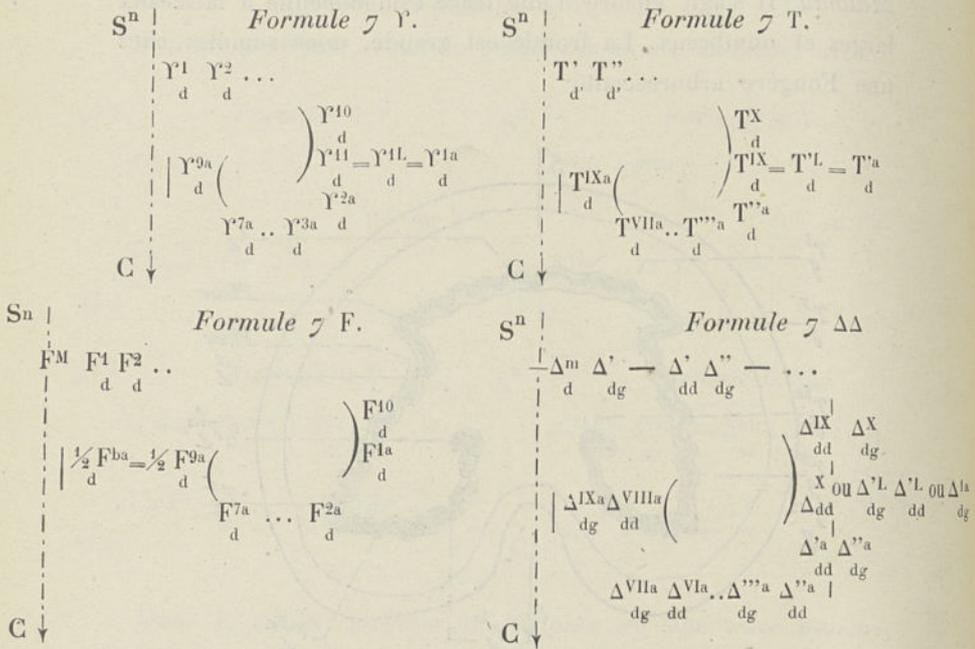
23 faisceaux F dans l'arc postérieur, dont un médian FM.

Soit par suite $l = 11$;

8 faisceaux et demi dans chaque demi-arc antérieur donc $k =$

Les formules de cette trace du *Dicksonia* étaient donc :

Formules n° 7. — *Dicksonia antarctica*, pétiole. — Fig. 23.



La trace de *Dicksonia* nous présente l'amorce de deux particularités que nous verrons s'accroître dans les exemples suivants.

Tout d'abord *chaque faisceau élémentaire F est courbé dans sa région médiane de manière à présenter une forte convexité antérieure. Les groupes trachéens T sont ainsi rejetés dans des sortes de sinus.* Chaque faisceau F tend donc à prendre la forme d'une petite courbe à branches presque symétriques telle que \smile . Cette courbe a deux points d'inflexion. Fig. 30, p. 58.

En second lieu, mais cette deuxième indication est très faible, on voit, au niveau des faisceaux $F^5_g F^5_d$, un léger refoulement des flancs de l'arc postérieur vers la surface de

symétrie C S^a. Cette seconde indication ne peut être remarquée que lorsqu'on sait, par des comparaisons antérieures, que les Cyathéacées ont en ce point un double pli caractéristique.

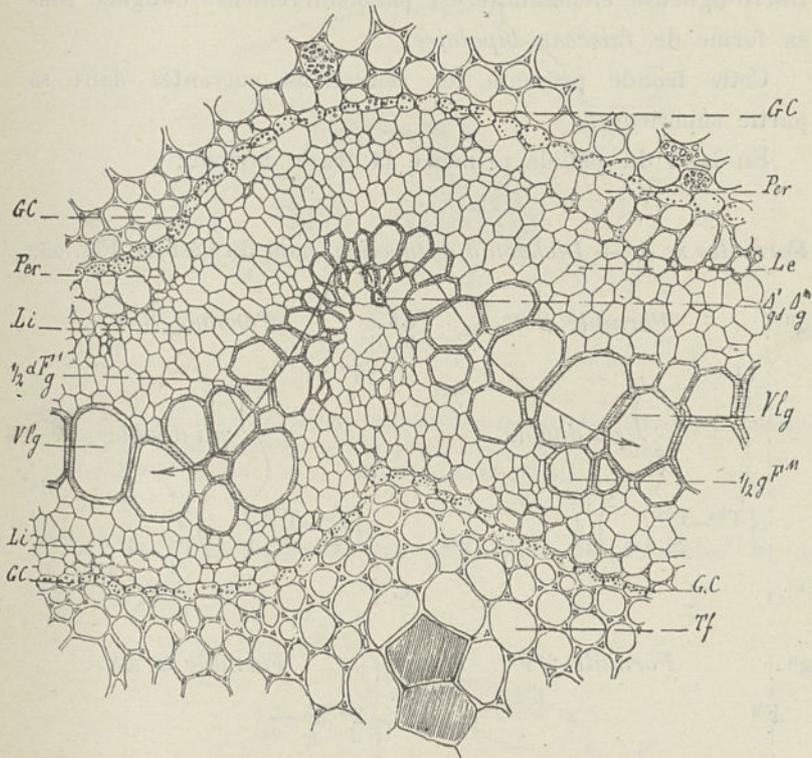


Fig. 24. — Le divergent Δ^1 de l'arc postérieur de la trace foliaire du *Dicksonia antarctica*. — Gr. = 150.

Δ' Δ^M le pôle double du divergent.

$1/2$ d F^g l'aile gauche, $1/2$ g F^M l'aile droite du divergent.

Vlg. Gros vaisseaux ligneux primaires. Métaxylème des auteurs.

Le, Liber externe. Li, Liber interne. Cg, Éléments criblés. Per, assise péricambiale.

GC. Gaine casparyenne.

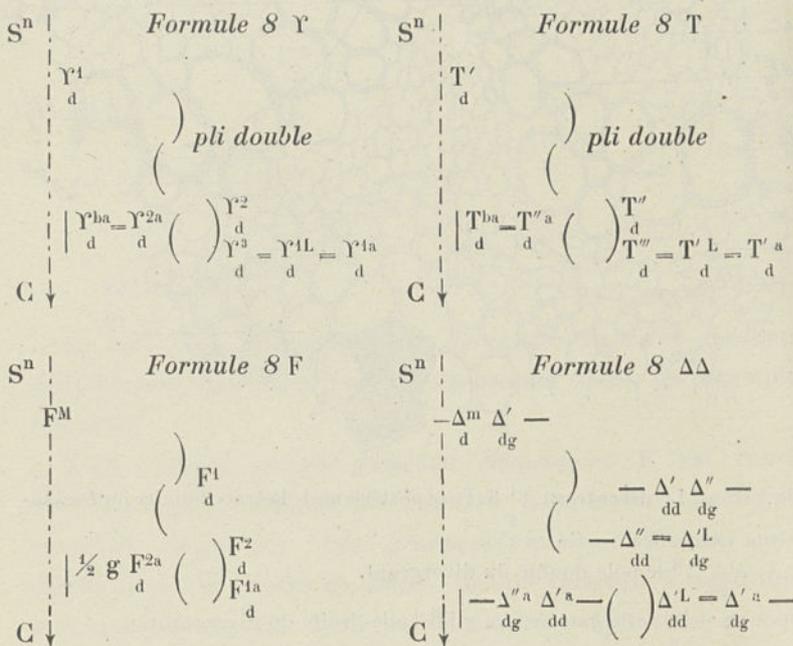
Dans la trace du *Dicksonia*, le caractère de pôle double $\Delta_d \Delta_g$ des groupes trachéens T est particulièrement accusé.

Les faisceaux F sont tous larges, l'opposition de leurs trachées grêles et de leurs grands vaisseaux est forte, la localisation des grands tubes criblés est très nette. La pièce libéro-ligneuse élémentaire est particulièrement soulignée sous sa forme de faisceau bipolaire.

Cette fronde présente les réductions suivantes dans sa partie supérieure.

En haut du pétiole primaire la trace devient :

Formules n° 8. — *Dicksonia antarctica*, haut du pétiole. Fig. 25.



Le double pli latéral de chaque flanc de l'arc postérieur est presque plus sensible à ce niveau, il doit être relevé dans les formules, ce n'est encore cependant qu'une double ondulation de la chaîne.

Le pétiole secondaire reproduit identiquement une trace

d'*Aneimia*, la double ondulation des flancs étant très sensible.

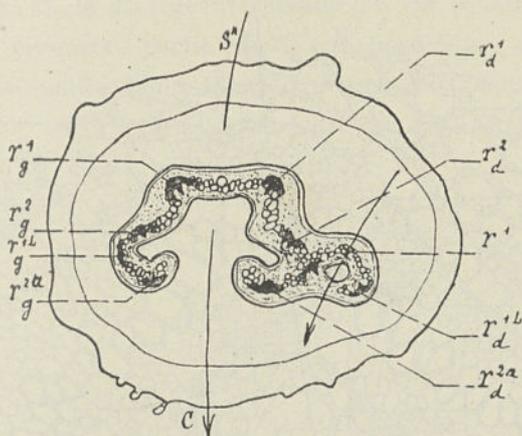


Fig. 25. — Section transversale du pétiole principal du *Dicksonia antarctica* dans sa région supérieure. Elle est notée en divergeants.

A droite la trace reçoit l'insertion d'une foliole.

Les formules correspondantes sont donc les formules n° 2, page 30 (fig. 26).

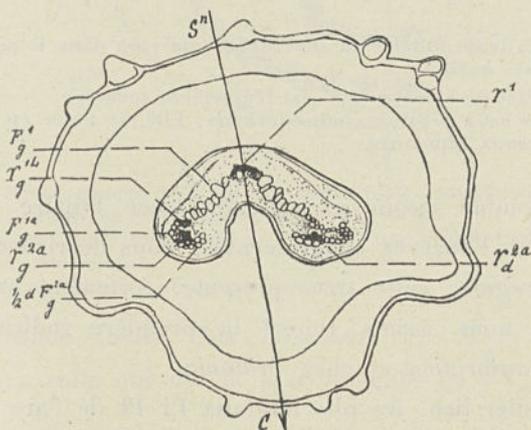


Fig. 26. — Section transversale d'un pétiole secondaire du *Dicksonia antarctica* notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

A droite la trace reçoit l'insertion d'une foliole.

Dicksonia squarrosa a la même trace foliaire que *Dicksonia antarctica*.

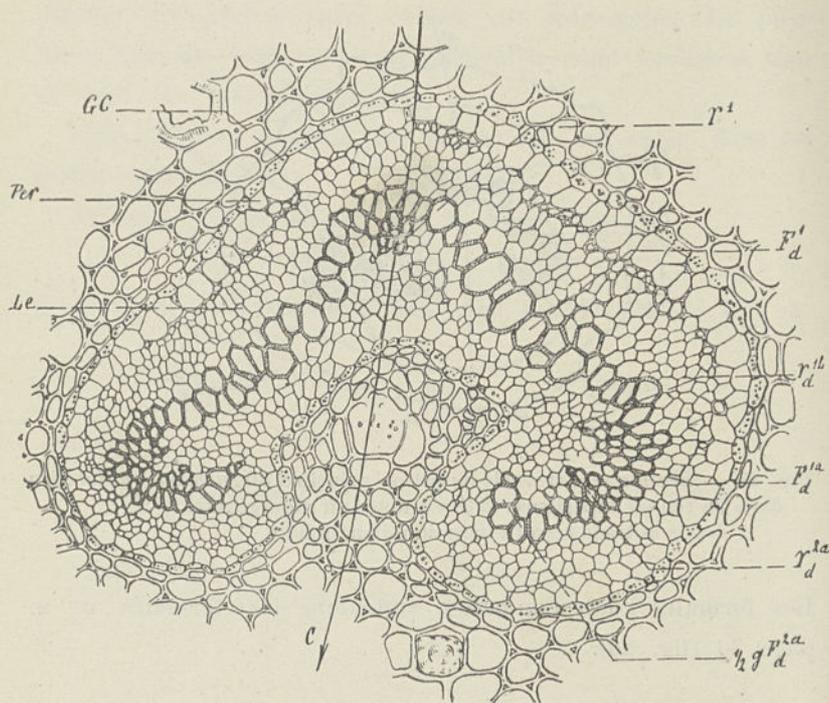


Fig. 27. — La trace foliaire du *Dicksonia squarrosa* dans le pétiole secondaire. — Gr. = 150.

La surface de symétrie CS^u est légèrement incurvée.

La trace est à l'état de chaîne ternaire. Elle est notée en divergents et en faisceaux bipolaires.

3. — Comme second exemple de trace foliaire empruntée aux grandes Fougères arborescentes, nous décrivons celle du *Cibotium regale*; cette trace présente, fortement accusés, les faits dont nous avons relevé la première indication chez *Dicksonia antarctica* et chez *Matonia*.

En premier lieu, les plis latéraux $Pl\ Pl$ de l'arc postérieur qui sont seulement indiqués dans la trace foliaire du *Dicksonia*, sont très forts dans celle du *Cibotium*. Dans l'exemple représenté (fig. 28) on voit que ces plis sont doubles et qu'ils portent

sur les faisceaux F^9 et F^{10} ; les faisceaux F^{10} étant incisés longitudinalement en leur milieu. Par un premier pli brusque portant sur γ^9 , le divergeant suivant γ^{10} est rabattu en avant contre la première partie de l'arc postérieur qu'il vient doubler. La petite lame libéro-ligneuse ainsi formée tourne sa concavité vers la face postérieure du pétiole. Ce premier pli est dit *pli direct*.

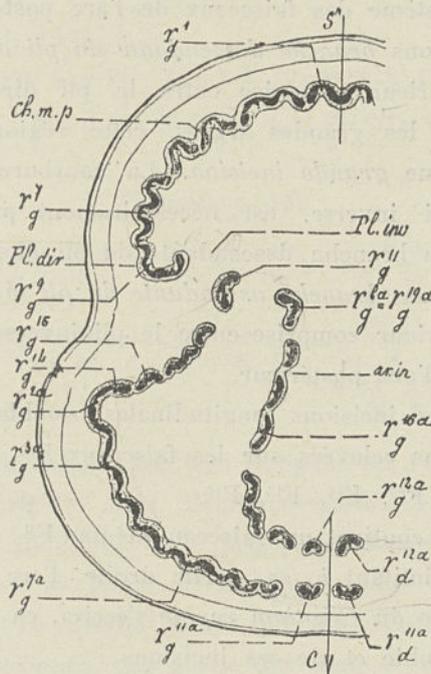


Fig. 28. — Moitié gauche de la section transversale d'un pétiole du *Cibotium regale* prise dans sa région inférieure. — Gr. = 4.

La région du pli inverse est occupée par une grande incision.

Ar. in. Arc interne.

Ch. m. p. Chaîne médiane postérieure.

La seconde moitié des faisceaux F^{10} F^{10} , leur moitié externe (1), celle qui est la plus éloignée de F^M , est amenée

(1) En parlant d'un faisceau déterminé F^{10} on écrira cette moitié externe $1/2$ d F^{10} , la moitié interne, la plus rapprochée de F^M , en suivant la chaîne, étant $1/2$ g F^{10} .

encore plus en avant et vers la surface de symétrie $C S^n$. Cette seconde moitié des F^{10} amorce la suite de l'arc postérieur. *Par un pli inverse du premier, fait au milieu de F^{10} , cette troisième région de l'arc postérieur a ses trachées regardant la face supérieure de la fronde.* Cette troisième partie s'étend depuis le divergeant Υ^{11} jusqu'au divergeant Υ^{17} . Au niveau du double pli Pl, elle triple, dans sa partie initiale, le système des faisceaux de l'arc postérieur.

Nous appelons *branche descendante du pli direct* la partie de l'arc postérieur comprise entre le pli direct et le pli inverse. Dans les grandes traces, cette région est souvent occupée par une *grande incision*. La courbure inverse, qui produit le pli inverse, est nécessairement précédée d'une *inflexion* de la branche descendante du pli direct.

Nous appelons *branche ascendante du pli inverse* la partie de l'arc postérieur comprise entre le pli inverse et la région marginale de l'arc postérieur.

On voit des incisions longitudinales, semblables à celles que nous avons relevées sur les faisceaux F^{10} , au milieu des faisceaux F^{12} , F^{13} , F^{14} , F^{15} , F^{16} .

Cette trace contient un faisceau médian F^M .

En nous limitant à sa partie droite, l'arc postérieur de la trace foliaire du *Cibotium regale* s'écrira, en tenant compte de son pli double et de ses incisions :

Formules n° 9. — Cibotium regale,
bas du pétiole, demi-arc postérieur droit. Fig. 28.

$$\begin{array}{c}
 S^n \left\{ \begin{array}{l} \Upsilon^1 \quad \Upsilon^2 \quad \dots \quad \Upsilon^8 \quad \Upsilon^9 \\ d \quad d \quad \quad \quad d \quad d \\ \left. \begin{array}{l} \Upsilon^{10} \\ d \end{array} \right\} \\ C \downarrow \left\{ \begin{array}{l} \Upsilon^{11} \quad \Upsilon^{12} \quad \Upsilon^{13} \quad \Upsilon^{14} \quad \Upsilon^{15} \quad \Upsilon^{16} \quad \Upsilon^{17} \quad \text{ou} \quad \Upsilon^L \\ d \quad d \end{array} \right\}
 \end{array} \right. \quad (I)
 \end{array}$$

(1) Le sommet des accolades est tourné du côté de la convexité du plissement exécuté.

Formule 10 F

$$\begin{array}{l}
 \text{S}^n \downarrow \\
 \left. \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} d F^{11a} \frac{1}{2} g F^{12a} \mid \frac{1}{2} d F^{12a} \frac{1}{2} g F^{13a} \\ \frac{1}{2} d F^{13a} \frac{1}{2} g F^{14a} \mid \frac{1}{2} d F^{14a} \frac{1}{2} g F^{15a} \\ \frac{1}{2} d F^{15a} \frac{1}{2} g F^{16a} \mid \frac{1}{2} d F^{16a} \frac{1}{2} g F^{17a} \\ \frac{1}{2} d F^{17a} \frac{1}{2} g F^{18a} \mid \frac{1}{2} d F^{18a} \frac{1}{2} g F^{19a} \end{array} \right\} \right. \\
 \left. \left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} g F^{11a} \frac{1}{2} d F^{10a} \mid \frac{1}{2} g F^{10a} \frac{1}{2} d F^{9a} \mid \frac{1}{2} g F^{9a} \frac{1}{2} d F^{8a} \dots F^{2a}, \\ \left. \right) F^{1a} \end{array} \right) \right. \\
 \text{C} \downarrow
 \end{array}$$

Formule 10 Δ

$$\begin{array}{l}
 \text{S}^n \downarrow \\
 \left. \left\{ \begin{array}{l} \Delta^{XIIa} \Delta^{XIIIa} \mid \Delta^{XIIIa} \Delta^{XIVa} \\ \Delta^{XIVa} \Delta^{XVa} \mid \Delta^{XVa} \Delta^{XVIa} \mid \Delta^{XVIa} \Delta^{XVIIa} \\ \Delta^{XVIIa} \Delta^{XVIIIa} \mid \Delta^{XVIIIa} \Delta^{XIXa} \text{ ou } \Delta^{Ia} \end{array} \right\} \right. \\
 \left. \left. \begin{array}{l} \Delta^{XIa} \Delta^{Xa} \mid \Delta^{Xa} \Delta^{IXa} \mid \Delta^{IXa} \Delta^{VIIIa} \dots \dots \Delta^{IIa} \Delta^{Ia} \\ \left. \right) \Delta^{Ia} \text{ ou } \Delta^{Ia} \text{ (1)} \end{array} \right) \right. \\
 \text{C} \downarrow
 \end{array}$$

L'arc antérieur de la trace du *Cibotium* se ferme donc en son milieu en enfermant un système de faisceaux intérieurs par le même procédé que *Matonia*.

6. — Au milieu du pétiole de *Cibotium*, après émission (2) d'un certain nombre de pétioles secondaires, la trace foliaire un peu réduite, présentait dans ce même échantillon :

Une première région moyenne de l'arc postérieur semblable à celle qui a été décrite à la base de la trace. Le bois y forme une bande continue. La première courbure des plis latéraux ou *courbure directe*, porte encore sur les divergeants $\gamma^{10} \gamma^{10}$ qui se montrent toujours très brusquement pliés. Il y a même formation dans cette région d'une *chaîne fermée* qui va de γ^8 à γ^{11} .

(1) Pour ne pas trop étendre cette formule horizontalement, nous y avons omis les barres horizontales qui indiquent les demi-faisceaux partant de chaque pôle double.

(2) Après *émission*, lorsqu'on suit la trace foliaire en montant vers le sommet du pétiole. Si on suivait la trace en descendant, on dirait : *alors que toutes les traces des pétioles secondaires ne sont pas encore reçues.*

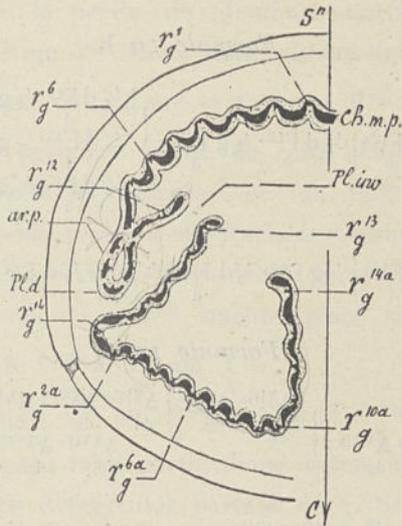


Fig. 29. — Moitié gauche de la section transversale du pétiole du *Cibotium regale* prise dans le milieu de cet organe. — Gr. = 6.

Ar. p. Région du pli direct prête à se détacher. Elle formera le milieu de l'arc postérieur de la trace foliaire dans le pétiole secondaire. La région Ar. p. est, à ce niveau, à l'état de *chaîne fermée*, à courbure directe, son bois est discontinu.

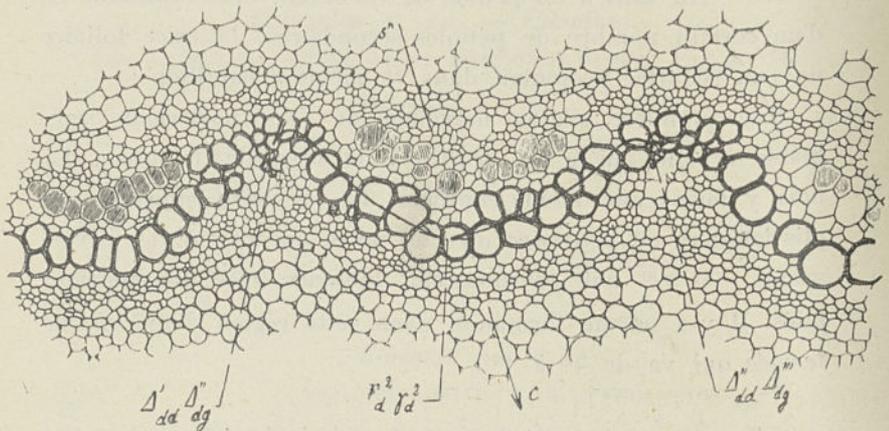


Fig. 30. — Le second faisceau bipolaire droit F_d^2 de la figure 29.

CS^n parallèle à la trace de la surface de symétrie.

La seconde partie de l'arc postérieur est encore constituée par les divergeants Υ^{11} , Υ^{12} ce dernier étant en dehors de la chaîne fermée.

Il y a une grande incision entre Υ^{12} et Υ^{13} . L'inflexion et la seconde courbure ou *courbure inverse* des plis Pl se font sur cette incision.

La troisième partie de l'arc postérieur ou *branche ascendante du pli inverse* est formée des divergeants Υ^{13} à Υ^{17} , mais les divergeants Υ^{14} à Υ^{17} forment une chaîne à bois continu. L'incision qui isole le divergeant Υ^{13} s'étendait seule dans cette région. Plus haut elle disparaîtrait à son tour, et on verrait aussi disparaître l'incision qui sépare Υ^{12} de Υ^{13} . Le faisceau F^M est plus large que dans la partie inférieure de la trace.

Les trois régions de l'arc postérieur sont donc peu modifiées.

Les demi-arcs antérieurs sont plus fortement transformés. Leurs pièces élémentaires forment une chaîne continue. Le nombre des faisceaux constituants est abaissé de $18 \frac{1}{2}$ à $13 \frac{1}{2}$. Le pli qui rejette vers l'intérieur une partie du demi-arc se fait maintenant sur le divergeant Υ^{10a} . Enfin les deux chaînes $\Upsilon^{1a} \dots \Upsilon^{10a} \dots$ et $\Upsilon^{10a} \dots \Upsilon^{1a}$ n'arrivent plus à se toucher dans la surface de symétrie CS^n .

Dans sa région supérieure ce même pétiole primaire du *Cibotium* présentait tous ses faisceaux sur une seule courbe fermée continue. La première courbure du pli double de l'arc postérieur portait sur le faisceau F^2 . La courbure inverse portait sur le faisceau F^3 , et ce faisceau F^3 se présentait singulièrement élargi. Par rapport aux faisceaux moyens, la distance des pôles $\Delta'' \Delta'''$ est deux à trois fois la distance moyenne. Cet élargissement du faisceau sur lequel

porte la courbure inverse du pli double est un caractère qu'il convient de souligner. Nous le retrouverons dans les traces onocléennes.

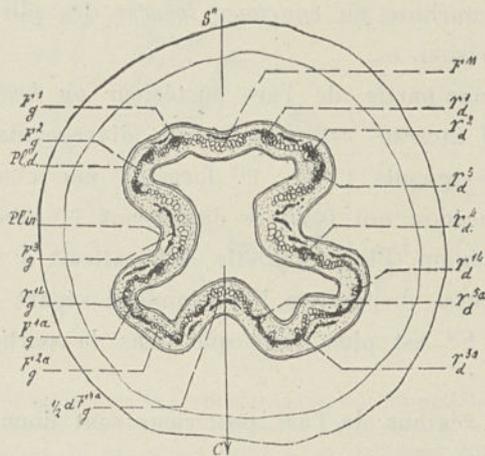


Fig. 31. — Section transversale du pétiole du *Cibotium regale* dans sa partie supérieure. — Gr. = 20.

La trace foliaire est amenée à l'état de *chaîne fermée* par l'union des deux demi-faisceaux $\frac{1}{2} d F^{4a}$ $\frac{1}{2} g F^{5a}$ dans la partie antérieure de la surface de symétrie.

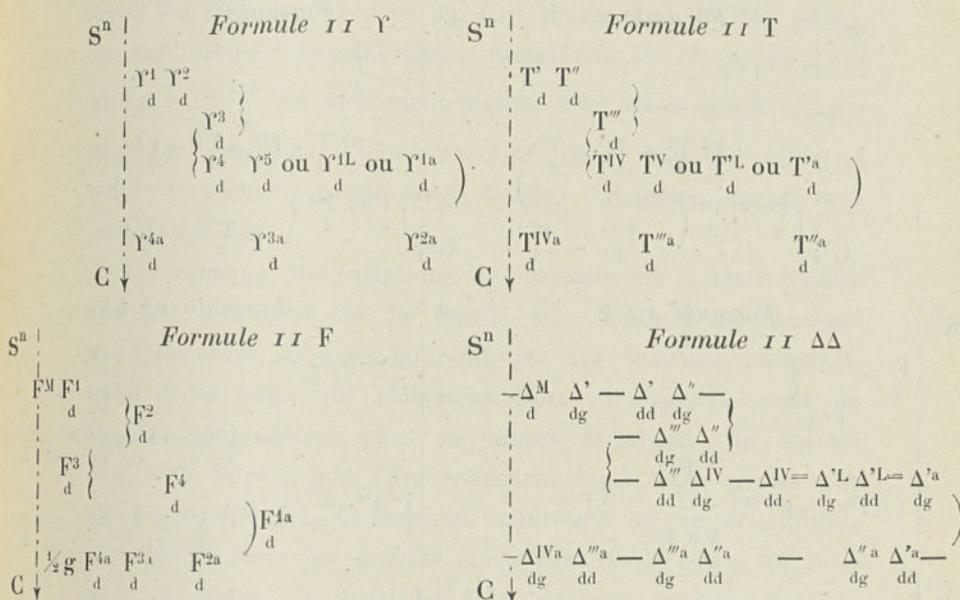
Les faisceaux F^3_g F^3_d sont très élargis.

La région droite de la trace prépare l'émission d'une sortie.

La troisième partie de l'arc postérieur était représentée par un faisceau et demi. La trace présentait un faisceau médian F^M . Les demi-arcs antérieurs composés, l'un de 3 faisceaux $\frac{1}{2}$, l'autre de 4 faisceaux $\frac{1}{2}$, formaient une chaîne continue qui fermait la trace en avant.

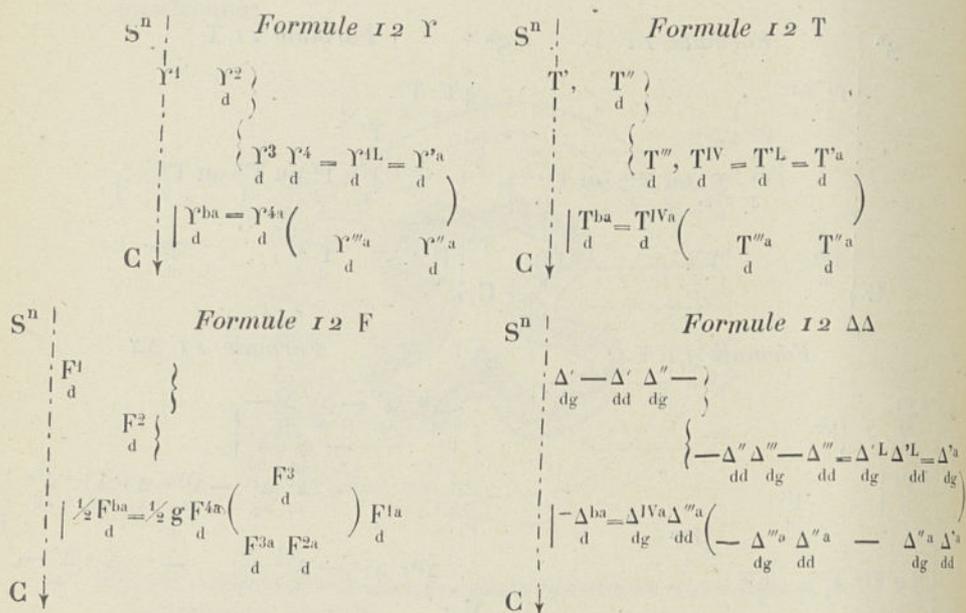
Dans le haut du pétiole principal cette trace foliaire du *Cibotium* se notait donc :

Formule n° 11. — *Cibotium*, pétiole, région supérieure. Fig. 26.



L'origine de la masse libéro-ligneuse des pétioles secondaires du Cibotium regale est double. La partie postérieure vient de la portion de l'arc postérieur du pétiole principal où se trouve la courbure directe du pli double, celle où se trouve le divergeant γ^9 , fig. 29. Ce divergeant γ^9 est ou non accompagné des deux divergeants voisins. Cette première partie de la trace du pétiole secondaire restera postérieure. A la base de ce pétiole, elle est transformée en chaîne fermée par rapprochement de ses bords. La partie antérieure de la trace du pétiole secondaire est donnée par le système marginal, c'est-à-dire par le divergeant T^L et les deux divergeants contigus. Ce second groupe reste antérieur. Il vient toucher le groupe postérieur au milieu de sa partie antérieure. En ce point la trace est représentée par les formules n° 12.

Formules n° 12. — *Cibotium regale*, pétiole secondaire.



La figure 45, p. 81, montre la réunion des deux parties de la trace foliaire dans le pétiole secondaire.

Comme variantes on pourra rencontrer un faisceau médian postérieur F^M au lieu du groupe T^1 et des faisceaux latéraux marginaux F^L , F^L au lieu des groupes T^L , T^L , mais alors, par une sorte de balancement, le demi-arc antérieur perd presque toujours un faisceau. Nous retrouvons par suite l'état dans lequel nous avons observé la trace foliaire du *Dicksonia antarctica* dans le haut de son pétiole primaire. Nous y trouvons le même pli double de l'arc postérieur, le pli direct se faisant sur Υ^1 ou sur Υ^2 , le pli inverse se produisant sur le faisceau suivant qui est toujours un faisceau fortement élargi.

. La trace foliaire prise près du sommet du rachis de la

foliole du *Cibotium* a la même structure que celle du pétiole secondaire du *Dicksonia*. Vers le bas de ce rachis, on constaterait un faisceau médian au lieu du groupe T'. De même, on peut trouver des faisceaux marginaux $F^L_g F^L_d$ au lieu des groupes $T^L_g T^L_d$ ou une augmentation d'un faisceau sur chaque demi-arc antérieur. Nous revenons donc toujours plus ou moins rapidement à une trace foliaire d'*Aneimia* ou de très jeune *Osmonde*.

Cet exemple des variations de structure de la trace foliaire aux divers niveaux de la fronde du *Cibotium* est extrêmement instructif. Il nous apprend que les incisions longitudinales de la trace qui isolent quelques divergeants sont de simples boutonnières plus ou moins étendues. En second lieu, nous voyons que l'arc postérieur tend à se tripler par un pli double. *A la seconde courbure de ce pli double correspond, dans les parties simplifiées de la trace, un faisceau très large.* En troisième lieu les deux moitiés de l'arc interne apparaissent comme la suite des demi-arcs antérieurs placés du même côté.

Comme fait secondaire nous avons relevé que les groupes trachéens $T^L_g T^L_d$ sont remplaçables par des faisceaux latéraux marginaux sur lesquels se fait la courbure qui ramène les demi-arcs antérieurs vers la surface de symétrie CSⁿ. Ce fait est la reproduction du remplacement du groupe T' par un faisceau médian postérieur F^M.

Malgré la complication de la trace foliaire du *Cibotium*, les notations que nous avons employées montrent qu'elle est formée des mêmes pièces élémentaires que celles de l'*Osmonde*, agencées de la même manière; *les variantes portent seulement sur des plissements et des incisions qui n'altèrent en rien la valeur des pièces élémentaires.* L'extrême rigueur avec laquelle on a pu noter chaque pièce, y compris celles de

l'arc intérieur dont l'Osmonde ne semblait pas prévoir l'existence, nous paraît un résultat très remarquable.

Notons encore, parce que nous aurons à nous en servir plus loin, quelques autres faits tirés de l'aspect particulier que présentent les pièces libéro-ligneuses élémentaires de cette trace.

Comme on peut le voir dans la région médiane de l'arc postérieur, et partout où la chaîne ligneuse est continue, chaque faisceau F est fortement plié dans sa région médiane. La convexité du pli regardant ici l'intérieur de la courbe dessinée par la trace (fig. 30, p. 58). Les pôles sont fortement rejetés vers l'extérieur. C'est l'exagération de la forme , ou en double siphon, que l'on verra appeler ailleurs forme « *en hippocampe* », lorsqu'on a eu plus particulièrement en vue la désignation de la figure prise par les grands faisceaux très élargis sur lesquels portent les doubles plis latéraux de l'arc postérieur des traces onocléennes. Les pôles doubles sont ainsi rejetés au fond de sinus très profonds alors que les centres de figure γ des faisceaux sont violemment ramenés au sommet de la convexité de chaque faisceau.

D'autre part, *lorsqu'une incision longitudinale ouvre une boutonnière dans la trace foliaire, elle se produit toujours au sommet de la convexité des faisceaux, c'est-à-dire dans la région de leurs centres de figure.* — (*Loi de séparation des pièces libéro-ligneuses élémentaires énoncée en faisceaux*). Le centre de figure γ du faisceau incisé se trouve donc désormais placé dans le tissu fondamental entre les deux moitiés du faisceau, ou, ce qui est exactement la même notion, à l'extrémité des deux lames ligneuses issues des deux pôles du faisceau incisé. — Dans ces faisceaux incisés le liber couvre l'extrémité libre de la lamé ligneuse entamée par l'incision. *Le mode de terminaison des faisceaux 1/2 F^{ba} cesse donc de leur être propre, nous venons de le constater, et dans l'arc*

postérieur et dans une partie plus ou moins étendue de l'arc antérieur.

Les incisions ou boutonnières longitudinales de la trace foliaire du *Cibotium* mettent en évidence des masses libéro-ligneuses qui sont nos divergeants. Quelques-uns des divergeants dont se compose la gouttière foliaire sont totalement

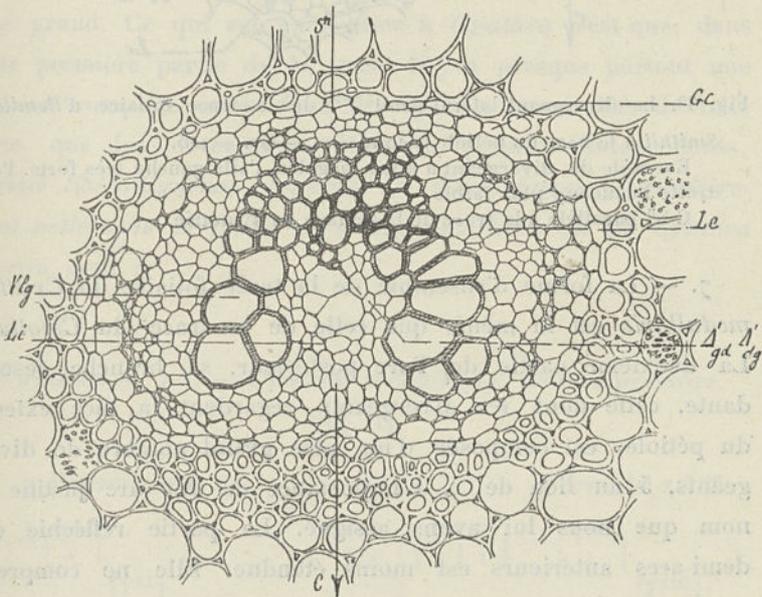


Fig. 32. — Le divergeant médian postérieur γ^1 de la trace foliaire d'*Hemitelia Smithii*, à la base du pétiole. — Gr. = 150. — Exemple de divergeant en Π ou divergeant à ailes égales fortement ramenées en avant.

indépendants sur une partie de leur trajet. D'autres ont leur incision limitée à la lame ligneuse. Le centre de figure γ du faisceau dont dépendent deux divergeants consécutifs est placé entre ces deux divergeants. Ces divergeants ont la forme d'un U renversé dont le groupe trachéen occuperait le fond du sinus. Fig. 32 et 33.

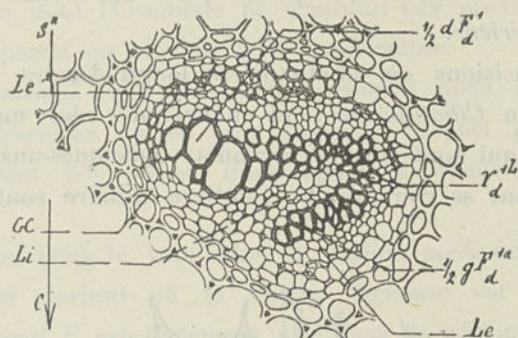


Fig. 33. Le divergeant latéral droit r''^L de la trace foliaire d'*Hemitelesia Smithii* à la base du pétiole secondaire. — Gr. = 150.

Exemple de divergeant à ailes inégales, l'aile gauche très forte, l'aile droite beaucoup plus faible.

C Sⁿ parallèle à la trace de la surface de symétrie.

7. — La forme d'ensemble de la trace foliaire du *Cyathea medullaris* est la même que celle de la trace du *Cibotium*. La deuxième partie de l'arc postérieur, sa branche descendante, celle dont les divergeants regardent la face externe du pétiole, est composée d'un plus grand nombre de divergeants, 5 au lieu de 1. L'importance de cet arc justifie le nom que nous lui avons assigné. La partie réfléchie des demi-arcs antérieurs est moins étendue. Elle ne comprend que 3 à 4 divergeants au lieu de 9. Il y par contre 10 à 15 divergeants dans la partie médiane de l'arc postérieur du *Cyathea* au lieu de 9 comme chez *Cibotium* (1). Il y a 10 à 11 divergeants dans la troisième partie ou branche ascendante du pli inverse de cet arc postérieur au lieu de 4. La première courbure du double pli latéral se fait sur un divergeant ou sur un faisceau. Le faisceau F_d^{13} est la charnière du pli simple de la figure 34. L'*inflexion* se fait sur le faisceau F_d^{17} et le pli

(1) Nous appelons *chaîne médiane postérieure* la partie de l'arc postérieur de la trace comprise entre les deux plis directs.

Formule 13 F (1)

$$\begin{array}{l}
 S^n \left| \begin{array}{l} \frac{1}{2} d F^M \frac{1}{2} g F' \\ \frac{1}{2} d F' \frac{1}{2} g F'' \end{array} \right| \dots \left| \frac{1}{2} d F^{11} \frac{1}{2} g F^{12} \right| \left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} d F^{12} \frac{1}{2} g F^{13} \\ \frac{1}{2} g F^{18} \frac{1}{2} d F^{17} \dots \frac{1}{2} g F^{15} \frac{1}{2} d F^{14} \end{array} \right\} \frac{1}{2} d F^{13} \frac{1}{2} g F^{14} \\
 \left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} d F^{18} \frac{1}{2} g F^{19} \\ \frac{1}{2} g F^{10a} \frac{1}{2} g F^{14a} \dots \frac{1}{2} d F^{11a} \frac{1}{2} g F^{12a} = \frac{1}{2} F^{bn} \end{array} \right\} \frac{1}{2} d F^{27} \frac{1}{2} g F^{28} \\
 C \downarrow \left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} g F^{10a} \frac{1}{2} d F^{9a} \\ \frac{1}{2} g F^{9a} \frac{1}{2} d F^{8a} \dots \frac{1}{2} g F^{2a} \frac{1}{2} d F^{1a} \end{array} \right\} \frac{1}{2} d F^{29} \\
 \left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} g F^{2a} \frac{1}{2} d F^{1a} \\ \frac{1}{2} g F^{2a} \frac{1}{2} d F^{1a} \end{array} \right\} \frac{1}{2} g F^{29}
 \end{array}$$

Formule 13 ΔΔ

$$\begin{array}{l}
 S^n \left| \begin{array}{l} \Delta^m \Delta' \\ \Delta' \Delta'' \end{array} \right| \dots \left| \begin{array}{l} \Delta^{XI} \Delta^{XII} \\ \Delta^{XII} \Delta^{XIII} \end{array} \right| \left. \begin{array}{l} \Delta^{XII} \Delta^{XIII} \\ \Delta^{XIII} \Delta^{XIV} \end{array} \right\} \Delta^{XIII} \Delta^{XIV} \\
 \left. \begin{array}{l} \Delta^{XVIII} \Delta^{XVII} \\ \Delta^{XVIII} \Delta^{XIX} \end{array} \right\} \Delta^{XVIII} \Delta^{XVII} \\
 \left. \begin{array}{l} \Delta^{XVIII} \Delta^{XIX} \\ \Delta^{XVIII} \Delta^{XVII} \end{array} \right\} \Delta^{XVIII} \Delta^{XVII} \\
 C \downarrow \left. \begin{array}{l} \Delta^{Xa} \Delta^{IXa} \\ \Delta^{IXa} \Delta^{VIIIa} \end{array} \right\} \Delta^{Xa} \Delta^{IXa} \left| \begin{array}{l} \Delta^{XIa} \Delta^{XIIa} \text{ ou } \Delta^{ba} \\ \Delta^{IXa} \Delta^{VIIIa} \end{array} \right| \dots \left| \begin{array}{l} \Delta^{XVIII} \Delta^{XVII} \\ \Delta^{XVIII} \Delta^{XVII} \end{array} \right\} \Delta^{XVIII} \Delta^{XVII} \\
 \left. \begin{array}{l} \Delta^{Xa} \Delta^{IXa} \\ \Delta^{IXa} \Delta^{VIIIa} \end{array} \right\} \Delta^{Xa} \Delta^{IXa} \left| \begin{array}{l} \Delta^{XIa} \Delta^{XIIa} \text{ ou } \Delta^{ba} \\ \Delta^{IXa} \Delta^{VIIIa} \end{array} \right| \dots \left| \begin{array}{l} \Delta^{XVIII} \Delta^{XVII} \\ \Delta^{XVIII} \Delta^{XVII} \end{array} \right\} \Delta^{XVIII} \Delta^{XVII}
 \end{array}$$

L'émission des pétioles secondaires se fait encore par le prélèvement de deux masses libéro-ligneuses. La postérieure vient des divergeants $\gamma^{13} \gamma^{14}$ (fig. 35), avec ou sans accompagnement des divergeants voisins; l'antérieure vient du divergeant γ^{29} et des deux divergeants contigus. Elle se fait donc de la même manière que chez *Cibotium* et par un procédé autre que celui que nous signalerons plus loin chez les *Angiopteris*, voir aussi fig. 35.

(1) Dans l'exemple représenté figure 34, les divergeants,

$$\left(\begin{array}{cc} \gamma^4 & \gamma^5 \\ d & d \end{array} \right) \left(\begin{array}{ccc} \gamma^7 & \gamma^8 & \gamma^9 \\ d & d & d \end{array} \right) \left(\begin{array}{cc} \gamma^{10} & \gamma^{11} \\ d & d \end{array} \right) \left(\begin{array}{cc} \gamma^{13} & \gamma^{14} \\ d & d \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \gamma^{28} \\ d \end{array} \text{ à } \begin{array}{c} \gamma^{8a} \\ d \end{array} \right)$$

au lieu d'être isolés forment des chaînes continues. C'est là une variante accidentelle.

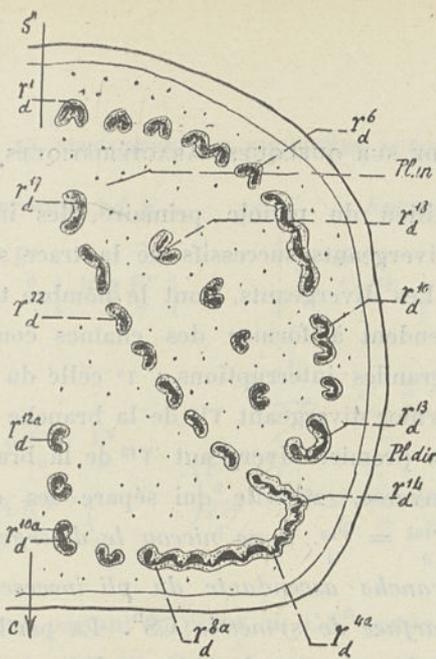


Fig. 34 — Moitié droite de la section transversale d'un pétiole principal du *Cyathea medullaris*. — Gr. = 3.

La trace foliaire est notée en divergents.

Le pli direct porte sur le faisceau F¹³_d Le pli inverse porte sur le faisceau F¹⁸_d Au pli inverse correspond une grande incision.

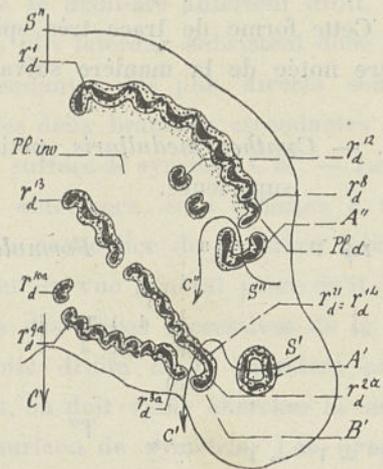


Fig. 35. — Moitié droite de la section transversale du pétiole du *Cyathea medullaris* dans le haut du pétiole principal. — Gr. = 15.

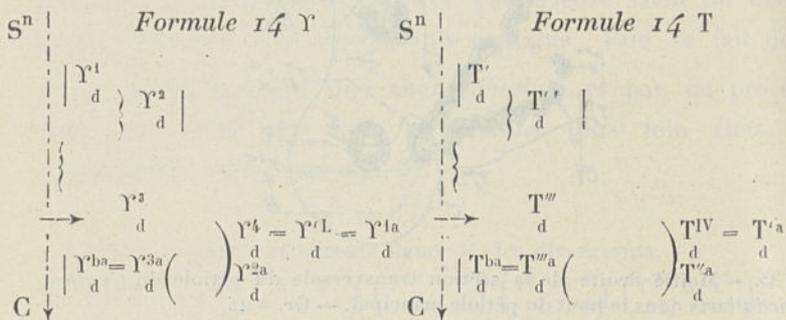
La trace est notée en divergents.

Vers la droite on voit l'émission des deux parties A' et B' de la trace foliaire d'un pétiole secondaire. B' se placera devant A'. — La courbe C S' qui coupe les masses A' et B' indique la trace de leur surface de symétrie spéciale. — C'' S'', surface de symétrie du pétiole secondaire suivant. — La chaîne médiane postérieure de ce pétiole secondaire plus élevée IRIS LILLIAD - Université Lille 1 groupe correspondant B'' n'est pas encore indiquée.

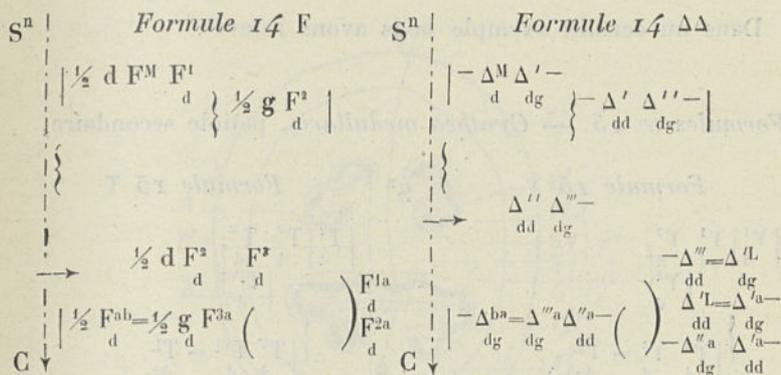
8. — Au milieu du pétiole primaire, les incisions qui séparent les divergeants successifs de la trace sont presque toutes fermées. Les divergeants, dont le nombre total a beaucoup diminué, tendent à former des chaînes continues. Il y a encore deux grandes interruptions : 1° celle du pli inverse qui sépare le dernier divergeant Υ^{12} de la branche descendante du pli direct, du premier divergeant Υ^{13} de la branche ascendante du pli inverse, 2° celle qui sépare les deux divergeants Υ^{9a} de $\Upsilon^{10a} = \Upsilon^{ba}$. A ce niveau le divergeant Υ^{13} qui commence la branche ascendante du pli inverse est amené tout contre la surface de symétrie CS^D . La partie du demi-arc antérieur droit qui est refoulée en dedans de la trace se réduit au divergeant Υ^{10a} . Elle se réduit plus haut au demi-faisceau $\frac{1}{2} F^{ba}$.

En haut du pétiole principal la trace foliaire comprend encore deux régions, une région postérieure formée de deux chaînes symétriques distinctes et une chaîne continue placée devant celle-ci (1). Cette forme de trace très spéciale et très intéressante doit être notée de la manière suivante :

Formules n° 14. — *Cyathea medullaris*, pétiole, région supérieure.



(1) La figure de la trace en ce point reproduit identiquement la figure 36, page 53, qui est dessinée d'après un pétiole secondaire.



c'est-à-dire que, partant du point où CS^n coupe l'arc postérieur, on suit la chaîne $\Upsilon^1 \Upsilon^2$. On rencontre en Υ^2 le pli direct du pli double. Puis vient la grande incision. Le pli inverse est dans cette grande incision. La chaîne recommence au point où CS^n coupe la lame libéro-ligneuse $\Upsilon^3 \Upsilon^3$. Elle part de ce point, se dirige à droite et vient jusqu'au point T'^L , après quoi elle forme le demi-arc antérieur droit.

Les doubles plis latéraux subsistent donc toujours, mais les branches descendantes des plis directs sont réduites à un divergeant et les deux branches ascendantes sont insérées bout à bout dans la surface de symétrie CS^n . — Les parties refoulées des demi-arcs antérieurs sont réduites à un demi-faisceau. Cet aspect très particulier de la trace foliaire est très intéressant au point de vue général parce qu'il nous apprend que dans la lecture des pièces successives de la trace, après avoir atteint l'extrémité droite de la première partie du demi-arc postérieur droit, on doit venir chercher la suite de cette branche dans la surface de symétrie. Les branches ascendantes des plis inverses formant le fond de la chaîne libéro-ligneuse placée en avant.

On trouve cette même organisation de la trace à la base du pétiole secondaire.

Dans un certain exemple nous avons relevé :

Formules n° 15. — *Cyathea medullaris*, pétiole secondaire.

Sⁿ | Formule 15 Y

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \begin{array}{l} \Upsilon^1_d \quad \Upsilon^2_d \quad \Upsilon^3_d \\ \Upsilon^4_d \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} \Upsilon^5_d \quad \Upsilon^6_d = \Upsilon^L_{dg} \end{array} \right\} \\ \left| \begin{array}{l} \Upsilon^{ba}_d = \Upsilon^{3a}_d \left(\begin{array}{l} \Upsilon^{2a}_d \quad \Upsilon^{1a}_d = \Upsilon^L_{dd} \end{array} \right) \end{array} \right.$$

C ↓

Sⁿ | Formule 15 T

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \begin{array}{l} T^1_d \quad T^2_d \quad T^3_d \\ T^{IV}_d \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} T^V_d \quad T^{VI}_d = T^L_{dg} \end{array} \right\} \\ \left| \begin{array}{l} T^{ba}_d = T^{3a}_d \left(\begin{array}{l} T^{2a}_d \quad T^{1a}_d = T^L_{dd} \end{array} \right) \end{array} \right.$$

C ↓

Sⁿ | Formule 15 F

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \begin{array}{l} \frac{1}{2} d F^M \quad \frac{1}{2} g F^1_d \quad \left| \begin{array}{l} \frac{1}{2} d F^1_d \quad F^2_d \\ \frac{1}{2} g F^{IV}_d \end{array} \right\} F^3_d \\ \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} d F^{IV}_d \quad F^V_d \end{array} \right\} F^L_d \\ \left| \begin{array}{l} \frac{1}{2} F^{ba}_d = \frac{1}{2} g F^{3a}_d \left(\begin{array}{l} F^{2a}_d \quad F^{1a}_d \end{array} \right) \end{array} \right.$$

C ↓

Sⁿ | Formule 15. ΔΔ

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \begin{array}{l} -\Delta^M_d \quad \Delta^1_{dg} \quad \left| \begin{array}{l} -\Delta^1_{dd} \quad \Delta^2_{dg} \quad -\Delta^3_{dd} \quad \Delta^4_{dg} \end{array} \right\} \\ \left\{ \begin{array}{l} -\Delta^{IV}_{dg} \quad \Delta^V_{dd} \end{array} \right\} \\ \left| \begin{array}{l} -\Delta^{IV}_{dd} \quad \Delta^V_{dg} \quad -\Delta^V_{dd} \quad \Delta^L_{dg} \end{array} \right.$$
 \\ \left| \begin{array}{l} \Delta^{ba}_d = \Delta^{3a}_{dg} \quad \Delta^{2a}_{dd} \left(\begin{array}{l} -\Delta^{2a}_{dg} \quad \Delta^{1a}_{dd} \quad -\Delta^{1a}_{dg} \quad \Delta^L_{dd} \end{array} \right) \end{array} \right.

C ↓

Cette organisation de la trace foliaire reproduit celle du pétiole secondaire du *Cibotium* avec des incisions qui isolent les divergeants Υ^1 et qui coupent le pli double dans sa seconde courbure. Là encore le faisceau sur lequel se fait cette seconde courbure est très élargi. Très rapidement la trace prenait, en s'élevant, la composition que nous voyons réalisée figure 36.

Dans le haut de ce pétiole secondaire la trace foliaire présentait une disposition bien curieuse. Cette trace restait la répétition de la trace trouvée en haut du pétiole primaire,

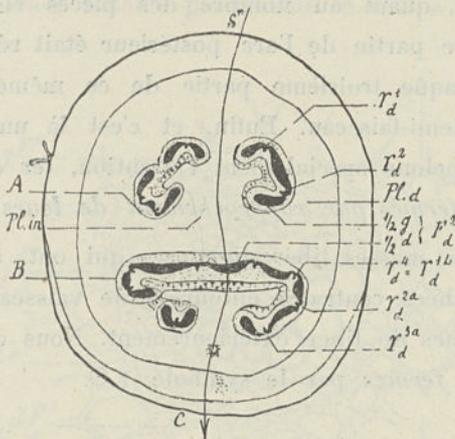


Fig. 36. — Section transversale d'un pétiole secondaire du *Cyathea medullaris* dans sa région inférieure. — Gr. = 12.

La trace est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

F_d^2 . Le deuxième faisceau droit de l'arc postérieur. $1/2 g d F_d^2$ sa moitié gauche. Elle fait partie du groupe postérieur droit. $1/2 d F_d^2$ sa moitié droite. Elle fait partie de la chaîne antérieure. Elle prolonge directement $1/2 g F_d^2$.

A. La moitié postérieure de la trace, celle qui vient du pli direct.

B. La moitié antérieure de la trace, celle qui vient de la région marginale.

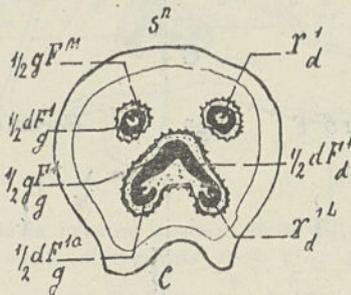


Fig. 37. — Section transversale d'un pétiole secondaire du *Cyathea medullaris* prise dans sa partie supérieure. — Gr. = 12.

Dans son ensemble la trace équivaut à une double chaîne binaire.

Ses deux divergeants postérieurs $r_d^1 r_d^1$ sont à l'état de divergeants fermés.

La trace est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires

taire de la trace foliaire prise dans le rachis de la foliole,

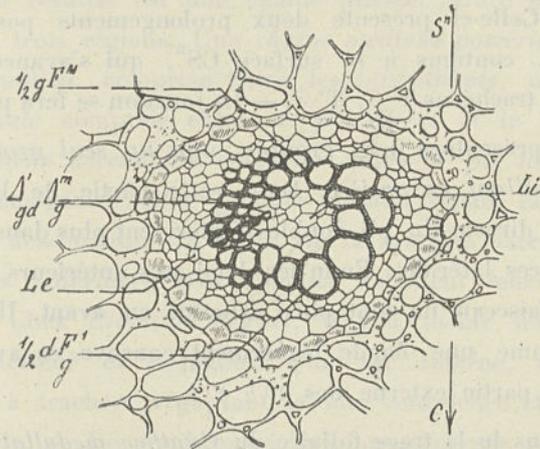


Fig. 38. — Le divergeant fermé $\Upsilon^1 \odot$ de la figure 37. — Gr. = 150.

$C S^n$ parallèle à la surface de symétrie.

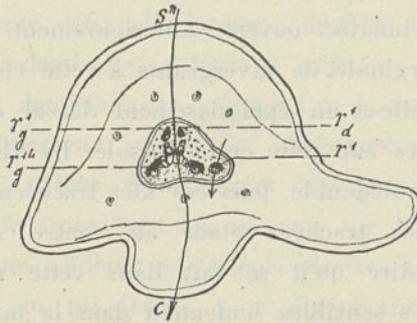


Fig. 39. — Section de la nervure médiane de la foliole du *Cyathea medullaris* au niveau où les divergeants $\Upsilon^1 \odot$ $\Upsilon^1 \odot$ sont indiqués par des groupes trachéens postérieurs libres dans le liber. — Gr. = 50.

La surface $C S^n$ de symétrie est incurvée. — A droite émission d'une nervure à l'état de divergeant simple. En cet état, la chaîne libéro-ligneuse est encore discontinue. Elle présente deux incisions, limitées au bois, dans son arc postérieur.

mais à ce niveau la trace paraît très simplifiée. *Les diver-*

geants fermés $\Upsilon^1 \odot$ sont réduits à des points trachéens isolés dans le liber qui les entoure et qui les attache à la chaîne antérieure. Celle-ci présente deux prolongements postérieurs symétriques, contigus à la surface CS^n , qui s'avancent vers les groupes trachéens $T' \odot$, $T' \odot$. — La jonction se fera plus haut et la trace présentera deux groupes, puis un seul groupe trachéen T' saillant en arrière. Dans cette partie de la trace, la courbure directe du pli double n'intervient plus dans l'émission des pièces latérales. Enfin les demi-arcs antérieurs, réduits à un demi-faisceau ne sont plus rabattus en avant. Ils apparaissent comme une bande légèrement concave en avant qui prolonge la partie externe des Υ^{1L} , Υ^{1L} .

Nous avons lu la trace foliaire du *Cyathea medullaris* en la suivant du pétiole principal vers les dernières ramifications des nervures. Si nous lisions cette trace en descendant nous dirions.

Des divergeants s'ajoutent latéralement et donnent rapidement une chaîne binaire, ouverte antérieurement.

L'addition marginale de divergeants à cette chaîne binaire provoque chez celle-ci un épaissement dorsal médian. Elle prend des trachées sur cette crête dorsale. La file trachéenne d'abord simple se dédouble, puis ces files trachéennes s'isolent dans le liber, les trachées étant au centre d'un groupe ligneux ; c'est-à-dire qu'il se fait dans cette région deux divergeants fermés sensibles seulement dans la lame ligneuse. Dans une partie où la trace est plus forte, les deux divergeants fermés s'isolent en arrière de la chaîne binaire. A ce niveau les demi-arcs antérieurs, représentés par un demi-faisceau, sont rabattus en avant. L'adjonction de ce système médian postérieur constitue la différence entre la trace cyathéenne et la trace osmondéenne de même force.

L'addition de traces à deux régions se fait en plaçant la

chaîne antérieure B sur un système marginal T^L et en plaçant la chaîne médiane postérieure A sur un pli direct de l'arc postérieur. Le résultat est une chaîne plissée. L'arc postérieur y présente trois régions. Une *chaîne médiane postérieure* incisée en son milieu, comprise entre les *plis directs*, une *branche descendante* comprise entre le *pli direct* et le *pli inverse*, une *branche ascendante* comprise entre le *pli inverse* et la *région marginale*. Une *grande incision* sépare la fin de la branche descendante du début de la branche ascendante. Les demi-arcs antérieurs très étendus rabattent leurs bords en arrière. Chez *Cibotium regale*, il y a même fermeture de l'arc antérieur et formation d'un arc interne, concave en arrière, à trachées regardant la face antérieure et les flancs du pétiole. — De nombreuses incisions séparent la chaîne en divergeants isolés.

9. — La trace foliaire de l'*Alsophila australis* appartient au même type que celle du *Cyathea medullaris*. L'arc postérieur y présente deux plis latéraux doubles très accusés. Les portions des demi-arcs antérieurs rejetées en arrière sont réduites à un demi-faisceau, c'est-à-dire à une aile de divergeant. Des incisions isolent les divergeants successifs. Les nombres des pièces élémentaires intervenant dans chaque partie de cette trace sont les suivants sur la figure 40 :

Demi chaîne médiane postérieure droite : trois divergeants.

Pli direct du pli double : un divergeant, dont un demi-faisceau pour représenter la branche descendante (1).

Branche ascendante du pli inverse : quatre divergeants.

Demi-arc antérieur droit : trois divergeants.

Au milieu du pétiole les divergeants tendent à s'unir en trois chaînes continues, une postérieure et deux antérieures

(1) Sur la figure 40, le pli direct est à l'état de divergent fermé.

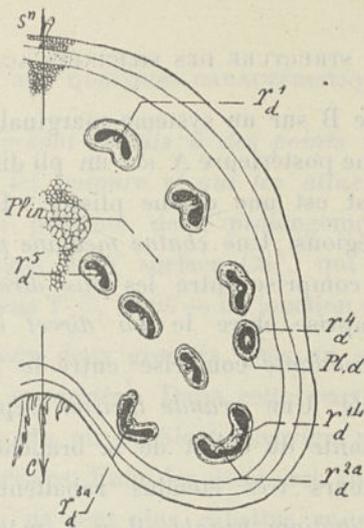


Fig. 40. — Moitié droite de la section transversale d'un pétiole d'*Alsophila australis*, région basilaire, d'après une fronde d'une jeune plante. — Gr. = 10.

La branche descendante du pli direct est réduite à un demi-faisceau $1/2 \text{ } F_d^k$. Le divergeant γ_d^k est à l'état de divergeant fermé.

Le pli inverse, et l'inflexion, qui le précède correspondent à la grande incision qui coupe le faisceau F_d^1 .

Sauf dans la marge, les divergeants sont isolés les uns des autres par des incisions.

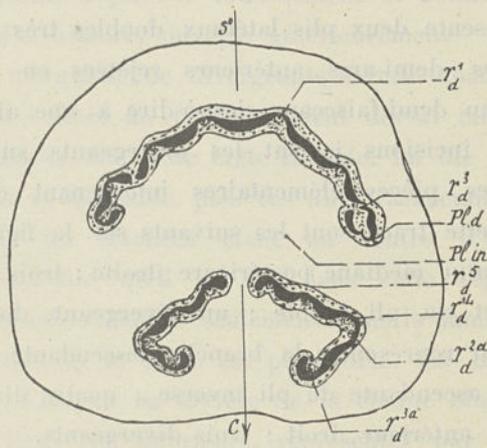
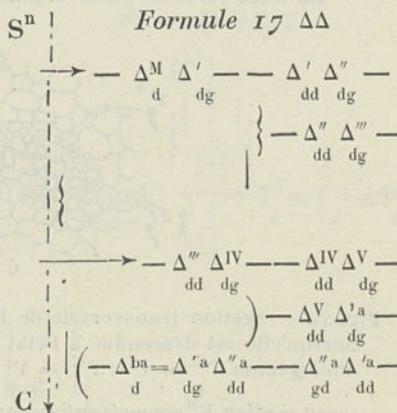
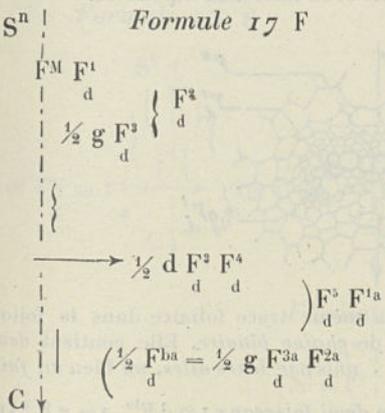
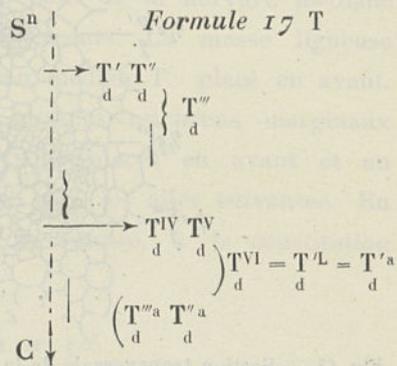
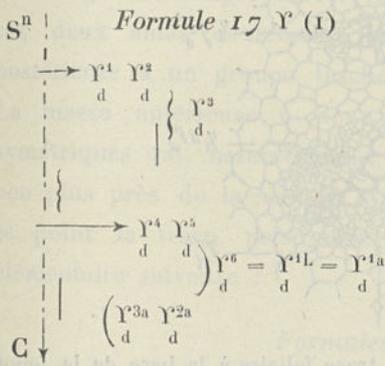


Fig. 41. — Section transversale du même pétiole d'*Alsophila australis* dans sa région supérieure. Elle montre les divergeants unis en trois chaînes continues (1). — Gr. = 15.

(1) Il y a cependant une incision, limitée au bois, dans la région γ_d^2 .

symétriques l'une de l'autre par rapport à $C S^n$, fig. 41. Dans le haut du pétiole principal nous trouvons deux chaînes continues, l'une placée en arrière, l'autre posée devant celle-ci. Elles s'écriront :

Formules n° 17. — *Alsophila australis*, partie supérieure du pétiole primaire, au-dessus de la figure 41.



(1) On peut trouver localement un groupe γ^4 médian par réunion de γ^4 , γ^4 , dans la surface de symétrie CS^n .

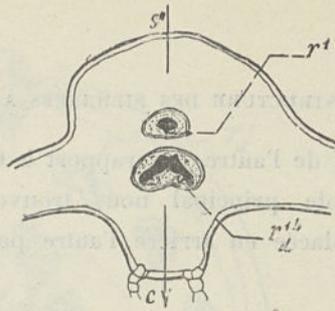


Fig. 42. — Section transversale de la base de la foliole d'*Alsophila australis*.
— Gr. = 50.

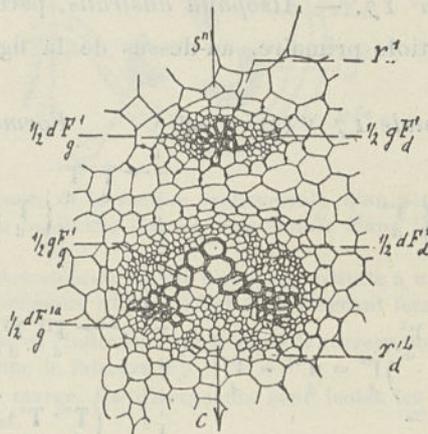


Fig. 43. — Section transversale de la trace foliaire à la base de la foliole d'*Alsophila australis*. — Gr. = 150.

La trace est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

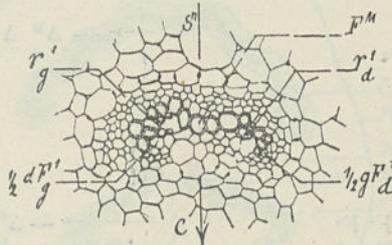


Fig. 44. — Section transversale de la même trace foliaire dans la foliole lorsqu'elle est descendue à l'état de chaîne binaire. Elle contient deux divergeants $\gamma^{1L} = \gamma^1$, $\gamma^{1L} = \gamma^1$, unis par leurs ailes, ou bien un faisceau médian F^M compris entre deux demi faisceaux $1/2 d F^{1a}$, $1/2 g F^{1a}$ (1)
— Gr. = 150.

(1) La lettre a a été omise sur la figure 44 dans la désignation de ces deux demi-faisceaux antérieurs.

Nous retrouverions cette même disposition vers le haut d'un pétiole secondaire, les demi-arcs antérieurs y étant réduits chacun à un demi-faisceau.

La nervure médiane de la foliole est aussi construite sur le même type, mais elle nous le présente réduit, et dans la position spéciale qui en résulte pour ses groupes trachéens nous relevons quelques faits intéressants :

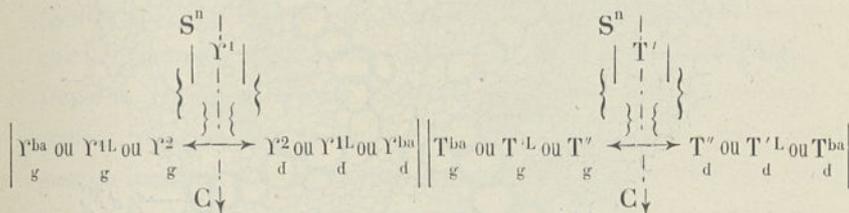
A la base de la nervure médiane on trouve deux masses libéro-ligneuses superposées. En haut de la nervure médiane ces deux amas deviennent coalescents. La masse ligneuse postérieure a un groupe trachéen médian T' placé en avant. La masse antérieure a deux groupes trachéens marginaux symétriques qui, naturellement, sont placés en avant et un peu plus près de la surface CSⁿ que les ailes suivantes. En ce point la trace, prise dans sa totalité, a la constitution élémentaire suivante :

Formules n° 18.

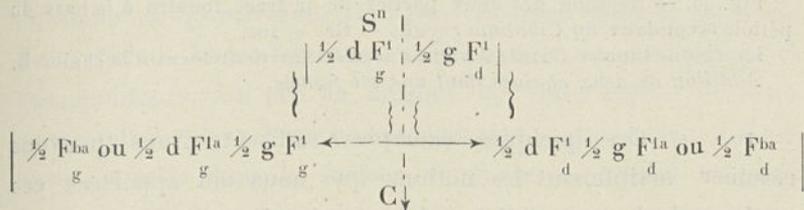
Alsophila australis. Base de la nervure médiane (Fig. 42).

Formule 18 Y

Formule 18 T



Formule 18 F



et la lecture que nous en avons faite, *soit en montant, soit en descendant* le long de la trace.

Constatons d'abord que la trace foliaire s'y est montrée formée des *mêmes pièces élémentaires* que chez les Osmondes, *divergeants* et *faisceaux bipolaires*, et que ces pièces s'y sont présentées agencées de la même manière très particulière qui fait de chaque groupe trachéen de la chaîne libéro-ligneuse un pôle double. Les variantes relevées portent sur des faits moins importants; ils suffisent pourtant à réaliser un autre type de trace foliaire.

La trace des grandes Fougères cyathéennes offre, de chaque côté de son arc postérieur, un grand pli double. Nous avons appelé *lame rabattue* ou *branche descendante* la partie de l'arc qui suit le premier pli ou *pli direct*. Les trachées des *divergeants* de la lame descendante regardent la face externe du pétiole. Nous avons appelé *lame relevée* ou *branche ascendante* la branche qui va du second pli ou *pli inverse* à la région *marginale* de l'arc postérieur, ses groupes trachéens T sont antérieurs. La branche descendante n'a présenté un grand développement que dans notre exemple de la fronde du *Cyathea*. Il faut appeler spécialement l'attention sur cette branche descendante pour la faire remarquer dans les autres genres. Dans la région inférieure des traces foliaires elle est ordinairement séparée de sa suite, la lame ascendante, par une grande incision. Le pli inverse correspond à cette incision. Le bord initial de la branche ascendante est amené en avant et près de la surface de symétrie CS^a , elle peut même *rejoindre sa symétrie*. Dès lors la trace foliaire présente deux chaînes libéro-ligneuses successives, une postérieure et une antérieure. Un peu en dessous de cette région la trace montrerait les deux branches ascendantes coalescentes par leurs faces ventrales dans la surface de symétrie. Quand on part du milieu de l'arc postérieur pour arriver à sa marge droite,

en suivant la chaîne des pièces élémentaires de ce demi-arc, on va donc de S^n au pli direct. De celui-ci on vient par la branche descendante au pli inverse. Dans cette partie du trajet on touchera la surface de symétrie CS^n dans les parties grêles de la fronde. On part ensuite du bord initial de la branche ascendante pour gagner le bord marginal. *Et c'est toujours ce même trajet qu'il faut suivre, alors même qu'on est dans une nervure médiane de la foliole, alors même qu'on trouve sur son trajet des divergeants fermés, qui sont une boucle fermée localement sur le trajet de l'arc postérieur, cette boucle fut-elle indiquée par une seule trachée isolée dans le liber.*

Lorsque la grande incision qui sépare la branche descendante de la branche ascendante de l'arc postérieur vient à se fermer (fig. 31, p. 60), on voit *que le faisceau bipolaire sur lequel frappait cette incision tend à s'élargir beaucoup.* Il peut prendre jusqu'à 5 et 7 fois la largeur des autres faisceaux et désormais au pli inverse correspond pour nous l'existence d'un *faisceau plus large sur lequel le pli double tend à se localiser.*

Une autre particularité très frappante des grandes traces cyathéennes ce sont les nombreuses incisions qui taillaient la trace à sa base. Les boutonnières qui s'y font ont une position fixe. Elles coupent chaque faisceau bipolaire en son milieu dans la région de son centre de figure γ . La trace est ainsi décomposée tout naturellement en ses divergeants élémentaires. Nous traduirons l'opposition de ces traces décomposées en leurs divergeants élémentaires aux traces osmondéennes en disant que les traces foliaires cyathéennes sont des gouttières dialydivergeantes. *Dicksonia* et *Cibotium* montrent d'ailleurs de quelle manière les traces dialydivergeantes deviennent gamodivergeantes.

Une conséquence immédiate de cette dialydivergeance de la trace est de donner dans les genres *Cyathea*, *Alsophila*,

Hemitelia une existence réelle à la pièce libéro-ligneuse élémentaire que nous avons nommée *un divergeant* Υ . Cette indication ne suffit pas à prouver que le divergeant Υ des Fougères a une existence plus réelle que leur faisceau bipolaire F . *Dicksonia* nous présentait la pièce élémentaire F avec autant de netteté que *Cyathea* en met pour nous montrer la pièce Υ . Aucun des deux systèmes d'unités organiques n'a encore donné de raison décisive pour s'imposer à l'exclusion de l'autre. L'emploi des divergeants Υ , dans le cas des traces en gouttières dialydivergeantes, donne des notations très commodes; mais on ne doit pas prendre cet argument, tiré d'une écriture rapide, pour une preuve établissant que les divergeants ont une existence plus réelle dans l'organisation des Fougères que les faisceaux bipolaires. D'une façon générale, on peut écrire la correspondance des deux sortes d'unité, sous la forme :

$$[19] \quad \Upsilon_d^h = 1/2 d F_d^h \quad 1/2 g F_d^{(h+1)}$$

Dans ces traces cyathéennes les demi-arcs antérieurs sont très développés. Un pli y refoule une partie des faisceaux élémentaires à l'intérieur de la trace. *Cibotium* est le genre qui nous a présenté cette disposition à son maximum d'accentuation.

Nous résumerons comme il suit les caractéristiques de la trace foliaire cyathéenne.

a) Dans les pétioles suffisamment volumineux, la trace est rendue dialydivergeante par des incisions longitudinales. Celles-ci sont localisées dans la région des centres de figure des faisceaux bipolaires. Les plus importantes de ces incisions correspondent aux plis inverses de l'arc postérieur.

b) L'arc postérieur présente sur ses flancs deux plis doubles. — Les plis directs amènent la base des branches ascendantes des plis inverses près de, ou même dans, la surface

de symétrie CS^n . Dans les parties plus grêles des pétioles, aux deux plis doubles correspondent deux faisceaux bipolaires beaucoup plus larges que les autres.

c) Les bords de la trace sont rabattus antérieurement.

d) Les demi-arcs antérieurs sont très développés. Ils ont des *paliers* très accusés. Leurs extrémités sont rejetées en arrière plus ou moins parallèlement à CS^n . Les crosses ne s'enroulent pas en spirale.

e) Dans les grosses traces l'arc antérieur est fermé en son milieu. Il y a alors une chaîne de faisceaux intérieurs. Elle est formée de deux parties symétriques qui sont les homologues des crosses des demi-arcs antérieurs de la trace osmondéenne. Dans sa région médiane l'arc interne est concave en arrière. — L'arc antérieur reste généralement ouvert en son milieu dans les traces plus grêles.

f) Partout où la chaîne médiane de l'arc postérieur est assez forte, l'émission des pièces latérales offre ce caractère très spécial que la pièce sortante est formée de deux parties. La partie inférieure est empruntée au pli direct. La partie supérieure est donnée par la région marginale de la trace. Nous retrouverons ce processus chez les grandes Polyodiées. Il diffère profondément de celui des grandes Maratiées. Les doubles plis latéraux correspondent donc à une particularité dans le mode d'émission des pièces latérales de la trace.

g) La trace cyathéenne montre, d'une manière particulièrement nette, l'unité libéro-ligneuse des *Mégaphyllides* réalisée sous la forme que nous avons appelée *un divergeant*.

Les réductions successives de cette trace entraînent :

1° La disparition du second pli des demi-arcs antérieurs, pli cibotien ;

2° La formation de chaînes continues ;

3° La jonction des branches ascendantes des plis inverses dans la surface] de symétrie ;

4° La réduction du nombre des pièces élémentaires des demi-arcs antérieurs ;

5° La réduction du nombre des pièces élémentaires des arcs postérieurs d'abord dans leur lame descendante, puis dans les deux autres parties, branche ascendante et chaîne médiane postérieure.

Comme formes ultimes de premier ordre nous trouvons, en haut du pétiole principal, soit deux chaînes libéro-ligneuses continues comme celles d'*Alsophila* (formules n° 17, page 79), soit deux chaînes libéro-ligneuses dont l'externe est incisée en son milieu comme dans *Cyathea* (fig. 35 et formules nos 14, pages 70 et 71). Ces formes sont reliées à l'état gleichenien de la trace du *Dicksonia* par la chaîne unique à contour localement fermé du *Cibotium*.

Les formes ultimes de second ordre, que nous trouvons en haut des pétioles secondaires, diffèrent très peu des formes ultimes de premier ordre. Il y a deux chaînes continues de deux divergeants chez *Alsophila*, au lieu de deux chaînes ayant quatre ou six divergeants. Chez *Cyathea* la réduction numérique des pièces est aussi forte, la chaîne postérieure est toujours incisée en son milieu et de plus les deux divergeants $\Upsilon_g^1 \Upsilon_d^1$ sont fermés. La fig. 42 et les formules n° 18, page 80, donnent l'état ultime de la première forme. La fig. 37, p. 73 et les formules 16, page 74, présentent l'état ultime de la seconde forme.

Dans la foliole, les formes ultimes de troisième ordre sont d'une part la trace à deux lames ligneuses avec groupes trachéens T antérieurs, et de l'autre la lame ligneuse unique à deux groupes trachéens postérieurs $T'_g \odot$, $T'_d \odot$, libres ou contigus, et à groupes trachéens antérieurs T_g^a , T_d^a .

Au delà, nous retombons dans des traces foliaires simplifiées comme celles des parties supérieures d'*Osmunda* e d'*Aneimia*. Les plis doubles et les incisions ne sont plus sensibles.

11. — La constitution des traces foliaires dialydivergentes nous a amené à constater la présence régulière d'incisions qui séparent les éléments de ces traces. Nous avons vu que ces éléments se coupent tous en un même point, à la limites de deux divergeants consécutifs, ou en d'autres termes, dans la région du centre de figure γ des faisceaux bipolaires F. Nous constatons ainsi ce fait très remarquable, au point de vue de la Théorie générale des Faisceaux, que le centre de figure des faisceaux élémentaires se trouve régulièrement placé dans le tissu fondamental interposé entre les deux divergeants consécutifs que sépare une incision, ou, ce qui est la même chose, que γ y est placé à l'extrémité libre des lames ligneuses des divergeants. C'est de cette façon que se terminent les bords libres des arcs antérieurs. Il y a là un seul ordre de faits qui semble dire *que quand un bipolaire s'élargit beaucoup et se trouve soumis à une dispersion dans la surface de sa double lame ligneuse, il s'incise en son milieu et laisse la région moyenne de son tissu sous la dépendance du tissu fondamental*. Ce fait s'observe chez toutes les Mégaphyllides, au moins au bord libre des faisceaux F^{ln} quand leur trace foliaire est incisée antérieurement. Il nous semble bien que c'est le même fait qui a été rencontré dans les stipes des *Selaginella Kraussiana*, *S. Apus*, et dans les rameaux grêles de la *Selaginella Lyallii*.

12. — Au cours de cette étude de la trace foliaire cyathéenne, notre attention a été attirée sur un autre fait très important, à cause de sa généralité chez les Mégaphyllides, nous voulons parler des *divergeants fermés*. Ces divergeants fermés sont une particularité très spéciale dans la manière d'être de leur pièce libéro-ligneuse élémentaire.

Dans les traces foliaires dialydivergentes, les faisceaux bipolaires élémentaires sont fortement pliés dans leur région

médiane, il en résulte que les groupes trachéens sont régulièrement rejetés au fond du sinus dont la profondeur peut s'accroître beaucoup. Cette disposition subsiste alors même que des incisions séparent les divergeants consécutifs de la trace. Or, il arrive souvent que les deux branches du divergeant ainsi libéré viennent se toucher en avant de son groupe trachéen. Il se produit alors une masse libéro-ligneuse à section circulaire pourvue d'un groupe trachéen presque central duquel partent, vers le bord externe le plus proche, deux lames de différenciation ligneuse. L'une s'incline à droite, l'autre à gauche et toutes deux se rejoignent antérieurement dans le prolongement l'une de l'autre. Ces deux lames ligneuses ont leurs vaisseaux scalariformes régulièrement croissants à mesure qu'on s'éloigne du groupe trachéen. La masse ligneuse fermée contient en dedans un peu de liber ou plus souvent quelques éléments d'amylome. A sa surface elle est tapissée d'une couche libérienne. Le groupe trachéen T d'une telle masse est un pôle double. La pièce elle-même est un divergeant fermé et nous la représentons par le symbole $\Upsilon \odot$. Par réduction ce divergeant fermé *peut tomber à l'état d'un point trachéen entouré de liber* (fig. 39, p. 75).

Les divergeants des Mégaphyllides prennent très facilement cette forme de divergeants fermés. On en trouvera de nombreux exemples dans les traces foliaires des Polypodiacées.

Nous laissons les *chaînes fermées* très près des divergeants fermés. Ces chaînes comportent régulièrement plusieurs divergeants dont les deux derniers s'unissent par leurs ailes libres. Elles comprennent au minimum deux divergeants, ou, ce qui est la même chose, deux faisceaux bipolaires unis pôle à pôle. Elles peuvent comprendre un plus grand nombre de faisceaux. On voit ces chaînes fermées à la base des régions d'émissions des pièces latérales des traces foliaires des grandes Fougères cyathéennes.

CHAPITRE IV. — *L'agencement des pièces libéro-ligneuses élémentaires dans la trace foliaire à plis doubles localisés sur les derniers faisceaux de l'arc postérieur. — Caractéristiques de la trace foliaire onocléenne. — Ses variantes immédiates.*

SOMMAIRE

A. — *La trace onocléenne.*

1. — La trace foliaire du *Struthiopteris germanica*. — Ses quatre divergeants groupés en deux chaînes binaires. — Ses faisceaux latéraux larges doublement plissés. — *L'Hippocampe polypodiacéen.*
2. — Les caractéristiques de la trace foliaire avec plis doubles localisés sur les derniers faisceaux latéraux postérieurs ou trace onocléenne.

B. — *Les variantes immédiates de la trace onocléenne.*

3. — La trace foliaire du *Davallia repens*. — Ses deux chaînes binaires confluent en un pôle double postérieur médian. — La trace onocléenne revient vers une trace osmondéenne réduite.
4. — La trace foliaire du *Polypodium Phegopteris*. — Le pli inverse des faisceaux larges devient un point de rebroussement.
5. — La trace foliaire du *Scolopendrium officinale*. — Les plis inverses de l'arc postérieur se joignent dans la surface de symétrie.
6. — La trace foliaire à groupes trachéens postérieurs terminaux T^r T^r_{g d} de l'*Asplenium trichomanes* et de l'*As. ruta muraria*. — *La trace marseillienne.* — La chaîne binaire à ailes extérieures réduites.
7. — L'extinction des deux groupes trachéens postérieurs de l'*Asplenium nidus avis*.
8. — La trace foliaire de l'*Onychium japonicum* avec son divergeant postérieur médian donnant un pôle double médian postérieur en plein bois.
9. — La trace foliaire du *Pellea geraniifolia* à bois décomposé en un groupe postérieur à pôle double médian et en un arc binaire plus antérieur.

Asplénies

A. — La trace onocléenne

1. Comparativement aux traces foliaires des grandes Fougères cyathéennes, celle du *Struthiopteris germanica* nous apparaît extrêmement simplifiée. Nous y retrouvons les mêmes pièces libéro-ligneuses élémentaires, elles y sont ajoutées de la même manière mais le nombre des unités y est moins élevé.

La trace du *Struthiopteris* contient seulement quatre divergents, deux postérieurs $\Upsilon^I_g, \Upsilon^I_d$ et deux marginaux $\Upsilon^{II}_g, \Upsilon^{II}_d$. Un petit faisceau médian postérieur F^M est incisé en deux par une longue boutonnière et ses moitiés $\frac{1}{2} g F^M, \frac{1}{2} d F^M$ sont plus ou moins écartées de la surface de symétrie. Les demi-arcs antérieurs comprennent chacun un seul demi-faisceau $\frac{1}{2} d F^{Ia}_g = \frac{1}{2} F^{Ib}_g, \frac{1}{2} g F^{Ia}_d = \frac{1}{2} F^{Ib}_d$. Dans cet exemple du *Struthiopteris* les demi-arcs antérieurs ont un développement exceptionnellement grand pour une Fougère polypodiacéenne, mais, si grands qu'ils soient, ils ne contiennent chacun qu'un demi-faisceau. Chaque demi-faisceau médian postérieur est réuni au demi-faisceau antérieur correspondant par un faisceau latéral F^I remarquablement élargi et doublement plié. Le double pli latéral postérieur de la trace cyathéenne est tout entier localisé sur ce faisceau large. Cette configuration spéciale n'est pas entièrement nouvelle pour nous. Nous l'avons déjà observée sur les traces cyathéennes, dans les régions où la trace se réduit à une chaîne de 4 à 6 termes. Nous avons vu aussi que ce double pli se poursuivait très loin sur les ramifications ultimes de la trace. Dans le *Struthiopteris* la première courbure ou *pli direct* se fait sur la partie du faisceau F^I qui touche le groupe trachéen T'. Cette première partie du faisceau représente donc plus particulièrement la

lame descendante du pli double. La seconde courbure ou *pli inverse* se fait au milieu du faisceau F^1 dans la région de son centre de figure et c'est la moitié marginale de ce faisceau qui forme *la branche ascendante du pli inverse*. La configuration spéciale du faisceau F^1 est rendue plus particulièrement sensible parce que le faisceau sur lequel elle s'exerce est extrêmement élargi.

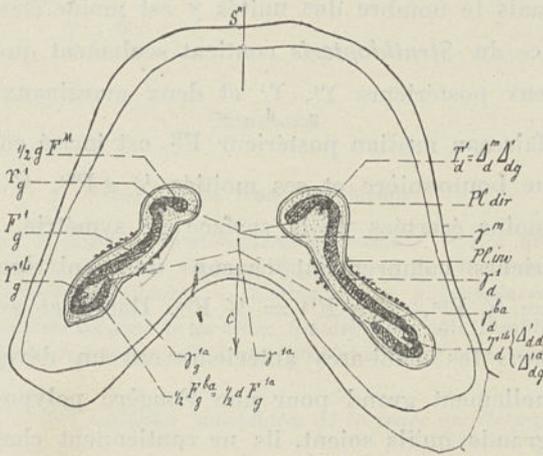


Fig. 46. — Section transversale du pétiole du *Struthiopteris germanica* prise dans sa région inférieure. — Gr. = 15.

La demi-trace gauche est notée en divergeants γ et en faisceaux bipolaires F .

La demi-trace droite est notée en pôles trachéens supposés simples T et en pôles doubles Δ .

La trace est à l'état de double chaîne binaire à moitiés indépendantes.

Le pli double est ainsi localisé sur les faisceaux $F^1 F^1$ qui sont les derniers faisceaux de l'arc postérieur. Ajoutons, pour achever de caractériser cette trace, que l'aile libre du divergeant γ^1 , et l'aile libre du divergeant γ^{1L} placé du même côté, sont adhérentes par leur liber antérieur au liber antérieur du faisceau F^1 qui les unit. La trace foliaire du *Struthiopteris* s'écrira donc :

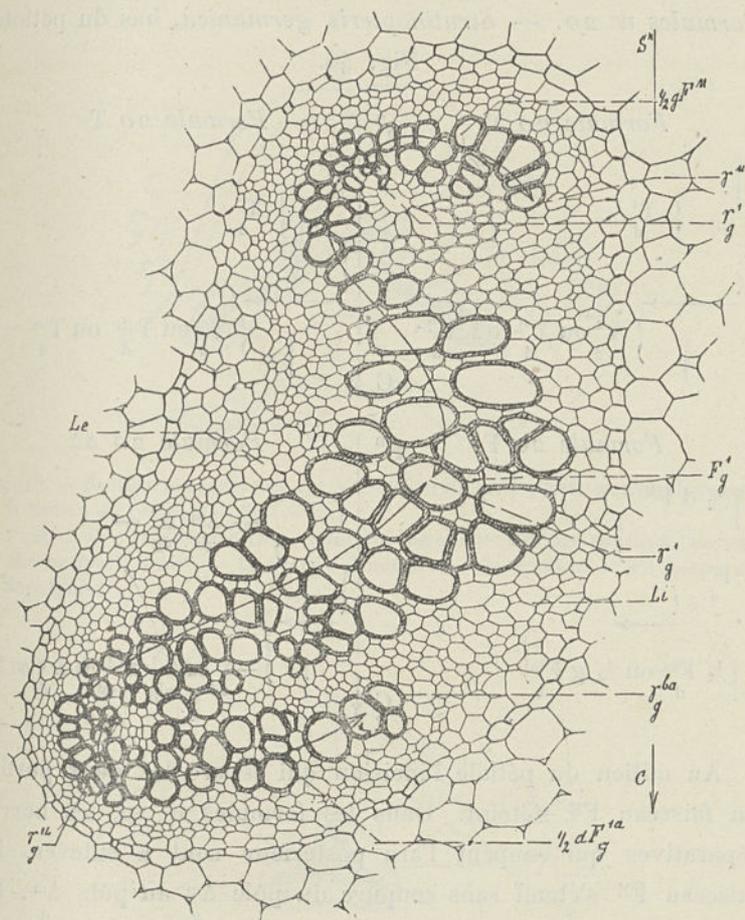


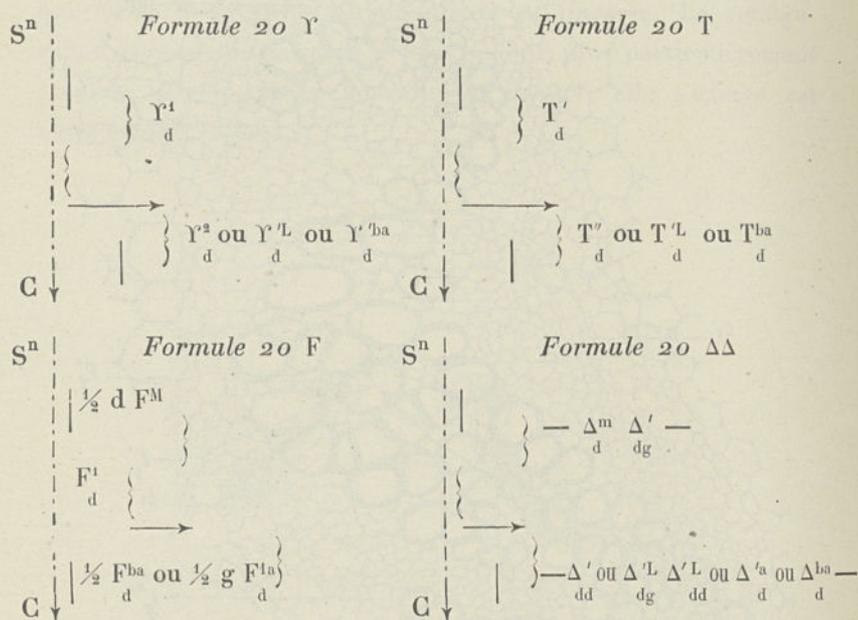
Fig. 47. — La demi-trace foliaire gauche de l'*Onoclea sensibilis*. — Gr = 150.

— Le grand épaissement du bois dans la région γ_g^1 est bien moins accusé chez *Struthiopteris germanica*. Cet épaissement de l'*Onoclea* prépare celui du *Polypodium Phegopteris* et celui du *Lomaria spicant*.

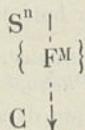
Le divergeant γ_g^{1L} , est en train de se fermer pour donner l'émission d'une nervure. On voit en même temps de quelle manière se prépare le nouveau divergeant qui le remplacera.

Formules n° 20. — *Struthiopteris germanica*, bas du pétiole.

Fig. 46.



Au milieu du pétiole l'incision qui sépare les deux parties du faisceau F^M s'éteint. Dans les formules n° 20, les barres séparatives qui coupent l'arc postérieur sont à enlever. Le faisceau F^M s'étend sans coupure du pôle Δ^m au pôle Δ^m . Le début de la formule 20 F est alors, Fig. 48 :



Dans la région supérieure de la trace, le faisceau F^M se réduit peu à peu et les pôles Δ'_{gd} Δ'_{dg} viennent se confondre en un seul groupe trachéen antérieur T' . La trace est très sem-

blable à celle d'*Aneimia*, formules n° 2, p. 23. Elle n'en diffère

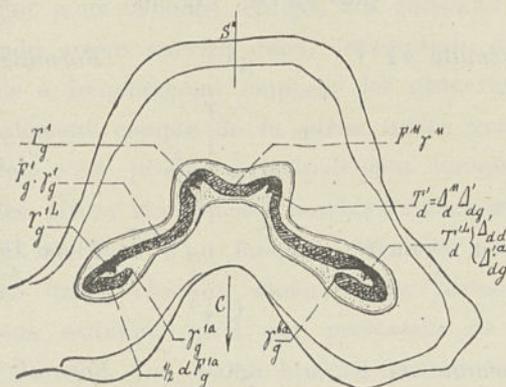


Fig. 48. — Section transversale du pétiole du *Struthiopteris germanica* vers le milieu du pétiole. — Gr. = 15.

A ce niveau la trace forme une double chaîne binaire continue, ou une chaîne quaternaire. — La trace est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

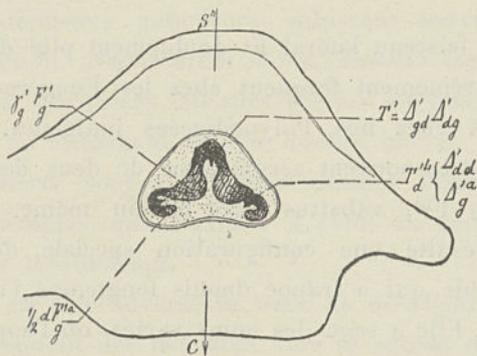


Fig. 49. — Section transversale du même pétiole dans une région où la trace est à l'état de chaîne ternaire. — Gr. = 15.

La trace est notée en faisceaux bipolaires et en divergeants.

que par l'indication plus forte des plis doubles d'où une sorte de Λ à flancs très évidés qui se lit :

guement incisé et dont les demi-arcs antérieurs sont assez développés. Convient-il de conserver l'usage de cette expression? En fait nous sommes obligés de constater qu'elle ne nous a rendu aucun service dans l'exposition des faits, et de plus, elle a fréquemment empêché les observateurs de se rendre exactement compte de la pièce qu'ils voulaient désigner. Le fait s'est produit principalement lorsqu'on avait à analyser des pièces simplifiées. Fondamentalement d'ailleurs, le mode de courbure d'un faisceau bipolaire un peu large, comme ceux des *Dicksonia*, amène cette forme en hippocampe. Nous estimons qu'il est préférable de laisser cette expression de côté. La chaîne binaire, formée d'un faisceau large et de deux demi-faisceaux, a une configuration en Σ , à angles mousses, qui ne nous paraît pas nécessiter une mention à part, elle est une conséquence de la convexité que prend la région médiane du faisceau élargi.

Cette configuration de la trace foliaire du *Struthiopteris* est l'une des plus répandues chez les Polypodiacées, les demi-faisceaux des demi-arcs antérieurs subissant souvent une très grande réduction, *Nephrodium molle*, *Doodia aspera*, etc.

L'émission des pièces latérales s'y fait en pinçant le divergeant Υ^{II} et en redonnant le pôle double latéral. Les nervures de *Struthiopteris* sont de petites chaînes binaires, ou des divergeants simples qui arrivent à l'état de cordons indéterminés à leur terminaison.

En lisant en sens inverse la trace de *Struthiopteris*, c'est-à-dire en descendant des nervures vers le pétiole nous dirions :

Les divergeants des petites nervures s'ajoutent latéralement et donnent une chaîne binaire dont les demi-arcs antérieurs se rabattent en avant. L'addition de nouveaux divergeants ou de nouvelles chaînes binaires se fait exclusivement sur ces régions marginales. Elle amène successivement la formation d'une chaîne ternaire à pôle médian postérieur et à

deux faisceaux larges $F^1_g F^1_d$ doublement plissés, puis celle d'une double chaîne binaire qui s'incise en son milieu. Celle-ci présente ses deux derniers faisceaux $F^1_g F^1_d$ élargis, les doubles plis latéraux y sont localisés.

2. — Les caractéristiques de la trace foliaire onocléenne sont les suivantes :

a) Les derniers faisceaux de l'arc postérieur sont élargis, et les plis doubles sont localisés sur ces faisceaux.

b) L'arc antérieur est représenté par deux demi-faisceaux. — Ceux-ci sont rabattus antérieurement vers la surface de symétrie CS^n chez *Struthiopteris*. — Nous verrons que dans les variantes de cette trace ces deux demi-faisceaux peuvent être placés dans le prolongement des branches ascendantes des plis inverses et même parfois légèrement rejetés en arrière.

c) L'arc antérieur est donc toujours très largement ouvert en son milieu.

d) La chaîne médiane postérieure est représentée par un seul faisceau, qui joue par suite le rôle de faisceau médian F^M . Il est incisé en son milieu chez *Struthiopteris*. Dès lors les pièces élémentaires sont unies en deux chaînes binaires symétriques distinctes comprenant chacune un faisceau latéral élargi, un demi-faisceau médian postérieur et un demi-faisceau médian antérieur. Ce sont ces chaînes binaires que l'on a appelées *hippocampes*. — Par réduction des demi-faisceaux postérieurs médians les deux chaînes binaires confluent postérieurement en donnant une chaîne ternaire continue à groupe trachéen médian. — Le double pli des derniers faisceaux latéraux postérieurs différencie les traces onocléennes réduites des traces osmondéennes réduites.

e) La pièce sortante se détache de la marge sous la forme d'un divergeant, ou même d'une petite chaîne binaire.

f) Les pièces libéro-ligneuses élémentaires ont le facies

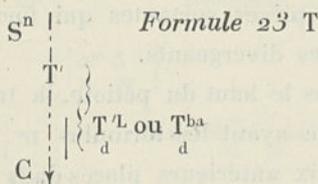
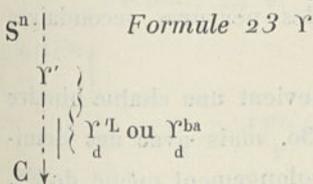
caractéristique des divergeants et des faisceaux bipolaires. Les divergeants unissent souvent leurs ailes par leur liber antérieur. Les faisceaux bipolaires élargis F^1_g, F^1_d tendent à présenter un notable épaissement de leur bois entre leur point γ et leur pôle double γ^{1L} .

Cette trace onocléenne est très répandue chez les Polypodiées, elle s'y présente accompagnée de petites variantes. Nous allons donner un aperçu sommaire de celles qui sont les plus intéressantes.

B. — Les variantes immédiates de la trace onocléenne

3. — La trace foliaire du *Davallia repens* montre réalisée, dès la base du pétiole, la réduction de la trace onocléenne que nous avons signalée formules n° 21 page 96. C'est-à-dire l'état de chaîne ternaire continue avec faisceaux F^1_g, F^1_d , élargis, doublement plissés. Les demi-faisceaux médians postérieurs $\frac{1}{2} g F^M, \frac{1}{2} d F^M$ sont réduits à zéro. Les groupes trachéens T^g, T^d ont conflué en un groupe médian T . Les deux chaînes binaires donnent ainsi une chaîne ternaire continue. Ses formules sont les formules n° 30 p. 3 dans lesquelles on conservera l'indication des deux plis doubles localisés sur les faisceaux latéraux larges F^1_g, F^1_d . En outre, on voit ici que les demi-faisceaux antérieurs, au lieu de se rabattre antérieurement, vers CS^a restent sur le prolongement des branches ascendantes des plis doubles.

Formules n° 23. — Pétiole du *Davallia repens*.



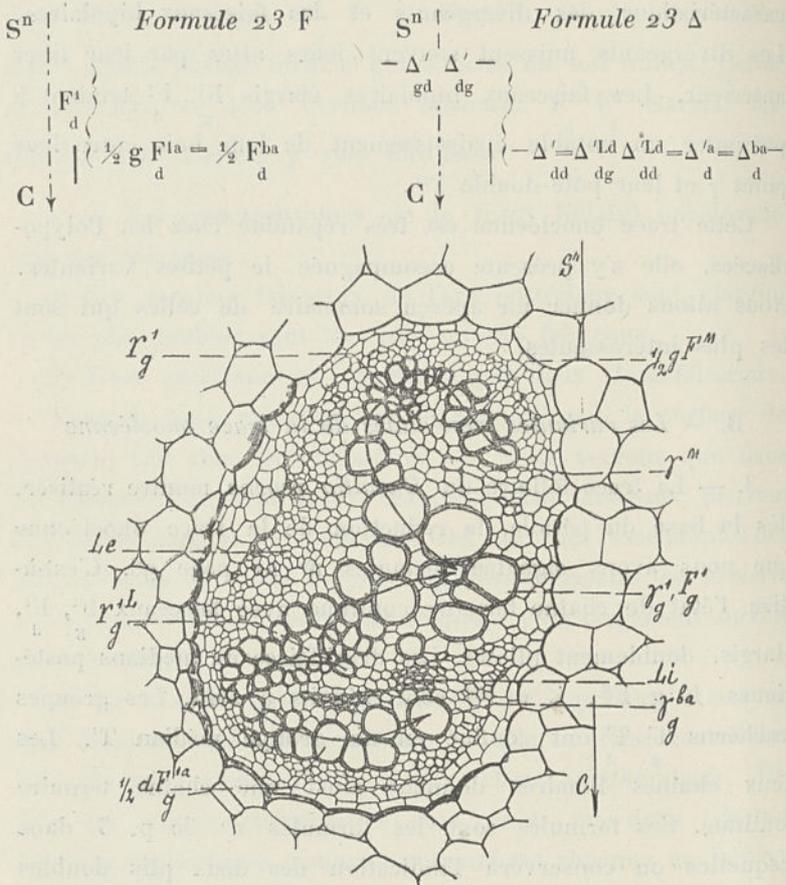


Fig. 50. — La demi-trace foliaire gauche du *Polypodium Phegopteris*. — Gr. = 150.

Elle est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

On remarquera la forte saillie du bois du faisceau F^1 vers la surface de symétrie dans la région γ_g^1 .

C S^n parallèle à la surface de symétrie.

On a marqué la direction des lignes de différenciation du bois.

Les pièces sortantes qui forment les nervures secondaires sont des divergeants.

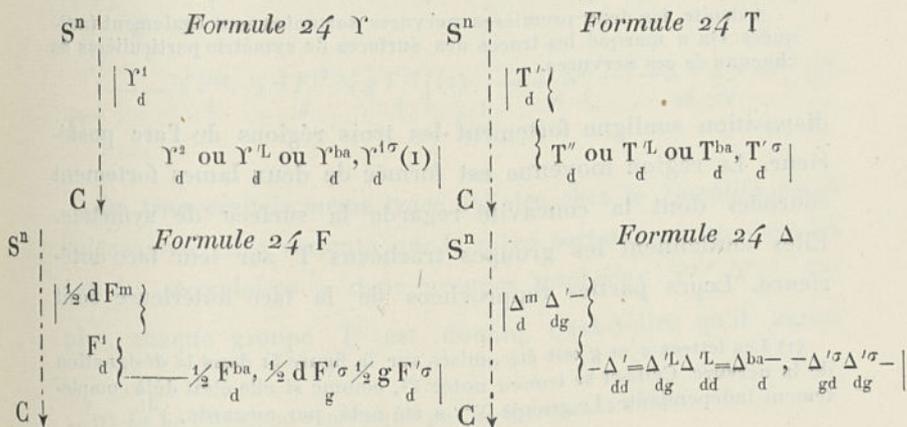
Dans le haut du pétiole, la trace devient une chaîne binaire médiane ayant les formules n° 3 p. 30, mais avec des demi-faisceaux antérieurs placés dans le prolongement même de F^M .

4. — A la base du pétiole, la trace foliaire du *Polypodium Phegopteris* nous montre une trace onocléenne dont les plis inverses sont si violemment accusés que la lame ligneuse éprouve, en ces points, un véritable rebroussement. Il n'y a pourtant pas de groupe trachéen en ces points. La seconde accolade des formules n° 20 devrait être remplacée par un pli brusque <. C'est là une différence bien faible, elle a pourtant dérouté plus d'un observateur. Fig. 50.

5. — A la base du pétiole du *Scolopendrium officinale*, nous trouvons une trace onocléenne, où les plis doubles sont indiqués par de légères ondulations. Les demi-faisceaux antérieurs $\frac{1}{2} d F_{g}^{1a}$, $\frac{1}{2} g F_{d}^{1a}$, et les demi-faisceaux médians postérieurs $\frac{1}{2} g F^{M}$, $\frac{1}{2} d F^{M}$, sont extrêmement réduits. Les demi-faisceaux antérieurs sont placés dans le prolongement des branches ascendantes des plis inverses. Ils ne sont pas ramenés vers CS^n . Enfin, à la suite de chacun des demi-faisceaux $\frac{1}{2} g F^{ba}$, $\frac{1}{2} d F^{ba}$, on voit un divergeant γ_g^σ , γ_d^σ , prêt à sortir dans la première nervure secondaire. Nous avons donc :

Formules n° 24.

Scolopendrium officinale. Base du pétiole fig. 51.



(1) σ désignant une sortie dans une nervure secondaire.

Ce très petit changement, dans la position des pièces de la chaîne binaire, suffit cependant à faire disparaître le facies en hippocampe de chaque chaîne binaire. *Polypodium Phegopteris* nous montrait, au contraire, l'accentuation violente du facies en hippocampe.

Au milieu du pétiole, les plis inverses de la trace s'accroissent fortement, ils se rapprochent et se touchent dans la surface de symétrie CS^n , comme le montre la figure 51. Cette

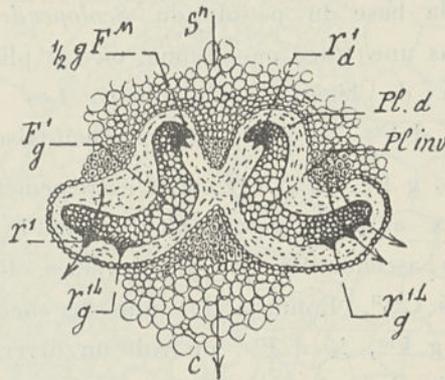


Fig. 51. — La trace foliaire du *Scolopendrium officinale* au milieu du pétiole. — Gr. = 30.

Les plis inverses se touchent dans la surface de symétrie CS^n .

A gauche, on a indiqué la première nervure sortante (r). Elle est placée dans le prolongement de la branche ascendante du pli inverse gauche.

A droite, les deux premières nervures sortantes sont également indiquées. On a marqué les traces des surfaces de symétrie particulières de chacune de ces nervures.

disposition souligne fortement les trois régions de l'arc postérieur. La région moyenne est formée de deux lames fortement courbées dont la concavité regarde la surface de symétrie. Elles contiennent les groupes trachéens T' sur leur face antérieure. Leurs parties rapprochées de la face antérieure sont

(r) Les lettres σ et g ont été omises sur la figure 51 dans la désignation de la nervure. Celle-ci se trouve notée r^g , comme si elle était déjà complètement indépendante. Le groupe r^{dL} a été noté, par mégarde, r^{dL} .

localement, dans le pétiole, un faisceau bipolaire F^L et un faisceau médian dans les sorties $F^{M\sigma}$. Dans la partie supérieure du pétiole principal de ce *Davallia* les deux groupes T'_g, T'_d , se réunissent en un seul, il en résulte la formation d'un *divergeant fermé postérieur*. Deux incisions, qui portent seulement sur les lames ligneuses, séparent la partie de ce *divergeant* qui contient le pôle du reste du bois. La trace reproduit alors la configuration d'une trace foliaire d'*Alsophila australis* prise dans la nervure médiane de la foliole, au point où les parties antérieure et postérieure de la trace sont coalescentes (1).

6. — A la base du pétiole de l'*Asplenium ruta muraria*, la trace onocléenne montre les deux demi-faisceaux médians $\frac{1}{2} g F^M, \frac{1}{2} d F^M$, réduits à leurs pôles. L'aile correspondante dans la chaîne binaire est presque nulle, indiquée seulement par le liber qui couvre le groupe trachéen T' correspondant. Les deux groupes T'_g, T'_d semblent donc terminer directement les lames ligneuses des faisceaux F^g, F^d vers la surface de symétrie. De même, les demi-faisceaux antérieurs $\frac{1}{2} d F^{1a}, \frac{1}{2} g F^{1a}$, étant très petits, et placés dans le prolongement des branches ascendantes des faisceaux F^g, F^d , il en résulte des traces à deux lames libéro-ligneuses distinctes, ou confluentes par leur liber, dans lesquelles les lames ligneuses se terminent par des groupes trachéens. Cette position nettement terminale est particulièrement accusée pour les groupes trachéens T'_g, T'_d . Les groupes T'^L_g, T'^L_d , sont moins nettement terminaux ; ils sont placés très près de la pointe, mais en restant encore nettement sur la face antérieure (2).

(1) Voir aussi figure 60 p. 111, la dispositif du *Pellea geraniifolia*.

(2) Le pli direct, de la double courbure des faisceaux élargis F^g, F^d , n'est pas sensible. On le retrouverait chez *A. bulbiferum*.

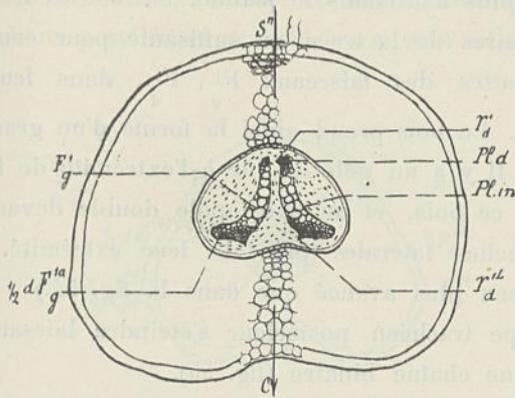


Fig. 52. — Section transversale du pétiole d'*Asplenium ruta muraria*, région inférieure. — Gr. = 50.

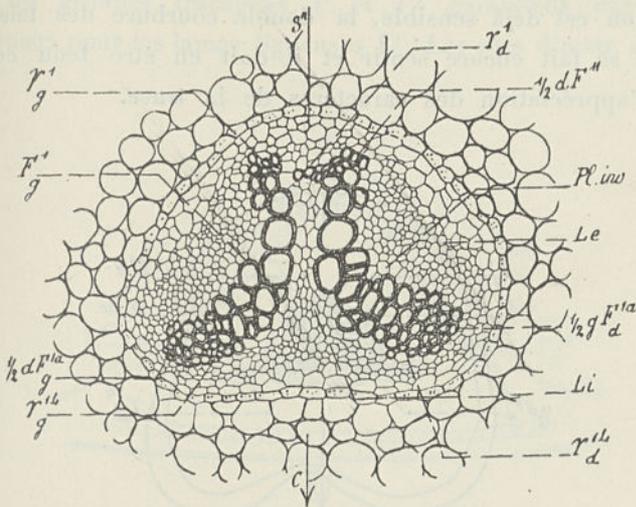


Fig. 53. — Section transversale de la trace foliaire d'*Asplenium ruta muraria* à la base du pétiole. — Gr. = 150.

Le divergeant γ^1_g est indiqué par un pointement polaire terminal. Le bois de son aile libre $\frac{1}{2}g F^M$ est réduit à zéro. Le pôle T^y devient ainsi terminal par rapport à la lame ligneuse du faisceau élargi F^1_g .

Le divergeant γ^1_d montre l'extinction du bois du demi-faisceau $\frac{1}{2}d F^M$. Le pôle T^y pointe encore nettement à la face inférieure du bois.

Un peu plus haut dans le pétiole, la coalescence des deux chaînes binaires de la trace est suffisante pour confondre les lames ligneuses des faisceaux F_g^1 , F_d^1 , dans leurs parties postérieures. Le bois prend ainsi la forme d'un grand upsilon renversé λ . Il y a un pôle double à l'extrémité de la branche médiane de ce bois, et un autre pôle double devant chacune de ses branches latérales près de leur extrémité. (Etat de fusion un peu plus avancé que dans la fig. 54.)

Le groupe trachéen postérieur s'éteindra laissant la trace réduite à une chaîne binaire (fig. 55).

Asplenium trichomanes nous présente les deux faisceaux F_g^1 , F_d^1 , coalescents par le pli inverse de leur lame ligneuse dès la base du pétiole. Dans ces traces d'*Asplenium* où la réduction est déjà sensible, la double courbure des faisceaux élargis se fait encore sentir et il doit en être tenu compte dans l'appréciation des caractères de la trace.

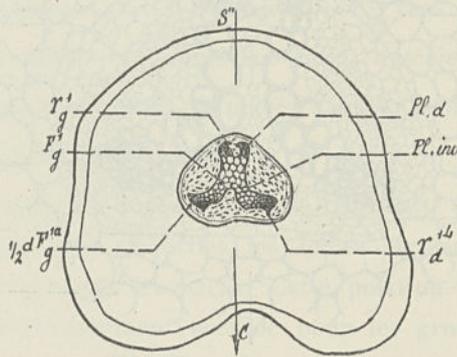


Fig. 54. — Section transversale du pétiole d'*Asplenium ruta muraria* en son milieu. — Gr. = 50.

Les deux faisceaux élargis F_g^1 , F_d^1 se touchent par leurs lames ligneuses dans la surface de symétrie $C S''$.

Ces exemples, tirés des *Asplenium*, nous amènent ainsi à des traces foliaires composées de deux chaînes binaires symétriques

rapprochées en arrière, écartées en avant, dont les demi-faisceaux médians postérieurs et antérieurs sont tellement réduits

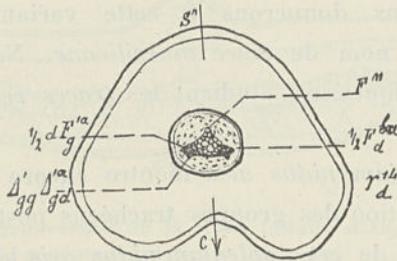


Fig. 55. — Section transversale du pétiole d'*A. ruta muraria* dans une région où la trace est arrivée à l'état de chaîne binaire à ailes libres très réduites. — Gr. = 50.

que les groupes trachéens T' et T^L paraissent exactement terminaux pour les lames ligneuses F'. Les plis directs des plis

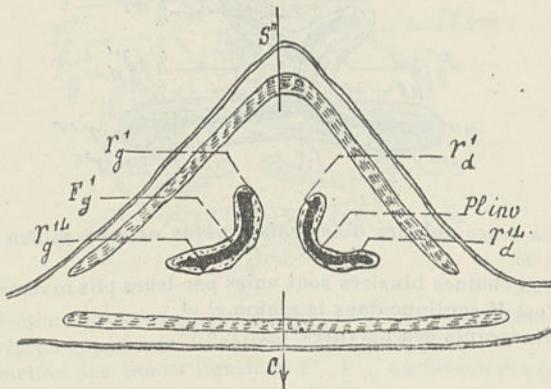


Fig. 56. — Section transversale du pétiole d'*Asplenium nidus avis*, région inférieure. — Gr. = 10.

La trace est à l'état de double chaîne binaire à moitiés séparées. Les plis directs sont presque insaisissables.

doubles n'y sont soulignés qu'accidentellement. Ces traces rentrent encore dans le type des traces onocléennes, elles y font toutefois une sorte de *sous-groupe* caractérisé par des

chaînes binaires à ailes extérieures très réduites. Que ces deux chaînes soient unies par le liber, la pièce résultante se montre réalisée dans les pétioles des *Marsilia* et des *Pilularia*. Nous donnerons à cette variante de la trace onocléenne le nom de *trace marsilienne*. Nous présenterons ses caractéristiques en étudiant les *traces réduites* au chapitre X, p. 193.

— *L'Asplenium nidus avis* montre encore un mode intéressant d'extinction des groupes trachéens postérieurs T'. Dans la trace foliaire de cet *Asplenium nidus avis* les demi-faisceaux médians F^M sont aussi extrêmement réduits ou même nuls, les groupes trachéens T', T'' , sont à l'extrémité postérieure des faisceaux F^1, F^1 , Tout en bas du pétiole nous n'avons pas de pièce sortante indiquée à la suite des groupes T'^L . — Un peu

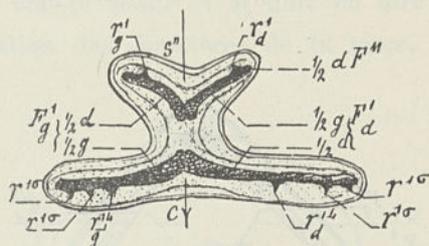


Fig. 57. — La trace foliaire d'*Asplenium nidus avis* au milieu du pétiole. — Gr. = 20.

Les deux chaînes binaires sont unies par leurs plis inverses. La bande ligneuse est discontinue dans la région $\gamma^1 \gamma^1$.
 $\gamma^1 \sigma$ Divergents des nervures.

plus haut sur la trace, les pièces sortantes γ^σ sont presque toujours au nombre de deux $\gamma''^\sigma, \gamma'^\sigma, \gamma^\sigma, \gamma''^\sigma$. Dans cette région plus élevée de la fronde, les deux faisceaux F^1 viennent se toucher par leurs plis inverses et leurs lames ligneuses se fusionnent dans la surface de symétrie. La lame ligneuse qui en résulte en forme de ∇ se scinde en deux parties : une pièce ∇ qui a des trachées à l'extrémité de chaque branche

libre, et une pièce \perp qui a 6 groupes trachéens à la partie

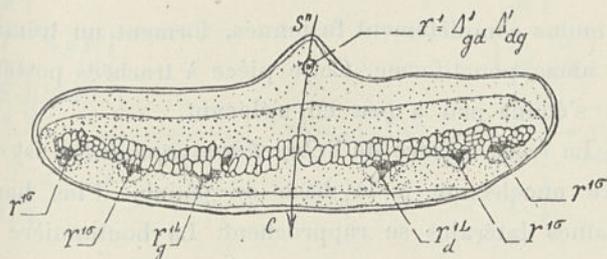


Fig. 58. — Section transversale de la trace foliaire d'*Asplenium nidus avis* dans le haut de la nervure médiane. — Gr. = 60.

La trace passe à l'état de chaîne binaire par extinction des divergents r^1_g, r^1_d . Ils sont ici réanis en un groupe trachéen isolé dans la région péricambiale du liber externe. La chaîne binaire restante est accompagnée des divergents des premières nervures sortantes. Celles-ci sont placées dans le prolongement des branches ascendantes de la trace.

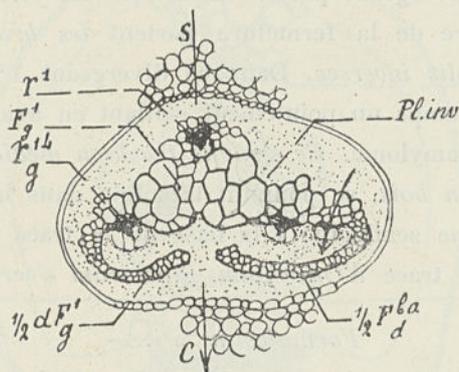


Fig. 59. — Section transversale de la trace foliaire d'*Onychium japonicum* dans la région supérieure du pétiole. — Gr. = 80.

La jonction des lames lignieuses F^1_g, F^1_d , au niveau des plis inverses, ferme le divergent r^1 , et donne un groupe trachéen T' enfermé en plein bois.

La trace est encore une chaîne ternaire avec une boucle médiane postérieure fermée.

A droite on a l'indication de la préparation d'une nervure secondaire. Les demi-faisceaux antérieurs sont très longs.

antérieure de sa branche horizontale, 3 à droite, 3 à gauche. 4 de ces groupes sont des nervures secondaires σ en prépa-

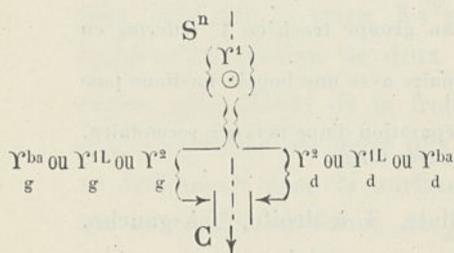
ration. — Vers le haut de la nervure médiane la pièce v se réduit à un i sur lequel les deux groupes trachéens T' , T'' , plus ou moins complètement fusionnés, forment un tréma, puis un seul amas ponctiforme. Cette pièce à trachées postérieures externes s'éteint peu à peu en s'élevant.

8. — La trace foliaire de l'*Onychium japonicum* est encore une trace onocléenne à la base du pétiole. Plus haut, ses deux chaînes latérales se rapprochent. La boutonnière postérieure se ferme, les deux groupes trachéens T' , T'' , se confondent en un seul T' . La trace est à l'état de chaîne ternaire avec deux faisceaux élargis. Encore plus haut, sous l'influence du pli inverse les parties convexes des faisceaux F^1 , F^2 , joignent leurs lames ligneuses dans la surface de symétrie; il en résulte un divergeant postérieur Υ^1 qui est fermé; et de la face antérieure de la fermeture partent les branches ascendantes des plis inverses. Dans ce divergeant Υ^1 les trachées forment longtemps un pointement saillant en avant, au milieu d'un amas d'amylome. Ce groupe trachéen médian postérieur placé en plein bois, se poursuit très loin dans la fronde. On voit un groupe semblable à la base de la trace foliaire dans la foliole. La trace d'*Onychium japonicum* s'écrit :

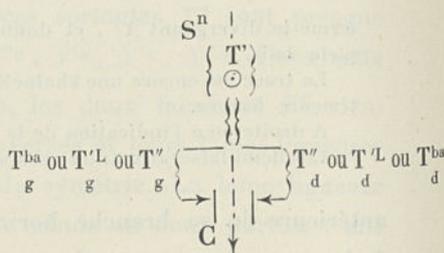
Formules n° 26. —

Onychium japonicum. — Haut du pétiole. Fig. 59.

Formule 26 Υ



Formule 26 T



La masse libéro-ligneuse unique, symétrique par rapport à CS^n , a son bois divisé en deux parties. Un groupe médian postérieur qui montre sa masse trachéenne T' placée en avant des gros vaisseaux, et un arc ligneux binaire avec deux groupes trachéens T^L , T^L , placés en avant. Les lames ligneuses des demi-faisceaux antérieurs $\frac{1}{2} d F_g^{1a}$, $\frac{1}{2} g F_d^{1a}$, sont légèrement rabattues en avant vers CS^n . Les formules de cette trace si différente d'aspect de la trace onocléenne type, sont celles qui sont inscrites sous le n° 18, p. 81.

Cette première série d'exemples donne une idée de la variété des formes réalisées par la trace onocléenne. La plupart ne sont pas assez importantes pour mériter la création d'un *sous-type* de trace.

Pteridées

CHAPITRE V. — *La trace foliaire avec deux ou plus de deux faisceaux postérieurs élargis mais sur lesquels les doubles plis latéraux sont de moins en moins localisés.* — *Les trachées en plein bois du Microlepia platyphylla.* — *Les plis supplémentaires de la chaîne médiane postérieure du Pteris aquilina.*

SOMMAIRE.

1. — La trace foliaire du *Gymnogramme tatarea* où les faisceaux latéraux élargis sont reliés par une chaîne médiane postérieure dialydivergeante.
2. — La trace du *Blechnum brasiliense* où la branche ascendante du pli inverse se prolonge au-delà du faisceau élargi par plusieurs faisceaux.
3. — La trace du *Lithobrochia vespertilionis* qui présente à la fois une chaîne médiane postérieure continue et des branches ascendantes prolongées au-delà du faisceau élargi. — Le faciès pelléen de cette trace à la base des pétioles secondaires.
4. — La trace du *Microlepia platyphylla*. — L'épaississement des lames ligneuses dans le haut des branches ascendantes. — Les groupes trachéens intérieurs.
5. — Application des données recueillies dans les exemples précédents à la lecture des traces du *Polypodium Heracleum* et du *Ceratopteris thalictroides*.
6. — La trace foliaire du *Goniopteris proliferum* à plus de deux faisceaux postérieurs élargis et à chaîne médiane postérieure débordant les origines des plis inverses.
7. — Les plis supplémentaires de la chaîne médiane postérieure du *Pteris aquilina*.

Dans ce cinquième chapitre, nous allons passer rapidement en revue une série d'exemples de traces foliaires qui montrent, soit des modifications plus étendues de la trace onocléenne,

soit des transitions entre la trace onocléenne et la trace cyathéenne. Certains des agencements que nous verrons réaliser présentent les masses libéro-ligneuses avec un faciès si spécial qu'il mérite d'être signalé. Aucun de ces exemples ne constitue un type organique assez tranché, ou assez répandu, pour mériter d'en faire une nouvelle forme de trace. Ainsi, on voit bien une tendance à produire une trace ptéridienne, mais celle-ci n'est complètement réalisée que dans un très petit nombre d'espèces; les plantes voisines en approchent plus ou moins en prenant un plus ou moins grand nombre des caractères spéciaux du *Pteris argyrea*; mais, sans sortir du genre *Pteris*, on retrouverait déjà la trace onocléenne pure. A moins de multiplier beaucoup les *sous-types*, ce qui en rendrait la distinction bien difficile, mieux vaut se borner à indiquer l'exemple des *Pteris* comme une variante de la trace onocléenne, en spécifiant bien le sens de cette variante.

1. — La trace foliaire du *Gymnogramme tatarea*, prise à la base du pétiole, présente les particularités suivantes : L'arc postérieur comprend trois faisceaux, incisés en leur milieu, entre les deux faisceaux élargis doublement plissés. Les deux demi-arcs antérieurs, composés chacun d'un demi-faisceau très court, sont rabattus en avant par une brusque courbure de leurs amorces. Le pli double est très nettement localisé sur les faisceaux élargis. *Gymnogramme tatarea* présente donc une trace onocléenne entre les chaînes binaires de laquelle on aurait intercalé deux divergeants libres. Nous avons appelé *chaîne médiane postérieure*, cette partie de l'arc postérieur intercalée entre les plis directs des plis doubles.

La trace du *Gymnogramme tatarea* s'écrira :

Formules nos 27. — *Gymnogramme tatarea*. Pétiole. Fig. 61.

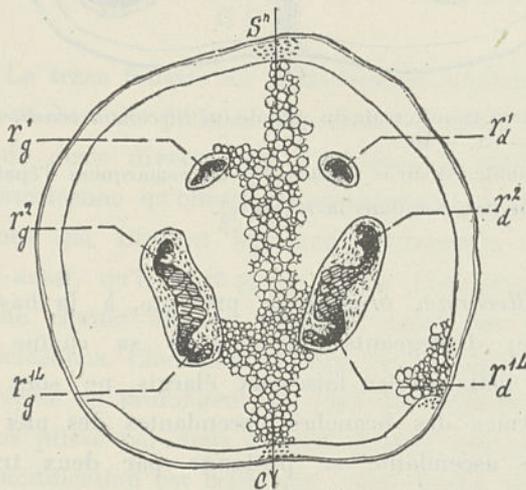
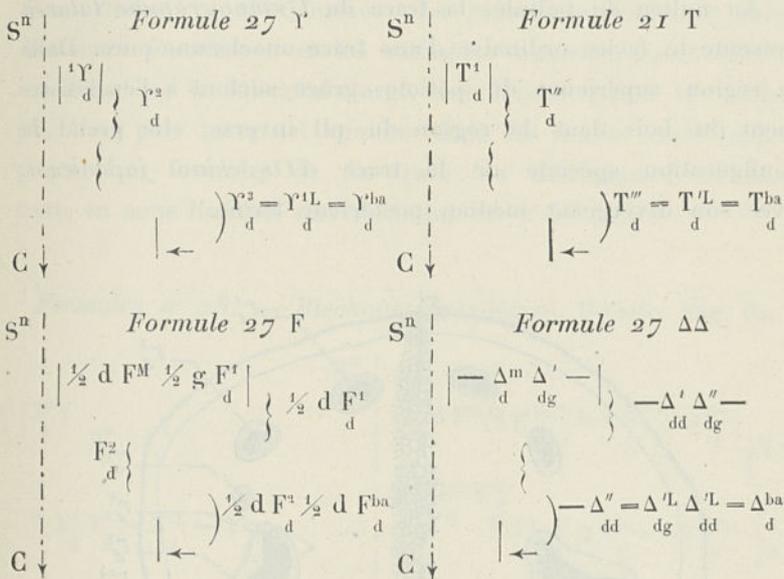


Fig. 61. — Section transversale du pétiole du *Gymnogramme tatarea*, région inférieure. — Gr. = 20.

La trace est notée en divergeants. Sa chaîne médiane postérieure contient deux divergeants indépendants.

Remarquons la tendance du bois à s'épaissir dans la région du pli inverse et vers le haut de la branche ascendante.

Au milieu du pétiole, la trace du *Gymnogramme latarea* présente le facies ordinaire d'une trace onocléenne pure. Dans la région supérieure du pétiole, grâce surtout à l'épaississement du bois dans la région du pli inverse, elle prend la configuration spéciale de la trace d'*Orychium japonicum*, avec son divergeant médian postérieur fermé.

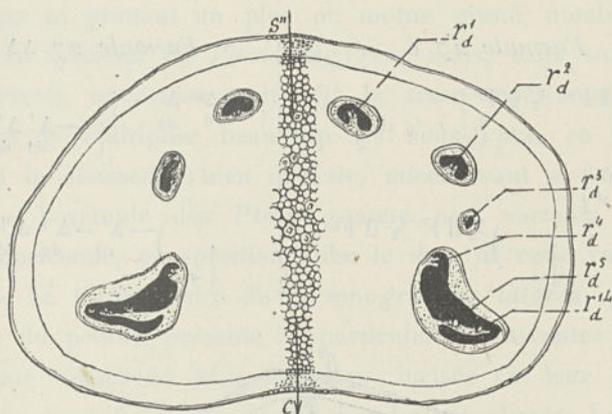


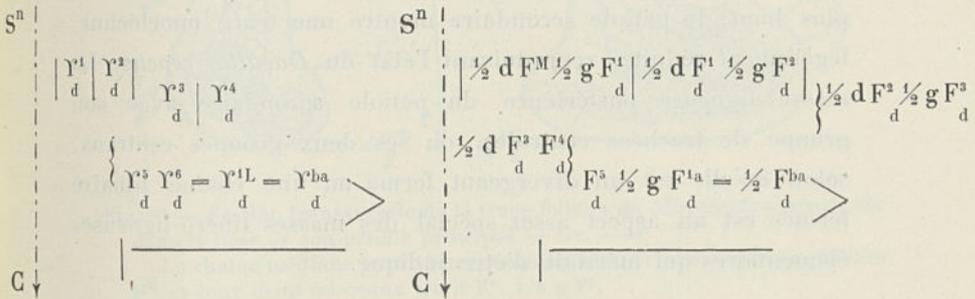
Fig. 62. — Section transversale du pétiole du *Blechnum brasiliense*, région inférieure. — Gr. = 10.

Le pli double est sur le faisceau R_d^4 . On remarquera l'épaississement de sa masse ligneuse dans la région γ_d^4 .

2. — *Blechnum brasiliense* présente, à la base de son pétiole, cinq divergeants libres dans sa chaîne médiane postérieure, mais ici les faisceaux élargis ne sont plus les derniers termes des branches ascendantes des plis inverses. La branche ascendante se prolonge par deux très petits faisceaux au delà du faisceau élargi. Les demi-faisceaux antérieurs très longs, sont rabattus brusquement devant les prolongements des branches ascendantes et ils adhèrent à

ces prolongements par leur liber antérieur. La nervure se détache de la marge sous la forme d'un divergeant fermé ou d'une chaîne binaire fermée. La principale différence entre *Blechnum brasiliense* et les exemples antérieurement décrits est donc que le faisceau élargi, sur lequel porte le double pli, n'est plus marginal comme dans les traces onocléennes pures. Les formules de la trace du *Blechnum brasiliense* sont, en nous limitant aux formules en Υ et en F :

Formules n° 28. — *Blechnum brasiliense*. Pétiole. Fig. 62.



3. — La trace foliaire du *Lithobrochia vespertilionis* nous présente, en bas du pétiole, une chaîne médiane postérieure continue de deux divergeants; c'est donc la modification de la trace onocléenne qu'offrait *Gymnogramme tatarea*, moins les incisions qui libèrent les deux divergeants ajoutés. On peut dire aussi, qu'il s'est ajouté, chez *Lithobrochia vespertilionis*, une chaîne binaire continue entre les deux demi-traces onocléennes. Chez *Lithobrochia*, les branches ascendantes du pli inverse se prolongent au delà du faisceau élargi et doublement plissé par deux petits faisceaux très grêles. Cette seconde modification est celle que nous avons signalée chez *Blechnum brasiliense*. *Lithobrochia vespertilionis* montre donc l'adjonction simultanée des modifications présentées par les traces du *Gymnogramme tatarea* et du *Blechnum brasiliense*.

L'émission du pétiole secondaire mérite d'être signalée, nous y retrouvons à l'œuvre, sous une forme réduite, le processus cyathéen. Pour donner un pétiole secondaire il se fait, soit une chaîne binaire fermée, soit un divergeant fermé, qui se détache sur le pli direct. Devant ce divergeant fermé vient se placer une chaîne binaire ouverte détachée de la région marginale de la trace. Elle enlève un faisceau et deux demi-faisceaux à l'extrémité de la trace. Le divergeant fermé postérieur restant noyé dans le liber externe le bois semble seul atteint par ces divisions. Le résultat est, pour la base du pétiole secondaire, un facies pelléen avec divergeant postérieur fermé. Un peu plus haut, le pétiole secondaire montre une trace onocléenne, légèrement réduite, reproduisant l'état du *Davallia repens*. La masse ligneuse postérieure du pétiole secondaire avec son groupe de trachées centrales, ou ses deux groupes centraux, selon qu'elle est un divergeant fermé ou une chaîne binaire fermée est un aspect assez spécial des masses libéro-ligneuses élémentaires qui méritait d'être indiqué.

4. — *Microlepia platyphylla* montre une chaîne médiane postérieure continue de 4 ou 5 divergeants entre les deux systèmes élargis et plissés ; c'est une chaîne médiane postérieure analogue à celle du *Lithobrochia*. La branche ascendante se prolonge par deux à cinq faisceaux très courts. Les demi-faisceaux antérieurs sont extraordinairement longs et rabattus en avant par une brusque courbure directe des amorces. Ce sont là deux modifications que nous avons déjà vues, mais *Microlepia platyphylla* exagère étonnamment une autre tendance. La masse des gros vaisseaux ligneux s'accroît énormément depuis le pli direct jusqu'en haut de la branche ascendante du pli inverse, le maximum est à peu près au niveau de la fin du faisceau élargi. Il en résulte très souvent, mais non toujours, que certains des

divergeants qui suivent le pli inverse sont fermés et que leurs trachées sont ainsi présentées en plein bois. Là où la masse des gros vaisseaux se réduit un peu le divergeant ouvre son bois et le groupe trachéen reparait à la partie antérieure de la lame ligneuse. Ces fermetures locales du bois

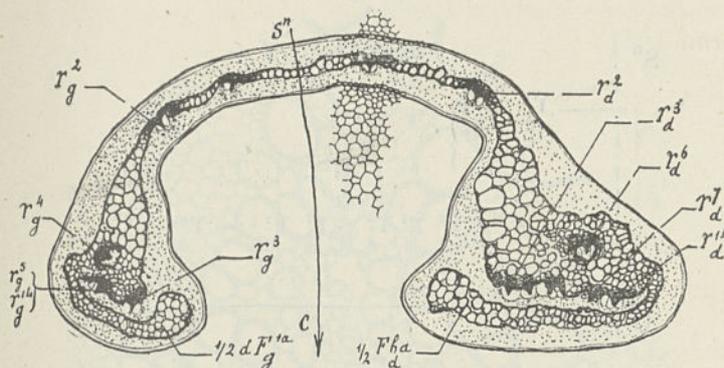


Fig. 63. — Section transversale de la trace foliaire du *Microlepidia platyphylla* dans la base de son pétiole principal. — Gr. = 22.

La chaîne médiane postérieure continue comprend un faisceau médian F^M et deux demi faisceaux $1/2 d F^1$ $1/2 g F^1$.

Le faisceau élargi F^3 n'est pas celui qui termine l'arc postérieur.

Le bois est très épais dans la branche ascendante du pli inverse.

A droite, il y a 5 divergeants entre le faisceau élargi et la région marginale. A gauche, il y en a 2 seulement (1).

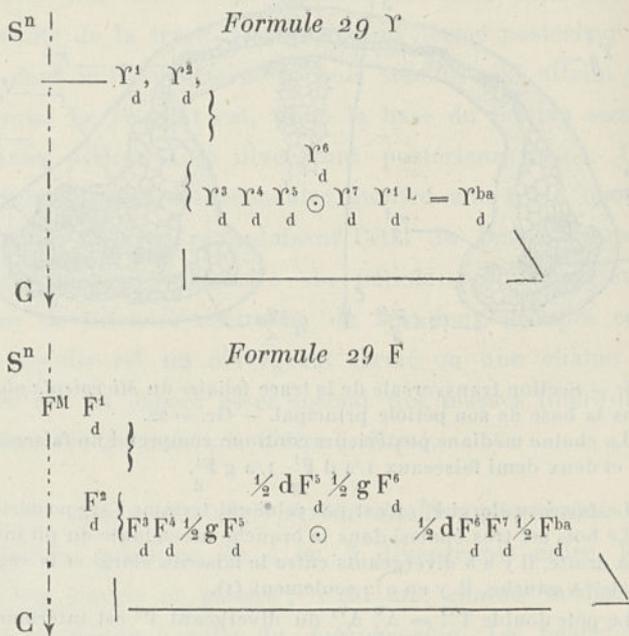
Le pôle double $T^{VI} = \Delta^V \Delta^{VI}$ du divergeant γ^6 est intérieur au bois où il forme une boucle locale fermée. — Le groupe T^4 du divergeant γ^{IV} est également intérieur au bois où il forme une seconde boucle locale fermée.

d'un divergeant produisent des figures si différentes de la manière d'être ordinaire des pièces libéro-ligneuses élémentaires qu'elles semblent, au premier abord, réaliser une exception à la composition de ces pièces. Chez *Microlepidia platyphylla* le bois des demi-faisceaux antérieurs s'élargit vers son extré-

(1) Ces variantes locales sont extrêmement fréquentes.

mité libre et présente en ce point une épaisseur considérable. Les formules n° 29 limitées aux formules en Υ et en F , montrent la manière de tenir compte de ces divergeants localement fermés du *Microlepidia platyphylla* :

Formules n°s 29. — *Microlepidia platyphylla*. Pétiole. Fig. 63.



5. — Nous allons appliquer les notions recueillies dans ces divers exemples à deux traces foliaires qui se rencontrent, la première chez un très grand Polypode : le *Polypodium Heracleum*, la seconde chez une Parkériacée : le *Ceratopteris thalictroides*, si curieux par son aquatisme.

Dans le *Polypodium Heracleum* le double pli latéral n'est plus localisé sur les faisceaux élargis. La branche descendante du pli direct présente 4 à 5 divergeants indépendants. La branche ascendante du pli inverse commence par 3 ou 4

divergeants libres, on rencontre alors les faisceaux élargis. Au niveau de ces faisceaux élargis, *par conséquent assez loin du début des plis inverses*, il y a jonction des faces internes des faisceaux élargis. Au delà les branches ascendantes se continuent par 4 divergeants libres formant un long palier parallèle

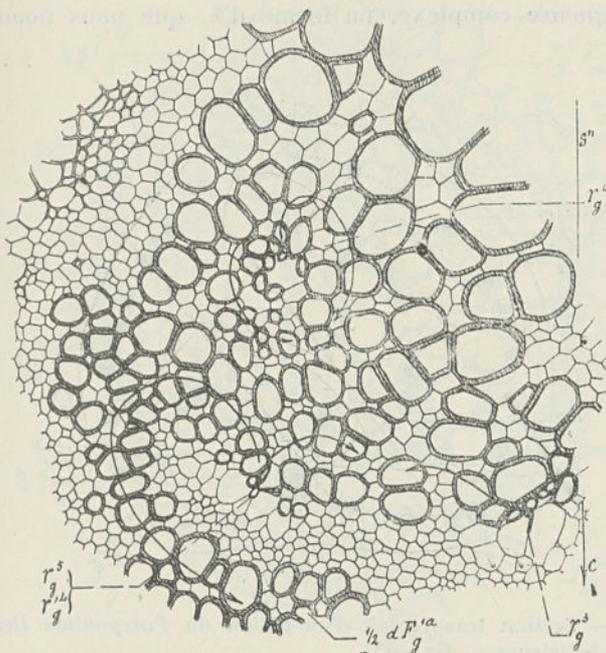


Fig. 64. — Détail de la région marginale gauche de la figure 63. — Gr. = 153.

Le pôle T^{IV} du divergeant r_g^4 est enfermé dans le bois entre r_g^5 et r_g^3 .

r_g^5 est le divergeant marginal.

à la surface supérieure de la fronde. Le dernier, ou parfois l'avant-dernier, des divergeants est celui qui présente le groupe trachéen T^L.

Un premier fait remarquable est qu'ici la jonction des branches ascendantes dans la surface de symétrie CSⁿ se fait, non pas comme dans les exemples précédents sur les

origines des plis inverses, mais beaucoup plus loin sur les branches ascendantes.

En second lieu, au point où les deux branches ascendantes se touchent dans la surface de symétrie, on voit que ce sont deux courtes chaînes binaires qui s'unissent par les faces ventrales de leurs deux faisceaux. Il en résulte une pièce libéro-ligneuse complexe, en forme d'X, que nous nommerons

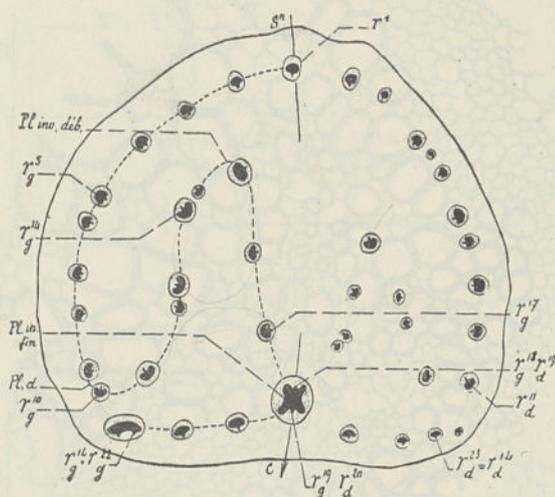


Fig. 65. — Section transversale d'un pétiole du *Polypodium Heracleum*, région inférieure. — Gr. = 5.

A gauche, on a tracé en traits discontinus la courbe jalonnée par les divergents.

un *quadruple* à cause de ses quatre groupes trachéens. Deux sont placés sur la face interne des jambages antérieurs du bois. Les deux autres sont sur la face interne des jambages postérieurs du bois. Le tout est entouré de liber. Le bois du quadruple est un massif souvent important, de gros vaisseaux. Cette pièce libéro-ligneuse avec trachées sur les deux faces internes de son massif ligneux *n'est pas une masse élémentaire, c'est une pièce composée* qui doit figurer dans chacune

des moitiés de la trace foliaire. La plupart des autres masses libéro-ligneuses de la trace du *Polypodium Heracleum* sont à l'état de divergeants simples, un petit nombre sont à l'état

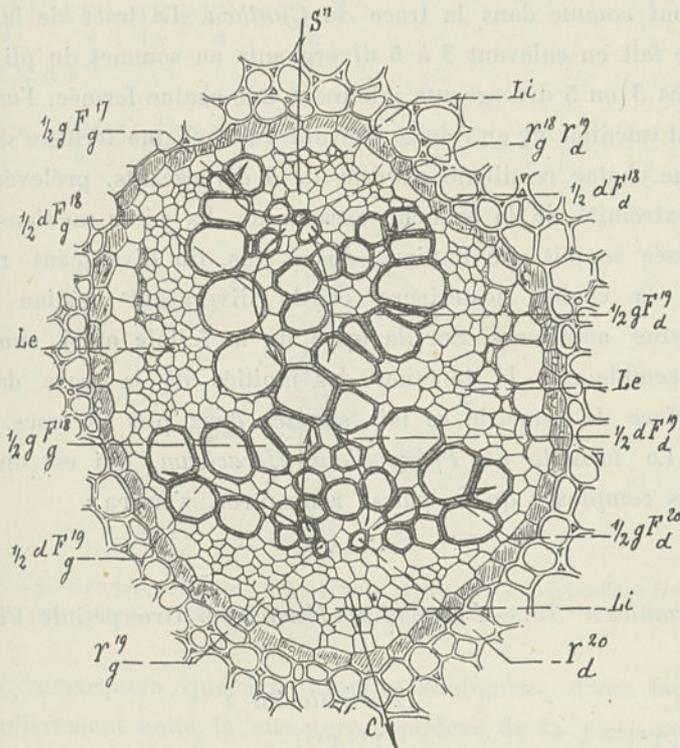


Fig. 66. — Section transversale du quadruple ou pièce complexe à quatre groupes trachéens résultant de l'union de deux chaînes binaires dans la surface de symétrie. — Pétiole du *Polypodium Heracleum*. — Gr = 150.

Ce quadruple à huit lignes de différenciation ligneuse. Il est noté en faisceaux bipolaires et en divergeants. On voit qu'il contient deux faisceaux bipolaires F^{18} , F^{19} , et quatre demi-faisceaux bipolaires $\frac{1}{2} d F^{19}$, $\frac{1}{2} g F^{17}$, $\frac{1}{2} d F^{18}$, $\frac{1}{2} g F^{20}$. — Les groupes trachéens T^{17} , T^{18} , sont rapprochés au contact. Il en est de même des groupes trachéens T^{18} , T^{19} . Le quadruple passe ainsi, par réduction, à l'état de pièce double.

de chaînes binaires à ailes libres réduites. Nous reviendrons sur cette particularité dans le Chapitre VII.

Le sommet des plis directs s'approche beaucoup de l'extrémité des branches ascendantes tout en restant en arrière de celles-ci. L'origine des plis inverses est donc *débordée et comme coiffée* par les côtés de la chaîne médiane postérieure tout comme dans la trace du *Cyathea*. La trace de la foliole se fait en enlevant 3 à 5 divergeants au sommet du pli direct. Ces 3 ou 5 divergeants jalonnent une chaîne fermée, l'un d'eux est médian et antérieur. Devant cette chaîne fermée se place une chaîne rectiligne ouverte de 3 divergeants, prélevée dans l'extrémité de la branche ascendante. La pièce médiane composée se fait par l'union, dos à dos, du divergeant médian de la chaîne postérieure et du divergeant médian de la chaîne antérieure. Sur la trace de la foliole ainsi simplifiée il semble que la jonction des moitiés de la trace dans la surface de symétrie se fait sur les deux plis inverses.

La formule du *Polypodium Heracleum*, qui est une des plus complexes qu'on puisse rencontrer, s'écrira :

Formules nos 30. — *Polypodium Heracleum*. Gros pétiole. Fig. 65.

$$\begin{array}{l}
 S^n \mid \\
 \left| \begin{array}{c} \Upsilon^1 \\ \Upsilon^2 \\ \vdots \\ \Upsilon^{18} \\ \Upsilon^{19} \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \Upsilon^2 \\ \vdots \\ \Upsilon^{10} \\ \Upsilon^{11} \end{array} \right| \\
 \left. \begin{array}{l} \Upsilon^{18} \\ \Upsilon^{19} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \Upsilon^{18} \\ \Upsilon^{19} \end{array} \right\} \\
 \left. \begin{array}{l} \Upsilon^{19} \\ \Upsilon^{20} \\ \Upsilon^{21} \\ \Upsilon^{22} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \Upsilon^{20} \\ \Upsilon^{21} \\ \Upsilon^{22} \end{array} \right\} \text{ ou } \left. \begin{array}{l} \Upsilon^{ba} \\ \Upsilon^{1\sigma} \end{array} \right\} \\
 C \downarrow
 \end{array}
 \quad \text{Formule 30 } \Upsilon
 \quad (1)$$

(1) Dans un pétiole bien régulier, les quatre divergeants du *quadruple* portent des notations symétriques. Ces pétioles absolument réguliers sont rares.

voit clairement ici que la nature très particulière de cette pièce exige qu'on spécifie nettement sa constitution.

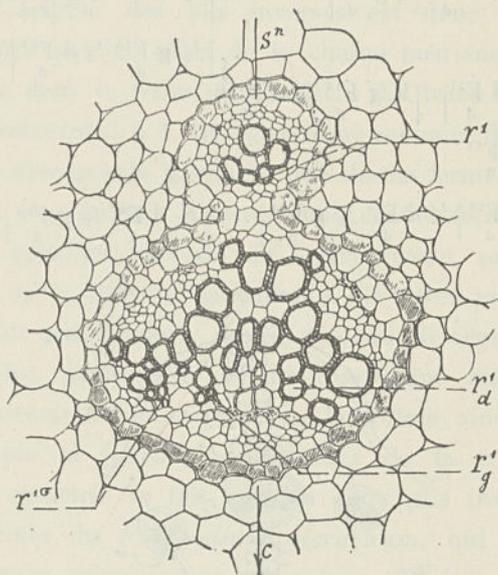


Fig. 68. — Section transversale de la trace foliaire du *Polypodium Heracleum* dans le haut de la nervure médiane. — Gr. = 150.

La trace est à l'état de chaîne ternaire. Le bois du divergeant Υ^1 est isolé dans le liber externe.

A gauche, la trace émet le divergeant $\Upsilon^1\sigma$.

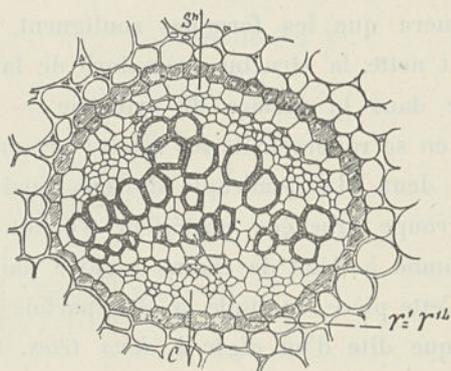


Fig. 69. — Section transversale de la trace foliaire du *Polypodium Heracleum*, plus près du sommet de la nervure médiane. — Gr. = 150.

La trace, descendue à l'état de divergeant simple va donner sur sa gauche un divergeant latéral ou nervure secondaire.

La chaîne médiane postérieure du *Polypodium Heracleum* disparaît graduellement, la trace tombe à l'état de chaîne binaire, puis de divergeant simple. Même alors on retrouve une indication de sa pièce multiple sous la forme d'un épaissement du bois au milieu du divergeant (fig. 69). On ne doit donc pas traiter les diverses nervures comme des pièces de même valeur, sans s'être assuré qu'elles sont vraiment comparables.

La trace foliaire du *Ceratopteris thalictroïdes* nous pré-

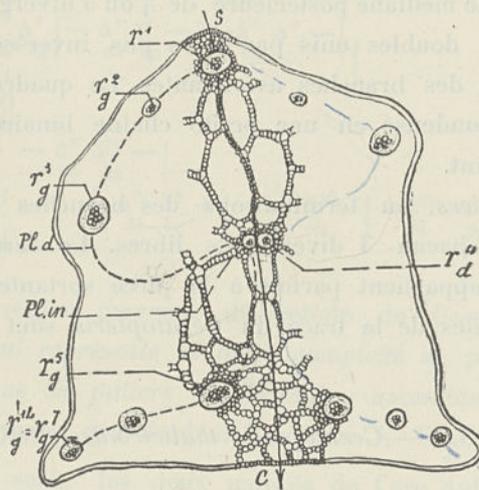


Fig. 70 — Section transversale du pétiole du *Ceratopteris thalictroïdes*, région inférieure. — Gr. = 15.

Dans la moitié gauche de la figure on a indiqué, en traits discontinus, la courbe jalonnée par les divergeants de la trace foliaire. On a indiqué le pli direct, le pli inverse et le palier de la branche ascendante.

sente l'application, à une forme plus réduite, des faits que nous venons d'étudier chez le *Polypodium Heracleum*.

A la base du pétiole, la trace foliaire du *Ceratopteris* présente :

1° Une première chaîne médiane postérieure dialydivergente de 4 ou 5 divergeants dont les trachées regardent en avant.

2° Une petite chaîne binaire ou un divergeant médian à trachées antérieures placé devant la chaîne postérieure.

3° Un arc formé de deux chaînes dialydivergentes symétriques comprenant chacune trois divergeants à trachées antérieures.

Toutes les pièces de la trace semblent être des divergeants simples.

D'après ce que nous venons de voir chez les grands *Poly-podium* nous savons qu'il faut lire cette trace.

Une chaîne médiane postérieure de 4 ou 5 divergeants libres.

Deux plis doubles unis par leurs plis inverses, ou même par un point des branches ascendantes. Le quadruple qui en résulte est condensé en une petite chaîne binaire ou en un seul divergeant.

Deux *paliers*, ou terminaisons des branches ascendantes, comprenant chacun 3 divergeants libres. Le dernier de ces divergeants appartient parfois à la pièce sortante.

Les formules de la trace du *Ceratopteris* sont donc :

Formules n° 31. — *Ceratopteris thalictroïdes*. Pétiole. Fig. 70.

Sⁿ | Formule 31 Y

$$\left| \begin{array}{c} \gamma^1 \\ \gamma^2 \\ \gamma^3 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \gamma^4 \\ \gamma^5 \\ \gamma^6 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \gamma^7 \\ \gamma^8 \\ \gamma^9 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \gamma^{10} \\ \gamma^{11} \\ \gamma^{12} \end{array} \right| \left. \vphantom{\left| \begin{array}{c} \gamma^1 \\ \gamma^2 \\ \gamma^3 \end{array} \right|}} \right\}$$

$$\left. \vphantom{\left| \begin{array}{c} \gamma^1 \\ \gamma^2 \\ \gamma^3 \end{array} \right|}} \right\} \left\{ \left| \begin{array}{c} \gamma^{13} \\ \gamma^{14} \end{array} \right| \right\}$$

$$C \downarrow \left| \begin{array}{c} \gamma^{15} \\ \gamma^{16} \\ \gamma^{17} \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \gamma^{18} \\ \gamma^{19} \\ \gamma^{20} \end{array} \right| \text{ ou } \left| \begin{array}{c} \gamma^{21} \\ \gamma^{22} \\ \gamma^{23} \end{array} \right| \text{ ou } \left| \begin{array}{c} \gamma^{24} \\ \gamma^{25} \\ \gamma^{26} \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \gamma^{27} \\ \gamma^{28} \\ \gamma^{29} \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \gamma^{30} \\ \gamma^{31} \\ \gamma^{32} \end{array} \right|$$

Sⁿ | Formule 31 T

$$\left| \begin{array}{c} T^1 \\ T^2 \\ T^3 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} T^4 \\ T^5 \\ T^6 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} T^7 \\ T^8 \\ T^9 \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} T^{10} \\ T^{11} \\ T^{12} \end{array} \right| \left. \vphantom{\left| \begin{array}{c} T^1 \\ T^2 \\ T^3 \end{array} \right|}} \right\}$$

$$\left. \vphantom{\left| \begin{array}{c} T^1 \\ T^2 \\ T^3 \end{array} \right|}} \right\} \left\{ \left| \begin{array}{c} T^{13} \\ T^{14} \end{array} \right| \right\}$$

$$C \downarrow \left| \begin{array}{c} T^{15} \\ T^{16} \\ T^{17} \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} T^{18} \\ T^{19} \\ T^{20} \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} T^{21} \\ T^{22} \\ T^{23} \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} T^{24} \\ T^{25} \\ T^{26} \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} T^{27} \\ T^{28} \\ T^{29} \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} T^{30} \\ T^{31} \\ T^{32} \end{array} \right|$$

$$\begin{array}{c}
 S^n \downarrow \\
 \left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} d F^1 \frac{1}{2} g F^1 \mid \frac{1}{2} d F^1 \frac{1}{2} g F^2 \mid \frac{1}{2} d F^2 \frac{1}{2} g F^3 \mid \\ \frac{1}{2} d F^4 \frac{1}{2} g F^3 \mid \frac{1}{2} d F^3 \frac{1}{2} g F^4 \mid \\ \frac{1}{2} d F^4 \frac{1}{2} g F^5 \mid \frac{1}{2} d F^5 \frac{1}{2} g F^6 \mid \frac{1}{2} d F^6 \frac{1}{2} g F^{ba} \mid \end{array} \right\} \\
 \downarrow \\
 C \downarrow
 \end{array}$$

Formule 3 I F

$$\begin{array}{c}
 S^n \downarrow \\
 \left. \begin{array}{l} \left| - \frac{\Delta'}{gd} \frac{\Delta'}{dg} \right| - \frac{\Delta'}{dd} \frac{\Delta''}{dg} - \left| - \frac{\Delta''}{dd} \frac{\Delta'''}{dg} - \right| \\ \left| - \frac{\Delta^{IV}}{gd} \frac{\Delta'''}{gg} - \frac{\Delta'''}{dd} \frac{\Delta^{IV}}{dg} - \right| \\ - \frac{\Delta^{IV}}{dd} \frac{\Delta^V}{dg} - \left| - \frac{\Delta^V}{dd} \frac{\Delta^{VI}}{dg} - \right| - \frac{\Delta^{VI}}{dd} = \frac{\Delta^L}{dg} \frac{\Delta^L}{dd} = \frac{\Delta^{ba}}{d} - \end{array} \right\} \\
 \downarrow \\
 C \downarrow
 \end{array}$$

Formule 3 I ΔΔ

Dans la région moyenne du pétiole du *Ceratopteris*, la *divergeant* qui représente la pièce complexe se place sur la même arc que les paliers des branches ascendantes.

On remarquera que les demi-faisceaux $\frac{1}{2} F^{ba}$, $\frac{1}{2} F^g$, qui représentent seuls les deux moitiés de l'arc antérieur, sont placés dans le prolongement direct des branches ascendantes.

6. — La trace foliaire du *Goniopteris proliferum* et celle du *Dennstaedtia davallioides* nous montrent deux ou trois faisceaux élargis formant la branche descendante du pli direct et la base de la branche ascendante du pli inverse. La localisation des plis doubles sur un seul faisceau élargi a fait place à un élargissement de plusieurs faisceaux dans la région des plis doubles. C'est la transition entre la manière d'être de la trace onocléenne et celle des traces cyathéennes. Chez *Goniopteris* nous constatons en outre la formation de

plusieurs boucles fermées dans la région du pli direct, sur le palier de la branche ascendante, et même dans les parties de la chaîne médiane postérieure voisines de la surface de symétrie. Du fait de ces *chaînes fermées*, pendantes après la *chaîne principale*, la trace prend une physionomie très à part.

7. — La trace du *Pteris aquilina* présente une chaîne médiane postérieure à nombreuses incisions, débordant sur

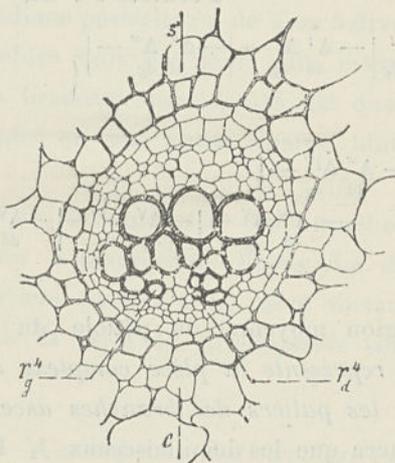


Fig. 71. — Section transversale de la pièce complexe, ou quadruple, de la fronde du *Ceratopteris thalictroides*. Elle est réduite à une petite chaîne binaire par l'absence de ses deux groupes trachéens postérieurs.

La pièce complexe est ici une chaîne binaire discontinue ou continue

l'origine des plis inverses, avec cinq plis supplémentaires : deux sont directs et trois sont inverses. Ils correspondent, à peu près, à trois sinus du contour de la trace ; l'un de ces sinus est médian, les deux autres sont latéraux et symétriques. Les deux plis directs supplémentaires forment deux sommets symétriques. On compte jusqu'à 19 divergeants libres, ou joints 2 à 2 en chaînes binaires, dans la chaîne médiane postérieure. Dans cette trace du *Pteris aquilina*, comme dans la

trace cyathéenne, la chaîne médiane postérieure est la partie de l'arc postérieur comprise entre les sommets des deux plis directs primitifs de la trace. La courbure du pli direct se fait indifféremment sur un divergeant ou entre deux divergeants. Il y a 3 divergeants dans la branche descendante du pli double. Il y a 6 à 9 divergeants dans la branche ascendante du pli inverse avec un palier très accusé. Les divergeants de la branche descendante sont isolés ou unis en chaînes binaires ou ternaires. Les faisceaux les plus inférieurs de la branche ascendante sont un peu élargis, mais ce

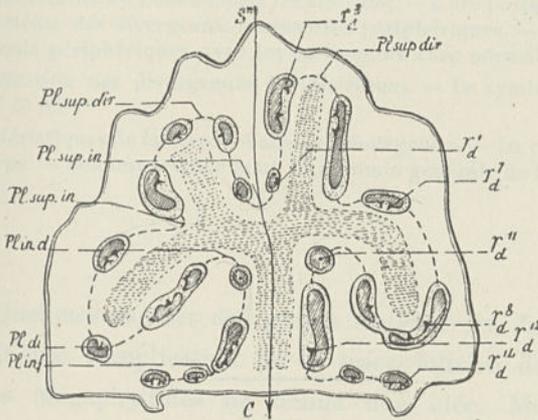


Fig. 72. — Section transversale d'un pétiole primaire du *Pteris aquilina*, dans sa partie inférieure après la libération du stipe latéral. — Gr. = 9.

Pl. sup. Plis supplémentaires sur la chaîne médiane postérieure.

Pl. sup. dir. Pli supplémentaire direct. Pl. sup. in. Pli supplémentaire inverse.

caractère est extrêmement affaibli. Les deux demi-faisceaux antérieurs de la trace sont extrêmement petits, à peine indiqués par un très petit crochet ; il suffit pourtant à montrer la tendance à rabattre les demi-arcs antérieurs en avant vers $C S^n$.

Dans le pétiole secondaire, le pli supplémentaire inverse médian est encore très fort ; ses deux branches ascendantes

comprennent un seul divergeant dont l'aile rapprochée de $C S^a$ est très forte. Toute la partie comprise entre le sommet du pli direct supplémentaire et le sommet du pli direct primitif est représentée par un seul divergeant libre. La branche descendante du pli direct primitif est une chaîne continue de deux divergeants. La branche ascendante du pli inverse primitif est une chaîne binaire continue. L'aile terminale externe de γ^{1L} très petite contient un demi-faisceau antérieur courbé en crochet.

La base du pétiole de la foliole montre une trace on-cléenne pure.

CHAPITRE VI. — *La trace foliaire à divergeants accessoires périphériques ou trace polybotryenne.*

SOMMAIRE

1. — La trace foliaire du *Lomariopsis fraxinifolia*. — L'arc postérieur normal. — Le système des divergeants accessoires périphériques. — Rapports des divergeants périphériques avec les cordons de l'arc normal.
2. — Signification des divergeants périphériques. — Le symbole γ AP. La forme $\gamma \odot$ AP.
3. — Caractéristiques de la trace foliaire polybotryenne. — La rareté relative de ce type. — Son importance pour l'Anatomie générale de la fronde.

1. — Quelques espèces des genres *Polybotrya*, *Lomariopsis*, présentent une complication de la trace foliaire dont aucune des autres Mégaphyllides ne donne une idée. Mettenius l'a signalée chez le *Polybotrya Meyeriana*. Nous avons pu l'étudier chez le *Lomariopsis fraxinifolia*. Cette complication de la trace foliaire des *Polybotrya* et des *Lomariopsis* en fait un type organique à part que nous appellerons : *trace polybotryenne*. Malgré sa rareté, nous n'hésitons pas à faire de cette trace un type organique spécial, parce qu'il nous révèle un mode de complication possible de la trace tout à fait inattendu, dont aucune des autres Mégaphyllides actuelles ne nous a présenté la préparation. L'analyse des stipes nous apprend pourtant qu'elle serait possible chez quelques Cyathées qui la présentent dans leur stipe, mais on ne la retrouve pas dans leur fronde au-dessus de leur cicatrice foliaire. La

Paléontologie végétale trouvera dans ces faits de précieuses indications.

A la base du pétiole du *Lomariopsis fraxinifolia*, la trace foliaire présente deux systèmes de cordons libéro-ligneux, un système normal, constitué comme ceux que nous venons d'étudier, et un système supplémentaire périphérique compris entre le système normal et la surface. Ce système périphérique est composé de divergeants indépendants, les uns ouverts, les autres fermés, reliés entre eux par quelques rares filets obliques, formant tous ensemble un réseau superficiel.

Le système normal du *Lomariopsis* comprend :

1° Une chaîne médiane postérieure binaire à deux divergeants fermés symétriques $\odot \Upsilon^1_g, \Upsilon^1_d \odot$. Ils marquent les sommets des plis directs primitifs ;

2° Un divergeant médian fermé Υ^2 qui marque la jonction des plis inverses de la trace. Il n'est pas possible de dire si ce divergeant médian est sur les plis inverses eux-mêmes ou s'il est placé plus haut sur les branches ascendantes.

3° Deux divergeants latéraux symétriques $\Upsilon^{1L}_g, \Upsilon^{1L}_d$, remarquables parce que leur branche ascendante est très grande et très forte à son extrémité voisine de $C S^n$. — Les demi-faisceaux $\frac{1}{2} d F^{ba}_g, \frac{1}{2} g F^{ba}_d$ sont petits et rabattus en avant vers $C S^n$ par une courbure brusque de leurs amorces. Leur liber antérieur adhère au liber antérieur du demi-faisceau qui les précède.

Cette première portion de la trace rentre dans les modifications de la trace onocléenne que nous avons étudiées dans le Chapitre V. Nous sommes donc là en présence d'un système libéro-ligneux tel que ceux que nous avons étudiés, formé des mêmes pièces : divergeants et faisceaux bipolaires, arrangés comme dans les traces onocléennes modifiées. Les faisceaux élargis sont ici les deux derniers de l'arc postérieur.

Extérieurement à ce premier système de cordon libéroligneux, entre lui et la surface du pétiole, il en existe un autre qui a des rapports tout différents du premier. Tandis que le système normal ou intérieur est en rapport avec les faisceaux intérieurs du stipe, *le système des cordons périphériques de la fronde est en rapport avec le système des cordons libéroligneux périphériques du stipe.*

Le système périphérique du pétiole est formé de divergeants indépendants. Beaucoup sont ouverts. Certains autres sont fermés. Comme ils s'anastomosent quelquefois entre eux latéralement, la section transversale peut les présenter en des points où ils forment une chaîne binaire.

A la base du pétiole du *Lomariopsis*, il y a une première chaîne discontinue de 4 à 5 divergeants périphériques à trachées antérieures entre les divergeants $\odot \Upsilon^f$, $\Upsilon^f \odot$, et la surface externe du pétiole (Fig. 73). En second lieu, on trouve deux divergeants ouverts symétriques dont les trachées regardent vers la partie antérieure de CS^a . Ces divergeants sont placés au niveau des plis directs, mais un peu plus extérieurement. Ils sont un peu plus rapprochés de la face antérieure du pétiole. Enfin, il y a deux groupes symétriques de deux divergeants ouverts dont les trachées regardent la face postérieure du pétiole. Ces derniers divergeants sont compris entre les demi-arcs antérieurs et la face antérieure du pétiole (1).

2. — Ces cordons libéroligneux périphériques du *Lomariopsis fraxinifolia* sont des divergeants. Ils s'ajoutent par

(1) Les figures du *Polybotrya Meyeriana* données par Mettenius (2) montrent un système des divergeants périphériques beaucoup plus développé que celui du *Lomariopsis* autour d'une trace de *Didymochlæna*.

(2) G. Mettenius. Ueber den Bau der Angiopteris. Pl. VII, fig. 2, nos 7, 8.

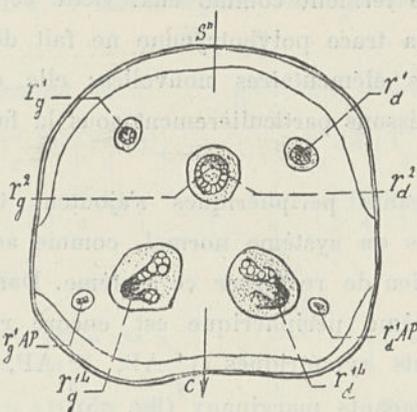


Fig. 75. — Section transversale du pétiole du *Lomariopsis fraxinifolia* dans sa région supérieure. — Gr. = 20.

Il n'y a plus que deux divergeants accessoires périphériques. γ^1 AP.
 γ^1 AP
 g d

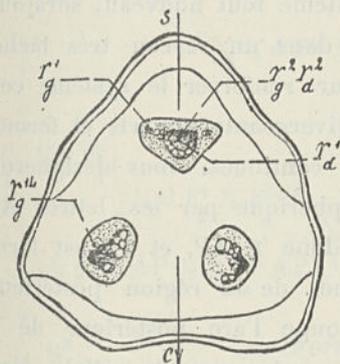


Fig. 76. — Section transversale de la base de la foliole terminale du *Lomariopsis fraxinifolia*. — Gr. = 30.

Les divergeants γ^1 γ^1 s'éteignent.
 g d
 — Il n'y a plus de divergeants accessoires périphériques. — L'ensemble de la trace se réduit à une chaîne ternaire discontinue dont le terme médian est un divergeant fermé (1).

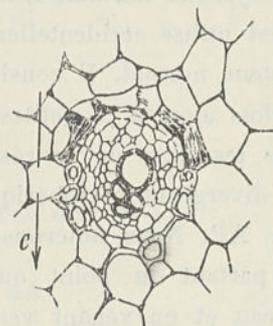


Fig. 77. — Le divergeant accessoire périphérique γ^1 AP lorsqu'il est encore ouvert mais de petit calibre.
 — Gr. = 150.

(1) Exemple d'une chaîne dialydivergeante portant en son milieu une boucle fermée. — L'indication γ^1 se rapporte au groupe tracléen droit et au liber entourant.
 d

leurs ailes et se ferment comme eux. Cette complication très inattendue de la trace polybotryenne ne fait donc pas intervenir de pièces élémentaires nouvelles; elle emploie celles que nous connaissons particulièrement sous la forme de divergeant.

Ces divergeants périphériques s'ajoutent très lentement aux divergeants du système normal, comme accidentellement lorsqu'il y a lieu de renforcer ce système. Dans le haut du pétiole, le système périphérique est encore représenté par deux divergeants symétriques Υ^1 AP, Υ^1 AP, qui accompagnent les divergeants marginaux^g (fig. 75)^d.

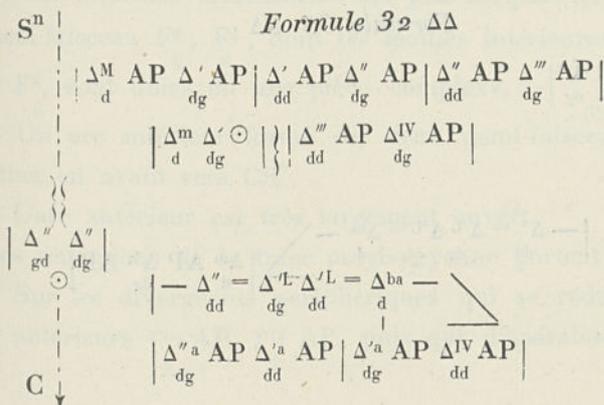
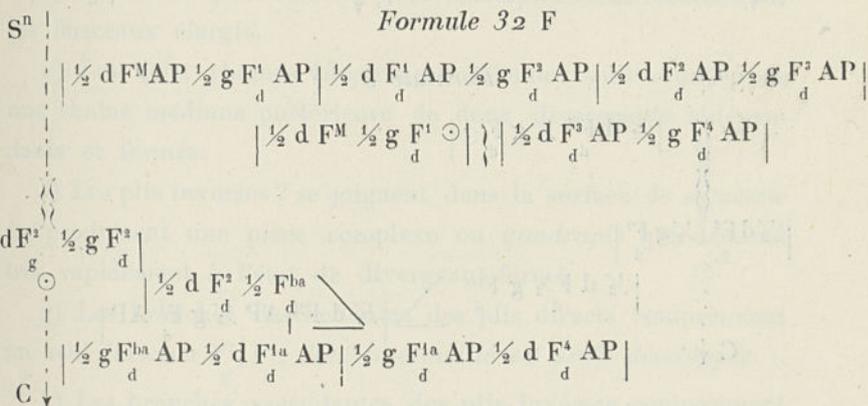
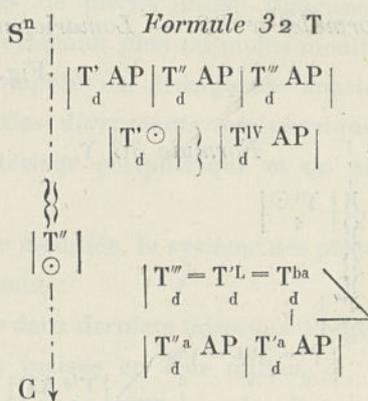
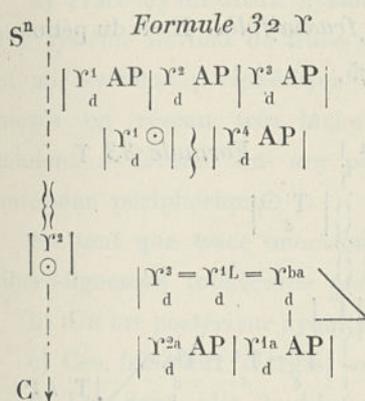
Les divergeants périphériques disparaissent définitivement à la base de la foliole terminale (Fig. 76).

L'ensemble des divergeants périphériques de la trace polybotryenne représente donc un système tout nouveau, surajouté au système normal, l'enfermant dans un réseau très lâche; il est utilisé accidentellement pour renforcer le système conducteur normal. Il consiste en divergeants ouverts et fermés, parfois ajoutés en petites chaînes continues. Nous désignerons tous les filets de ce réseau périphérique par les lettres AP. Un divergeant périphérique sera donc Υ AP, et s'il est fermé $\Upsilon \odot$ AP. Nous noterons les termes de la région postérieure en partant du point où CS^n coupe l'arc postérieur de ce réseau et en venant vers la face antérieure du pétiole. Nous noterons les termes compris entre la face antérieure et le système normal en partant des angles marginaux du pétiole et en nous rapprochant de CS^n . Les deux systèmes antérieur et postérieur se font directement suite. Ceci revient à dire que nous notons l'arc périphérique comme l'arc normal lui-même.

D'après ces indications, nous écrirons la trace du *Loma-riopsis*, prise dans le milieu du pétiole et à la base de la foliole, comme il suit. Formules n° 32 et n° 33.

Formules n° 32. — *Lomariopsis fraxinifolia*. Base du pétiole.

Fig. 73.



3. — Nous caractériserons comme il suit la trace polybotryenne :

a) Trace ayant deux systèmes de pièces libéro-ligneuses. Un système normal de trace onocléenne plus ou moins modifié et un système périphérique composé de divergeants anastomosés en réseau très lâche. Ces divergeants périphériques tendent à former un arc postérieur périphérique et un arc antérieur périphérique.

En tant que trace onocléenne modifiée, le système des pièces libéro-ligneuses intérieures présente :

b) Un arc postérieur ayant ses deux derniers faisceaux élargis.

c) Ces faisceaux élargis sont incisés en leur milieu.

d) Les deux plis doubles sont incomplètement localisés sur les faisceaux élargis.

e) Les deux chaînes binaires onocléennes sont réunies par une chaîne médiane postérieure de deux divergeants indépendants et fermés.

f) Les plis inverses ? se joignent dans la surface de symétrie en produisant une pièce complexe ou *quadruple* qui descend très rapidement à l'état de divergeant fermé.

g) Les branches descendantes des plis directs comprennent un seul faisceau F^1_g, F^1_d , dont une moitié est seule développée.

h) Les branches ascendantes des plis inverses comprennent un seul faisceau F^2_g, F^2_d , dont les moitiés intérieures $\frac{1}{2} d F^2_g, \frac{1}{2} g F^2_d$, sont unies en une pièce complexe.

i) Un arc antérieur formé de deux demi-faisceaux grêles rabattus en avant vers CS^a .

j) L'arc antérieur est très largement ouvert.

Les réductions de la trace polybotryenne portent :

1° Sur les divergeants périphériques qui se réduisent aux deux antérieurs $\gamma^{1a}_g AP, \gamma^{1a}_d AP$, puis qui disparaissent.

2° Sur les divergeants fermés de la chaîne médiane postérieure.

3° On arrive ainsi à une chaîne ternaire dialydivergeante.

Ces traces polybotryennes sont rares.

Ces traces polybotryennes indiquent une complication possible des traces foliaires dans les frondes et dans les stipes par l'adjonction d'un nouveau système de faisceaux primaires périphériques enveloppant le système normal. On trouve ce réseau accessoire périphérique dans les stipes et dans les frondes des *Polybotrya* et des *Lomariopsis*, dans quelques stipes de *Cyathea* et d'*Alsophila*.

CHAPITRE VII. — *L'agencement des pièces libéro-ligneuses élémentaires dans la trace foliaire avec chaînes binaires à ailes libres réduites ou chaînes binaires à facies bipolaire. Le symbole .. Ch ..*

SOMMAIRE

1. — Les traces foliaires dites à faisceaux bipolaires libres.
2. — La trace foliaire du *Polypodium aureum*. — Constitution de son arc médian postérieur — Chacune des pièces de cet arc est une chaîne binaire à ailes libres réduites ou à facies de faisceau bipolaire.
3. — Extension de ces traces avec chaînes binaires à facies bipolaire.
4. — Le symbole .. Ch .. ou chaîne binaire à facies bipolaire.

1. — *Sporadiquement*, chez diverses Polypodiacées, on rencontre un facies très particulier des cordons libéro-ligneux qui jalonnent la trace foliaire sur lequel nous devons appeler l'attention. A l'exception des deux branches ascendantes et de la pièce complexe, toutes les autres masses conductrices ont un groupe trachéen plus ou moins nettement placé à chaque extrémité de leur lame ligneuse. Le groupe prend ainsi un aspect de faisceau bipolaire simple si nettement caractérisé qu'il est toujours et partout figuré comme tel. L'exception singulière, présentée par les branches ascendantes, n'a pas suffi à mettre les anatomistes en garde contre cette identification. Il semble donc que, dans ces espèces, la trace foliaire soit décomposée en ses faisceaux bipolaires élémentaires, la séparation de ceux-ci s'étant faite entre les pôles de chaque

point double. Les faisceaux bipolaires élémentaires y prendraient ainsi une existence indépendante analogue à celle des divergeants dans les autres frondes. D'après les traces foliaires que nous avons déjà décrites, il y a là un caractère qui serait très exceptionnel. Cet agencement contraste violemment avec ce que nous avons rencontré. Il doit donc y avoir là une particularité qu'il s'agit de lire. Nous allons l'étudier dans quelques exemples.

2. — La trace foliaire du *Polypodium aureum*, prise à la base du pétiole, présente les faits suivants :

1° Une chaîne médiane postérieure ayant jusqu'à dix termes libres, sensiblement symétriques deux à deux par rapport à CS^n . Les plis directs de la trace sont si larges qu'ils passent inaperçus dans la courbure générale de cette chaîne. Les pièces de la grande chaîne médiane postérieure ont toutes le facies de faisceau bipolaire.

2° La chaîne médiane postérieure déborde fortement de chaque côté sur l'origine des plis inverses comme chez les *Cyathea*.

3° Les plis inverses sont forts et assez brusques. Ils portent sur les origines de deux pièces élargies symétriques l'une de l'autre.

4° Les deux pièces que nous avons appelées demi-faisceaux antérieurs $\frac{1}{2} d$ F_{b}^{ba} , $\frac{1}{2} g$ F_{g}^{ba} , dans les autres traces onocléennes chez *P. vulgare* et chez *P. Heracleum*, sont ici très petites et placées dans le prolongement direct des branches ascendantes.

Chaque pièce élargie présente un groupe trachéen terminal à l'extrémité postérieure de sa lame ligneuse. Elle présente deux groupes trachéens près de son extrémité antérieure, mais sur le devant de celle-ci. Le plus externe de ces groupes trachéens est celui que nous avons appelé T^L dans toutes

les autres Polypodiacées à demi-faisceaux antérieurs très grêles ou très réduits.

Pour apprécier cette organisation de la trace du *Polypodium aureum*, qui est un grand Polypode nettement apparenté avec les espèces au milieu desquelles on l'a rangé, il suffit de se rappeler les faits suivants :

a) Dans les chaînes des genres précédents, et même chez les Polypodes, nous avons vu les incisions ou boutonnières se faire dans la région des centres de figure des faisceaux bipolaires et non pas entre les pôles de deux faisceaux consécutifs, c'est-à-dire sur les pôles doubles.

b) Dans un divergeant, les ailes sont souvent très inégales, l'une faisant partie d'un faisceau large, l'autre faisant partie d'un faisceau plus grêle, tels sont les cas des divergeants Υ^{1L} et Υ^1 dans de nombreuses traces onocléennes et chez *Polypodium Phegopteris*.

c). — Par réduction chaque chaîne binaire des traces onocléennes donne régulièrement une branche ascendante portant à sa pointe postérieure, son pôle double $T' = \Delta' \Delta^M$ ou $\Delta^M \Delta' = T'$ Près de son bord libre, la branche ascendante $\begin{matrix} g & & g^d & g \\ & & & \\ & & & \end{matrix}$ porte en même temps un groupe trachéen T'^L qui est antérieur. T'^L peut lui-même devenir terminal lorsque le demi-faisceau antérieur $\frac{1}{2} F^{ba}$ qui lui fait suite est très petit. La chaîne binaire onocléenne est devenue une chaîne binaire à ailes libres très réduites. Son facies est alors identiquement celui d'un faisceau bipolaire simple rendu convexe antérieurement en son milieu.

d). — Enfin nous savons encore que, quand deux divergeants à ailes très inégales s'ajoutent par leurs grandes ailes, nous avons une chaîne binaire où les ailes libres sont souvent tellement réduites que les groupes trachéens T de

la chaîne viennent terminer sa lame ligneuse, d'où, pour le cordon libéro-ligneux résultant un facies de faisceau bipolaire.

Sans sortir du genre *Polypodium*, on voit la réalisation de tous ces faits.

Ces remarques nous permettent de lire immédiatement la trace du *Polypodium aureum* et les traces analogues.

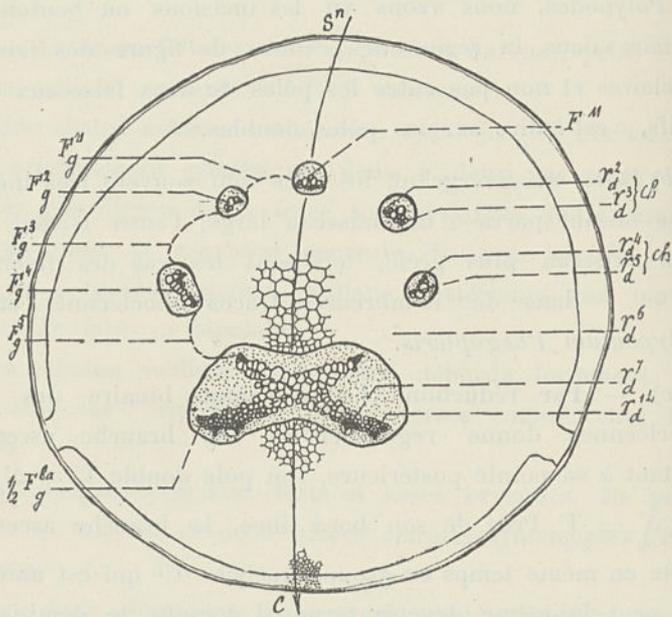


Fig. 78. — Section transversale d'un pétiole du *Polypodium aureum* dans sa région moyenne. — Gr. = 20.

La trace est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

Sur la moitié gauche de la figure on a marqué en pointillé la courbe jalonnée par les divergeants de la trace.

1° Les pièces élargies sont les chaînes binaires à faisceau élargi des traces onocléennes. L'élargissement est ici localisé sur l'avant-dernier faisceau de chaque demi-arc postérieur. Le pli inverse y semble localisé sur le côté interne du faisceau

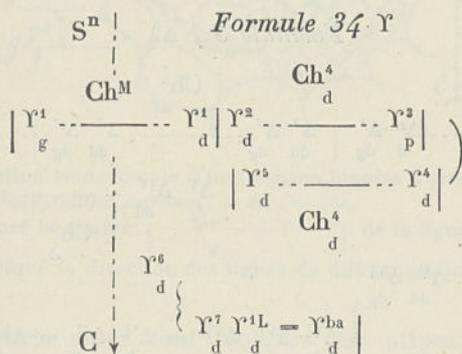
élargi, c'est là une petite variante avec le *Polypodium Hera-
cleum*. Fig. 78 (1).

2° Les demi-faisceaux antérieurs $\frac{1}{2}$ d F^{ba}, $\frac{1}{2}$ g F^{ba}_d, sont
très petits mais encore sensibles.

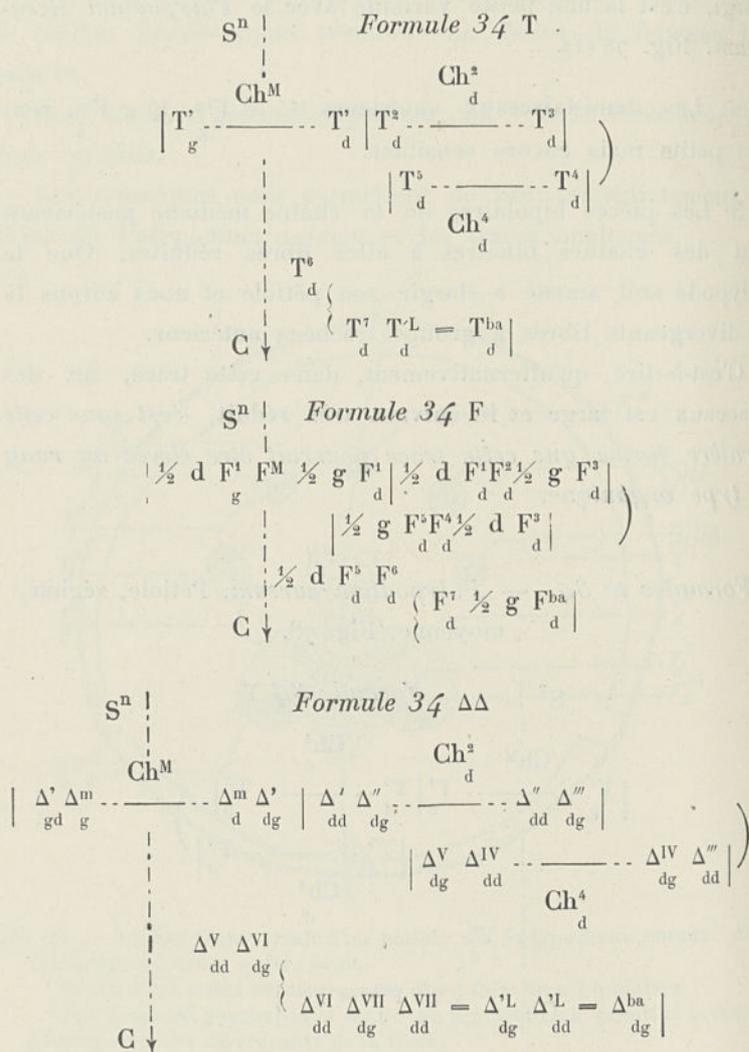
3° Les pièces bipolaires de la chaîne médiane postérieure
sont des chaînes binaires à ailes libres réduites. Que le
Polypode soit amené à élargir son pétiole et nous aurons là
20 divergeants libres à groupe trachéen antérieur.

C'est-à-dire qu'alternativement, dans cette trace, un des
faisceaux est large et le suivant très réduit, *c'est sous cette
dernière forme que cette trace pourrait être élevée au rang
de type organique.*

Formules n° 34. — *Polypodium aureum*. Pétiole, région
moyenne. Fig. 78.



(1) L'ensemble de cette masse libéro-ligneuse antérieure est un quadru-
ple compris entre deux divergeants marginaux. C'est un exemple de deux
chaînes ouvertes s'ajoutant par un point de leur trajet. On peut les consi-
dérer soit comme deux chaînes ternaires — γ^{1L} — — γ^7 — — γ^6 —, — γ^6 —
 γ^7 — — γ^{1L} — unis par les points γ^6 , γ^6 ; soit comme une chaîne binaire
— γ^6 — — γ^6 — et une chaîne quaternaire — γ^{1L} — — γ^7 — — γ^7 — — γ^{1L}
unies par leurs points γ^6 et γ^6 .



3. — On trouverait cette organisation chez *Goniophlebium fraxinifolium*, chez *Davallia dissecta*. Elle a toujours une allure sporadique, et par suite on ne peut pas créer un type de trace à chaînes binaires ayant un facies de faisceau bipolaire comme on a fait une trace polybotrienne.

La notion de chaîne binaire à ailes libres réduites, prenant par suite le faciès de faisceau bipolaire simple, est très importante : nous retrouverons ces mêmes chaînes dans les stipes. Elles y ont encore accentué leurs caractères. On dit aussi que ces stipes présentent des faisceaux bipolaires parti-

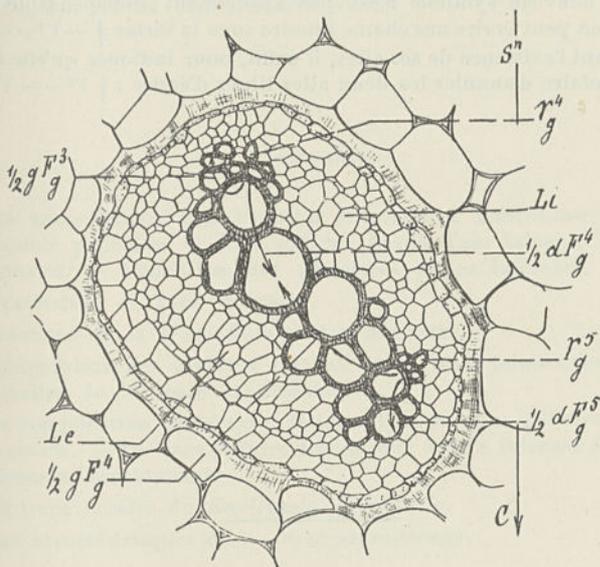


Fig. 79. — Section transversale d'une chaîne binaire à ailes libres réduites, Pétiole du *Polypodium aureum*. — Gr. = 150.

On a figuré la chaîne $\left| - \underset{g}{Y^5} - - - Y^4 - \right|$ de la figure 78.

On a indiqué la direction des lignes de différenciation du bois (1).

culièrement nets et ce sont toujours ces stipes, à pièces soi-disant simples, qu'on voit figurer. *En fait on est en présence de pièces complexes.* Ce sont de petites chaînes binaires qui s'ajoutent entre elles comme des divergents simples. *La chaîne binaire est devenue une sorte d'unité nouvelle d'ordre supérieur.*

(1) Le faciès bipolaire est souvent bien plus accusé que dans cet exemple choisi à dessin.

4. — Vu l'importance de ces chaînes binaires à ailes libres réduites, ou à facies de faisceau bipolaire, nous les indiquerons dans les formules et sur les figures par le symbole --- et par la lettre *Ch* en donnant comme exposant à *Ch* le numéro d'ordre du faisceau qui est au milieu de la chaîne (1).

(1) Ce nouveau symbole n'est pas absolument indispensable. En effet, tandis qu'on peut écrire une chaîne binaire sous la forme $|\text{---}\gamma^2\text{---}\gamma^3\text{---}|$ en spécifiant l'existence de ses ailes, il suffit, pour indiquer qu'elle a pris le facies bipolaire d'annuler les deux ailes libres d'écrire : $|\gamma^2\text{---}\gamma^3|$.

CHAPITRE VIII. — *La trace foliaire discontinue à arcs internes fermés successivement enveloppants. — Les caractéristiques de la trace marattienne.*

SOMMAIRE

1. — La trace foliaire des *Marattia fraxinea* et *Lauchena* à la base du pétiole primaire. — L'arc externe fermé, l'arc interne, les régions marginales. — L'émission des premières pièces latérales.
2. — L'extinction de l'arc intérieur.
3. — Notations de la trace foliaire des *Marattia*.
4. — Comparaison des diverses régions de la trace foliaire des *Marattia* avec celles de la trace cyathéenne.
5. — La complication de la trace foliaire dans les gros pétioles d'*Angiopteris evecta*. — La trace foliaire discontinue à arcs internes fermés successivement enveloppants.
6. — La trace foliaire du *Kaulfussia esculifolia*.
7. — Les caractéristiques de la trace marattienne.

1. — Vers la base du pétiole primaire, au dessus de la région de réception des cordons conducteurs venant des stipules, la trace foliaire du *Marattia fraxinea* présente un certain nombre de massifs libéro-ligneux qui jalonnent deux arcs excéntriques dont l'un est enveloppant et fermé en avant. L'autre est par suite enfermé dans le premier et intérieur. L'arc externe présente une sorte de dépression ou de refoulement au milieu de sa face antérieure. L'arc interne, ouvert en avant, vient appuyer ses extrémités sur l'arc externe, vers le milieu de sa face antérieure, près de CSⁿ. (fig. 80).

Chaque pièce de la trace se reconnaît immédiatement comme

étant un divergeant ou une petite chaîne de divergeants unis bout à bout par l'extrémité libre de leurs ailes voisines. Au delà du groupe trachéen, très peu saillant, les deux lames ligneuses du divergeant se continuent par des vaisseaux scala-riformes placés sur 2 ou 3 rangs, plus rarement sur un seul.

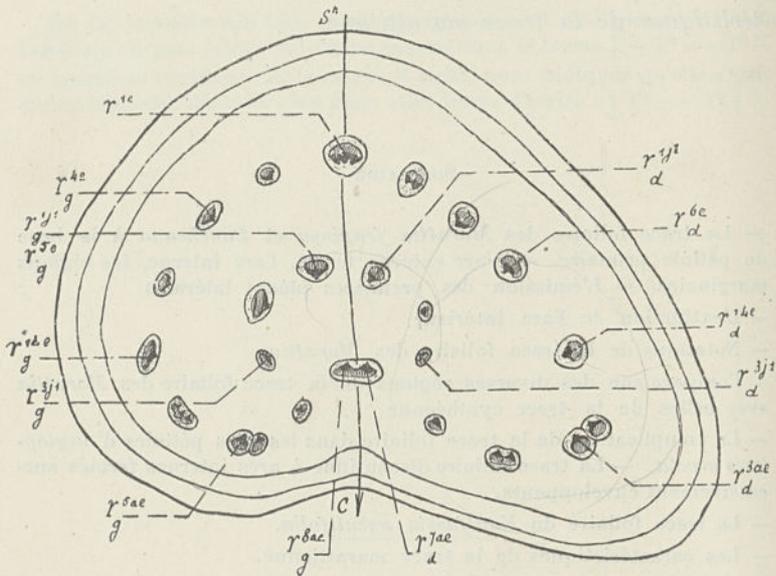


Fig. 80. — Section transversale d'un pétiole du *Marattia fraxinea* dans sa région inférieure. — Gr. = 4.
La trace est notée en divergeants.

La trace foliaire des *Marattia* est donc formée des mêmes pièces élémentaires, divergeants ou faisceaux bipolaires, que chez les autres Fougères. Ces pièces y sont ajoutées de la même manière. Les divergeants s'attachent l'un à l'autre par le bord libre de leurs ailes ou, ce qui est la même chose, les faisceaux bipolaires élémentaires s'attachent l'un à l'autre en formant des points de rebroussement où sont les pôles doubles.

La trace foliaire présente de nombreuses incisions dans cette partie initiale; elle est à l'état de chaîne discontinue.

Lorsqu'on ne peut encore rien préjuger des homologies des diverses parties de la trace foliaire, on appellera *arc extérieur*, la courbe jalonnée par les divergeants les plus externes. Nous indiquerons cette courbe dans son ensemble par la lettre *e*. Nous ajouterons cette lettre en exposant à chacune de ses pièces. Les deux moitiés de cet arc externe partent du point S^{ne} ou CS^n coupe sa partie postérieure. Elles se rejoignent en avant dans la surface de symétrie CS^n . Dans un pétiole grêle du *M. fraxinea* cet arc externe comprenait 19 divergeants (1) et 39 dans un petit pétiole de *M. Laucheana*. Dans ces deux espèces un de ces divergeants était médian postérieur. La pièce qui fermait antérieurement l'arc externe était une chaîne binaire. L'arc intérieur que nous représenterons dans son entier par la lettre *j* contenait 6 divergeants symétriques deux à deux chez *M. fraxinea* et 7 divergeants chez *M. Laucheana* (2). Il n'y avait pas de divergeant médian postérieur sur l'arc interne du *M. fraxinea*. Il y avait un divergeant médian postérieur sur l'arc interne du *M. Laucheana*. La courbe intérieure *j* semblait se fermer en plaçant ses extrémités près des extrémités de la chaîne binaire médiane antérieure de l'arc externe. Les groupes trachéens des deux arcs de la trace regardent tous l'intérieur de la courbe qu'ils dessinent.

Dans les *Marattia* dont la trace foliaire contient un assez grand nombre de faisceaux, la position des points que nous avons appelés *régions marginales* chez les Fougères leptosporangiates, n'est pas immédiatement reconnaissable à la base du pétiole. Ainsi chez *M. Laucheana* on ne peut pas placer à pre-

(1) Sur la figure 80, l'arc extérieur entier contient 25 divergeants.

(2) Dans les cas où il y a plusieurs arcs internes nous désignerons ces arcs internes par les notations $j^1, j^2, j^3 \dots$ etc. Nous appellerons $S^n j^1 S^n j^2$ les points où CS^n coupe la partie postérieure des arcs j^1, j^2, \dots . Nous appellerons $C^1 C^2 \dots$ les points où CS^n coupe antérieurement ces mêmes arcs. Nous appelons C^e le point où CS^n coupe antérieurement l'arc externe *e*.

mière vue les groupes trachéens T^L ou leurs suppléants les faisceaux F^L . Chez *M. fraxinea*, où le nombre des divergeants est moins élevé, on peut marquer exactement la place des groupes trachéens T^L , pourvu toutefois que l'on connaisse préalablement la constitution de la trace dans les régions supérieures de la fronde. On remarque alors, dans les parties antérieures de l'arc externe, deux divergeants qui sont un peu plus écartés de CS^n que les autres. Ils sont isolés des autres par des

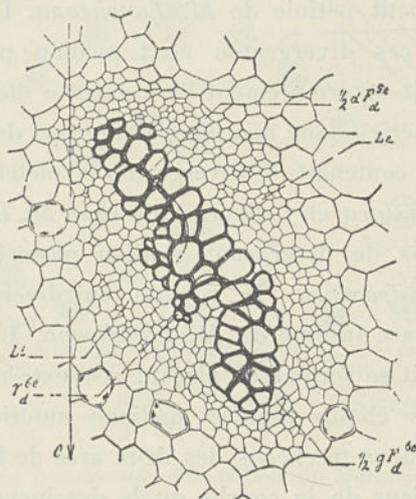


Fig. 81. — Le divergeant γ_d^{6e} dans le pétiole du *Marattia macrophylla*
— Gr. = 75.

Le groupe trachéen T_d^{6e} est en train de se diviser.

CS^n . Parallèle à la trace de la surface de symétrie.

boutonniers plus larges, ces groupes sont $T_d^{''ae}$ pour le plus éloigné de CS^n vers la droite et $T_d^{'''ae}$ pour le plus rapproché. Ceci revient à dire que $T_d^{L:}$ est à la pointe du divergeant qui précède immédiatement $T_d^{''ae}$ sur l'arc externe. Sur la figure 80, le divergeant γ_d^{1Le} porterait le n° 7 sur l'arc externe.

$\gamma_{d}^{7e} = \gamma_{d}^{1Le} = \gamma_{d}^{1ae}$ est séparé de γ_{d}^{6e} par une boutonnière un peu plus large que celles qui séparent les divergeants ou les petites chaînes qui le précèdent. La partie antérieure de l'arc externe s'étend de T_{g}^{1Le} à T_{d}^{1Le} en coupant la région antérieure de CS^n . Cette portion antérieure s'infléchit en arrière dans sa région médiane (1). Dans les espèces de *Marattia* où les faisceaux sont moins nombreux, le groupe trachéen marginal T^{1Le} est dans la masse libéro-ligneuse qui précède la grande boutonnière latérale de l'arc externe. Ce dispositif se voit très bien chez *M. macrophylla*.

Lorsque dans cette première région de la fronde il se produit une sortie dans un pétiole secondaire, cette sortie entraîne le divergeant T^{1Le} , les deux divergeants qui le suivent sur l'arc externe, et un ou deux divergeants de l'arc interne. Ce mode d'émergence de la pièce latérale est donc très différent de celui que nous avons observé dans les grandes Fougères cyathéennes.

2. — Dans la région moyenne du pétiole primaire on constate chez *M. fraxinea* :

1° Un arc externe *e* de 14 divergeants (2) dont 12 sont coalescents 2 à 2 en petites chaînes binaires. — Chaque moitié de la partie antérieure de l'arc externe comprend un divergeant simple γ^{7ae} et une chaîne binaire $\gamma^{3ae} \gamma^{4ae}$ (3).

2° Un arc interne de 2 divergeants très larges unis en une chaîne continue.

(1) On peut à volonté spécifier les pièces élémentaires de cette région soit en les considérant comme la suite directe des termes de l'arc postérieur, soit, lorsqu'on peut indiquer la place des groupes T^{1Le} , en leur appliquant une notation semblable à celle que nous avons employée pour les demi-arcs antérieurs des Fougères leptosporangiates.

(2) Il y a seulement 9 divergeants dans l'exemple représenté fig. 82.

(3) Le demi-arc antérieur droit du contour externe comprend 3 divergeants dans la fig. 82. — Deux de ces divergeants $\gamma_{d}^{3ae} \gamma_{d}^{2ae}$ sont libres sur cette figure.

Le groupe trachéen marginal T_d^{1e} est T_d^{4e} (1). Il termine la seconde chaîne binaire de l'arc externe. Il est séparé du divergeant solitaire Υ_d^{2ae} par une boutonnière plus large.

Dans cette seconde région du pétiole, les sorties latérales entraînent le divergeant Υ_d^{1le} le divergeant solitaire qui le suit et un divergeant donné par l'arc interne tant qu'il est assez fort.

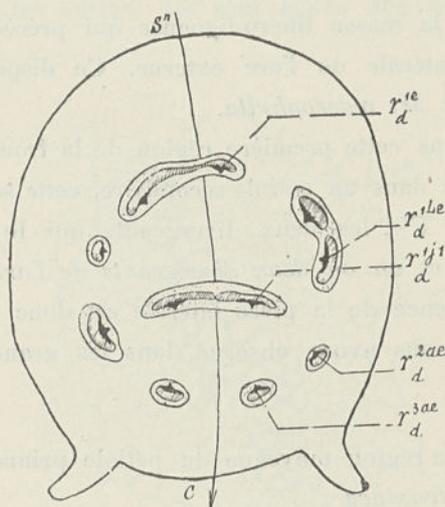


Fig. 82. — Section transversale d'un pétiole primaire du *Marattia fraxinea* dans le haut de sa région moyenne, c'est-à-dire après l'émission de plusieurs pétioles secondaires. — Gr = 6.

Très haut sur le pétiole primaire, la trace foliaire du *M. fraxinea* ne présente plus qu'un arc externe de 8 à 9 divergeants. Il n'y a plus d'arc interne. Trois des divergeants postérieurs sont unis en une chaîne continue. Les autres sont isolés ou groupés en petites chaînes binaires. Les plus antérieures de ces chaînes sont légèrement écartées l'une et l'autre de CS^n . La concavité de la chaîne postérieure regarde en

(1) Υ_d^{3e} dans la figure 82.

avant. La concavité des chaînes binaires antérieures, regarde la face postérieure du pétiole. Les groupes trachéens marginaux T^{1e} sont les groupes T^{3e}. Les émissions dans cette région terminale se font sur T^{1e} et sur les deux divergeants voisins *ou sur les deux divergeants qui se forment dans son voisinage au moment de la sortie.*

Quand on s'élève le long de la trace foliaire, on voit donc disparaître par épuisement l'arc interne, après quoi l'arc externe s'ouvre au milieu de sa face antérieure.

L'arc interne s'épuise comme il suit : le nombre de ses divergeants diminue, il se réduit à quatre par les émissions dans les pétioles secondaires, puis à deux qui sont alors unis en une chaîne médiane continue à trachées antérieures. Tant qu'il est suffisamment fort, cet arc interne peut prendre part à la formation de la pièce sortante latérale par ses parties les plus éloignées de S^{n^j}. L'arc interne disparaît en incisant sa chaîne médiane entre les deux divergeants. Chacun de ces divergeants vient s'unir par son aile la plus rapprochée de S^{n^j} avec le bord du massif antérieur externe le plus voisin de C^e situé du même côté.

A aucun niveau, nous n'avons vu de plis latéraux sur la partie postérieure de l'arc externe. Cet arc n'a pas de faisceaux élargis.

Les divergeants qui forment les dernières nervures ne passent à l'état de cordons indéterminés qu'à leur terminaison.

Si nous avons lu ces traces de *Marattia*, en descendant des nervures vers le pétiole principal, nous aurions énoncé les mêmes faits comme il suit :

En s'ajoutant latéralement, les divergeants donnent très rapidement des chaînes binaires. Les nervures secondaires sont déjà à cet état de chaîne binaire dans leur partie basilaire. Les régions marginales y sont bien spécialisées et à bords rabattus en avant. La courbure de la marge et celle de

l'amorce du demi-arc antérieur se confondent dans la courbure générale de l'arc externe.

Par^e addition de chaînes binaires, la trace des *Marattia* s'élève, dans la nervure principale des folioles, au rang de chaîne discontinue. Elle comprend un arc postérieur continu de 3 à 4 divergeants et deux demi-arcs antérieurs de deux divergeants à bords rabattus en arrière. Lorsque la trace se complique davantage, les demi-arcs antérieurs détachent deux divergeants voisins de CS^n , et ceux-ci deviennent intérieurs au contour

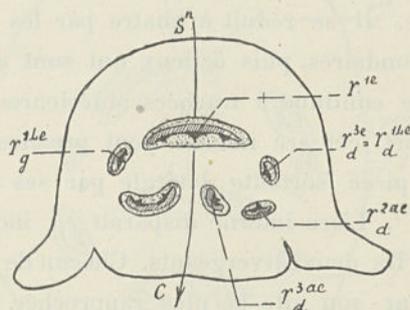


Fig. 83. — Section transversale dans la base d'un pétiole secondaire du *Marattia fraxinea*. — Gr. = 6.

limité par l'arc externe. Les deux arcs antérieurs se touchent en C^e fermant ainsi l'arc externe. Les deux divergeants intérieurs tournent sur eux-mêmes et s'ajoutent aile à aile par leurs ailes les plus internes. C'est le procédé d'addition des termes des arcs internes décrit pour *Matonia* et *Cibotium*. La chaîne binaire interne tourne ses trachées vers la face antérieure du pétiole. A partir de ce point, les traces des pétioles secondaires apportent quelques divergeants à l'arc externe, ceux-ci s'ajoutent dans sa région marginale sur sa partie postérieure et sur sa partie antérieure. Le système des divergeants internes ajoute de nouveaux divergeants à l'arc interne. Celui-ci vient s'appuyer sur l'arc antérieur externe de chaque côté

de CSⁿ. L trace est alors à l'état où nous l'avons trouvée à la base du pétiole. A aucun niveau, l'arc postérieur externe ne présente de plis doubles.

3. — Comment doit-on noter la trace foliaire du *Marattia fraxinea*?

Dans le haut du pétiole, là où il n'y a pas d'arc interne et où les deux moitiés antérieures de l'arc externe se comportent exactement comme les demi-arcs antérieurs des Fougères leptosporangiates, on écrira :

Formules n° 35. — *Marattia fraxinea*. Pétiole secondaire.

Fig. 83.

$$\begin{array}{c}
 S^n \mid \\
 \vdots \\
 \Upsilon^{1e} \quad \Upsilon^e \\
 \vdots \\
 \left. \begin{array}{l} \Upsilon^{3e} = \Upsilon^{1Le} = \Upsilon^{1ae} \\ \Upsilon^{bae} = \Upsilon^{3ae} \mid \Upsilon^{2ae} \end{array} \right) \\
 \vdots \\
 C \downarrow
 \end{array}$$

Formule 35 Y

$$\begin{array}{c}
 S^n \mid \\
 \vdots \\
 T^{1e} \quad T''^e \\
 \vdots \\
 \left. \begin{array}{l} T'''^e = T^{1Le} = T^{1ae} \\ T^{bae} = T'''^e \mid T''^e \end{array} \right) \\
 \vdots \\
 C \downarrow
 \end{array}$$

Formule 35 T

$$\begin{array}{c}
 S^n \mid \\
 \vdots \\
 F^{1e} \quad \frac{1}{2} g \quad F^{2e} \\
 \vdots \\
 \left. \begin{array}{l} \frac{1}{2} d \quad F^{2e} \quad \frac{1}{2} g \quad F^{1ae} \\ \frac{1}{2} g \quad F^{ba} \quad \frac{1}{2} d \quad F^{2ae} \mid \frac{1}{2} g \quad F^{2ae} \quad \frac{1}{2} d \quad F^{1ae} \end{array} \right) \\
 \vdots \\
 C \downarrow
 \end{array}$$

Formule 35 F

$$\begin{array}{c}
 S^n \mid \\
 \vdots \\
 \Delta^{1e} \quad \Delta^{1e} \quad \Delta^{1e} \quad \Delta^{1e} \\
 \vdots \\
 \left. \begin{array}{l} \Delta^{1e} \quad \Delta^{1e} \\ \Delta^{bae} \quad \Delta^{1e} \mid \Delta^{1e} \quad \Delta^{1e} \end{array} \right) \\
 \vdots \\
 C \downarrow
 \end{array}$$

Formule 35 ΔΔ

C'est une sorte de trace osmondéenne avec deux incisions marginales à la suite des divergents T_L, T^L . Elles coupent les faisceaux $F_{g,d}^{1a}, F_{g,d}^{1a}$.

Dans le milieu du pétiole, là où il existe un arc interne représenté par une chaîne binaire, la trace se notera comme il est indiqué, formules n° 36, lorsqu'on ne préjuge rien d'autre que les gros faits que nous avons relevés sur les parties de la trace :

Formules n° 36. — Trace analogue à la fig. 82 (1).

$ \begin{array}{l} S^n \\ S^{ne} \text{---} \left. \begin{array}{l} \Upsilon_d^{1e} \\ \Upsilon_d^{2e} \end{array} \right \Upsilon_d^{3e} = \Upsilon_d^{1Le} = \Upsilon_d^{1ae} \\ S^{nj} \text{---} \left. \begin{array}{l} \Upsilon_d^{1j} \\ \text{arc interne} \end{array} \right \\ C^e \text{---} \left(\text{---} \Upsilon_d^{bae} = \Upsilon_d^{3ae} \mid \Upsilon_d^{2ae} \right) \\ C \downarrow \end{array} $	$ \begin{array}{l} S^n \\ S^{ne} \text{---} \left. \begin{array}{l} T_d^{1e} \\ T_d^{2e} \end{array} \right T_d^{3e} = T_d^{1Le} = T_d^{1ae} \\ S^{nj} \text{---} \left. \begin{array}{l} T_d^{1j} \\ \text{arc interne} \end{array} \right \\ C^e \text{---} \left(\text{---} T_d^{bae} = T_d^{3ae} \mid T_d^{2ae} \right) \\ C \downarrow \end{array} $
---	--

$$\begin{array}{l}
 S^n | \\
 S^{ne} | \text{---} \left. \begin{array}{l} F_d^{Me} \frac{1}{2} g F_d^{1e} \\ \frac{1}{2} d F_d^{1e} \frac{1}{2} g F_d^{2e} \frac{1}{2} d F_d^{2e} \frac{1}{2} g F_d^{1ae} \end{array} \right| \\
 S^{nj} | \text{---} \left. \begin{array}{l} F_d^{Mj} \frac{1}{2} g F_d^{1j} \\ \text{arc interne} \end{array} \right| \\
 C^e | \text{---} \left(\text{---} \frac{1}{2} g F_d^{bae} \frac{1}{2} d F_d^{2ae} \mid \frac{1}{2} g F_d^{2ae} \frac{1}{2} d F_d^{1ae} \right) \\
 C \downarrow
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 S^n | \\
 S^{ne} | \text{---} \left. \begin{array}{l} \Delta_{dg}^{me} \Delta_{dg}'^e \\ \Delta_{dd}^e \Delta_{dg}''^e - \Delta_{dd}''^e \Delta_{dg}'^e \end{array} \right| \\
 S^{nj} | \text{---} \left. \begin{array}{l} \Delta_{dg}^{mj} \Delta_{dg}'^j \\ \text{arc interne} \end{array} \right| \\
 C^e | \text{---} \left(\text{---} \Delta_{dg}^{bae} \Delta_{dd}''^ae - \Delta_{dg}''^ae \Delta_{dd}'^ae \right) \\
 C \downarrow
 \end{array}$$

(1) Dans les formules n° 35 à 38, les barres horizontales placées aux extrémités des courbes dudemi-arc antérieur, sont des barres séparatives.

Dans les pétioles secondaires du *M. fraxinea*, et dans leurs ramifications, la partie de l'arc externe comprise entre les divergeants Υ_{g}^{1Le} Υ_{d}^{1Le} joue à tous égards le rôle de la totalité de l'arc postérieur des autres Fougères. De même les demi-arcs Υ_{g}^{1Le} C^e et C^e Υ_{d}^{1Le} jouent à tous égards le rôle des demi-arcs antérieurs. Dans cette partie supérieure de la fronde des *Marattia* nous retrouvons donc une sorte de trace osmondéenne avec deux incisions antéro-marginales et ses modes ordinaires d'épuisement (1).

Les rapports du pétiole secondaire avec des parties suffisamment fortes du pétiole primaire nous montrent une première différence ; une partie des demi-arcs antérieurs du pétiole secondaire vient se placer sur l'arc interne du pétiole primaire. Dans les Fougères cyathéennes, la trace d'un pétiole équivalent à ces pétioles secondaires, rentrait entièrement dans l'arc externe. Cette différence entre *Marattia* et les Fougères leptosporangiates s'accuse à mesure que nous considérons des régions de plus en plus fortes sur les pétioles primaires. Contrairement aux grandes Fougères cyathéennes, l'arc interne des *Marattia* n'est donc pas une simple extension des demi-arcs antérieurs revenant peu à peu vers la partie initiale de ceux-ci, quand on les suit vers les régions élevées de la fronde. Nous ne pouvons donc pas avancer avec certitude, que l'arc interne des *Marattia* est, dans sa totalité, uniquement la suite immédiate des demi-arcs antérieurs de la trace.

A la base du pétiole, les cordons de l'arc interne des *Marattia* tendent à se partager en deux groupes symétriques qui s'écartent un peu de CS^n dans sa région postérieure. Chaque groupe reçoit une partie des cordons venant des

(1) Cette trace n'est pas nécessairement incisée, on la trouverait continue dans les pétioles de troisième ordre du *M. sylvatica*.

stipules. Cela fait, ils se réunissent et la plus grande partie, sinon même la totalité, vient prendre place sur l'arc postérieur entre S^{II} et Υ^{II} . Ce caractère ne se voit pas nettement dans la trace cyathéenne. D'abord, elle n'a pas de stipules, puis les cordons de son arc interne viennent soit directement de la région médullaire, soit d'une plage libéro-ligneuse qui correspond à la base de la branche ascendante. Là encore, il y a une petite différence entre l'arc interne des *Marattia* et celui des traces cyathéennes. Elle n'a pas une valeur décisive par elle-même, elle s'ajoute à celle que nous avons signalée plus haut.

Quant à l'arc externe, dans cette base du pétiole, nous verrions, s'il s'agit d'une pousse grêle de *Marattia*, qu'il se partage en deux groupes symétriques entraînant chacun un demi-arc antérieur; puis chacun de ces groupes rentre dans le stipe en deux ou trois échelons, comme chez les autres Fougères. Dans des pousses fortes, nous aurions des réseaux dans chaque groupe et dans tout l'ensemble. Nous pouvons donc dire que l'arc postérieur et les demi-arcs antérieurs correspondent aux régions de la trace foliaire que nous avons appelées des mêmes noms chez les Fougères leptosporangiates.

En remarquant que l'origine de la trace foliaire des pétioles secondaires des *Marattia* se fait au moyen de cordons empruntés à l'arc interne et à l'arc externe, ce dernier enveloppant toujours l'autre, on pourrait penser à voir dans l'arc interne des *Marattia* le système des *branches ascendantes* des plis inverses des traces cyathéennes enfermé dans la chaîne médiane postérieure. La trace foliaire du *Polypodium Heracleum*, l'attache des frondes de *Saccoloma adiantoides* et de *Matonia pectinata* indiquent une sorte de tendance vers des faits de ce genre. Les rapports des cordons foliaires de l'arc interne, à la base de la fronde des *Marattia*, ne sont pas ceux des cordons composant les branches

ascendantes nettement caractérisées, on ne peut donc accepter cet autre ordre d'homologies. Nous concluons en disant qu'il vaut mieux, avec les seules données que l'on possède actuellement, considérer l'arc interne des *Marattia* comme une région nouvelle de la trace qui n'a pu être rattachée directement jusqu'ici aux demi-arcs antérieurs ni aux branches ascendantes des Fougères leptosporangiates. Cet arc interne joue un rôle analogue à celui du prolongement des demi-arcs antérieurs et à celui des portions initiales des branches ascendantes des traces cyathéennes. Si l'on voulait appliquer à cet arc interne des notations exprimant qu'il est la suite immédiate de l'une ou de l'autre des parties de l'arc externe, on voit qu'il faudrait venir chercher l'origine de cette suite au point S^{nj} où la surface de symétrie coupe l'arc interne. On suivrait la branche de l'arc interne située du même côté en allant vers le point C^j où la ligne CS^n coupe antérieurement l'arc interne (1).

5. — Dans un gros pétiole d'*Angiopteris evecta* (2) la trace foliaire présente ses très nombreux divergeants isolés, ou réunis en petites chaînes binaires ou ternaires, sur 3 à 5 arcs qui s'enveloppent successivement. L'arc externe et les premiers arcs internes sont fermés antérieurement. Les arcs les plus intérieurs peuvent être également fermés, mais aussi, ils peuvent être ouverts, ils viennent alors appuyer leurs extrémités sur la partie antérieure du dernier arc interne qui est fermé. Tous les arcs fermés sont déprimés ou rendus concaves au milieu de leur face antérieure, ce refoulement est d'autant plus

(1) Dans les grandes traces foliaires à plusieurs arcs intérieurs, on partirait de S^{ne} pour venir par la droite jusqu'en C^e . On repartirait de S^{nj} sur le premier arc interne pour venir par la droite jusqu'en C^j . On prendrait ensuite le deuxième arc en S^{nj^2} pour revenir, toujours par la droite, en C^{j^2} , et ainsi de suite jusqu'à épuisement des arcs internes.

(2) Les frondes grêles d'*Angiopteris evecta* ont une trace foliaire semblable à celle des *Marattia*.

accusé que l'arc est plus intérieur. On dirait la figure formée par les courbes de niveau d'une montagne isolée qui présenterait en avant une ligne de plus grande pente, très rapide au voisinage du sommet, et qui offrirait en arrière une ligne de pente minima. Nous appellerons j^1, j^2, j^3, \dots les arcs successifs de la trace. j^1 enveloppe j^2 et celui-ci enveloppe j^3

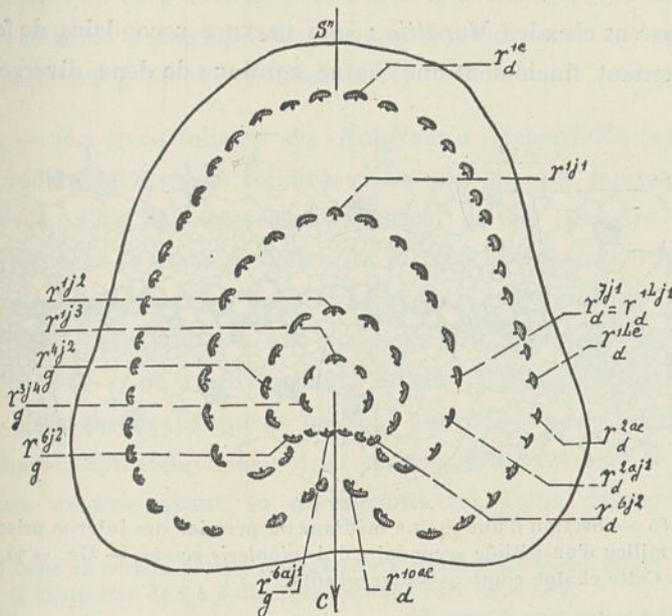


Fig. 84. Section transversale d'un gros pétiole d'*Angiopteris evecta*, région inférieure, au-dessus des stipules. — Gr. = 2.

La trace est notée en divergents, chaque groupe libéroligneux isolé étant regardé comme un divergeant simple. Chacun de ces groupes est une chaîne de 1 à 5 termes.

j^1 est fermé antérieurement, j^2 peut être fermé, j^3 peut être complètement intérieur par rapport à j^2 , il peut lui être tangent. Il pourra s'appuyer sur j^2 en deux points symétriques, ou enfin, s'en écarter plus ou moins fortement. j^3 est toujours plus proche de la face antérieure de j^2 que de sa face postérieure. Parfois les deux arcs j^2 et j^3 touchent simultanément

la face antérieure de j^1 . Nous appelons S^{nj^1} , S^{nj^2} , S^{nj^3} les points où CS^n coupe la partie postérieure des arcs j^1 , j^2 , j^3 . Nous appelons C^{j^1} , C^{j^2} , C^{j^3} les points où CS^n coupe la partie antérieure des mêmes arcs.

Très rapidement, après l'émission des pétioles secondaires, la trace n'a plus que deux arcs intérieurs, puis un seul. A partir de ce niveau, elle reproduira tous les faits que nous avons vus chez les *Marattia* ; une nervure secondaire de foliole présentant finalement une chaîne continue de deux divergeants.

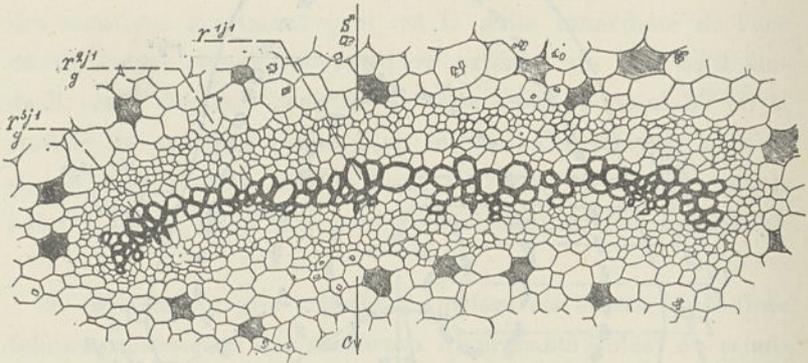


Fig. 85. — Section d'une chaîne médiane du premier arc interne prise dans le milieu d'un pétiole secondaire d'*Angiopteris evecta*. — Gr. = 75.
Cette chaîne contient 5 divergeants.

Dans les gros pétioles d'*Angiopteris*, l'émission des traces des premiers pétioles secondaires se fait en prenant une file de divergeants dans la marge de l'arc externe qui n'est reconnaissable comme telle qu'assez près de la sortie. Cette file donnera l'arc externe du pétiole secondaire. Elle entoure une file de divergeants donnés par le premier arc interne j^1 et par le deuxième arc interne j^2 , j^2 restant intérieur par rapport à j^1 si le pétiole secondaire a trois arcs. Nous n'avons pas vu le 4^{me} arc interne, j^4 , intervenir dans l'émission des premiers pétioles secondaires. — Les arcs les plus internes j^4 , j^5 ,

s'épuisent donc comme les branches internes des demi-arcs antérieurs des traces cyathéennes, en se rattachant peu à peu au milieu de la face antérieure de l'arc qui les enveloppe immédiatement et finalement au milieu de la face antérieure de l'arc j^1 .

Il est très difficile de placer, à première vue, les régions marginales de l'arc externe e et des arcs internes j^1 , j^2 sur les traces foliaires d'*Angiopteris* à une quelque distance au-dessous des premiers pétioles secondaires (1).

6. — La trace foliaire du *Kaulfussia æsculifolia* est la plus réduite des traces foliaires marattiennes que nous ayons observée. Elle est intéressante parce qu'elle prépare très naturellement la manière d'être de la trace d'*Helminthostachys zeylanica*. — Dès la base du pétiole la trace foliaire du *Kaulfussia æsculifolia* a une structure de trace marattienne réduite. Les 11 ou 12 divergeants qu'elle contient sont presque tous distincts, ils jalonnent un seul arc trilobé sur lequel ils se répètent symétriquement deux à deux. On reconnaît de suite un arc externe ayant 10 divergeants (2). Deux divergeants,

(1) Dans un certain pétiole d'*Angiopteris evecta* nous avons relevé :

44	chaînettes de 1 à 3 divergeants dans l'arc externe e .
31	» » le premier arc interne j^1 .
21	» » le second arc interne j^2 .
12	» » le troisième arc interne j^3 .
5	» 1 à 2 » le quatrième arc interne j^4 .

Soit au total 113 groupes ou chaînettes de 1 à 3 divergeants dans cette trace.

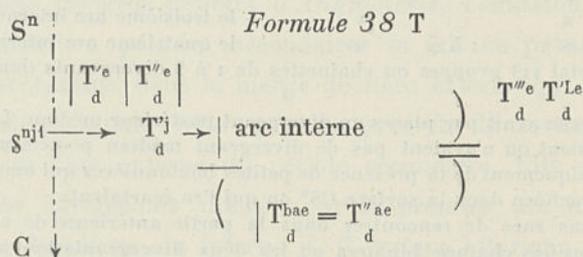
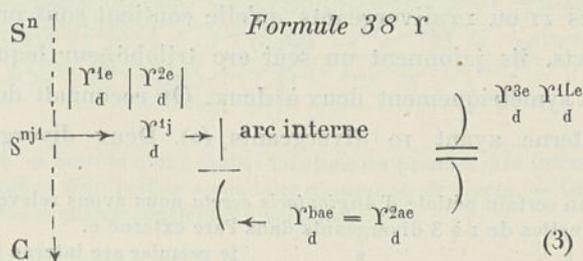
L'arc externe avait par places un divergeant postérieur médian. Les arcs internes avaient ou n'avaient pas de divergeant médian postérieur, cela dépendait uniquement de la présence de petites boutonnières qui amenaient un groupe trachéen dans la surface CS^n ou qui l'en écartaient.

Il n'est pas rare de rencontrer dans la partie antérieure de ces très grandes traces des chaînes binaires où les deux divergeants sont agencés en \sim les groupes trachéens T occupant les deux concavités de la chaîne. Les deux divergeants ainsi rapprochés appartiennent à des arcs différents de la trace, le raccord des deux arcs se fait au moyen d'un faisceau bipolaire infléchi.

(2) L'arc externe de l'exemple dessiné fig. 86 présentait 9 divergeants.

opposés dos à dos, qui sont rejetés vers l'intérieur de l'arc externe, représentent l'arc interne des *Marattia*. Un peu plus haut les deux divergeants internes s'unissent par celles de leurs ailes qui sont antérieures et la trace de *Kaulfussia* est une trace marattienne où l'arc interne est représenté par une chaîne binaire. L'arc externe y présente huit parties très distinctes : deux moitiés postérieures symétriques comprenant chacune deux divergeants (1); deux demi-arcs antérieurs formés chacun de deux divergeants isolés (2). Les deux derniers sont presque opposés dos à dos. On retrouve ici la large boutonnière qui suit le divergeant marginal des *Marattia*. La trace du *Kaulfussia æsculifolia*, prise à ce niveau, se notera donc :

Formules n° 38. — *Kaulfussia æsculifolia*. Milieu du pétiole.



(1) 3 ou 4 dans l'exemple de la fig. 86.

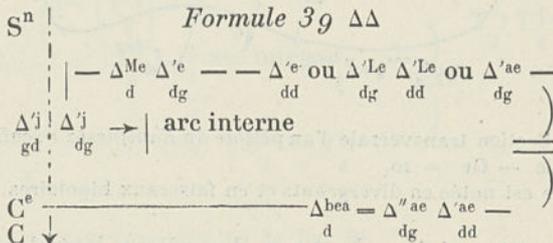
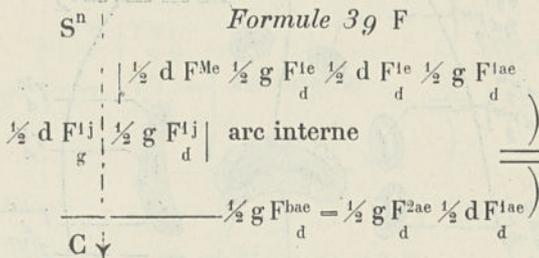
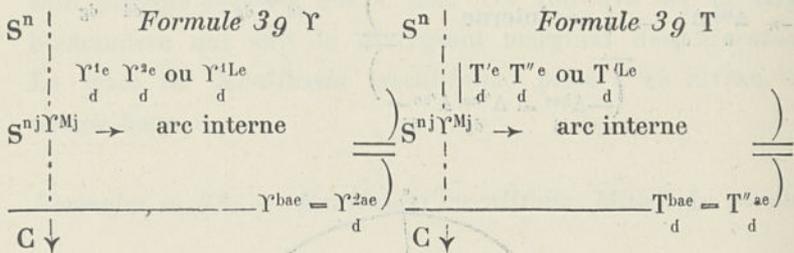
(2) Un seul divergeant sur la fig. 86.

(3) Les barres horizontales de la marge et du demi-arc antérieur sont des barres séparatives.

A la base de la foliole les divergeants Υ^1_d et Υ^2_d sont unis en une chaîne binaire. Toute la partie de l'arc antérieur qui est au-dessus des grandes incisions se réduit à une chaîne binaire. *L'arc interne ne comprend plus qu'un divergeant.* Sa formule est alors :

Formule n° 39.

Kaulfussia æsculifolia. Base de la foliole



Dans la nervure médiane de la foliole, l'arc interne existe encore à sa base, il se divise bientôt en deux divergeants qui se placent dans le prolongement immédiat des demi-arcs antérieurs. Il peut s'ajouter un divergeant dans les demi-arcs antérieurs et dans les demi-arcs postérieurs, mais alors il n'y a plus d'arc interne. Fig. 87.

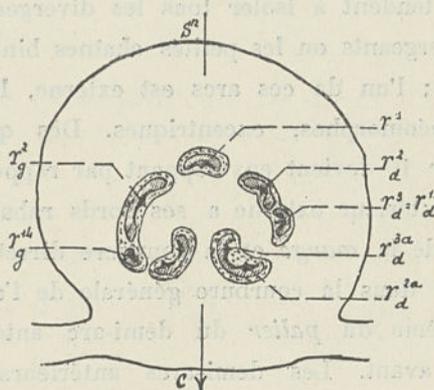


Fig. 87. — Section transversale de la nervure médiane d'une foliole du *Kaulfussia aesculifolia*, région moyenne. — Gr. = 10.

7. — Nous énoncerons comme il suit les caractéristiques du nouveau type de trace foliaire que nous venons d'étudier, type que nous appellerons : *trace foliaire marattienne*.

a) Quand on passe des Fougères leptosporangiates aux Fougères eusporangiates, la pièce libéro-ligneuse élémentaire de la trace foliaire ne change pas. Elle reste un divergeant ou un faisceau bipolaire. Ces pièces s'ajoutent toujours de la même manière.

b) La trace foliaire marattienne diffère des traces précédemment décrites par la forme de la figure jalonnée par ses divergeants et par le mode d'émission des pièces latérales. La plupart des caractéristiques de la trace marattienne ne sont

visibles que dans des parties de la trace suffisamment forte. Au delà de ces régions fortes elle retombe dans une sorte de trace osmondéenne rendue discontinue par quelques incisions. On ne voit l'arc interne et le mode d'émission des pièces latérales propres à la trace marattienne que dans les régions déjà fortes.

c) La trace est rendue discontinue par de très nombreuses incisions qui tendent à isoler tous les divergeants.

d) Les divergeants ou les petites chaînes binaires jalonnent plusieurs arcs; l'un de ces arcs est externe, les autres sont internes, homéomorphes, excentriques. Dès que l'un d'eux peut se fermer il devient enveloppant par rapport au suivant.

e) L'arc postérieur externe a ses bords rabattus en avant. La courbure de la *marge* et la courbure directe de l'*amorçe* se confondent dans la courbure générale de l'arc interne. Il en est de même du *palier* du demi-arc antérieur qui est convexe en avant. Les demi-arcs antérieurs externes se rencontrent dans la surface de symétrie. Les arcs internes peuvent être fermés également. Lorsqu'ils sont ouverts, leurs extrémités viennent en quelque sorte s'appuyer sur l'arc antérieur de la courbe qui les enveloppe. Tous les arcs fermés antérieurement ont cette région antérieure déprimée.

f) Les régions marginales de l'arc externe ne sont facilement visibles que dans les traces déjà affaiblies.

g) Cette trace n'a pas de plis doubles sur son arc postérieur, ni de faisceaux élargis.

h) L'émission de la pièce sortante dans le pétiole secondaire se fait par des divergeants venant de l'arc externe du pétiole support et par des divergeants venant de son premier arc interne j^1 . Si le pétiole secondaire est très fort, l'arc j^2 lui donnera quelques divergeants. — Les divergeants internes jalonneront l'arc interne du pétiole secondaire.

i) Dans les traces marattiennes pures que nous venons d'étudier les arcs antérieurs ne présentent pas de pièces sori-fères différenciées.

j) Nous ne connaissons pas de traces marattiennes avec réseau accessoire périphérique chez les Mégaphyllides actuelles.

1. — Les traces de la base des filicinaux actuels sont caractérisées par la présence d'un réseau accessoire périphérique qui se compose de deux séries de cellules, l'une interne et l'autre externe, séparées par une zone de cellules plus petites. Ce réseau accessoire est absent chez les traces marattiennes pures et chez les traces marattiennes associées à des mégaphyllides actuels.

2. — Les traces de la base des filicinaux actuels sont caractérisées par la présence d'un réseau accessoire périphérique qui se compose de deux séries de cellules, l'une interne et l'autre externe, séparées par une zone de cellules plus petites. Ce réseau accessoire est absent chez les traces marattiennes pures et chez les traces marattiennes associées à des mégaphyllides actuels.

3. — Les traces de la base des filicinaux actuels sont caractérisées par la présence d'un réseau accessoire périphérique qui se compose de deux séries de cellules, l'une interne et l'autre externe, séparées par une zone de cellules plus petites. Ce réseau accessoire est absent chez les traces marattiennes pures et chez les traces marattiennes associées à des mégaphyllides actuels.

CHAPITRE IX. — *La pièce sorifère antérieure. — Le divergeant à facies unipolaire. — Les caractéristiques de la trace ophioglosséenne.*

SOMMAIRE

1. — La gracilité des traces foliaires des Ophioglossées actuelles.
2. — La trace foliaire de l'*Helminthostachys zeylanica*. — Ses rapports avec la trace marattienne. — La pièce sorifère antérieure.
3. — La trace foliaire du *Botrychium rutaceum*.
4. — Le divergeant à facies unipolaire.
5. — La trace foliaire du *Botrychium virginicum*.
6. — La trace foliaire des *Ophioglossum*.
7. — Les caractéristiques de la trace foliaire ophioglosséenne.

1. — Quand on passe des Maratiées aux Ophioglossées on ne doit pas perdre de vue que nos Ophioglossées actuelles ont des frondes beaucoup plus menues que celles de nos Maratiées. Or nous savons que la gracilité de la trace marattienne y détermine des réductions de structure considérables, qui vont jusqu'à faire disparaître ses caractéristiques essentielles. Il devra donc être tenu grand compte de ces réductions dans les analyses que nous allons présenter ; nous devons aussi limiter nos comparaisons à l'opposition de termes ayant réellement la même valeur.

2. — La trace foliaire de *Helminthostachys zeylanica* est extrêmement intéressante parce qu'elle est encore nettement marattienne par la présence d'un arc interne concave

antérieurement en même temps qu'elle est déjà nettement ophioglosséenne par la différenciation du système vasculaire de sa pièce sorifère antérieure.

Nous n'avons pu étudier la trace foliaire d'*Helminthostachys* que localement.

Dans la partie inférieure du pétiole cette trace présente un arc externe jalonné par 12 à 14 divergeants. 4 de ces divergeants γ_{g}^{2e} , γ_{g}^{1e} , γ_{d}^{1e} , γ_{d}^{2e} , appartiennent à la région postérieure de l'arc. Ils sont symétriques deux à deux. Comme il y a un faisceau médian $F^{M\sigma}$ à la base des pétioles secondaires, la marge porte sur un faisceau qui aurait le numéro 2 sur la figure 88. Le groupe trachéen T_{d}''' contient le pôle gauche de ce faisceau $F_{d}^{2e} = F_{d}^{M\sigma}$. Par suite le divergeant γ_{d}^{2e} peut s'écrire aussi : γ_{dg}^{1Le} .

Les trois divergeants qui suivent sur la figure 88, sont déjà spécialisés comme pièces du pétiole latéral dans lequel ils se rendent. — En prenant seulement le côté droit on voit que :

- 1° Le troisième groupe trachéen T_{d}''' contient le pôle droit du faisceau marginal F_{d}^{Le} ou faisceau médian $F_{d}^{M\sigma}$ du pétiole latéral droit. On a donc par la notation du divergeant correspondant $\gamma_{dd}^{1Le} = \gamma_{d}^{1ae} = \gamma_{d}^{1\sigma}$, puisqu'il est à la fois le début du demi-arc antérieur droit du pétiole primaire, et le début du demi-arc postérieur droit du pétiole latéral droit.
- 2° Le groupe trachéen T_{d}^{Ve} est à la fois γ_{d}^{2ae} sur le demi-arc antérieur droit du pétiole primaire et $\gamma_{d}^{1L\sigma}$ dans le pétiole latéral droit, dont il forme la marge.
- 3° Le groupe trachéen T_{d}^{Ve} est à la fois γ_{d}^{3ae} dans le pétiole primaire, et l'origine, au moins partielle, du demi-arc

antérieur gauche de la trace dans le pétiole latéral (1) droit. L'arc antérieur est fermé par deux divergeants symétriques γ^{1ae} , γ^{1ae} qui vascularisent la partie antérieure de la pièce ou γ^g γ^d *baguette sorifère* de l'*Helminthostachys*. La baguette sorifère est donc différenciée très bas dans le pétiole. — Au milieu de la courbe qui représente l'arc externe, *Helminthostachys* présente un grand divergeant à trachées antérieures. Cette pièce est l'*arc interne* de la trace marattienne. Elle a les

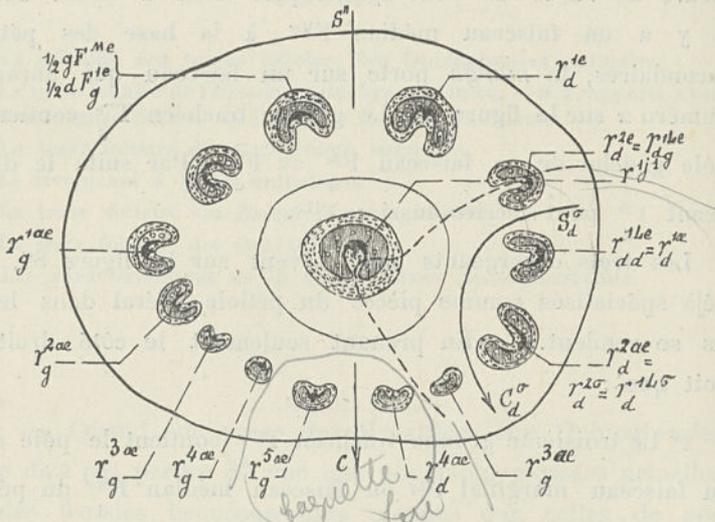


Fig. 88. — Section transversale du pétiole d'*Helminthostachys zeylanica*, région inférieure. — Gr. = 20.

La trace est notée en divergeants. — $C^{\sigma} S^{\sigma}$, ligne de symétrie du pétiole latéral droit. — La ligne en traits discontinus indique la partie de la trace qui se rend au pétiole latéral droit.

mêmes rapports et elle se comporte de la même manière pour donner les régions marginales des pétioles latéraux.

Helminthostachys présente donc une trace foliaire, dont

- (1) La ligne de symétrie $C^{\sigma} S^{\sigma}$ du pétiole latéral droit passe, en arrière, entre r^{2e} et r^{1ae} , en avant, entre r^{2ae} et r^{3ae} . — Par erreur le divergeant droit r^{3ae} a été noté sur sur la figure 88 : r^{3ae} .

l'arc externe est fermé. Elle est pourvue d'un arc interne réduit à un divergeant,

Cet arc a sa concavité antérieure. La *marge* ou région des pièces sortantes est peu accentuée et perdue dans la

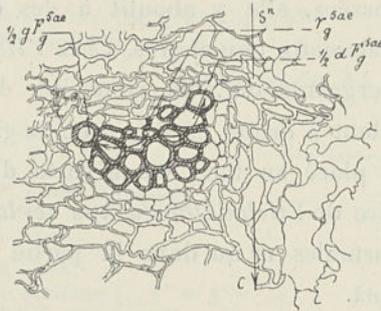


Fig. 89. — Le divergeant antérieur gauche γ^{5ae} de la figure 88 : —
Gr. = 150.

D'après un échantillon d'herbier très écrasé.

courbure générale de l'arc externe. Il y a donc là une véritable accumulation de caractères marattiens, à la condition toutefois de prendre la trace marattienne dans une région suffisamment grêle. A côté de ces caractères marattiens, on voit que la partie de l'arc antérieur voisine de C^e est spécialisée en vue de la vascularisation de la pièce sorifère antérieure (1). C'est là un caractère nouveau, qui n'était pas indiqué chez les Marattiées. Il définit nos Ophioglossées actuelles. *Helminthostachys* présente donc le fait très remarquable de la superposition de la caractéristique ophioglosséenne aux caractéristiques de la trace marattienne.

Remarquons de suite que la pièce sorifère d'*Helminthostachys* a ses divergeants médians antérieurs, avec trachées regardant la face postérieure de la fronde.

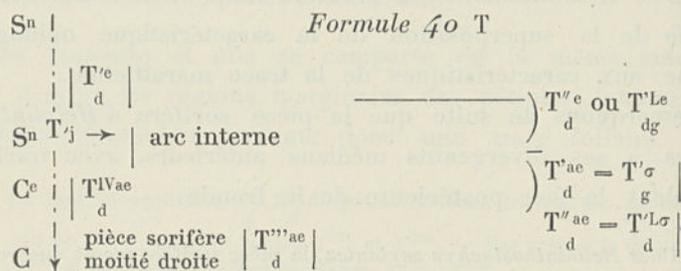
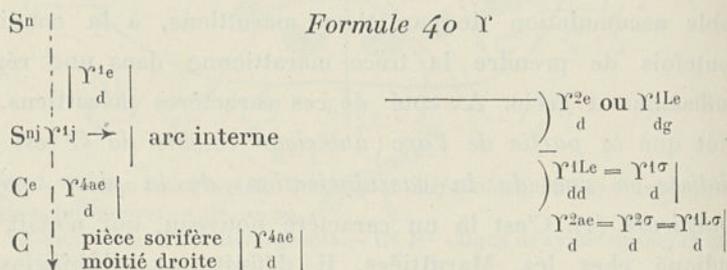
(1) Chez *Helminthostachys zeylanica*, la pièce sorifère reçoit encore une partie de sa vascularisation de la région moyenne de l'arc interne.

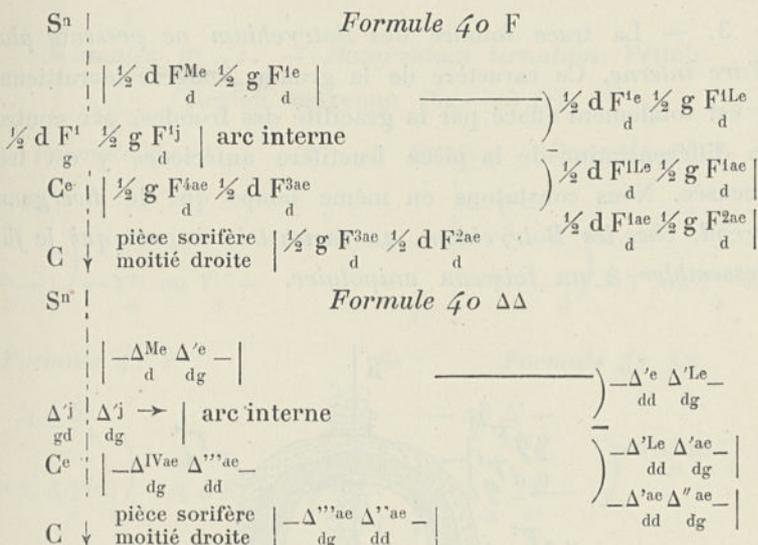
Cette trace foliaire d'*Helminthostachys* montre encore un autre caractère très remarquable, mais qui est propre à cette forme spécifique. Chez la plupart des Marattiées étudiées le divergeant tend à réduire beaucoup l'étendue de ses ailes ou expansions latérales. Cette réduction va s'accuser beaucoup chez les Ophioglossées, elle y aboutit à des divergeants qui ont le facies de faisceaux unipolaires. Chez l'*Helminthostachys zeylanica* les divergeants ont, au contraire, de très grandes ailes qui se rabattent à droite et à gauche du groupe trachéen. Celui-ci est alors placé au fond d'une sorte d'U renversé.

La trace foliaire de l'*Helminthostachys zeylanica* est représentée par les formules n° 40 dans la partie inférieure d'un pétiole un peu fort.

Formules n° 40. — *Helminthostachys zeylanica*, Pétiole.

Partie inférieure (Fig. 88)





Prise dans la région inférieure d'un pétiole latéral, la trace foliaire de l'*Helminthostachys* comprend seulement quatre divergeants coalescents en deux chaînes binaires symétriques. Il n'y a plus trace de l'arc interne. Les demi-arcs antérieurs y sont réduits chacun à un demi-faisceau très affaibli. Par contre, les faisceaux latéraux F^{l} y sont élargis et fortement convexes vers la surface CS^n . Le double pli latéral qui en résulte fait que, dans cette région, la trace de l'*Helminthostachys* prend une certaine ressemblance avec le dispositif de la trace onocléenne. Sa notation reproduit les formules n° 20, p. 94. Cette réapparition accidentelle du pli double latéral, dans la trace foliaire des Fougères euporangiates, tient à cette cause toute fortuite que les divergeants élémentaires de la trace foliaire ont des ailes exceptionnellement grandes et rabattues en avant (1).

(1) A son entrée dans le stipe la trace foliaire de l'*Helminthostachys* montre une figure toute différente. Elle prend encore la forme d'une chaîne binaire, celle-ci est doublement fermée, étant composée de deux divergeants fermés. Nous analyserons cet état très particulier de la trace clepsydroïde dans la seconde partie de cet ouvrage en étudiant les caractéristiques du stipe d'*Helminthostachys*.

3. — La trace foliaire des *Botrychium* ne présente plus d'arc interne. Ce caractère de la grande Fougère marattienne y est totalement effacé par la gracilité des frondes, par contre, la différenciation de la pièce fructifère antérieure y est très accusée. Nous constatons en même temps que le *divergeant prend, chez les Botrychium, un facies très à part qui le fait ressembler à un faisceau unipolaire.*

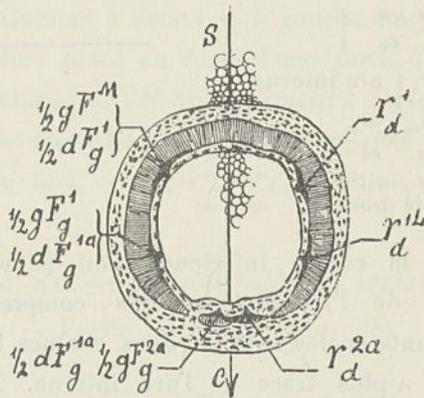


Fig. 90. — Section transversale de la trace foliaire dans le pétiole du *Botrychium ternatum*. — Gr. = 30.

La trace est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires (1).

Considérons d'abord le *Botrychium ternatum*.

A la base du pétiole primaire, la trace foliaire du *B. ternatum* est une couronne fermée comprenant 6 divergeants : 4 grands qui jalonnent l'arc postérieur, et 2 petits antérieurs qui correspondent à la pièce sorifère.

Les ailes libres des divergeants γ^1 γ^2 sont moins fortement rabattues en avant que dans l'*Helminthostachys*. Les formules de cette trace en ce point sont :

(1) Par mégarde, on a noté sur cette figure le divergeant γ^{2a} : $\frac{1}{2} d F^{1a}$
 $\frac{1}{2} g F^{2a}$ au lieu de $\frac{1}{2} g F^{1a}$, $\frac{1}{2} d F^{2a}$.

Formules n° 41. — *Botrychium ternatum*. Pétiole.

Région moyenne (fig. 90) (1).

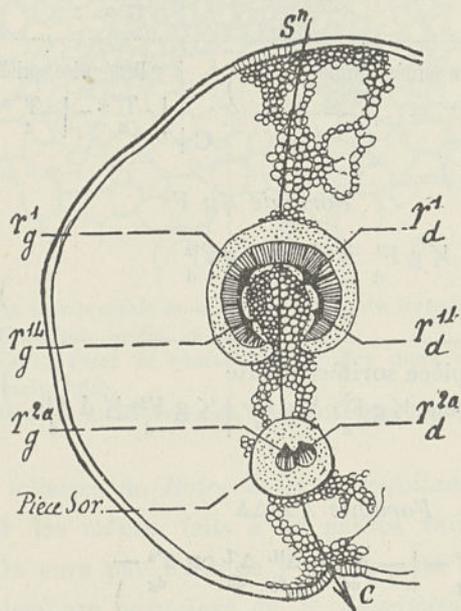
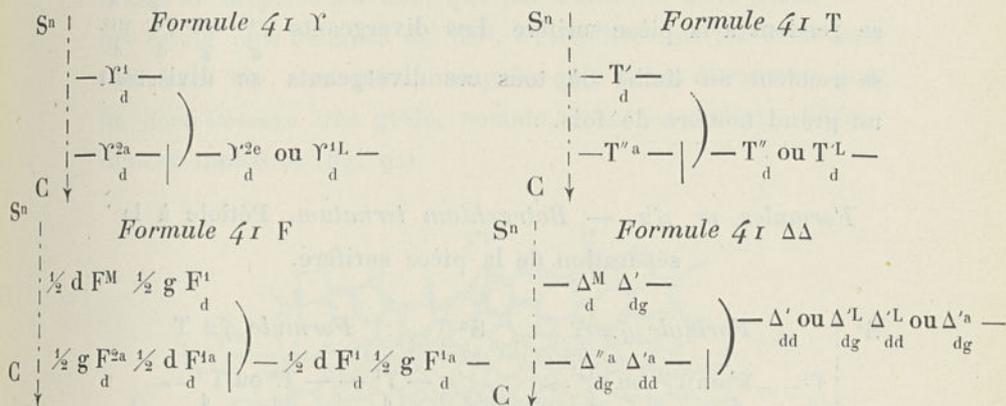


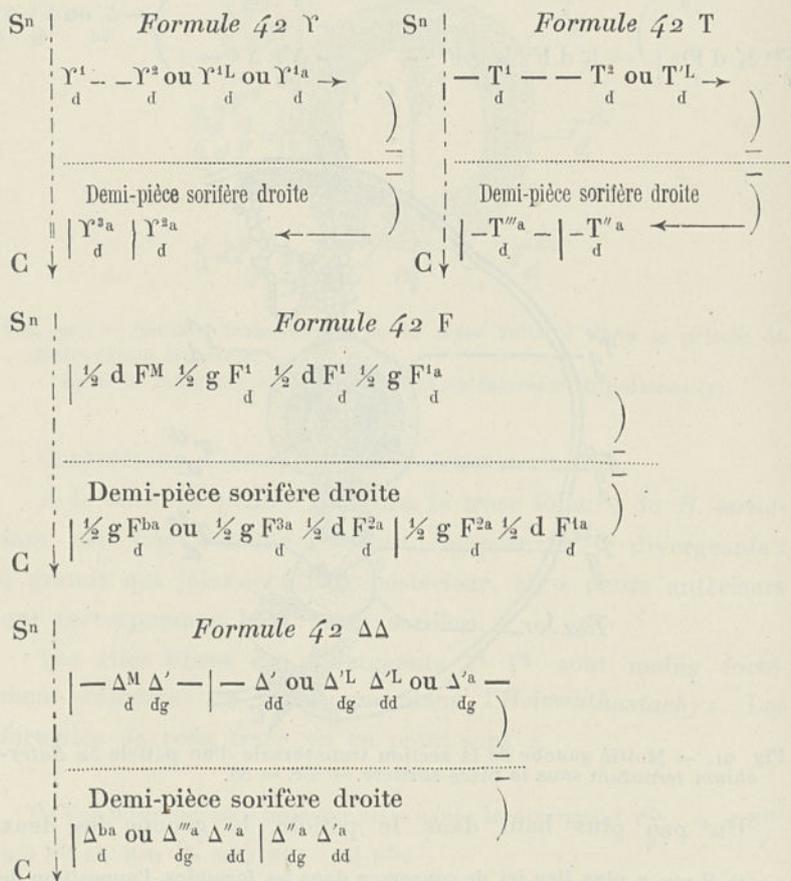
Fig. 91. — Moitié gauche de la section transversale d'un pétiole du *Botrychium ternatum* sous la pièce sorifère. — Gr. = 30.

Un peu plus haut dans le pétiole, le groupe des deux

(1) Il n'y a plus lieu ici de conserver dans les formules, l'opposition de l'arc externe à l'arc interne qui n'existe plus.

divergeants $\gamma^2_a \gamma^2_a$ s'isole Les deux chaînes binaires postérieures se coupent en 4 divergeants. Les divergeants $\gamma^2_a \gamma^2_a$ se rendent à la pièce sorifère. Les divergeants $\gamma^{1L} \gamma^1 \gamma^1 \gamma^{1L}$ se rendent au limbe où tous ces divergeants se diviseront un grand nombre de fois.

Formules n° 42. — *Botrychium ternatum*, Pétiole à la séparation de la pièce sorifère.



L'émission des pièces latérales se fera sur les régions Υ^{1L} . Les demi-arcs antérieurs n'étant plus indiqués, après la libération de la pièce sorifère, que par l'aile des divergeants Υ^{1L} qui est la plus éloignée de CS^u , c'est-à-dire que les demi-arcs antérieurs n'y sont plus indiqués qu'à l'état d'amorces, par un demi-faisceau très grêle, comme dans les cordons libéro-ligneux limbaires (fig. 92).

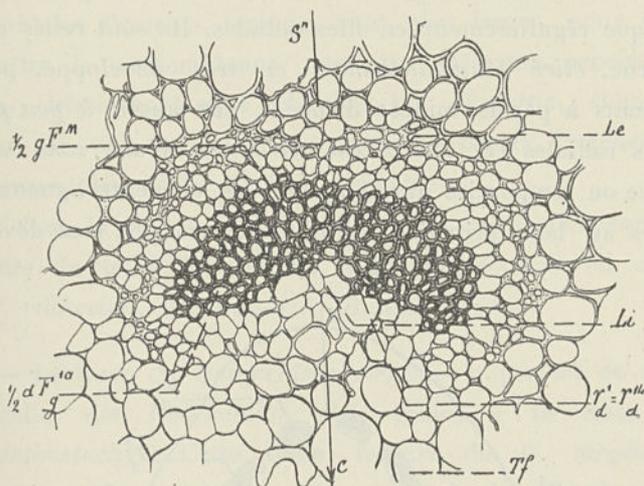


Fig. 92 — Section transversale de la trace foliaire du *Botrychium ternatum* à la base d'une foliole. — Gr. = 130.

Cette trace est à l'état de chaîne binaire. Ses deux divergeants ont déjà le faciès unipolaire.

La trace est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

Les traces foliaires de *Botrychium daucifolium*, *B. Lunaria* nous montrent les mêmes faits à de petites variantes numériques près. On aura par exemple 3 divergeants au lieu de 2 dans chaque demi-arc postérieur du *B. daucifolium*. On aura, au contraire, un divergeant au lieu de 2 dans chaque demi-pièce sorifère du *B. Lunaria*. Ces petites modifications n'ont qu'un intérêt très minime. Elles ne modifient pas le caractère de la pièce élémentaire de la trace.

4. — Chez *Botrychium ternatum*, *B. rutaceum*, et plus encore chez *B. Lunaria*, nous constatons qu'un caractère, dont on peut rencontrer l'amorçage en quelques points des *Marattia*, se trouve ici très fortement accentué. Par suite de la disposition des éléments ligneux du métaxylème, le divergeant élémentaire y prend le facies d'un faisceau unipolaire avec zone cambiale. — Les éléments ligneux primaires les plus tardivement différenciés dans le divergeant consistent en tubes grêles disposés presque régulièrement en files radiales. Ils sont reliés au liber externe, étiré tangentiellement et très développé, par des éléments à parois minces disposés, eux aussi, à peu près en séries radiales (1). De là est née l'idée qu'une zone cambiale fugace ou temporaire aurait ajouté des éléments ligneux secondaires au bois primaire. Le liber externe est seul développé,

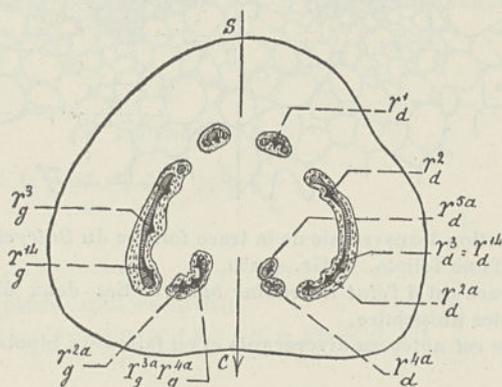


Fig. 93. — Section transversale d'un pétiole du *Botrychium virginicum* région inférieure. — Gr. = 10.

Cette trace est notée en divergeants.

le liber interne, déjà réduit à la face interne des divergeants d'*Helminthostachys*, est encore plus réduit chez ces *Botrychium*. L'aspect de la masse libéro-ligneuse ressemble alors suffisam-

(1) Ce tissu de raccord est l'amylome des autres Fougères.

ment à celui d'un faisceau unipolaire pour que cette homologation ait été proposée et très généralement acceptée. Il n'y a pourtant là qu'une très légère modification du facies ordinaire des divergeants qui ne change pas leur nature et qui ne les transforme pas en faisceaux d'un autre ordre. Les *Botrychium* n'ont pas de faisceaux unipolaires, ils n'ont pas davantage de zone cambiale externe. Même dans ce type particulier de trace, il suffit de prendre une espèce, comme le *B. virginicum*, où les éléments ligneux sont plus larges, pour voir réapparaître la ressemblance avec les éléments rencontrés chez les *Helminthostachys* et chez les *Marattia*, éléments que tout le monde reconnaît comme vaisseaux (*trachéides*) scalariformes dépendant du bois primaire.

Sauf dans la région d'individualisation de la pièce sorifère antérieure, la trace foliaire est largement ouverte en avant chez *B. rutaceum*, *B. Lunaria*, *B. daucifolium*.

5. — La trace du *Botrychium virginicum* permet de rattacher celle des *Botrychium* plus grêles à la trace de l'*Helminthostachys*. Cette trace foliaire du *B. virginicum* contient en effet un plus grand nombre de divergeants et les demi-arcs antérieurs s'y prolongent au-delà de l'émission de la pièce sorifère. Vers le bas du pétiole, la trace foliaire du *B. virginicum* comprend 14 divergeants, isolés ou unis en chaînes, placés sur un seul arc en gouttière dont les bords sont refoulés en dedans et en arrière. Fait très remarquable, les deux divergeants antérieurs les plus rapprochés de CS^a ne prennent pas part à la vascularisation de la pièce sorifère. Ils sont refoulés en arrière comme s'ils allaient donner un arc interne, mais ils n'arrivent jamais à donner une lame libéro-ligneuse à trachées antérieures. Nous soulignons ces dernières ressemblances avec les traces marattiennes. Nous ne les retrouvons plus chez *B. ternatum*. Chez *B. virginicum*

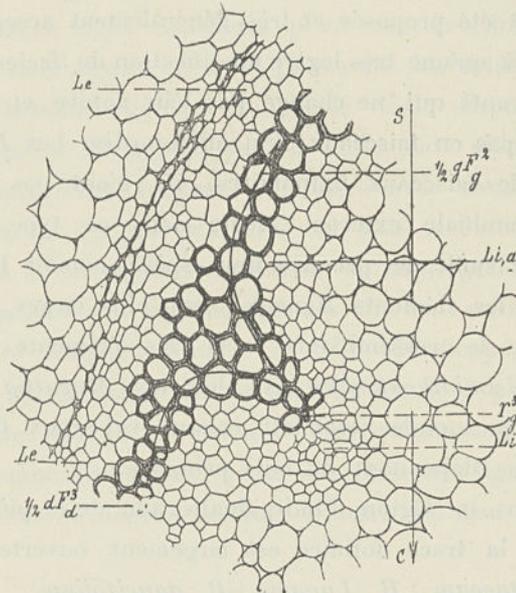


Fig. 94. — Le divergent 1³ de la figure 93, pour montrer la différence de facies des bois du *B. virginicum* et du *B. ternatum*. Les vaisseaux ligneux larges du *B. virginicum*, placés sur deux rangs, rappellent ceux des autres Fougères. — Gr. = 150.

Li. Liber interne plus épais devant les régions polaires. — Lia. Liber interne ou antérieur représenté par des fibres primitives amylofères.

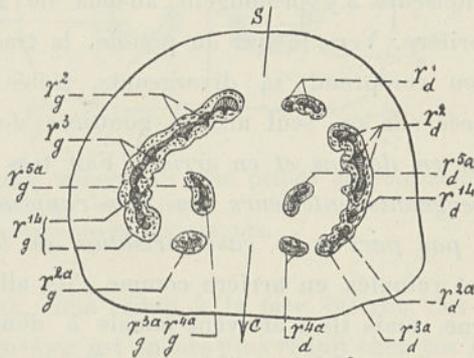


Fig. 95. — Section transversale d'un pétiole du *Botrychium virginicum* au niveau où la pièce sorifère commence à s'individualiser. — Gr. = 10.

On a conservé sous les mêmes désignations que dans la figure 93 les divergents issus de la division d'un même massif.

la trace de la pièce sorifère est fournie par quatre divergeants, symétriques deux à deux, qui sont compris entre les divergeants γ^{ba} et la région marginale du même côté. C'est donc surtout une portion intermédiaire des demi-arcs antérieurs qui se rend à la pièce sorifère, le mode d'émission de chaque demi-pièce sortante restant celui de grosses nervures ou pétioles secondaires. Les six divergeants postérieurs médians du *B. virginicum*, rapprochés trois à trois en deux groupes symétriques, ne prennent pas part directement à la vascularisation des premiers pétioles secondaires.

Le pétiole secondaire du *B. virginicum* présente 9 divergeants disposés sur un arc externe dont la configuration générale reste semblable à celle des *Marattia*. Un de ces divergeants est médian postérieur. Il y a deux chaînes latérales continues de 4 divergeants. Les demi-arcs antérieurs y sont très développés. Il n'y a plus trace d'arc interne. Dans cette région de la plante le métaxylème des faisceaux bipolaires rappelle beaucoup les grands éléments scalariformes des autres Fougères. *B. virginicum* marque donc un stade de transition entre la trace marattienne, réduite et déjà modifiée, rencontrée chez l'*Helminthostachys* et celle des *Botrychium ternatum*, *rutaceum* et *Lunaria*.

6. — La trace foliaire de l'*Ophioglossum vulgatum* montre les mêmes faits que celle des *Botrychium* en les accentuant encore plus fortement. A la base du pétiole, la trace de l'*O. vulgatum* contient 4 divergeants, deux postérieurs unis en une chaîne binaire, ou même encore confondus en un seul, et deux latéraux. Ces divergeants se divisent et, au milieu du pétiole, on voit un arc postérieur avec 3 divergeants, dont un médian, et deux demi-arcs antérieurs contenant chacun 2 divergeants. Ces divergeants antérieurs ont leurs trachées regardant en arrière vers la face externe du pétiole. Les deux groupes

antérieurs se rapprochent de CS^a et s'y unissent fermant ainsi l'arc externe marattien, mais sans jamais donner d'arc interne. Par contre, ce même système de divergeants, à trachées regardant en arrière, s'isole et fournit l'appareil vasculaire de la pièce sorifère. Les divergeants postérieurs se bifurquent surtout dans la région marginale, il en résulte un jalonnement indiqué par de petits divergeants isolés dont les plus externes sont les plus grêles. *En fait de demi-arc antérieur propre au limbe, il ne subsiste que l'aile externe des deux divergeants les plus éloignés de CS^a .* La fronde des *Ophioglossum* conserve ces mêmes caractères dans les autres espèces, comme on peut

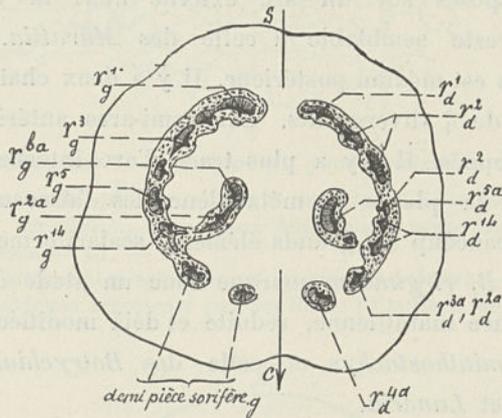


Fig. 96. — Section transversale d'un pétiole du *Botrychium virginicum* au niveau où la pièce sorifère antérieure est complètement individualisée. — Gr. = 10.

On a conservé sur la moitié droite de la figure la notation en divergeants indiquée sur les figures 93 et 95. On voit donc facilement quels sont les massifs qui se réunissent plus bas en un seul divergeant.

Sur la demi-trace gauche on a inscrit la notation en divergeants, telle qu'on l'écrirait à première vue en l'absence d'indications sur les rapports des divergeants dans la partie inférieure de la fronde.

le constater chez *O. palmatum*, *O. reticulatum*. On les revoit même chez *O. pendulum*, où la pièce sorifère antérieure subit une dispersion sur la surface du limbe.

Chez les *Ophioglossum* la disposition du métaxylème en séries radiales est très accusée. Le liber interne des divergeants est très réduit. Les saillies polaires trachéennes sont

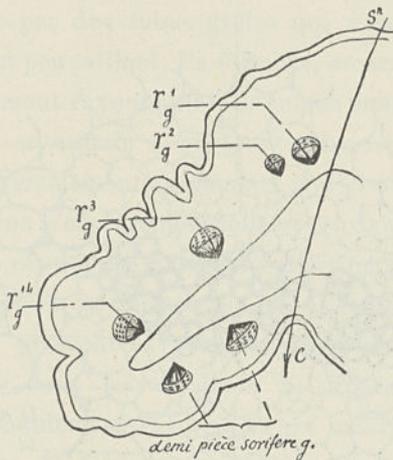


Fig. 97. — La moitié gauche de la section transversale d'un pétiole d'*Ophioglossum palmatum*. — Gr. = 20.

La trace est notée en divergeants.

très faibles. L'aspect unipolaire des divergeants est encore plus accentué que chez les *Botrychium*.

Chez *Ophioglossum* comme chez *Botrychium* nous avons une trace foliaire dialydivergeante fermée antérieurement dans une partie de son parcours mais sans arc interne caractérisé. L'arc antérieur, qui y est très développé et très différencié, pour une fronde si faible, est employé en totalité à vasculariser une pièce sorifère antérieure qui parfois s'éparpille sur divers points de la surface du limbe.

7. — Nous énoncerons comme il suit les caractéristiques de la trace ophioglosséenne :

a) La trace ophioglosséenne est construite sur le type de

la trace marattienne grêle. Elle comprend donc un arc externe qui se ferme dans la partie antérieure de la surface de symétrie. — Exceptionnellement cette trace arrivera à présenter un arc interne (pétiole de l'*Helminthostachys zeylanica*).

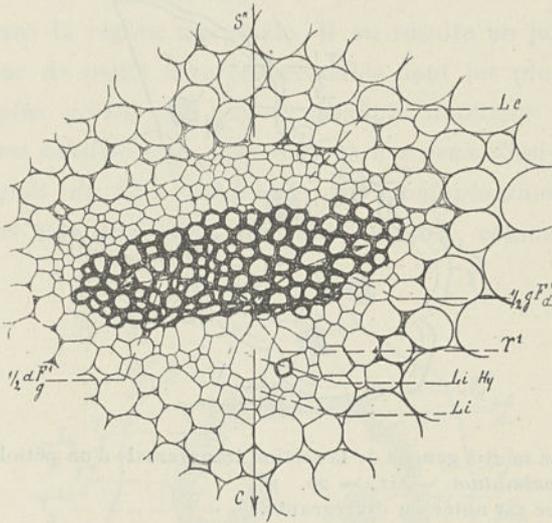


Fig. 98. — Un divergeant médian postérieur d'*Ophioglossum vulgatum* pris à la base de son pétiole. — Gr. = 130.

b) Cette trace présente une pièce sorifère différenciée en grande partie, ou même exclusivement, aux dépens des cordons de l'arc antérieur. Elle absorbe la plus grande partie de cet arc antérieur. Cette différenciation du système vasculaire de la pièce sorifère antérieure, ajoutée à une trace marattienne réduite, est une des caractéristiques des plus importantes de la trace ophioglosséenne. — Au-dessus de la région d'émission de la pièce sorifère, l'arc antérieur est largement ouvert en avant.

c) La trace ophioglosséenne tend à laisser ses divergeants unis en une chaîne continue vers le bas de la fronde, au con-

traire tous ses divergeants tendent à s'isoler dans sa région supérieure. La dialydivergeance y est poussée très loin.

d) Le divergeant subit une modification notable dans sa *structure histologique*. Les grands tubes ligneux scalariformes sont remplacés par des tubes grêles qui s'amassent derrière le groupe trachéen peu saillant. Ils forment, en arrière des trachées, des files vaguement rayonnantes. En même temps, le liber interne du divergeant se réduit à quelques fibres primitives, recloisonnées transversalement, formant une rangée péricambiale. Le liber externe s'étire tangentiellement dans sa région périphérique. Il en résulte des amas libéroligneux d'aspect unipolaire où l'on a assimilé parfois à une zone cambiale les éléments amylières qui unissent la partie réparatrice du bois au liber externe. Même dans ces cordons, la différenciation du bois est toujours doublement divergente et centrifuge. Ces divergeants, à facies de faisceau unipolaire, se montrent dans les *Botrychium* grêles à frondes peu découpées. Tous les *Ophioglossum* ont ce caractère fortement accusé.

e). — La trace ophioglosséenne ne présente pas de plis doubles sur les flancs de son arc postérieur, sauf une indication accidentelle dans les pétioles latéraux et dans les folioles de l'*Helminthostachys*.

CHAPITRE X. *Les traces foliaires très réduites. — La double chaîne binaire. — La chaîne binaire simple. — Le divergeant isolé. — Le faisceau indéterminé.*

SOMMAIRE

1. — La réduction de la trace onocléenne en trace marsilienne. — Caractéristiques de la trace marsilienne.
2. — La trace foliaire des *Lygodium*.
3. — La trace osmondéenne, réduite à une chaîne binaire, du *Trichomanes radicans*.
4. — La trace foliaire, réduite à un seul divergeant, des *Hymenophyllum tunbridgense* et *fucoides*.
5. — La trace foliaire réduite à un faisceau indéterminé.

Nous ne dirons que quelques mots des traces foliaires très réduites. Les indications que nous allons donner ont surtout pour but de montrer dans quel esprit l'étude de ces traces doit être faite. M. Cornaille se propose de reprendre ultérieurement le détail de cette partie de notre travail. Les indications actuelles suffiront cependant pour établir que les traces foliaires très réduites restent composées des pièces élémentaires, divergeants et faisceaux bipolaires, que nous avons rencontrés dans les traces plus complexes, tant que nous avons affaire à des systèmes définis.

A priori des traces foliaires très réduites peuvent se rencontrer dans tous les types de traces. Nous avons montré la réalité de cette notion en suivant les traces cyathéenne et marattienne dans leurs parties supérieures. La dégradation organique, suite de certaines conditions de vie, peut produire les mêmes effets dans des régions moins élevées de la fronde. Seulement, comme la réduction amène l'effacement, ou même la disparition totale

des caractères différentiels des traces plus complexés, ces dernières paraissent toutes retomber immédiatement dans des types de traces plus simples, comme la trace onocléenne et la trace osmondéenne. Il semble donc que ce sont ces types plus simples qui donnent presque exclusivement les traces très réduites. Exceptionnellement, quand par hasard on pourra s'appuyer sur la notion de continuité familiale, on soupçonnera, derrière des réduites rapportées à des types de traces simples, l'existence d'une trace réduite d'un type plus complexe. Ces travaux se feront peu à peu à mesure qu'avancera l'étude de la différenciation anatomique des espèces dans des groupes très limités, Sous-genre, Genre, Tribu, Famille.

1. — Nous étudierons en premier lieu la réduction de la trace onocléenne en trace marsilienne.

Dans le chapitre IV, p. 108, nous avons montré que la trace foliaire des *Asplenium* est une trace onocléenne à double chaîne binaire dont les ailes libres sont réduites, et dont les deux chaînes deviennent coalescentes par leurs plis inverses dans la surface de symétrie CS^n . La base du pétiole d'*A. bulbiferum* nous a montré la double chaîne binaire onocléenne. Le demi-faisceau antérieur de chaque chaîne y est placé dans le prolongement de la branche ascendante. A la suite, peut se trouver encore un divergeant sortant, sorte de nervure demeurée coalescente avec le pétiole support. Cet *A. bulbiferum* nous a montré plus haut ses deux demi-traces coalescentes par leurs plis inverses dans la surface de symétrie. — Le pétiole d'*Asplenium ruta muraria* nous a présenté, p. 105, les deux chaînes binaires onocléennes unies par leur liber, en même temps que des groupes trachéens T^g, T^d , venaient se placer à la pointe postérieure des lames ligneuses des faisceaux F^g, F^d . Les groupes trachéens $T^{g,d}, T^{g,d}$, sont placés en avant des mêmes lames ligneuses mais très près de leur terminaison ; les

masses ligneuses des faisceaux $1/2 F_{g}^{ba}$, $1/2 F_{d}^{ba}$, étant presque réduites à leurs trachées. Les parties moyennes du pétiole d'*A. ruta-muraria* nous ont montré la coalescence des deux chaînes binaires, s'étendant aux lames ligneuses F_{g}^1 , F_{d}^1 , et produisant une masse de bois en forme de grand upsilon renversé \sphericalangle avec trachées à l'extrémité de la branche postérieure et deux groupes trachéens antérieurs près des extrémités des branches horizontales. — *Asplenium trichomanes* nous a appris qu'en réalisant cette concrescence, la trace onocléenne conservait pourtant, sur une plus ou moins longue étendue, la dualité des groupes trachéens T_{g} , T_{d} .

Tous ces degrés de réduction de la trace onocléenne se voient réalisés dans les pétioles des *Marsilia* et dans la fronde linéaire des *Pilularia*. La trace qui en résulte fournit une caractéristique naturelle de la Famille des Marsiliacées; pour cette raison, nous appellerons ce type de trace, la *trace marsilienne*.

Dans une trace marsilienne, nous rencontrons donc les faits suivants qui sont autant de caractéristiques de ce type de trace.

a) Deux chaînes binaires symétriques, à ailes libres très réduites, confluentes dans la région du pli inverse et dans la région postérieure. La confluence commence sur les libers antérieurs, elle peut s'étendre aux lames ligneuses.

b) Dans chaque chaîne binaire, il y a un faisceau large sur lequel est localisé le pli double. Ces faisceaux élargis sont ceux qui terminent l'arc postérieur de chaque côté. Par ce caractère et par ces plis doubles, la trace marsilienne paraît être une trace onocléenne réduite.

c) Les deux moitiés du faisceau médian postérieur sont extrêmement réduites ou même nulles. Par suite, les groupes trachéens T_{g} , T_{d} , deviennent terminaux, ou presque terminaux

par rapport aux lames ligneuses F^1_g , F^1_d . Ces groupes trachéens T^g , T^d , seront : ou bien distincts, ou bien confondus en un seul groupe T^g nettement postérieur, ou bien ils s'éteindront.

d) Le pli double des chaînes binaires n'est sensible que par la courbure des branches ascendantes qui sont convexes en avant.

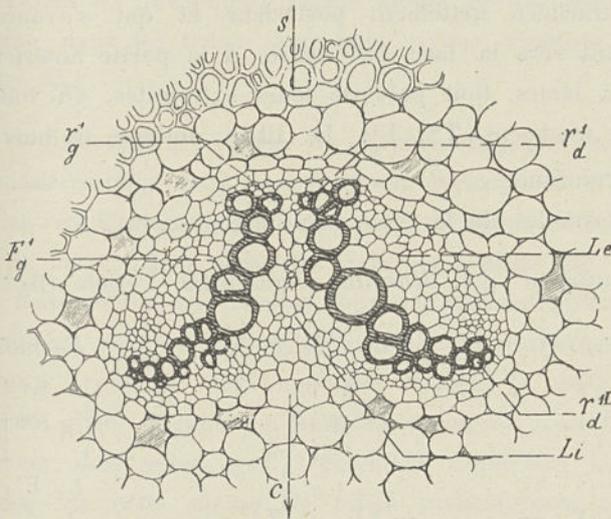


Fig. 99 — Section transversale de la trace foliaire du *Marsilia quadrifolia* prise dans le pétiole. — Gr. = 150.

La trace est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

Les demi-faisceaux, $1/2 gF^M$, $1/2 dF^M$, sont indiqués par leur pôle et par un élément.

Le groupe Υ^{II} se prolonge à gauche en préparant le divergeant d'une nervure $\Upsilon^{I\sigma}$.
g

e) Les demi-faisceaux antérieurs étant très réduits et placés dans le prolongement des branches ascendantes de l'arc postérieur, les groupes trachéens marginaux sont antérieurs et placés très près des extrémités antérieures des lames ligneuses.

f) Par réduction portant sur le groupe trachéen T^g , la trace

Les deux moitiés du faisceau médian $\frac{1}{2} g F^M$, $\frac{1}{2} d F^M$ étant très grêles, les pôles doubles symétriques Δ' , Δ^m , Δ^m , Δ' , tendent à confluer en un seul pôle double médian Δ' Δ' .

A part les faits spéciaux résultant de la réduction des demi-faisceaux $\frac{1}{2} g F^M$, $\frac{1}{2} d F^M$, $\frac{1}{2} d F^{ba}$, $\frac{1}{2} g F^{ba}$, la pièce libéro-ligneuse élémentaire conserve, dans la trace marsilienne, ses caractères de divergeant et de faisceau bipolaire. Ces pièces élémentaires s'y présentent même moins profondément modifiées que dans les traces que nous avons étudiées dans le chapitre IX.

2. — Les traces foliaires du *Lygodium japonicum* et du *Ly. scandens* (Fig. 100) appartiennent encore à ce même type onocléen réduit, dans lequel deux chaînes binaires symétriques unissent leurs lames ligneuses dans la surface de symétrie CS^a ; mais comme ces frondes sont exceptionnellement longues et ramifiées, tout en restant très grêles, la partie réparatrice du bois y prend un développement inusité. Le métaxylème a la forme d'un triangle à sommet tronqué. L'un deux est postérieur. Les côtés sont légèrement déprimés. Contre les sommets de cette masse de tubes scalariformes s'appuient six groupes trachéens rapprochés deux à deux. La paire médiane postérieure est formée par les groupes T^g , T^d , distincts ou confondus en un groupe médian T^g ; les deux autres paires sont antérieures, symétriques l'une de l'autre et placées près des extrémités du côté antérieur du système ligneux. Chaque paire latérale contient, un groupe trachéen marginal T^{Lg} ou T^{Ld} et un groupe trachéen sortant $T^{g\sigma}$ ou $T^{d\sigma}$ (1).

(1) Dans le *Lygodium palmatum*, M. L. A. Boodle a constaté que le groupe trachéen médian unique est, non plus externe, mais revêtu extérieurement d'éléments ligneux. C'est-à-dire que le divergeant médian, état limité d'une petite chaîne binaire $-Y^g - - Y^d -$ qui est ici fermée, conserve toutes les particularités de son aspect ordinaire de divergeant fermé. M. L. A. Boodle, l. c. p. 369. — Note ajoutée pendant l'impression.

Les traces des *Lygodium* passent à l'état de chaîne binaire par extinction du groupe médian T'.

Le liber antérieur est très réduit dans ces traces de *Lygodium*.

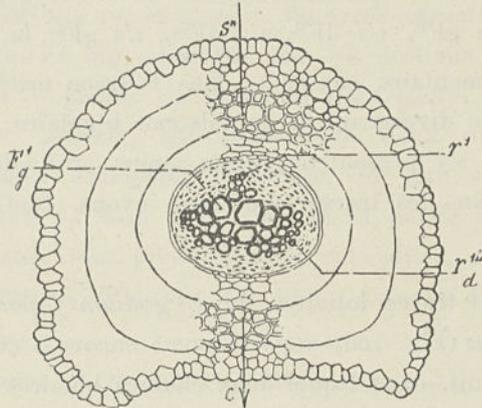


Fig. 100. — Section transversale d'un pétiole du *Lygodium japonicum*.
— Gr. = 55 (1).

La trace du *Schizæa digitata* est, de suite, à l'état de chaîne binaire. L'aspect de cette chaîne est assez profondément modifié par le grand épaissement du métaxylène de son faisceau médian F^M. Il en résulte une grande bosse postérieure débordée de chaque côté par les demi-arcs antérieurs qui sont ainsi rejetés en arrière, comme s'ils préparaient une trace tubiculaire. Le liber antérieur est réduit aussi à une rangée d'éléments pérécambiaux.

3. — La trace foliaire, réduite à une seule chaîne binaire, est extrêmement répandue. On la voit se former indifféremment par simplification d'un système osmondéen ou d'un système onocléen lorsque, par suite de réductions, les caractères différentiels de ces deux types de traces s'effaçant, nous arrivons vers une sorte de limite commune aux deux types:

(1) Voir la figure plus grossie donnée par M. L. A. Boodle. *On the Anatomy of the Schizæaceæ*. Fig. 4. Pl. XIX. Ann. of Botany, vol. XV.

Nous ne croyons pas qu'on puisse dire : vers une sorte d'état plus simple dont la trace osmondéenne et la trace onocléenne sont des différenciations. Ces chaînes binaires sont fréquentes dans les nervures. — On voit une chaîne binaire réalisée dans le pétiole du *Trichomanes radicans*. Fig. 101 et 102.

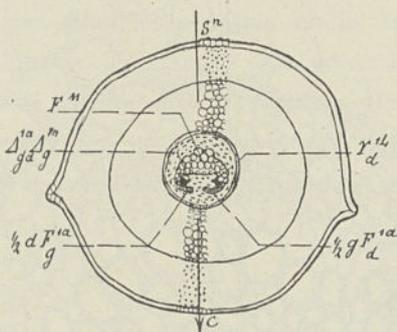


Fig. 101. — Section transversale du pétiole de *Trichomanes radicans*. — Gr. = 20.

La trace, à l'état de chaîne binaire, est notée en divergeants et en faisceaux bipolaires.

Elle s'y présente *fermée en avant* par union des libers externes des deux bords dans la partie antérieure de la surface de symétrie. Dans son excellente étude sur les Hymenophyllées, M. L. Boodle (1) en a figuré de très bons exemples tirés de l'*Hymenophyllum dilatatum* (l. c. fig. 7) et de l'*H. cruentum* (l. c. fig. 20).

Dès la base du pétiole, la trace foliaire du *Trichomanes radicans* présente une lame ligneuse en arc, à bords très amincis, infléchis par courbure directe des marges et des amorces vers la surface de symétrie et unis sur la ligne CS^n . Deux groupes trachéens marginaux symétriques T^L_g , T^L_d , sont placés à la partie antérieure de cette lame ligneuse. Le liber

(1) L. A. Boodle, *On the Anatomy of the Hymenophyllaceæ*. *Annals of Botany*, vol. XIV.

externe tapisse le pourtour du bois en arrière et en avant. Il est très aminci dans la partie où il revêt antérieurement la trace ; il tend à s'y réduire à son assise péricambiale. Le liber interne consiste en fibres primitives recloisonnées transversalement.

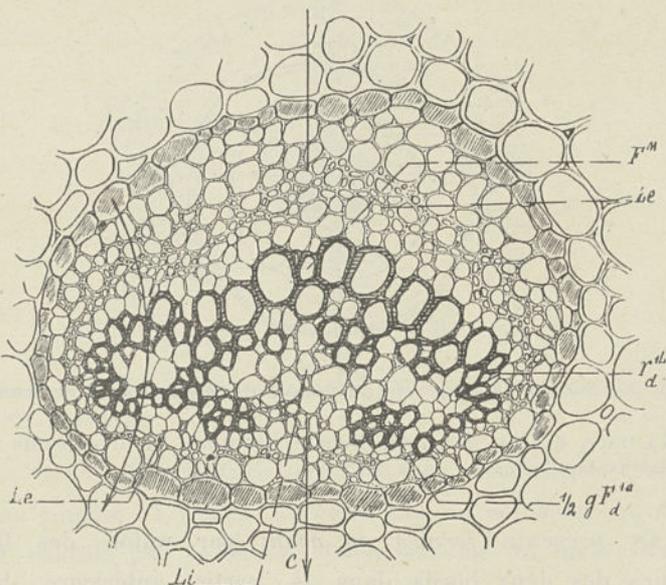


Fig. 102. — La trace foliaire dans le pétiole du *Trichomanes radicans* près du point d'émission d'une nervure. — Gr. = 150.

A gauche, émission d'une pièce latérale par formation d'un divergeant fermé produisant plus haut une chaîne binaire ou un divergeant simple. On voit la réfection du pôle trachéen T^L .

g

Les formules d'une telle trace sont les formules n° 3, p. 30, mais en spécifiant, par la suppression des barres d'incision qui terminent les pièces γ^{IL}_g , γ^{IL}_d , que la trace est ici fermée en avant.

Lorsqu'on trouve ce même mode de réduction dans les limbes de frondes onocléennes le rabattement des demi-faisceaux antérieurs vers CS^n est souvent nul ou peu sensible, les demi-faisceaux antérieurs sont alors placés dans le pron-

gement même du faisceau médian F^M . La trace γ reste largement ouverte en avant. Il en est de même chez *Schizaea digitata* où les demi-faisceaux antérieurs sont rejetés en arrière.

On trouve des chaînes binaires ouvertes et des chaînes binaires fermées, aussi bien dans les réduites de la trace osmondéenne, que dans les réduites de la trace onocléenne.

Une chaîne binaire se bifurque souvent en deux divergeants. Lorsque plus loin un de ces divergeants doit subir, à son tour, une nouvelle bifurcation, il reprend, sur une petite longueur, l'état de chaîne binaire et l'incision se fait au milieu du système.

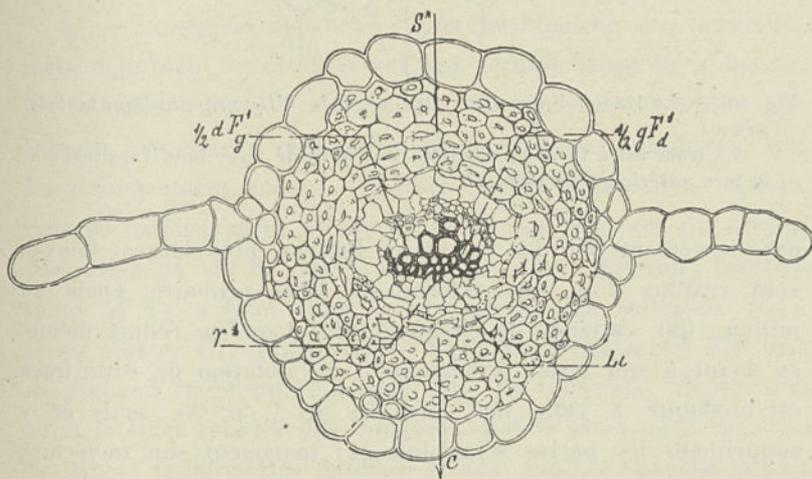


Fig. 103. — Section transversale d'un pétiole d'*Hymenophyllum tunbridgense*. — Gr. = 130.

La trace est à l'état de divergeant simple, à pôle étalé, préparant à gauche l'émission d'une nervure.

4. — La trace foliaire de l'*Hymenophyllum tunbridgense* nous a présenté une trace foliaire réduite à un seul divergeant dès la base du pétiole. Nous devons à M. L. A. Boodle la connaissance d'un autre exemple de cette réduction chez l'*Hymenophyllum fucoides* (l. c. fig. 15). Ces deux exemples sont dus au rapprochement

des groupes T^L , T^L , dans la surface de symétrie (1). Le massif libéro-ligneux qui en résulte a l'aspect d'un faisceau unipolaire, dont l'assise péricambiale, totalement entourante, est très développée. Les trachées forment un groupe antérieur tapissé

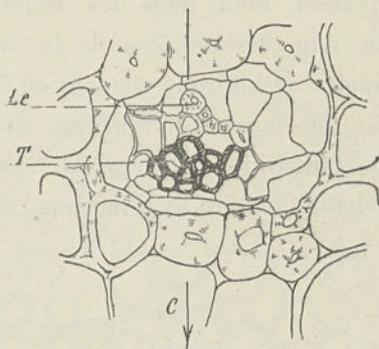


Fig. 104. — La trace foliaire dans une nervure d'*Hymenophyllum tunbridgense*.

La trace est à l'état de faisceau indéterminé avec bois rapproché de la face antérieure du faisceau.

extérieurement par des vaisseaux ligneux plus larges. Ceux-ci sont revêtus d'un arc externe de liber primaire, épais au milieu, qui s'atténue de chaque côté, et qui se réduit même, en avant, à son assise péricambiale. La notation de cette trace est analogue à celle des formules n° 4, p. 30, mais en y supprimant les barres d'incision qui marquent son ouverture antérieure. Si l'on voulait rappeler l'état limite d'une chaîne binaire fermée ainsi condensée, les formules resteraient sous les formes n° 3, p. 30, en y annulant les demi-faisceaux antérieurs $1/2$ d F^{ba} $1/2$ g F^{ba} , et en confondant les deux groupes trachéens T^L , T^L , dans la surface de symétrie. Cette

(1) On arrive à cette notion par continuité familiale comme le montrent les figures 7, 8, 20, de cette excellente monographie. Les deux premières figures montrent l'union des deux pôles se réalisant chez *H. dilatatum*; la dernière montre cette union se faisant chez *H. eruentum*.

réduite de la chaîne binaire fermée est intéressante à connaître pour l'étude de certaines traces fossiles.

Par contre, dans les petites nervures, les exemples de traces réduites à un divergeant abondent. Comme elles proviennent de divisions répétées, on peut leur appliquer, avec certitude, les formules n° 4. Il n'y a pas à craindre de méconnaître en elles : une chaîne binaire fermée réduite, à groupes trachéens rapprochés dans la surface de symétrie. Elles ressemblent à des massifs libéro-ligneux unipolaires, et c'est comme faisceaux unipolaires qu'elles sont généralement présentées. Le bois avec ses deux lignes de différenciation y reste toujours totalement centrifuge.

5. — Lorsqu'on approche de la terminaison des nervures, mais déjà bien avant d'arriver aux *terminaisons en ampoule*, les trachées de la trace foliaire deviennent centrales par rapport aux autres vaisseaux ligneux, très peu nombreux, qui les accompagnent encore. Le liber parenchymateux se répartit presque uniformément autour du bois. La structure du cordon libéro-ligneux de la trace est celle d'un faisceau indéterminé. Il n'y a plus alors ni divergeants, ni faisceaux bipolaires ajoutés en systèmes plus ou moins complexes. Cet état de faisceau indéterminé paraît être la réduction ultime que subit la trace foliaire des Fougères. Est-ce ainsi qu'il faut lire les traces foliaires des *Salvinia* et des *Azolla*. *Salvinia natans* et *Azolla filiculoides*, qui sont les seules espèces des genres *Salvinia* et *Azolla* que nous ayons analysées, ne nous permettent pas de nous prononcer actuellement. Les quelques trachées presque centrales entourées des éléments libériens qui les accompagnent ne nous ont pas présenté de polarité nettement reconnaissable. A la réduction numérique, due à la gracilité des organes, s'ajoute la dégradation due à l'aquatisme. L'appréciation de ces cas limites, toujours très délicate,

nous paraît demander des recherches *organogéniques* et *comparatives* plus complètes que celles que nous avons faites.

En prenant des frondes sur des plantes de plus en plus jeunes, nous retrouverions toutes ces réductions de la trace foliaire. Elles montrent successivement une chaîne ternaire ou une chaîne binaire, un divergeant simple, une masse libéro-ligneuse indéterminée comme réduites du type particulier de la trace de la fronde adulte.

Ces divers exemples donnent une première idée de la variété des réductions que la trace foliaire des Mégaphyllides peut être appelée à subir, et dès lors, il nous apparaît plus clairement que la détermination de ces cas limites demande à être toujours très soigneusement préparée et discutée.

CHAPITRE XI. — *Conclusions de la Première Partie.*

SOMMAIRE

- I. — Caractéristiques de l'organisation de la trace foliaire des Filicinées actuelles.
- II. — Types de traces foliaires réalisés chez les Filicinées actuelles. — Indication de quelques types disparus.
- III. — Comparaison des traces foliaires des Cycadées actuelles avec les traces foliaires des Mégaphyllides.

I. — CARACTÉRISTIQUES DE L'ORGANISATION DE LA TRACE FOLIAIRE DES FILICINÉES ACTUELLES.

Les résultats que nous avons rencontrés dans ces analyses des traces foliaires des Mégaphyllides actuelles peuvent être présentés comme les conséquences immédiates, ou comme les applications, de certaines règles simples dont chacune constitue une caractéristique de l'organisation de ces traces. La connaissance de ces règles, ou caractéristiques, permet d'interroger tout nouvel exemple. En particulier, on appréciera de suite si cet exemple rentre dans les types de traces existants aujourd'hui, quelle variante il y représente, et, s'il s'agit d'un type nouveau, quelles sont les caractéristiques nouvelles propres à ce type.

1. — Histologiquement, la pièce libéro-ligneuse élémentaire de la trace foliaire des Mégaphyllides ne comprend que du bois et du liber primaires. Même chez les Ophioglossées elle

ne comporte ni bois ni liber secondaires. Ce caractère n'a rien en soi de nécessaire.

2. — Le bois primaire ne comprend que des trachées et des tubes ligneux larges, à ornementation scalariformes ou aréolées. Ces éléments plus larges forment le métaxylème. — Les tubes ligneux représentent plus spécialement la partie réparatrice du bois. — Ces tubes ligneux sont contigus et placés en files, ou bien réunis en amas et ceux-ci sont attachés entre eux par des fibres primitives, cloisonnées transversalement, qui forment un amyloème mêlé au bois.

3. — Le liber est représenté par des tubes et des cellules grillagés, à cribles simples, en plaques, qui s'élèvent parfois jusqu'à une plage réticulée. Ces éléments criblés tendent à former une plage moyenne. Ils sont unis par des éléments parenchymateux. Les fibres libériennes sont extrêmement rares. Il y a des indices, ou des débuts, d'écrasement à l'extérieur des points où les éléments criblés sont particulièrement larges.

4. — La jonction du bois au liber se fait par des fibres primitives cloisonnées transversalement qui donnent un amyloème circumligneux. — Les éléments qui unissent le liber à la gaine casparyenne sont des fibres primitives cloisonnées horizontalement. Ce parenchyme à éléments hypertrophiés donne une enveloppe péricambiale ordinairement très accusée.

5. — Il n'y a pas de bois primaire à différenciation centripète dans la pièce libéro-ligneuse élémentaire de la trace des Mégaphyllides actuelles.

6. — Tant qu'elles sont *définies*, les pièces libéro-ligneuses élémentaires des Mégaphyllides sont des *divergeants* ou des *faisceaux bipolaires*. Quand on les regarde comme des divergeants, le bois de chaque pièce élémentaire part d'un groupe trachéen éloigné du bord du massif et se différencie suivant deux lignes divergentes. Quand on regarde la pièce élémen-

taire comme un faisceau bipolaire, elle présente deux lames ligneuses qui partent de deux groupes trachéens plus ou moins éloignés et les deux lames se différencient toutes deux vers un centre de figure commun. Il n'y a pas actuellement de raison décisive pour imposer l'emploi de l'une de ces unités à l'exclusion de l'autre.

6. — Ces divergeants forment des chaînes en s'ajoutant l'un à l'autre par les extrémités libres de deux ailes voisines. — La pièce libéro-ligneuse comprise entre deux groupes trachéens successifs d'une telle chaîne est un faisceau bipolaire. (*Loi d'addition des pièces libéro-ligneuses élémentaires énoncée en divergeants*). — Les faisceaux bipolaires forment des chaînes en s'ajoutant pôle à pôle sur une arête de rebroussement. Les points trachéens sont des *pôles doubles*, et la partie de la chaîne, comprise entre deux centres de figure γ consécutifs, est un divergeant. (*Loi d'addition des pièces libéro-ligneuses élémentaires énoncée en faisceaux*).

7. — Le faisceau bipolaire tend à devenir convexe antérieurement au milieu de sa région médiane.

8. — Les faisceaux bipolaires s'incisent dans la région de leur centre de figure. Ces incisions coupent la trace en petites chaînes puis en divergeants distincts. (*Loi de séparation des pièces libéro-ligneuses énoncée en faisceaux*).

9. — Un divergeant peut *se fermer* par la jonction de ses deux ailes en avant de son groupe trachéen.

10. — *Les deux ailes d'un divergeant peuvent être très inégales.*

11. — Lorsqu'un divergeant se réduit, ses deux ailes se réduisent beaucoup. Il en est de même de son liber antérieur qui peut ne plus être représenté que par des éléments péricambiaux. De ce fait, le divergeant peut donner une masse libéro-ligneuse à facies de faisceau unipolaire.

12. — Un divergeant prendra encore un facies unipolaire lorsque la région de son bois primaire, dite métaxylème, sera composée de tubes ligneux grêles disposés en séries radiales et lorsque son liber antérieur sera très réduit. — Cas des *Ophioglossum*.

13. — Une chaîne de divergeants ouverte est un système de faisceaux bipolaires compris entre deux demi-faisceaux bipolaires qui forment ses ailes libres.

14. — Une chaîne de divergeants fermée, continue, est un système continu dont tous les termes sont des faisceaux bipolaires. La plus petite chaîne fermée contient deux divergeants et, par suite, deux faisceaux bipolaires. Par réduction elle tombe à l'état de divergeant fermé.

15. — Dès qu'une trace foliaire est supérieure à un simple divergeant, elle présente deux groupes trachéens principaux, qui sont latéraux T^L_g , T^L_d symétriques et l'un de l'autre par rapport à une surface de symétrie locale CS^n . Cette chaîne binaire est très souvent ouverte dans nos Filicinées actuelles. Elle n'est fermée qu'à la base de certains pétioles secondaires, ou de certaines nervures. Dès cet état de chaîne binaire, on distingue dans la trace un arc postérieur et deux demi-arcs antérieurs.

16. — L'arc postérieur de la trace présente un nombre quelconque de divergeants entre les deux divergeants marginaux γ^L_g , γ^L_d . — Quand ce nombre est impair, il y a un divergeant médian γ^L et pas de faisceau médian postérieur. — Quand le nombre des divergeants intercalés est pair, il y a deux divergeants γ^L_g , γ^L_d symétriques l'un de l'autre et un faisceau médian postérieur F^M .

17. — Les divergeants marginaux γ^L_g , γ^L_d , sont parfois remplacés par des faisceaux marginaux F^L_g , F^L_d , de même que γ^L est remplacé par F^M . Le plus souvent ce remplacement est local.

18. — Il y a un nombre quelconque de divergeants dans chaque demi-arc antérieur de la trace.

19. — Les demi-arcs antérieurs se terminent toujours par un demi-faisceau. Ils n'ont donc jamais de trachées à l'extrémité de leur lame ligneuse. Quand les trachées y paraissent terminales, c'est qu'il y a une réduction très forte des ailes des divergeants Υ^{ba} , Υ^{ba} , qui sont les plus proches de la surface de symétrie $\overset{g}{CS}^n$.

20. — Lorsqu'une partie des demi-arcs antérieurs de la trace se trouve enfermée dans le contour de celle-ci, la suite de chaque demi-arc antérieur doit être prise dans la surface de symétrie CS^n et il faut, en partant de ce point, décrire la branche du système intérieur placée du même côté que le demi-arc antérieur que l'on a commencé à suivre.

21. — Dans les Fougères avec anneau sporangial méridien et dans les Rhizocarpeés, dès que la trace foliaire est assez forte pour préparer l'état de chaîne binaire, l'arc postérieur présente deux plis doubles, et certains de ses faisceaux placés dans la région du pli inverse, tendent à s'élargir.

22. — La jonction des plis inverses dans la surface de symétrie CS^n donne une pièce médiane complexe qui peut avoir des groupes trachéens sur ses deux faces, soit quatre groupes, cas du *quadruple*, soit trois ou deux groupes. Comme réduction extrême de ce quadruple, il subsiste un seul groupe antérieur. La pièce complexe est alors ramenée à l'état de divergeant simple.

23. — Il peut se différencier une *chaîne médiane postérieure*, cette région peut produire des plis spéciaux. Cas du *Pteris aquilina*.

24. — Lorsque les masses libéro-ligneuses de la trace revêtent le facies de faisceau bipolaire on est présence de *chaînes binaires à ailes libres très réduites*, c'est-à-dire d'un système

de faisceaux bipolaires, alternativement larges et étroits, ces derniers étant incisés en leur milieu.

25. — Il y a parfois adjonction, autour du système régulier de la trace foliaire, d'un réseau périphérique supplémentaire : Bas des traces polybotryennes.

26. — Dans le cas d'une trace à arcs internes successivement enveloppants, chaque arc doit être noté du point où il coupe la partie postérieure de CS^n en se dirigeant vers sa partie marginale. On considérera comme demi-arcs antérieurs, propres à chaque courbe, la partie comprise entre la région marginale et la partie antérieure de la surface de symétrie.

27. — Il peut se différencier une pièce sorifère aux dépens de l'arc antérieur. Les trachées de ces divergeants sont tournées du côté de la face postérieure, externe ou inférieure.

28. — Les sorties latérales se font sur la partie marginale de la trace. Dans le cas des grosses traces doublement plissées, les sorties latérales intéressent la région marginale et la région du pli direct. Dans le cas des traces à arcs internes successivement enveloppants, les sorties latérales intéressent les régions marginales de l'arc externe et celles des arcs internes les plus extérieurs.

29. — Par réduction, la trace foliaire tombe à l'état de chaîne ternaire ou binaire, puis de divergeant simple, et enfin à l'état de faisceau indéterminé. L'état de pièce apolaire, si fréquent dans le stipe, se voit moins nettement dans une première étude de la fronde.

30. — Les transformations que subit une chaîne binaire sont :

a) L'incision en deux divergeants, sorte de ramification dichotomique.

b) La production de chaînes binaires latérales, suivie de la séparation du divergeant externe qui vient d'être formé. Cette sorte de ramification latérale commence par une extension

latérale des groupes trachéens vers l'extérieur, c'est-à-dire vers l'aile libre voisine.

c) La transformation en chaîne ternaire par l'apparition d'un groupe trachéen sur le faisceau médian.

d) La transformation en double chaîne binaire par l'apparition brusque de deux groupes trachéens symétriques au milieu du faisceau médian.

e) La fermeture de la chaîne, traces clepsydroïdes, à courbure directe et ailleurs stade préparatoire d'un divergeant fermé.

II. — TYPES DE TRACES FOLIAIRES RÉALISÉS

CHEZ LES FILICINÉES ACTUELLES. — INDICATION DE QUELQUES
TYPES DISPARUS.

1. — Il n'a été réalisé qu'un petit nombre de types de traces foliaires chez nos Mégaphyllides actuelles ; ces types de traces ne sont pas isolés, ils se relient les uns aux autres. La réduction de la trace fait disparaître très vite les caractères différentiels de son type organique.

Les principaux types de trace réalisés dans la nature actuelle sont :

2). — La *trace osmondéenne*, en gouttière continue, concave en avant, à bords rabattus vers la partie antérieure de la surface de symétrie par courbure directe des marges. Les bords libres des demi-arcs antérieurs tendent à prendre la configuration circinée. Pas de plis doubles sur l'arc postérieur. C'est à cette trace osmondéenne que toutes les autres semblent se ramener naturellement.

3) La *trace cyathéenne*, avec deux plis latéraux doubles symétriques sur les flancs de l'arc postérieur. Les plis doubles y marquent trois régions : la *chaîne médiane postérieure* qui est comprise entre les *plis directs*, le *pli direct*

et sa branche descendante, le pli inverse avec sa branche ascendante formant parfois un palier. Quand cette trace est très grande ses demi-arcs antérieurs se ferment en avant et les crosses donnent une chaîne intérieure concave en arrière, comprise entre les branches ascendantes des plis inverses et les parties initiales des demi-arcs antérieurs. La réduction de cette trace cyathéenne réalise un certain nombre de facies très spéciaux qui peuvent caractériser des espèces.

4. — La *trace onocléenne* une est modification de la trace cyathéenne avec plis doubles, localisés sur les derniers faisceaux de chaque demi-arc postérieur. Elle se réduit souvent à une double chaîne binaire. Les deux faisceaux sur lesquels sont localisés les plis doubles sont très élargis. — La trace onocléenne présente de nombreuses variantes. Nous n'avons élevé au rang de *sous-type organique* que deux de ses variantes : d'une part, sa réduction en *trace marsilienne* parce que, par une coïncidence fortuite, elle fournit une des bonnes caractéristiques organiques des Rhizocarpées actuelles, et, d'autre part, sa complication *polybotryenne* qui nous révèle un mode de complication très inattendu de la structure des Fougères par l'adjonction d'un réseau superficiel, dont les autres plantes ne nous donnent pas d'exemples.

5. — La *trace marattienne* avec ses arcs internes fermés, excentriques, successivement enveloppants. Elle est discontinue. Elle tend vers la dialydivergeance. Ses arcs internes participent à l'émission des traces des pétioles secondaires tant que ces arcs sont assez forts. — Par réduction, la trace marattienne retombe très vite dans la trace osmondéenne. Une forme réduite de la trace marattienne nous a présenté la différenciation, aux dépens de son arc antérieur, d'un système vasculaire propre à la pièce sorifère, nous en avons fait une sorte de sous-type organique sous le nom de *trace ophioglosséenne*. Si nous pouvions nous permettre de parler comme

on le fait souvent en ces matières, nous dirions que les Ophioglossées, par leur pièce sorifère antérieure où les trachées des divergeants regardent la face inférieure de l'organe, et par le faciès spécial de leurs divergeants se montrent comme une forme dérivée des Marattiées. Les Ophioglossées ne sont pas une forme souche, mais une différenciation du type marattien dans un sens à part. Nous retrouverons ce même caractère bien accusé dans la structure de leur stipe. C'est donc la trace marattienne plus générale qui doit être opposée aux types des traces des Fougères leptosporangiates.

6. — La réduction d'une trace atténuée très vite les principaux caractères différentiels de son type organique. La réduction de la trace donne ainsi comme étapes successives dans tous les types :

La double chaîne binaire, la chaîne ternaire, la chaîne binaire simple, le divergeant isolé et le faisceau indéterminé.

7. — Les grands types de traces foliaires cadrent, dans l'ensemble, avec les grandes divisions de la Classification établie d'après l'organisation des sporanges. Plusieurs Familles peuvent se trouver englobées dans un même type de trace et dans ses réduites, telles sont les Osmundacées, les Hyménophyllées, les Gleicheniées, les Lygodiées. La courbure des faisceaux F_g^1 , F_d^1 , des *Lygodium* y réalise une répétition des plis de la trace onocléenne. Au contraire, les variantes de la trace onocléenne correspondent à des groupes d'étendue très variable dans les Polypodiées. L'une d'elles donne un caractère familial de nos Marsiliacées. — La trace marattienne est propre aux Fougères eusporangiates, en particulier aux Marattiées, la trace ophioglosséenne s'en distingue par la différenciation d'une pièce antérieure sur une trace marattienne réduite.

8. — Les divers types de traces foliaires trouvés chez les

plantes actuelles, où ils se montrent nettement reliés entre eux, se retrouvent encore chez les Filicinées tertiaires et mésozoïques. Par contre, ils sont profondément différents de ceux qui ont été réalisés chez certaines Mégaphyllides houillères. Les traces actuelles ne nous font pas pressentir la *trace tubicaule*, la *trace clepsydroïde à courbure inverse* et ses très intéressantes variations, jusqu'au *quadruple inverse des Dineuron*, la *trace botryoptéridienne*, et bien d'autres, qui sont pourtant des traces composées des mêmes pièces élémentaires, divergeants et faisceaux bipolaires, ajoutées de la même manière, mais qui jalonnent des figures essentiellement différentes. On sent là de grands vides. Ils correspondent aux disparitions qui ont isolé nos Mégaphyllides actuelles.

III. — COMPARAISON

DE LA TRACE FOLIAIRE DES CYCADÉES ACTUELLES AVEC CELLE DES MÉGAPHYLLIDES ACTUELLES.

1. — La pièce libéro-ligneuse élémentaire de la trace foliaire des Cycadées possède, à la suite des trachées, des éléments ligneux primaires scalariformes ou aréolés, qui agissent comme éléments réparateurs dans ces cordons. C'est là un caractère commun avec les Mégaphyllides. Il a, par cela même, une très grande importance. Toutefois, ce caractère dit seulement que les Cycadées ont des attaches avec le Monde des plantes cryptogamiques, sans spécifier avec quels groupes de Cryptogames vasculaires ces attaches sont plus particulièrement étroites. Les éléments ligneux primaires offrent en effet ces mêmes caractères chez les Mégaphyllides, chez les Centrademides, chez les Sphénophyllides et aussi chez les Arthrides.

2. — La pièce libéro-ligneuse élémentaire de la trace foliaire des Cycadées possède toujours du bois primaire centripète.

Ce fait, qui est une excellente caractéristique de nos Cycadées dans le Monde végétal actuel, ne leur est pas particulier. On le connaît chez les *Bennettites*, et aussi chez les *Cordaïtes*. Il n'existe à aucun degré dans aucune de nos Mégaphyllides, et nous avons relevé que les modifications les plus profondes des pièces de leur trace foliaire ne montraient, chez aucune, l'apparition de ce caractère.

3. — La pièce élémentaire des Cycadées est un *faisceau unipolaire*. On y trouve un seul groupe trachéen très éloigné du bord antérieur de la masse libéro-ligneuse. La différenciation du bois s'y fait suivant une seule ligne très spéciale qui va du pôle au bord du faisceau ; c'est le caractère très particulier que nous avons signalé en disant qu'elle possédait un bois primaire centripète. Le liber primaire y forme un arc externe avec deux maxima d'éléments criblés réunis en une seule bande. — De plus, il y a adjonction d'une zone cambiale donnant du bois et du liber secondaires. Ces pièces s'ajoutent latéralement, d'où une apparence de division radiale lorsqu'elles se bifurquent. Cette manière d'être et d'agir est celle des faisceaux unipolaires. Elle diffère de celles que présentent les faisceaux bipolaires et les divergeants. Pour réaliser ce que l'on voit chez les Cycadées avec les divergeants de nos Mégaphyllides vivantes, il faudrait imaginer une chaîne dialydivergeante, dont les termes auraient leur groupe trachéen en dehors. Nous avons montré dans quels cas très particuliers ce fait pouvait se présenter chez les Mégaphyllides. Aucun n'aboutissait à la formation de faisceaux unipolaires.

4. — Les types de traces foliaires réalisés chez les plantes à faisceaux unipolaires diploxylés sont d'ailleurs généralement différents de ceux que nous avons signalés chez les Mégaphyllides. Ces types sont :

La trace constituée par un faisceau simple ;

La trace en gouttière simple jalonnée par des faisceaux simples ;

La trace en gouttière à section circulaire ;

La trace en gouttière à doubles plis latéraux se traduisant par la figure en Ω bien connue des gros pétioles de nos Cycadées.

On voit la trace formée d'un seul faisceau simple dans les folioles du *Cycas revoluta* ; on la voit aussi à la base de la trace foliaire des *Poroxyton*. La gouttière simple, jalonnée par des faisceaux simples, s'observe dans la base des folioles du *Bowenia spectabilis*. *Bowenia* montre la trace à section circulaire dans son pétiole. Tout le monde connaît la trace dite en Ω des *Cycas*. Cette trace contient l'indication du double pli signalé chez certaines Mégaphyllides comme le montrent les gros pétioles des *Zamia*. Le pli direct se confond avec la courbe générale jalonnée par les faisceaux entre la surface de symétrie CS^n et le retour de cette courbe vers le point S^n . — Le pli inverse rappelle celui des grands *Polypodium*. Le pli inverse est donc accusé alors que le pli direct l'est parfois fort peu. Comme dans les grands Polypodes, il y a aussi production de pièces latérales complexes, mais les pôles y restent autrement disposés.

5. — L'ensemble de tous ces faits nous amène donc à dire : La Mégaphyllide actuelle ne nous a présenté aucun caractère cycadéen dans sa trace foliaire, quelle qu'en fût la forme. D'autre part, les Cycadées actuelles ne nous montrent aucun des caractères des traces foliaires des Mégaphyllides. Nous n'y avons pas retrouvé le divergeant, ni le faisceau bipolaire. On n'y a pas retrouvé les types d'agencement de ces pièces élémentaires. L'élément ligneux primaires calari-forme ou aréolé reste le seul caractère commun aux Cycadées et aux Mégaphyllides, mais ce caractère se retrouve ailleurs

que chez les Mégaphyllides. Il semble donc, qu'en l'état actuel de nos connaissances, il convienne d'être encore extrêmement réservé, quant aux relations de filiation qu'on peut concevoir entre les Cycadées et les Filicinées. Si les organes reproducteurs des Cycadées indiquent cette filiation, la partie de la trace foliaire qui est contenue dans leur feuille ne montre pas de transitions vers celle des Fougères vivantes.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
<i>Introduction</i>	4
<i>Liste des chapitres de la Première Partie</i>	9
<i>Chapitre I.</i> — La trace foliaire dans la fronde de l'Osmonde, ses notations. Détermination de ses pièces libéroligneuses élémentaires. Agencement de ces pièces entre elles. Caractéristiques de la trace osmondéenne	41
1. Structure de la trace foliaire d' <i>Osmunda regalis</i> dans le pétiole	41
2. Notation des pôles trachéens considérés comme des groupes simples. Le symbole T opposé au symbole Δ	43
3. Le divergeant ou pièces élémentaires Y. Notation de la trace en Y	45
4. Le faisceau bipolaire ou pièce élémentaire F. Notation de la trace en F.	48
5. Les pôles doubles $\Delta\Delta$. Notation de la trace en $\Delta\Delta$	21
6. Les quatre formules littérales de la trace foliaire de l'Osmonde	22
7. Choix entre les unités qui ont été proposées.	23
8. La trace foliaire de l'Osmonde dans la partie supérieure de la fronde	28
9. Caractéristiques de la trace foliaire osmondéenne	32
<i>Chapitre II.</i> — Les petites variantes de la trace osmondéenne. Extension de la trace foliaire osmondéenne chez les Filicinées actuelles	33
1. Les traces foliaires du <i>Todea</i> et des <i>Leptopteris</i> comparée à celle des Osmondes	33
2. La trace foliaire des <i>Aneimia</i> . — Les rapports de ses marges et de son arc antérieur avec les baguettes sorifères	37
3. La trace foliaire à arc antérieur fermé des <i>Gleichenia</i>	40
4. Extension de la trace osmondéenne chez les Fougères actuelles.	40
<i>Chapitre III.</i> — L'agencement des pièces libéro-ligneuses élémentaires dans la trace foliaire à plis latéraux postérieurs doubles et à divergeants indépendants. — La trace dialydivergeante doublement plissée des grandes Fougères cyathéennes. Ses caractéristiques	42

1. La trace foliaire du <i>Matonia pectinata</i> . Elle montre une trace osmondéenne fermant en certains points son arc antérieur et présentant en ces points un arc intérieur enveloppé par un contour externe. Lecture et notation des pièces élémentaires de l'arc intérieur	43
2. La trace foliaire osmondéenne lorsque ses faisceaux bipolaires deviennent convexes antérieurement chez le <i>Dicksonia antarctica</i>	46
3. La trace foliaire avec plis latéraux doubles et symétriques sur l'arc postérieur d'après le <i>Cibolium regale</i>	52
4. La fermeture de l'arc antérieur.	55
5. Le système des divergeants intérieurs.	55
6. Les réductions de cette trace	57
7. La trace foliaire dialydivergeante doublement plissée chez le <i>Cyathea medullaris</i>	66
8. Les réductions de la trace foliaire du <i>Cyathea</i>	70
9. Les réductions de la trace foliaire dialydivergeante doublement plissée d'après <i>Alsophila australis</i>	77
10. Les caractéristiques de la trace foliaire cyathéenne	82
11. Remarque sur la position de centres de figure γ des faisceaux bipolaires F dans le cas des traces foliaires à divergeants indépendants	88
12. Les divergeants fermés. — Le symbole $\gamma \odot$	88
 <i>Chapitre IV. — L'agencement de pièces libéroligneuses élémentaires dans la trace foliaire à plis doubles localisés sur les derniers faisceaux de l'arc postérieur. — Les caractéristiques de la trace foliaire onocléenne. Ses variantes immédiates</i>	
A. La trace onocléenne	91
1. La trace foliaire du <i>Struthiopteris germanica</i> . Ses quatre divergeants groupés en deux chaînes binaires. Ses faisceaux latéraux larges doublement plissés. L'Hippocampe polypodiacéen	91
2. Les caractéristiques de la trace onocléenne	98
B. Les variantes immédiates de la trace onocléenne	99
3. La trace foliaire du <i>Davallia repens</i> . Ses deux chaînes binaires confluent en un pôle double postérieur médian. La trace onocléenne revient vers une trace osmondéenne réduite	99
4. La trace foliaire du <i>Polypodium Phegopteris</i> . Le pli inverse des faisceaux larges devient un point de rebroussement	101
5. La trace foliaire du <i>Scolopendrium officinale</i> . Les plis inverses de l'arc postérieur se joignent dans la surface de symétrie	101
6. La trace foliaire à groupes trachéens postérieurs terminaux de l' <i>Asplenium trichomanes</i> et de l' <i>A. ruta muraria</i> . — La trace marsilienne. La chaîne foliaire à ailes extérieures réduites	104
7. L'extinction des deux groupes trachéens postérieurs de l' <i>Asplenium nidus avis</i>	108
8. La trace foliaire de l' <i>Onychium Japonicum</i> avec son divergeant postérieur médian donnant un pôle double médian postérieur en plein bois	110
9. La trace foliaire du <i>Pellea geraniifolia</i> à bois décomposé en un groupe postérieur à pôle double médian et en un arc binaire plus antérieur	111

<i>Chapitre V.</i> — La trace foliaire avec deux ou plus de deux faisceaux postérieurs élargis mais sur lesquels les plis doubles sont de moins en moins localisés. — Les trachées en plein bois du <i>Microledia platyphylla</i> . — Les plis supplémentaires de la chaîne médiane postérieure du <i>Pteris aquilina</i>	113
1. La trace foliaire du <i>Gymnogramme latarea</i> où les faisceaux latéraux élargis sont reliés par une chaîne médiane postérieure dialydivergeante	114
2. La trace du <i>Blechnum brésilienne</i> où la branche ascendante du pli inverse se prolonge au-delà du faisceau élargi par plusieurs faisceaux	116
3. La trace du <i>Lithobrochia vespertilionis</i> qui présente à la fois une chaîne médiane postérieure continue et des branches ascendantes prolongées au-delà des faisceaux élargis. — Le faciès pelléen de cette trace à la base des pétioles secondaires.	117
4. La trace du <i>Microlepidia platyphylla</i> . L'épaississement des lames ligneuses dans le haut des branches ascendantes. — Les groupes trachéens intérieurs	118
5. Applications des données ci-dessus aux exemples du <i>Polypodium Heracleum</i> et du <i>Ceraptoteris thalictroïdes</i>	120
6. La trace foliaire du <i>Gonopteris proliferum</i> à plus de deux faisceaux postérieurs élargis et à chaîne médiane postérieure débordant les origines du pli inverse	129
7. Les plis supplémentaires de la chaîne médiane postérieure du <i>Pteris aquilina</i>	130
<i>Chapitre VI.</i> — La trace foliaire à divergeants accessoires périphériques ou trace polybotryenne. — Ses caractéristiques	133
1. La trace foliaire du <i>Lomariopsis fraxinifolia</i> . L'arc postérieur normal. — Le système des divergeants accessoires périphériques. Rapports des divergeants périphériques avec les cordons de l'arc normal.	133
2. Signification des divergeants périphériques. Le symbole Y AP. La forme Y ⊙ AP	136
3. Caractéristiques de la trace polybotryenne. — La rareté relative de ce type. — Son importance pour l'Anatomie générale de la fronde	141
<i>Chapitre VII.</i> — L'agencement des pièces libéroligneuses élémentaires dans la trace foliaire avec chaînes binaires à ailes libres réduites ou chaînes binaires à faciès bipolaire.	143
1. Les traces foliaires dites à faisceaux bipolaires libres.	143
2. La trace foliaire du <i>Polypodium aureum</i> . — Constitution de son arc médian postérieur. — Chacune des pièces de cet arc est une chaîne binaire à ailes libres réduites ou à faciès bipolaire	144
3. Extension de ces traces avec chaînes binaires à faciès bipolaire	148
4. Le symbole <u>Ch.</u> ou chaîne binaire à faciès bipolaire	150
<i>Chapitre VIII.</i> — La trace foliaire discontinue à arcs fermés successivement enveloppants. — Les caractéristiques de la trace marattienne	151

1. La trace foliaire de <i>Marattia fraxinea</i> et de <i>M. Laucheana</i> . — L'arc externe fermé, l'arc interne, les régions marginales. — L'émission des premières pièces latérales.	151
2. L'extinction de l'arc intérieur	155
3. Notation de la trace foliaire des <i>Marattia</i>	159
4. Comparaison des diverses régions de la trace foliaire des <i>Marattia</i> avec celle de la trace foliaire cyathéenne.	161
5. La complication de la trace foliaire dans les gros pétioles d' <i>Angiopteris evecta</i>	164
6. La trace foliaire du <i>Kaulfussia aescutifolia</i>	167
7. Les caractéristiques de la trace foliaire marattienne	171
<i>Chapitre IX. — La pièce sorifère antérieure. — Le divergeant à facies unipolaire. — Les caractéristiques de la trace ophioglosséenne</i>	
1. La gracilité des traces foliaires des Ophioglossées actuelles	174
2. La trace foliaire de l' <i>Helminthostachys zeylanica</i> . — Ses rapports avec la trace marattienne. — La pièce sorifère antérieure	174
3. La trace foliaire du <i>Botrychium rutaceum</i>	180
4. Le divergeant à facies unipolaire	184
5. La trace foliaire du <i>Botrychium virginicum</i>	185
6. La trace foliaire des <i>Ophioglossum</i>	187
7. Caractéristiques de la trace foliaire ophioglosséenne	189
<i>Chapitre X. — Les traces foliaires très réduites. — La double chaîne binaire. — La chaîne binaire simple — Le divergeant isolé. — Le faisceau indéterminé</i>	
1. La réduction de la trace onocléenne en trace marsilienne. Caractéristiques de la trace marsilienne	193
2. La trace foliaire des <i>Lygodium</i>	197
3. La trace osmondéenne réduite à une seule chaîne binaire chez le <i>Trichomanes radicans</i>	198
4. La trace foliaire réduite à un seul divergeant des <i>Hymenophyllum tunbridgense</i> et <i>fucoïdes</i>	201
5. La trace foliaire réduite en un faisceau indéterminé	203
<i>Chapitre XI. — Conclusion de la première partie</i>	
I. Caractéristiques de l'organisation de la trace foliaire des Filicinées actuelles	205
II. Types des traces foliaires réalisées chez les Filicinées actuelles. Indications de quelques types disparus	211
III. Comparaison des traces foliaires des Cycadées actuelles avec les traces foliaires des Mégaphyllides	214
Table des matières	218

LILLE. LE BIGOT FRÈRES, IMPRIMEURS.

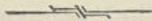
2

LES CARACTÉRISTIQUES
DES
TRACES FOLIAIRES OSMONDÉENNES
ET CYATHÉENNES

EXEMPLES, MODIFICATIONS ET RÉDUCTIONS

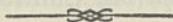
PAR

MM. C.-E. BERTRAND & F. CORNAILLE



EXTRAIT DES PROCÈS-VERBAUX DE LA SOCIÉTÉ D'HISTOIRE
NATURELLE D'AUTUN (ANNÉE 1902).

LES CARACTÉRISTIQUES
DES
TRACES FOLIAIRES OSMONDÉENNES
ET CYATHÉENNES



1. — Caractéristiques de la trace foliaire osmondéenne.

Les caractéristiques de la trace foliaire osmondéenne peuvent s'énoncer ainsi qu'il suit :

a/ Chaîne libéro-ligneuse continue, à courbure directe, par conséquent courbée en arc à concavité antérieure. Bords rabattus en avant et ramenés vers la partie antérieure de la ligne de symétrie *cs* par une courbure directe plus forte des *marges* et des *amorces*. La chaîne est largement ouverte en avant. Elle n'a pas de *plis doubles* sur ses demi-arcs postérieurs, par suite, les trois régions de ces demi-arcs ne sont pas différenciées (fig. 1).

b/ *Marges* à peine sensibles, indiquées seulement par une courbure plus forte.

c/ Faisceaux de la chaîne également larges, ou un peu plus étroits dans les *marges*.

d/ Demi-arcs antérieurs étendus, à *paliers* convexes en avant par courbure directe un peu plus faible que celle des *amorces*. Ils se prolongent en *crosses*¹ qui commencent deux spirales dont les noyaux sont contigus aux *paliers* voisins.

1. Nous employons pour désigner les diverses parties de la trace foliaire la terminologie que nous avons définie dans notre note des *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 30 décembre 1901.

e/ L'émission de la pièce sortante, pétiole secondaire ou nervure principale, se fait en prélevant sur la marge une petite chaîne fermée qui s'ouvre bientôt en avant, ou encore un *divergeant*, bientôt transformé en une chaîne binaire, ou même ternaire, ouverte en avant.

Exemples. — 1° Pétioles primaires et secondaires des *Osmunda* (fig. 1 et 2). Ils ont un groupe trachéen médian postérieur T'. 2° Pétioles primaires de *Todea barbara*, des *Leptopteris Fraseri* et *superba*. Contrairement aux *Osmunda* ils ont un faisceau médian F^m.

2. — Réduction de la trace osmondéenne.

Par diminution graduelle du nombre des pièces élémentaires des demi-arcs antérieurs et postérieurs la trace osmondéenne ne comprend plus :

a/ Sur le demi-arc postérieur droit :

Que deux faisceaux F_a¹, F_a², puis un seul faisceau F_a¹. Cas où il y a un groupe trachéen médian T' (fig. 4).

Que un faisceau et demi $\frac{1}{2}$ d F^m, F_a¹ (fig. 3), puis un demi-faisceau $\frac{1}{2}$ d F^m (fig. 5). Cas où il y a un faisceau médian F^m.

b/ Sur le demi-arc antérieur droit, amorce et crosse comprises :

Que un faisceau et demi F_a^{1a}, $\frac{1}{2}$ g F_a^{2a} = $\frac{1}{2}$ g F_a^{ba}, puis un demi-faisceau seulement $\frac{1}{2}$ g F_a^{ba} toujours rabattu en avant.

Les états limites créés par ces réductions sont :

1° *La chaîne ternaire.* — *Exemples* : les nervures médianes des folioles des *Osmunda* (fig. 4). La dépression antérieure de la trace tend à s'y combler par un épaissement de la zone péricambiale.

2° *La chaîne binaire.* — *Exemples* : Régions supérieures des pétioles principaux de *Todea barbara*, de *Leptopteris Fraseri*. Pétioles principaux de *Leptopteris hymenophylloïdes*. Pétioles tertiaires de *Gleichenia rupestris*.

Dans un état de réduction plus grand la trace osmon-

déenne tombe à l'état de *divergeant simple*¹. Toutes les caractéristiques qui la définissaient comme trace osmondéenne ont disparu. *Exemples* : Nervures secondaires des *Osmunda*. Petits pétioles secondaires du *Todea barbara* et des *Leptopteris*. Pétiole d'une première fronde d'*Aneimia phyllitidis*² (fig. 6). Trace du *Platyzoma microphyllum* dans l'assise péricambiale externe du stipe³. Pétiole d'une fronde grêle de la même plante⁴. Nervure de *Trichomanes reniforme*. Nervure de *Trichomanes radicans*. Pétiole d'*Hymenophyllum fucoides*⁵ (fig. 7) et de *H. tunbridgense*⁶. Le liber antérieur a disparu, *il est confondu dans les prolongements antérieurs de l'assise péricambiale externe*. Il est absolument nécessaire de rappeler cette caractéristique spéciale chez les Hyméno-phyllées.

Le cordon libéro-ligneux peut tomber à l'état de *masse libéro-ligneuse indéterminée*. *Exemples* : les terminaisons des nervures secondaires des Osmondacées, des *Aneimia*. Dans beaucoup de ces masses l'indétermination n'est pas complète parce qu'il subsiste une sorte de polarisation du bois par rapport au liber. Le bois à trachées intérieures est placé devant un arc de liber externe dont la zone péricambiale réduite à un ou deux rangs passe devant le bois.

3. — Extension de la trace osmondéenne.

La trace osmondéenne est extrêmement répandue comme on le pressent par les exemples déjà cités. C'est à elle que se ramènent toutes les autres quand leurs caractères diffé-

1. Les pièces libéro-ligneuses du stipe et de la fronde des Filicinées actuelles, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 30 septembre et 7 octobre 1901.

2. L.-A. Boodle, *Anatomy of the Schizaceæ*, fig. 32, pl. XX. *Annals of Botany*, vol. XV, juin 1901.

3. L.-A. Boodle, *Anatomy of the Gleicheniaceæ*. Même recueil, vol. XV, décembre 1901, fig. 33, pièce 1t qui n'est autre que Υ^m passant à l'état de *divergeant fermé*.

4. L. c. fig. 33.

5. L.-A. Boodle, *Anatomy of the Hymenophyllaceæ*, fig. 15, pl. XXVI. Même recueil, vol. XIV, septembre 1900.

6. L. c. fig. 17.

rentiels s'effacent. On trouve la trace osmondéenne pure ou légèrement modifiée dans les Osmondacées, dans les Hyménophyllées, et dans quelques Fougères à anneau sporangial méridien dont nous dirons quelques mots, elle est déjà modifiée dans les Gleichéniées et plus encore dans les Schizéacées. Les modifications secondaires de la trace osmondéenne sont nombreuses mais presque toutes se réduisent à de très légères variantes.

4. — Modifications des chaînes osmondéennes à plus de trois termes.

a/ La trace du pétiole primaire de *Trichomanes apiifolium*, représentée par M. L.-A. Boodle¹, est une chaîne quaternaire, par conséquent à faisceau médian F^m . Contrairement à l'état ordinaire de la plupart des Hyménophyllées, elle est largement ouverte en avant. Ses demi-arcs antérieurs très étendus, formés d'un demi-faisceau, ne sont pas enroulés en spirales; ils sont rabattus sur la face antérieure des faisceaux F_g^1 , F_a^1 et soudés à ceux-ci par leur liber interne.

b/ Dans le pétiole primaire de *Gleichenia dichotoma*, le même savant a représenté des chaînes sexénaire fig. 8, et quinaire fig. 9, fermées en avant². La chaîne sexénaire a ses groupes r_g^{ba} , r_a^{ba} à l'état de divergeants fermés, et par conséquent à trachées intérieures au bois. L'état quinaire de cette chaîne est encore possible par un léger étalement de ses marges comme l'indique la fig. 10 tirée du *Gl. dicarpa*. Il s'ajoute dans cette trace et plus encore dans le *Gl. rupestris* l'annonce d'un fait très important, la préparation d'un pli inverse sur les deux flancs de l'arc postérieur qui changera la trace osmondéenne en trace onocléenne, ce n'est encore ici qu'une très faible dépression de la face externe

1. *Annals of Botany*, fig. 40, pl. XXVII, vol. XIV.

2. L. c., pl. XXXVIII, vol. XV.

du bois des faisceaux F_g^1 , F_a^1 , mais en même temps le métaxylème très épaissi en son milieu, souligne le sinus libérien antérieur médian et les deux sinus marginaux. C'est la toute première indication de la triple courbure fondamentale que le faisceau bipolaire a si fort accentuée chez les Cyathéacées et chez les Polypodiacées. La trace des *Gleichenia* passe à l'état de chaîne fermée par la jonction des zones péricambiales externes des crosses dans la surface de symétrie cs. Elle y rejoint l'assise péricambiale interne. La fermeture est encore plus complète près de l'émission des pétioles secondaires du *Gl. rupestris*. Il y a dans cette espèce formation locale d'un faisceau médian antérieur F_c^{2a} par jonction des métaxylèmes des demi-faisceaux $\frac{1}{2} d F_g^{ba}$, $\frac{1}{2} g F_a^{ba}$. Une partie du tissu péricambial ainsi enfermé peut se sclérifier et former un séquestre.

c/ La trace foliaire du *Loxsonia Cunninghamsi*¹ (fig. 11 à 15), est une chaîne sexénaire au milieu du pétiole primaire. Les marges y sont occupées par de petits faisceaux F_g^{1c} , F_a^{1c} à courbure directe très forte. Les demi-arcs antérieurs très courts réduits à un demi-faisceau $\frac{1}{2} g F_g^{1a}$, $\frac{1}{2} g F_a^{1a}$, sont accolés à la face interne des faisceaux F_g^1 , F_a^1 . Ces faisceaux F_g^1 , F_a^1 sont plus larges que les autres. La trace est largement ouverte en avant et elle conserve ce caractère jusque dans les parties supérieures de la fronde. La lame ligneuse des faisceaux F_g^1 , F_a^1 , montre une triple courbure très accusée. Ce fait prend ici une importance particulière, c'est une indication des doubles plis latéraux; les plis directs portant sur les points T'_g , T'_a , les plis inverses étant aux centres de figure γ_g^1 , γ_a^1 . Les plis doubles sont une des caractéristiques organiques des Cyathéacées et des Polypodiacées. Or on sait que la position systématique du

1. Figurée par M. Gwynne Vaughan. *Observations on the Anatomy of some nostelic Ferns. I Loxsonia*, fig. 7, pl. III. *Annals of Botany*, vol. XV, voir aussi fig. 7 a, b, c, d où la chaîne s'abaisse à l'état de double chaîne binaire, puis de chaîne ternaire.

Loxsona a été des plus discutées. Chez *Loxsona* nous avons une trace qui passe à l'état de trace onocléenne.

d/ A la base de son pétiole primaire *Mohria Caffrorum* nous a présenté les derniers faisceaux de ses demi-arcs postérieurs plus larges que les autres, et à bois convexe vers la partie antérieure de la ligne cs. Les demi-arcs antérieurs très courts, réduits à une aile de divergeant ou à un demi-faisceau, étaient à peine rabattus en avant et parfois dans le prolongement direct des extrémités des demi-arcs postérieurs. Cette trace, très ouverte antérieurement, se rapproche encore plus des traces onocléennes.

5. — Modifications des chaînes ternaires osmondéennes.

a/ La chaîne ternaire est fermée antérieurement par jonction des zones péricambiales externes des demi-arcs antérieurs, *Gleichenia dicarpa*¹ (fig. 10), *Gl. rupestris*, *Gl. Boryi*². La triple courbure des lames ligneuses des faisceaux F_g^1 , F_d^1 est très sensible. La fermeture est encore plus complète chez *Trichomanes scandens*³ et chez *Tr. radicans*⁴. Dans cette dernière espèce l'union s'étend à la partie criblée du liber externe. La chaîne ligneuse peut être elle-même fermée en avant comme dans le bas du pétiole de *Trichomanes radicans*⁵ et dans le bas du pétiole de *Gleichenia dichotoma*.⁶

b/ La chaîne ternaire a ses demi-faisceaux antérieurs très réduits en même temps qu'une triple courbure très prononcée de la lame ligneuse des faisceaux F_g^1 , F_d^1 . Exemples : *Loxsona Cunninghamii*, l. c., fig. 13. Pétioles primaires et baguettes sorifères des *Aneimia phyllitidis* et *collina*. M. L.-A. Boodle a représenté cet état de la trace

1. L.-A. Boodle, l. c., fig. 7, pl. XXXVIII, vol. XV.

2. G. Poirault, *Recherches anatomiques sur les Cryptogames vasculaires*. Ann. sc. nat., 8^e série, t. XVIII, 1894.

3. L.-A. Boodle, l. c., fig. 39, pl. XXVII, vol. XIV.

4. L.-A. Boodle, l. c., fig. 25, pl. XXVI et fig. 26, pl. XXVII, vol. XIV.

5. Idem, fig. 27.

6. L.-A. Boodle, l. c., fig. 19, pl. XXXIX, vol. XV.

d'*A. phyllitidis*¹. Il a vu un état analogue dans la trace de *Mohria Caffrorum*². L'accentuation des plis inverses provoquée uniquement par un épaissement des masses du métaxylème, et l'union de ces plis inverses dans la surface de symétrie change complètement le caractère de la trace, elle n'est plus trace osmondéenne mais bien trace onocléenne, son accentuation a produit les quadruples des *Lygodium* (fig. 16).³

6. — Modifications des chaînes binaires osmondéennes.

a/ La chaîne binaire osmondéenne est fermée antérieurement dans le haut du pétiole de *Trichomanes radicans* et à la base du pétiole d'*Hymenophyllum dilatatum*.⁴

b/ On pourrait être tenté, par continuité familiale, de voir dans la trace de *Schizea dichotoma*⁵ une modification plus accentuée d'une réduite de la trace osmondéenne. La chaîne binaire du *Schizea* est remarquable par le grand épaissement de son métaxylème qui forme une bosse postérieure médiane. Elle est débordée de chaque côté par les demi-arcs antérieurs qui au lieu d'être ramenés en avant sont rejetés légèrement en arrière comme si on préparait une trace tubiculaire. Le liber antérieur y est réduit à une rangée d'éléments péricambiaux. On trouve des faits analogues dans les pétioles secondaires des *Lygodium scandens* et *Ly. japonicum*. Nous sommes en présence non de réduites osmondéennes mais de réduites du quadruple des *Lygodium*. Nous retrouvons le grand épaissement du métaxylème de *Schizea digitata* alors même que la nervure s'y réduit à un divergeant simple. Ces dernières modifications sont en réalité des réduites de la trace onocléenne.

1. L. c., fig. 17, pl. XX, vol. XV.

2. L. c., fig. 36, pl. XX.

3. La pièce quadruple des Filicinées et ses réductions. Bull. Soc. botanique, séance du 14 mars 1902.

4. L.-A. Boodle, l. c., fig. 8, pl. XXV, vol. XIV.

5. L.-A. Boodle, l. c., fig. 14, pl. XIX, vol. XV.

7. — La trace de *Matonia pectinata*.

Nous avons montré ailleurs¹ les caractères osmondéens de la trace du *Dipteris conjugata* que M. le professeur A.-C. Seward et M^{lle} E. Dale viennent de figurer². Elle prend place dans le grand vide qui sépare les Osmondacées des vraies Polypodiacées. Il était de même intéressant d'apprécier les caractères de la trace du *Matonia pectinata*. Sa structure nous est connue par la monographie de M. A.-C. Seward³. La région médiane du pétiole et les nervures principales de *Matonia* ont des traces osmondéennes types, à marges arrondies, à grandes crosses, à demi-arcs antérieurs et postérieurs très étendus et sans trace de plis inverses sur les demi-arcs postérieurs⁴ (fig. 19). En haut du pétiole, les marges brusquement courbées forment un pli très accusé qui est un pli direct mais non le pli direct des traces cyathéennes et onocléennes (fig. 17). En haut et en bas du pétiole les *paliers* se joignent dans la surface de symétrie, une partie des crosses est enfermée dans ce contour et nous avons une trace osmondéenne fermée à chaîne intérieure (fig. 18). La chaîne intérieure est presque rectiligne dans le haut du pétiole⁵; au contraire, dans sa région de jonction avec le premier cercle intérieur du stipe, elle est nettement concave en arrière, les deux bords ayant seuls une tendance à s'infléchir en avant. Par cette trace sans indication de plis inverses sur l'arc postérieur, sans faisceaux élargis, *Matonia pectinata* s'éloigne des Polypodiacées et des Cyathéacées. Elle vient aussi dans le grand vide où nous avons placé *Dipteris conjugata*. Elle montre de plus une compli-

1. Bull. Soc. Bot. de France, 1902.

2. A.-C. Seward et E. Dale. *On the structure and affinities of Dipteris*, London, 1901. *Philos. Transac. of the Royal society*. Série B, vol. 194, p. 487-513.

3. A.-C. Seward. *On the structure and affinities of Matonia pectinata*. London, 1899, même recueil, vol. 191, p. 171-209.

4. L. c., fig. 3 A, p. 185, fig. 4, p. 186.

5. L. c., fig. 2, n^{os} 5, 12.

cation inattendue de la trace osmondéenne par la production de chaînes intérieures.

8. — Les caractéristiques de la trace cyathéenne.

Les caractéristiques de la trace cyathéenne peuvent s'énoncer ainsi qu'il suit :

a/ Un pli double sur chaque demi-arc postérieur. Il y a par suite trois régions différenciées dans l'étendue de ce demi-arc. La *demi-chaîne médiane postérieure*, la *branche descendante du pli direct*, la *branche ascendante du pli inverse*. Le *pli direct* est entre la demi-chaîne médiane postérieure et la branche descendante du pli direct. Le *pli inverse* est entre la branche descendante du pli direct et la branche ascendante du pli inverse (fig. 21).

b/ Une grande incision sépare la branche descendante du pli direct de l'origine du pli inverse, elle coupe la demi-trace en deux demi-tronçons, un demi-tronçon plus externe $\frac{1}{2}$ A comprenant la demi-chaîne médiane postérieure, le pli direct et la branche descendante du pli direct et un demi-tronçon $\frac{1}{2}$ B placé entre $\frac{1}{2}$ A et la face antérieure du pétiole $\frac{1}{2}$ B comprend le pli inverse, sa branche ascendante, la marge et le demi-arc antérieure qui lui fait suite.

c/ L'origine du pli inverse est fortement rapprochée de la surface de symétrie cs et très facilement rejetée dans cette surface. Il y a donc tendance à la formation d'un *quadruple radial* sur l'origine des plis inverses, mais, par suite des deux grandes incisions, ce quadruple se coupe de suite en une chaîne binaire discontinue de deux divergeants et en une chaîne antérieure continue transverse par rapport à cs.

d/ Une très légère tendance à l'élargissement des faisceaux qui sont à la base de la branche ascendante du pli inverse.

e/ La triple courbure des faisceaux bipolaire est très accusée.

f/ La trace tend à être dialy-divergeante. Il n'y a guère que la région du pli direct et la marge qui échappent à la dialy-divergeance dans les très gros pétioles primaires. Par courbure directe, les deux ailes de chaque divergeant se rabattent fortement sur sa face antérieure. La production de divergeants fermés et de chaînes fermées est donc très facile.

g/ Demi-arc antérieur très étendu, à palier très accusé, brusquement plié en arrière. Les deux demi-arcs antérieurs peuvent se joindre l'un à l'autre dans la surface de symétrie. La jonction se fait sur le pli des demi-arcs antérieurs. Le quadruple radial produit se décompose de suite en deux chaînes binaires transverses. Il en résulte une chaîne intérieure comprise entre les branches ascendantes des plis inverses, les marges et les paliers. Les crosses ne s'enroulent pas en spirale.

h/ Les deux tronçons de la chaîne intérieure se placent dans le prolongement l'un de l'autre. Il en résulte une chaîne à courbure inverse concave en arrière (fig. 27). Les cordons de cette chaîne intérieure et ceux de l'origine des plis inverses rentrent dans la région médullaire du stipe.

i/ L'émission de la pièce latérale se fait en prélevant une chaîne fermée ou un divergeant fermé A' sur la région du pli direct (fig. 22). On prélève d'autre part une chaîne ouverte B' sur la marge correspondante. La chaîne A' vient se placer au milieu et en arrière de la chaîne B'. Selon l'importance de la pièce latérale, ou bien les deux masses B' et A' s'unissent en une chaîne continue, ou bien elles forment deux masses superposées semblables aux pièces B et A du pétiole primaire. La réunion des masses B' et A' en une chaîne continue produit un quadruple d'abord transverse par rapport à cs qu'on voit se couper en descendant de manière à donner deux chaînes binaires et qui en montant s'ouvre en une seule chaîne.

j/ Pas de réseau accessoire périphérique autour de la chaîne régulière du pétiole. Cette absence est d'autant plus remarquable que ce réseau périphérique est très développé dans certains stipes de *Cyathea* et d'*Alsophila*.

9. — Extension de la trace cyathéenne.

On trouve la trace cyathéenne dans les genres *Cyathea*, *Alsophila*, *Hemitelia*. Elle se rencontre aussi dans le genre *Cibotium* (fig. 27, 28). Elle se transforme et passe à la trace onocléenne dans les grandes Polypodiacées. Elle est à peine indiquée dans le genre *Dicksonia* (fig. 29). On se rapproche alors de la trace osmondéenne.

10. — Réduction de la trace cyathéenne.

Les réductions de la trace cyathéenne présentées par des régions de plus en plus grêles du *Cyathea medullaris* sont :

a/ La réunion des pièces élémentaires de la chaîne fondamentale en trois tronçons, deux postérieurs symétriques l'un de l'autre par rapport à $cs \frac{1}{2} A_g, \frac{1}{2} A_d$ et une antérieure à deux moitiés symétriques B placée devant le système des pièces $\frac{1}{2} A_g, \frac{1}{2} A_d$. Lorsque le tronçon antérieur B est ainsi unique il y a eu jonction des plis inverses dans la surface de symétrie. Le quadruple radial est représenté par la chaîne binaire qui est au milieu de la pièce B et par les deux derniers divergeants des branches descendantes des plis directs (fig. 23).

b/ Les demi-arcs antérieurs ne se rejoignent pas dans la surface de symétrie. La trace reste ouverte antérieurement. Le nombre des divergeants de la crosse se réduit et la crosse tombe finalement à un demi-faisceau bipolaire qui est à peine incurvé en arrière.

c/ Le nombre des divergeants de la branche descendante du pli direct se réduit et tombe bientôt à un demi-faisceau.

d/ La pièce $\frac{1}{2} A$ formée par la demi-chaîne médiane postérieure, le pli direct et la branche descendante du pli direct

s'abaisse successivement : 1° à l'état de chaîne binaire (fig. 23). Haut du pétiole principal ; 2° à l'état de divergeant fermé libre (fig. 24). Haut du pétiole secondaire ; 3° à l'état d'un groupe trachéen isolé en plein liber externe (fig. 25). Pétiole de troisième ordre. Plus haut on trouve une chaîne binaire à métaxylème épaissi postérieurement (fig. 26).

11. — Modifications de la trace cyathéenne.

a/ *Alsophila australis* montre les deux demi tronçons $\frac{1}{2} A_g$, $\frac{1}{2} A_d$ se réunissant en une chaîne continue A qui tombe plus loin : 1° à l'état de double chaîne binaire. Haut du pétiole principal ; 2° à l'état de chaîne binaire. Haut du pétiole secondaire ; 3° à l'état de divergeant simple d'abord isolé puis logé dans le liber externe, il est alors fermé. Les grandes incisions latérales subsistent encore. Elles sont indiquées par les séparations qui isolent le bois de ce divergeant fermé au milieu du liber externe.

Dès le pétiole primaire la branche descendante du pli direct est réduite à un demi-faisceau.

Hemitelia Smithii présente des modifications analogues à celles que nous a montrées *Alsophila australis*.

b/ Chez *Cibotium regale* les incisions qui rendent la trace dialy-divergeante sont beaucoup moins nombreuses. La branche descendante du pli direct, n'a qu'un ou rarement deux divergeants en dehors des régions d'émission. Dans les gros pétioles principaux les paliers antérieurs se joignent dans la surface de symétrie, il y a une grande chaîne intérieure concave en arrière et dialy-divergeante (fig. 27).

Dans le haut du pétiole cette trace passe à l'état de chaîne fermée continue (fig. 28). Au pli inverse correspond un faisceau très élargi.

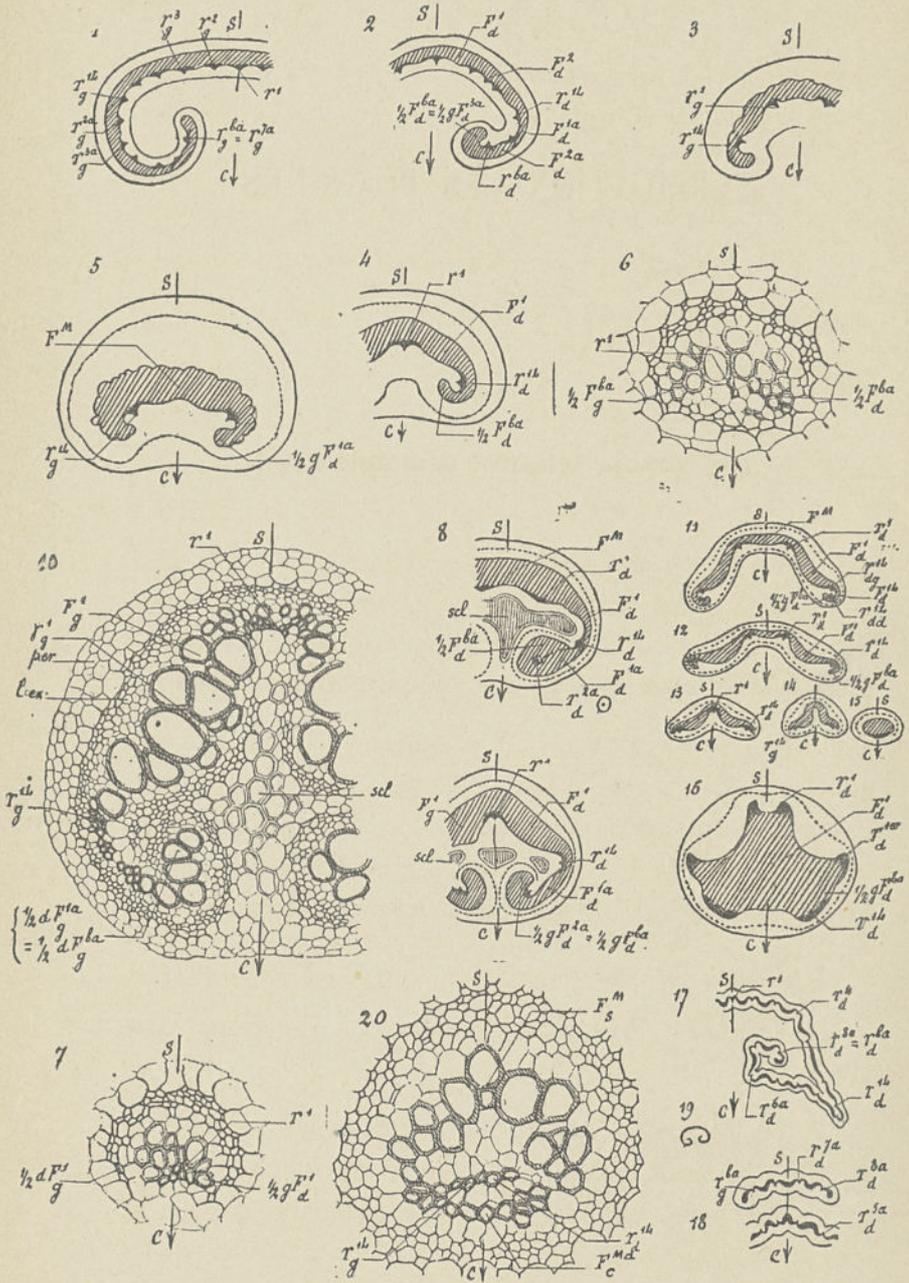
Dans le bas d'un pétiole tertiaire la trace est une chaîne quinaire où le pli inverse encore très fort correspond à la

convexité antérieure des faisceaux F_g^l, F_d^l . Cette chaîne passe plus haut à l'état de chaîne ternaire où les faisceaux F_g^1, F_d^1 , sont toujours convexes en avant et où les demi-faisceaux antérieurs $1/2 gF_d^{ba}, 1/2 dF_g^{ba}$ sont rabattus en avant. Le pli double est alors la seule différence entre cette trace et une trace osmondéenne réduite.

c/ Dans le *Dicksonia antarctica* (fig. 29) la trace foliaire est une chaîne continue même dans le bas du pétiole principal. La trace est ouverte en avant. Les crosses y sont réduites mais avec une tendance à s'enrouler. Le pli direct est assez brusque, le pli inverse vient aussitôt après. Le faisceau qui correspond à ces deux plis et à la branche descendante du pli direct est seul élargi.

Dans le haut du pétiole primaire le faisceau élargi est plus accusé et le pli double est localisé sur ce faisceau. La trace ressemble beaucoup à une trace onocléenne, mais le demi-arc antérieur a encore ici au moins deux divergents.





C.-E. B. ET F. C.

LES TRACES FOLIAIRES OSMONDÉENNES

LOXSOMA, LYGODIUM, MATONIA

EXPLICATION DES PLANCHES

Les Traces foliaires osmondéennes.

Loxsonia. Lygodium. Matonia.

cs. Surface de symétrie de la trace foliaire. La lettre c est placée du côté où était le stipe qui portait la fronde.

r^1 . Le divergeant médian postérieur. On désigne son groupe trachéen par T' lorsqu'on ne spécifie pas que ce groupe est un pôle ligneux double¹. r_g^1 . Le premier divergeant gauche de la trace foliaire quand elle n'a pas de divergeant médian. T_g^1 . Le groupe trachéen correspondant.

r_g^2 . Second divergeant gauche. T_g'' son groupe trachéen.

r_g^3 . Troisième divergeant gauche. T_g''' son groupe trachéen, etc.

r_g^{1r} . Le divergeant gauche sur lequel se fait la sortie de la pièce latérale, pétiole secondaire ou foliole. T_g^{1r} son groupe trachéen. Le divergeant r_g^{1r} est la marge gauche de

1. Voir C.-Eg. Bertrand et F. Cornaille, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 30 septembre 1901, 7 et 28 octobre 1901.

la trace foliaire; c'est à la fois le dernier divergeant du demi-arc postérieur gauche et le premier divergeant du demi-arc antérieur gauche.

Chaîne r_g^{1r} r^1 . Demi-arc postérieur gauche.

Chaîne r_g^{1r} r_f^{ba} . Demi-arc antérieur gauche.

r_g^{ba} . Le dernier divergeant du demi-arc antérieur gauche.

F_g^1 . Le premier faisceau du demi-arc postérieur gauche compris entre les groupes trachéens T_g'' et T' .

F_g^2 . Le deuxième faisceau du demi-arc postérieur gauche. Il est compris entre les groupes trachéens T_g''' et T_g'' .

F_g^{2a} . Le deuxième faisceau du demi-arc antérieur gauche. Il est compris entre les groupes trachéens $T_g''^a$ et $T_g'''^a$.

Toutes les figures représentées sont des sections transversales.

Fig. 1. — Demi-trace foliaire gauche d'un gros pétiole d'*Osmunda regalis*. Elle est notée en *divergeants*.

Fig. 2. — Demi-trace foliaire droite dans une partie plus élevée du même pétiole. Elle est notée en *divergeants* et en *faisceaux bipolaires*.

Fig. 3. — Demi-trace foliaire gauche dans le haut d'un pétiole grêle de *Todea barbara*.

Fig. 4. — Demi-trace foliaire droite à la base de la nervure médiane d'une foliole d'*Osmunda regalis*.

Fig. 5. — La trace foliaire d'*Osmunda regalis* dans une partie de la nervure médiane de la foliole où elle est à l'état de chaîne binaire. Gr. = 100.

Fig. 6. — La trace foliaire d'une première fronde d'*Aneimia phyllitidis*, d'après M. L.-A. Boodle, l. c., fig. 32. Cette trace est à l'état de divergeant simple. On a donc ici :

$$r^1 = r_g^{1L} r_d^{1L} = 1/2 d F_g^1 1/2 g F_d^1 = 1/2 d F_g^{ba} 1/2 g F_d^{ba}.$$

Fig. 7. — La trace foliaire d'*Hymenophyllum fucoides*. Croquis d'après M. L.-A. Boodle, l. c., fig. 15.

Fig. 8. — Demi-trace foliaire droite dans le pétiole de *Gleichenia dichotoma*. Croquis d'après M. L.-A. Boodle, l. c., fig. 8.

sc. Portion sclérifiée de l'assise péricambiale¹. Cette masse mécanique, agissant comme séquestre, est entourée par une gaine casparienne. Gr. = 30.

Les groupes trachéens r_g^{1L} , r_d^{1L} sont à l'état de divergeants fermés. La trace est fermée en avant. Elle possède un faisceau médian F^m .

Fig. 9. — État ordinaire de la demi-trace foliaire droite dans le pétiole de *Gleichenia dichotoma*. Croquis d'après M. L.-A. Boodle, l. c., fig. 9. Gr. = 30.

La masse sclérifiée est trilobée.

Fig. 10. — Demi-trace foliaire gauche dans le pétiole de *Gleichenia dicarpa*. Croquis d'après M. L.-A. Boodle, l. c., fig. 7. Gr. = 100.

l. ex. Liber primaire externe.

per. Assise péricambiale externe. Elle se rattache antérieurement à l'assise péricambiale interne.

1. Ou dernière trace du tissu fondamental enfermé dans la courbure de la chaîne foliaire.

Fig. 11 à 15. — La trace foliaire de *Loxsonia Cunninghami*. Croquis d'après M. D.-T. Gwynne Vaughan, l. c., fig. 7 a à e.

Fig. 11. — Chaîne sexénaire. Les plis inverses sont indiqués par un épaissement du métaxylème des faisceaux F_g^1 , F_d^1 .

Fig. 12. — L'état de double chaîne binaire continue. Les deux derniers faisceaux de l'arc postérieur F_g^1 , F_d^1 sont élargis; ils présentent l'indication des doubles plis latéraux.

Fig. 13. — L'état de chaîne ternaire par réunion des r_g^1 , r_d^1 en r^1 .

Fig. 14. — L'état de chaîne binaire par extinction de r^1 . La trace a encore un facies onocléen.

Fig. 15. — L'état de divergeant simple.

Fig. 16. — La trace foliaire de *Lygodium japonicum*. D'après un croquis de M. L.-A. Boodle, l. c., fig. 4. Cette trace est à l'état de chaîne sexénaire. Sa région médiane est un quadruple radial $^1g \times ^1d$.

Fig. 17. — La demi-trace foliaire droite de *Matonia pectinata* dans le haut du pétiole. Croquis d'après M. A.-C. Seward.

La trace n'est pas encore fermée antérieurement. — La figure 18 montre la formation d'une chaîne intérieure par jonction des crosses et coupure du quadruple radial en deux chaînes qui sont transverses par rapport à c.s. — On remarquera la brusque courbure de la marge et la très faible indication du double pli latéral du demi-arc postérieur droit.

Fig. 19. — La trace foliaire de *Matonia pectinata* à deux centimètres du stipe. Croquis d'après M. A.-C. Seward.

Fig. 20. — La trace foliaire d'*Hymenophyllum dilatatum*, près de la ramification de la fronde. Croquis d'après M. L.-A. Boodle, l. c., fig. 8.

Cette trace est à l'état de double chaîne binaire fermée :

$$\begin{pmatrix} \overline{\gamma_g^{1l}} & \overline{\gamma_d^{1l}} \\ \overline{\quad} & \overline{\quad} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \overline{F_s^m} & \overline{\quad} \\ \overline{F_c^A} & \overline{\quad} \end{pmatrix}$$

Les Traces foliaires cyathéennes.

Fig. 21. — Moitié droite de la trace foliaire de *Cyathea medullaris*.

$\frac{1}{2}$ ch. m. p. *Demi-chaîne médiane postérieure*. Elle s'étend ici de r_d^1 à r_d^{14} .

Pl. dir. *Pli direct*.

La *branche descendante* du pli direct s'étend de r_d^{14} à r_d^{18} .

Pl. inv. *Pli inverse*. Il est occupé par une grande incision.

La *branche ascendante* du pli inverse s'étend de r_d^{19} à r_d^{17} .

r_d^{17} à r_d^{4a} *Amorce* du demi-arc antérieur droit.

r_d^{4a} à r_d^{10a} *Palier* du demi-arc antérieur droit.

r_d^{10a} à r_d^{12a} *Crosse* du demi-arc antérieur droit.

Fig. 22. — La même demi-trace dans une région plus élevée du pétiole lorsqu'elle prépare les pièces sortantes d'un pétiole secondaire.

c's'. Trace de la surface de symétrie du premier pétiole secondaire placé au-dessus de la section.

c''s''. Trace de la surface de symétrie du second pétiole secondaire.

$\frac{1}{2}$ A. Premier morceau ou morceau postérieur de la demi-trace foliaire droite.

$\frac{1}{2}$ B. Deuxième morceau ou morceau antérieur de la demi-trace foliaire droite.

Fig. 23. — Demi-trace foliaire droite dans le haut du pétiole principal de *Cyathea medullaris* et à la base d'un pétiole secondaire. Les branches ascendantes des plis inverses partent d'un point commun situé dans la surface de symétrie.

Fig. 24. — La même trace foliaire dans la partie supérieure d'un pétiole secondaire.

Chaque partie $\frac{1}{2}A$ est réduite à un divergeant fermé. Le pli direct et le pli inverse sont donc encore très accusés. Le pli inverse est occupé par une grande incision. A ce niveau la trace foliaire est encore à l'état de double chaîne binaire.

Fig. 25. — La trace de *Cyathea medullaris* dans la nervure médiane d'une foliole.

Les divergeants fermés r_g^1 , r_d^1 y sont réduits chacun à un groupe trachéen isolé dans le liber externe d'une chaîne binaire. — La trace est encore à l'état de double chaîne binaire discontinue à ce niveau.

Fig. 26. — La trace de *Cyathea medullaris* à l'état de chaîne binaire simple.

Fig. 27. — La demi-trace foliaire gauche d'un très gros pétiole de *Cibotium regale*.

Les deux crosses réunies dans la surface de symétrie forment une chaîne intérieure ou arc interne à concavité tournée vers l'extérieur.

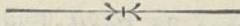
Fig. 28. — La demi-trace foliaire droite dans la partie supérieure du même pétiole. Elle est à l'état de chaîne fermée. On remarquera l'élargissement du faisceau sur lequel porte le pli inverse.

Fig. 29. — La demi-trace foliaire droite d'un fort pétiole de *Dicksonia antarctica*. Le pli direct et le pli inverse sont encore très sensibles.

Fig. 30. — Le second faisceau bipolaire droit F_a^2 du demi-arc postérieur de la trace de *Cibotium regale*.

Fig. 31. — Le dixième divergeant du demi-arc antérieur droit d'une trace foliaire de *Cyathea medullaris*.

Fig. 32. — Le même divergeant à l'état de divergeant fermé.



MM. C.-Eg. BERTRAND et F. CORNAILLE

SUR QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DE LA STRUCTURE DES FOUGÈRES ACTUELLES

[587]

— Séance du 15 septembre —

L'organisation du stipe et de la fronde des Fougères actuelles révèle-t-elle un type unique reconnaissable dans les diverses subdivisions de cette classe? Quelles sont les caractéristiques de cette structure? Les retrouve-t-on chez les Cycadées? Inversement, voit-on poindre dans l'appareil végétatif

des Fougères la préparation des caractéristiques du type cycadéen? Telles sont les questions que les auteurs de cette note se sont proposé de résoudre. Ils procèdent par exemples concrets. Prenant comme point de départ la structure connue de la fronde de l'Osmonde, ils montrent que sa trace foliaire est un assemblage de pièces élémentaires qu'on peut lire : soit comme un groupe trachéen duquel partent deux lames ligneuses à différenciations divergentes, tapissées de liber sur leurs deux faces, soit comme un faisceau bipolaire. Deux faisceaux consécutifs étant unis par leurs pôles trachéens voisins, les groupes trachéens deviennent ainsi des pôles doubles. Il n'y a pas actuellement de raisons décisives permettant de choisir l'une ou l'autre de ces deux unités. Pourtant la seconde paraît s'appliquer à un plus grand nombre de faits. On la retrouve chez les Sélaginelles. L'analyse précise des formes fossiles permettra peut-être de décider laquelle de ces deux solutions il convient d'adopter. En se ramifiant dans la partie supérieure de la fronde, la trace foliaire conserve toujours le même caractère. En rentrant, au contraire, dans le stipe, la trace foliaire se jette sur deux masses réparatrices composées de vaisseaux scalariformes. Dans cette partie inférieure, le pôle double médian de la trace foliaire conserve une position constante. Il s'éteint dans la masse ligneuse unique résultant de la confluence des deux groupes réparateurs. Les trachées voisines de la périphérie du bois sont séparées de sa marge par des vaisseaux grêles, la différenciation y progresse suivant deux lignes divergentes. Dans ce stipe, le centre de figure γ d'un faisceau bipolaire élémentaire tombe souvent entre deux groupes ligneux. Il n'y a de trachées que dans les six ou sept dernières traces foliaires en émission. Comme caractère propre aux Osmondacées, le liber externe du stipe, seul développé, y forme une couronne continue.

Dicksonia montre la trace foliaire plissée en autant de lobes qu'il y a de pôles doubles. Chez *Cyathea*, les lobes s'isolent les uns des autres. Le premier type d'unité libéro-ligneuse apparaît ici réalisé d'une façon concrète. Les centres de figure des faisceaux bipolaires sont placés dans le tissu fondamental, entre deux groupes libéro-ligneux consécutifs.

Chez l'*Onoclea*, Polypodiacée à indusies en disques peltés, on constate une réduction prodigieuse de l'arc médian postérieur de la trace : c'est un caractère propre de l'*Onoclea*. Les deux extrémités des arcs latéraux sont, au contraire, très développés : c'est là un caractère polypodiacéen. Il en est de même de la réduction des arcs latéraux antérieurs. *Onoclea* présente quatre pôles doubles symétriques deux à deux. Deux sont postérieurs, deux autres sont marginaux antérieurs. Vers le haut de la fronde, il y a jonction des deux arcs latéraux dans le plan de symétrie de la fronde et formation d'un pôle double postérieur et médian. Dans le stipe, chaque masse réparatrice met en jeu un pôle double, puis du bord externe de l'ensemble de ses

vaisseaux scalariformes. Ce pôle reste visible pendant les deux et demi, trois et demi segments qui précèdent la sortie de la trace foliacée. Chaque groupe libéro-ligneux peut recevoir, en outre, selon sa position, une demi-trace foliaire droite ou gauche. Par rapport au pôle double enfermé dans le groupe réparateur, on voit encore deux lames ligneuses à différenciations divergentes. L'organisation du stipe et de la fronde conserve donc les mêmes caractères essentiels que chez l'Osmonde, mais avec une plus grande indépendance des deux moitiés de la trace foliaire. Il y a du liber tout autour de chaque masse ligneuse.

Toutes les autres Polypodiacées se rattachent au type de l'*Onclea*. Les variantes portent surtout sur le degré de complication et de dispersion de l'arc postérieur de la trace foliaire.

La trace foliaire des *Gleichenia* est celle de l'Osmonde avec un arc antérieur fermé. Son stipe grêle offre une masse réparatrice pleine avec deux, trois ou six pôles doubles, suivant les points choisis et les espèces analysées. — Le stipe d'*Aneimia* reproduit celui d'*Onclea*, alors que sa fronde a la même trace foliaire que celle de l'Osmonde. — *Lygodium* montre une trace foliaire simplifiée avec un stipe semblable à celui des *Gleichenia*. — Avec une trace foliaire presque identique à celle des *Lygodium*, *Marsilia* et *Pitularia* nous présentent un stipe pourvu d'une couronne libéro-ligneuse continue où les pôles doubles sont marginaux.

La trace foliaire des Marattiées nous montre une forte tendance à l'isolement des pôles doubles, la production d'un arc postérieur multiple et la production d'un arc antérieur qui se conserve très haut dans la fronde. *Helminthostachys* reproduit les Marattiées dans la région régulière de son pétiole. Les segments élémentaires de la trace sont plus condensés vers l'insertion de la fronde sur le stipe. L'arc antérieur est très développé chez les *Helminthostachys*.

Les *Botrychium daucifolium* et *virginicum* reproduisent le dispositif de l'*Helminthostachys*, avec tendance à disposer les éléments scalariformes en files rayonnantes. En même temps le liber antérieur se réduit beaucoup.

Chez *Botrychium lunaria*, la trace foliaire a l'aspect d'un faisceau unipolaire à liber externe. Cette trace doit toujours être lue de la même manière. Masse ligneuse à pointement polaire double antérieur. Liber externe développé, liber interne atrophié ou plus exactement, réduit. Cette trace se bifurque vers le haut un certain nombre de fois, de manière à donner un arc antérieur puissant qui se rend dans la pièce fructifère. Dans sa partie inférieure, le pôle double s'éteint en rentrant dans un système réparateur. Les vaisseaux scalariformes de ce système, tous remarquablement grêles, tous primaires, sont alignés, d'où une très vague ressemblance avec un tissu secondaire. Le liber interne est réduit. Le liber externe est seul développé. Malgré ces variantes d'aspect, la carac-

téristique du stipe et de la fronde des Fougères s'y retrouve encore. Le dispositif des Ophioglosses n'est que la répétition de celui des Botrychium.

Ce caractère d'un pôle double s'éteignant dans une masse réparatrice ne se trouve pas chez les Cycadées. Inversement, le faisceau unipolaire régulier nettement spécialisé de la tige des Cycadées et leur faisceau foliaire unipolaire à bois centripète ne se rencontrent pas chez la Fougère, et rien n'y indique la préparation de ces faits. Il faudra donc être très prudent dans l'acceptation d'un groupe des Cycadofilicinées qui réunirait à la fois les caractères des Fougères et ceux des Cycadées.

4

LA PIÈCE QUADRUPLE DES FILICINÉES ET SES RÉDUCTIONS;
 par **MM. C.-Eg. BERTRAND et F. CORNAILLE.**

1. — Lorsqu'une chaîne, ouverte ou fermée, décrit une *boucle* en rapprochant deux points pris entre ses extrémités, on voit que le contact s'établit toujours sur des points placés entre deux groupes trachéens consécutifs. Dès que les deux lames ligneuses sont arrivées en contact, le point de jonction des bois devient un centre de figure commun, aux deux branches de la chaîne.

2. — Soient deux faisceaux $F_a^{(h+\alpha)}$, $F_a^{(h+\beta)}$, d'une certaine chaîne :

$$\Rightarrow \dots \text{---} \Upsilon_a^{(h+\alpha)} \text{---} \text{---} \Upsilon_a^{(h+\alpha+1)} \text{---} \dots \text{---} \Upsilon_a^{(h+\beta)} \text{---} \text{---} \Upsilon_a^{(h+\beta+1)} \text{---} \dots \Rightarrow$$

qui ferment une boucle en unissant leurs bois. Ils confondent leurs centres de figure $\Upsilon_a^{(h+\alpha)}$, $\Upsilon_a^{(h+\beta)}$. La pièce de fermeture de la boucle contient quatre groupes trachéens, et par suite, quatre divergeants, qui sont :

$$\Upsilon_a^{(h+\alpha)}, \Upsilon_a^{(h+\alpha+1)}, \Upsilon_a^{(h+\beta)}, \Upsilon_a^{(h+\beta+1)},$$

La pièce quadruple contient donc deux faisceaux bipolaires entiers, compris entre quatre demi-faisceaux bipolaires. Elle s'écrira transversalement à la ligne de symétrie CS dont elle dépend :

$$[1] \quad \begin{array}{c} \begin{array}{c} (h+\alpha) \\ d \end{array} \left| \begin{array}{c} \Rightarrow \frac{1}{2} d F_a^{(h+\alpha-1)} F_a^{(h+\alpha)} \frac{1}{2} g F_a^{(h+\alpha+1)} \Rightarrow \end{array} \right. \\ \mathbf{X} = \\ \begin{array}{c} (h+\beta) \\ d \end{array} \left| \begin{array}{c} \leftarrow \frac{1}{2} g F_a^{(h+\beta+1)} F_a^{(h+\beta)} \frac{1}{2} d F_a^{(h+\beta-1)} \leftarrow \end{array} \right. \end{array}$$

ou, en pôles doubles $\Delta\Delta$ et en centres de figure γ :

$$[2] \quad \begin{array}{c} \begin{array}{c} (h+\alpha) \\ d \end{array} \left| \begin{array}{c} \Rightarrow \Delta_{dd}^{(h+\alpha-1)} \Delta_{dg}^{(h+\alpha)} - \gamma_d^{(h+\alpha)} - \Delta_{dd}^{(h+\alpha)} \Delta_{dg}^{(h+\alpha+1)} \Rightarrow \end{array} \right. \\ \mathbf{X} = \\ \begin{array}{c} (h+\beta) \\ d \end{array} \left| \begin{array}{c} \leftarrow \Delta_{dg}^{(h+\beta+1)} \Delta_{dd}^{(h+\beta)} - \gamma_d^{(h+\beta)} - \Delta_{dg}^{(h+\beta)} \Delta_{dd}^{(h+\beta+1)} \leftarrow \end{array} \right. \end{array}$$

sous cette dernière forme on met bien en évidence les huit lignes de différenciation ligneuses du système.

3. — Nous appelons ces pièces de fermeture complexes des *quadruples*, parce qu'elles contiennent quatre divergeants. Nous les représenterons désormais par le symbole X placé entre les *exposants indicés* des deux faisceaux rendus coalescents. Dans les formules développées nous spécifions son existence par une barre de liaison qui unit les deux centres de figure fusionnés. Les quadruples transverses par rapport à CS sont fréquents dans la région des marges des traces foliaires aux niveaux où ces marges émettent des pièces latérales. — *Exemple*. Les quadruples qui ferment les marges de la trace foliaire du *Cyathea medullaris* à la base de ses premiers pétioles secondaires. — *Autre exemple*. Les deux quadruples à courbure inverse que donne localement la trace du *Polypodium Heracleum* dans les pétioles où les plis inverses produisent deux chaînes inverses fermées et libres. Ces quadruples du *Polypodium Heracleum* sont presque parallèles à la ligne de symétrie CS.

4. — Lorsque les quadruples sont placés radialement dans la surface de symétrie, leurs notations deviennent très symétriques et leurs pièces élémentaires se présentent sériées verticalement

dans les formules développées. Le quadruple médian d'un très fort pétiole de *Polypodium Heracleum* s'écrit :

$$[3] \quad \left| \begin{array}{ccc} \rightsquigarrow \Upsilon_g^\alpha & \Upsilon_d^\alpha & \leftarrow \leftarrow \leftarrow \\ \Upsilon_g^\alpha - \Upsilon_d^\alpha & & \Upsilon_g^\alpha - \Upsilon_d^\alpha \end{array} \right| = \left| \begin{array}{ccc} \rightsquigarrow \frac{1}{2} g F_g^{(\alpha-1)} \frac{1}{2} d F_g^\alpha & \frac{1}{2} g F_d^{\alpha \frac{1}{2}} d F_d^{(\alpha-1)} & \leftarrow \leftarrow \leftarrow \\ \Upsilon_g^\alpha - \Upsilon_d^\alpha & & \Upsilon_g^\alpha - \Upsilon_d^\alpha \end{array} \right| \\
 {}^\alpha X_g^\alpha = \left| \begin{array}{ccc} \leftarrow \leftarrow \leftarrow \Upsilon_g^{\alpha+1} & \Upsilon_d^{\alpha+1} & \rightsquigarrow \rightsquigarrow \rightsquigarrow \\ \Upsilon_g^{\alpha+1} - \Upsilon_d^{\alpha+1} & & \Upsilon_g^{\alpha+1} - \Upsilon_d^{\alpha+1} \end{array} \right| = \left| \begin{array}{ccc} \leftarrow \leftarrow \leftarrow \frac{1}{2} d F_d^{(\alpha+1)} \frac{1}{2} g F_g^\alpha & \frac{1}{2} d F_d^{\alpha \frac{1}{2}} g F_g^{(\alpha+1)} & \rightsquigarrow \rightsquigarrow \rightsquigarrow \\ \Upsilon_g^{\alpha+1} - \Upsilon_d^{\alpha+1} & & \Upsilon_g^{\alpha+1} - \Upsilon_d^{\alpha+1} \end{array} \right|$$

On obtient les formules des quadruples médians visibles au milieu du pétiole de *Scolopendrium officinale* et dans le pétiole principal du *Lygodium scandens* en faisant dans cette formule n° 3 $\alpha = 1$, le faisceau $F^{(\alpha+1)}$ devenant un faisceau médian F^M incisé en son milieu. Les marges sont sur Υ_g^α , Υ_d^α , et à leur suite vient un divergeant sortant Υ_g^σ , Υ_d^σ .

5. — Dans les quadruples les tangentes aux deux branches de la chaîne menées par le centre de figure commun sont : ou bien dans le prolongement l'une de l'autre, ou bien en coïncidence selon la manière dont on parcourt la chaîne.

6. — *Un quadruple peut se couper en deux chaînes binaires.* — La scission se fait transversalement à la tangente commune. En se coupant, le second membre de la formule [3] devient :

$$[4] \quad \left| \begin{array}{ccc} \rightsquigarrow \Upsilon_g^\alpha & - \Upsilon_s^\alpha - \Upsilon_d^\alpha & \rightsquigarrow \rightsquigarrow \rightsquigarrow \\ \rightsquigarrow \Upsilon_g^{\alpha+1} & - \Upsilon_c^\alpha - \Upsilon_d^{\alpha+1} & \rightsquigarrow \rightsquigarrow \rightsquigarrow \end{array} \right|$$

Exemples. a). La série des figures présentées par la trace foliaire de *Cyathea medullaris* dans la région où elle passe d'un pétiole secondaire au pétiole principal. — b). La série des figures qui amènent la libération des chaînes fermées inverses données par les plis inverses dans les gros pétioles de *Polypodium Heracleum*.

7. — Les quadruples se simplifient en parcourant la série des modifications suivantes qu'il suffit d'énoncer pour des pièces symétriques par rapport à la ligne CS.

a). — Les groupes trachéens postérieurs T_g^α , T_d^α , se rapprochent l'un de l'autre et se fusionnent en un groupe T_s^α . Le quadruple

n'a plus alors que trois divergeants, un postérieur Υ_s^α , et deux antérieurs $\Upsilon_g^{(\alpha+1)}$, $\Upsilon_d^{(\alpha+1)}$.

b). — Le groupe trachéen médian postérieur T_s^α s'éteint. Le quadruple tombe à l'état de chaîne binaire. — Exemples. Les traces foliaires de *Lygodium scandens* et de *Marsilia quadrifolia* dans le haut du pétiole. L'état du quadruple de *Ceratopteris thalictroides* vers le bas du pétiole. Comme indication de la valeur spéciale de cette pièce complexe, on voit souvent un gros épaississement du métaxylème au milieu de la chaîne. Ce second stade de réduction alterne souvent avec le troisième.

c). — Les groupes trachéens antérieurs $\Upsilon_g^{(\alpha+1)}$, $\Upsilon_d^{(\alpha+1)}$, se fusionnent en un groupe médian $T_c^{(\alpha+1)}$. Quand le groupe trachéen T_s^α existe encore, le quadruple présente deux divergeants Υ_s^α , $\Upsilon_c^{(\alpha+1)}$, dont les bois sont accolés par leurs faces externes. La pièce complexe qui en résulte diffère donc profondément d'une chaîne binaire ordinaire, elle constitue une pièce double ou un double qui est parfois une forme spéciale de la chaîne binaire inverse — Exemple. État du quadruple de *Polypodium Heracleum* dans les parties supérieures de la fronde. — Quand le groupe T_s^α est déjà éteint, le quadruple tombe à l'état de divergeant simple. — Exemple. Le massif médian antérieur de la trace foliaire du *Platyserium alcicorne* dans chacun des lobes du réseau qui représente la nervure médiane d'une fronde dressée. — Le divergeant $\Upsilon_c^{(\alpha+1)}$ peut se fermer. — Exemple. État du quadruple à la base d'une foliole de *Lomariopsis fraxinifolia*.

8. — Les quadruples réduits, transverses par rapport à CS, sont fréquents dans les marges des traces foliaires.

9. — Le rapprochement des groupes trachéens T_g^α , T_d^α , peut se faire de deux manières. Dans un premier cas, les demi-faisceaux $\frac{1}{2}dF_g^\alpha$, $\frac{1}{2}gF_d^\alpha$, se réduisent, puis s'annulent; on a le dispositif du quadruple du *Polypodium Heracleum* dans les parties un peu moins fortes de sa trace foliaire. Dans un second cas, ce sont au contraire les demi-faisceaux $\frac{1}{2}gF_g^{(\alpha-1)}$, $\frac{1}{2}dF_d^{(\alpha-1)}$, qui s'atrophient

tandis que les demi-faisceaux $\frac{1}{2}dF_g^\alpha$, $\frac{1}{2}gF_d^\alpha$, grandissent. On obtient alors le dispositif de la trace d'*Onychium japonicum* au milieu du pétiole. Une boucle, réduite à un divergeant fermé, pendue en arrière d'une chaîne binaire. La boucle peut s'isoler partiellement de la chaîne binaire comme dans la chaîne ternaire discontinue de *Pellea geraniifolia* dont l'état limite produit un groupe de trachées, ou même une seule trachée isolée en plein liber externe.

10. — La répétition rapide du dispositif d'*Onychium* pour les groupes trachéens T^α , $T^{(\alpha+1)}$, $T^{(\alpha+2)}$, crée une chaîne radiale de divergeants fermés dans la ligne de symétrie CS. De telles chaînes sont parfois localement réalisées dans la trace du *P. Heracleum*.

11. — L'étranglement d'une chaîne binaire fermée, à courbure directe, transversale par rapport à la ligne, CS produit une forme très curieuse du double qui est la trace en clepsydre à courbure directe. Cet état n'est bien représenté chez les Filicinées actuelles qu'au point où la trace foliaire d'*Helminthostachys zeylanica* s'attache sur la couronne libéro-ligneuse du stipe. Cette forme si spéciale du quadruple s'écrit :

$$[5] \quad \begin{array}{c} M_s \\ X \\ g \\ c \end{array} = \left(\begin{array}{ccc} - & \Upsilon_s^M & - \\ \Upsilon_g^{1L} \odot & | & \odot \Upsilon_d^{1L} \\ - & \Upsilon_c^a & - \end{array} \right) = \left(\begin{array}{ccc} \Delta_g^M & - & \Upsilon_s^M & - & \Delta_d^M \\ & \odot & | & \odot & \\ \Delta_{gd}^a & - & \Upsilon_c^a & - & \Delta_{dg}^a \end{array} \right)$$

On y reconnaît une chaîne binaire de divergeants fermés unis par leurs points de fermeture.

12. — L'opération inverse de la formation d'un quadruple est la réunion de deux chaînes binaires dont l'une s'intercale entre les extrémités de l'autre.

LES CARACTÉRISTIQUES DE LA TRACE FOLIAIRE MARATTIENNE ET DE LA TRACE FOLIAIRE OPHIOGLOSSÉENNE. EXEMPLES ET MODIFICATIONS DE CES TRACES; par **MM. C.-Eg. BERTRAND et F. CORNAILLE.**

Nous ne parlerons, dans cette Note, que de la partie de la trace foliaire qui est comprise dans la fronde. Pour spécifier les diverses régions de la trace nous ferons usage de la terminologie que nous avons définie dans notre communication à l'Académie du 30 décembre 1901.

I

1. La trace foliaire marattienne ne présente tous ses caractères que dans les très gros pétioles.

2. Les caractéristiques de la trace marattienne s'énonceront comme il suit.

a) Faisceaux disposés en chaîne discontinue, coupée par de nombreuses incisions qui y entaillent à la fois le bois et les libers.

b) Cette chaîne jalonne un premier arc externe fermé en avant par la réunion des paliers antérieurs sur la partie antérieure de la surface de symétrie CS. L'arc externe n'a pas de plis sur ses demi-arcs postérieurs, par suite ses diverses sections ne sont pas différenciées. Les courbures des amorces sont larges, fondues dans la courbure générale de l'arc externe. Les marges ne sont pas sensibles.

c) L'arc externe enferme une chaîne intérieure discontinue, formant un ou plusieurs arcs internes qui sont alors : homéomorphes, excentriques, fermés, successivement enveloppants. Le dernier arc interne est ordinairement ouvert. Il peut être fermé localement et alors libre ou bien accolé tangentiellement au milieu de l'arc interne précédent. Parfois aussi le pénultième des arcs internes reste également ouvert, il appuie ses bords sur les demi-arcs antérieurs de l'antépénultième des arcs internes.

d) Les masses libéro-ligneuses isolées par les incisions sont des divergeants simples et de petites chaînes de divergeants. Au voisinage des régions de fermeture on peut rencontrer des faisceaux infléchis et quelques pièces complexes dont certaines sont très curieuses, comme ces quadruples produits par la rencontre de deux chaînes à courbure directe, qui viennent se toucher par deux faces de noms contraires. Les trachées sont peu saillantes en avant du bois avec tendance à s'étaler devant celui-ci. Le liber antérieur est toujours bien développé avec thylles libériennes comblant les lacunes ligneuses.

e) Les émissions latérales des traces des pétioles secondaires, ou réceptions, si on lit les traces en descendant, se font sur les marges des arcs externes et en même temps sur les marges des premiers arcs internes. Les cordons fournis par ces derniers forment l'arc interne du pétiole secondaire.

f) A la base du pétiole la chaîne intérieure reçoit les filets libéro-ligneux venant des auricules ou stipules, après quoi les cordons de la chaîne se jettent d'une part sur les termes des demi-arcs antérieurs externes et d'autre part sur quelques cordons des demi-arcs postérieurs externes. Aucun des cordons antérieurs n'entre directement dans la région médullaire du stipe, contrairement à ce qui arrive dans la grande trace cyathéenne.

Exemples. — a) Les gros pétioles d'*Angiopteris evecta* qui ont jusqu'à quatre arcs internes. — b) Les gros pétioles de *Marattia sorbifolia* qui ont deux arcs internes.

3. La trace marattienne rappelle dans son ensemble la trace osmondéenne, mais à celle-ci se sont ajoutés comme complications, a) la fermeture constante de l'arc externe, b) des incisions, c) le remplacement des crosses par une chaîne intérieure qui participe à l'émission des traces des pétioles secondaires.

4. La réduction de la trace marattienne présente deux étapes principales. La chaîne intérieure se réduit à un seul arc interne, puis la trace marattienne n'a plus d'arc interne, elle ne diffère alors de la trace osmondéenne pure que par ses incisions.

5. Quand il y a une chaîne interne réduite à un seul arc interne, la forme la plus élevée produit un arc interne fermé, libre

à l'intérieur de l'arc externe. Puis vient un arc interne fermé s'appuyant au milieu de l'arc externe; puis encore un arc interne ouvert écartant plus ou moins ses bords des paliers antérieurs de l'arc externe. Très souvent alors celui-ci est incisé au milieu de sa face antérieure. On verra ces divers états dans des pétioles grêles d'*Angiopteris evecta*, *A. pruinosa*, de *Marattia sorbifolia*, dans des pétioles déjà volumineux de *M. macrophylla*, *M. weinmannifolia*; dans ce cas la concavité de l'arc interne vers la face antérieure est très accusée. Il en est encore ainsi chez *M. Kaulfussii*, où l'arc interne très ouvert s'écarte beaucoup des paliers antérieurs. Cette concavité de l'axe interne s'atténue lorsqu'il se réduit à quelques divergeants formant une petite chaîne discontinue ou continue qui coupe perpendiculairement la surface de symétrie. *Exemples.* — Pétioles primaires de petites plantes de *M. fraxinea*, *M. macrophylla*, *A. evecta*, ce dernier étant pris au-dessus du départ des premières ramifications du pétiole. Quand l'arc interne est très réduit, il s'approche beaucoup du point C_a où la ligne CS coupe antérieurement l'arc externe, ces derniers vestiges de la chaîne intérieure s'épuisent en se réunissant aux divergeants des deux paliers antérieurs. A partir de cet état la trace marattienne n'a plus de chaîne intérieure, elle a perdu sa principale caractéristique.

6. La trace marattienne sans chaîne intérieure ne présente plus qu'un arc externe à bords rabattus en avant et tendant à former des crosses par courbure directe. Les marges, les amorces, les paliers antérieurs et les crosses sont confondus dans la courbure générale de l'arc externe qui est ouvert en avant. Les portions isolées par les incisions sont encore de petites chaînes et des divergeants. Il y a ordinairement une incision plus large entre le divergeant marginal Υ^{1L} et le second divergeant du demi-arc antérieur Υ^{2a} . — *Exemples.* Pétioles secondaires de *M. Laucheana*, *M. laevis*, haut de la nervure médiane d'une foliole de *Kaulfussia aesculifolia*, petits pétioles secondaires d'*Angiopteris pruinosa* et *A. latifolia*.

7. On trouve même une trace osmondéenne sans incisions dans le pétiole tertiaire de *M. silvatica*. On a une chaîne binaire dans la nervure médiane d'une foliole d'*A. pruinosa*. Les nervures secon-

daires montrent à leur base un divergeant isolé qui passe plus loin à l'état de masse libéro-ligneuse indéterminée et aux terminaisons en ampoules.

8. La trace de *Kaulfussia æsculifolia* mérite une mention spéciale comme préparant le dispositif de la plus grande des Ophioglossées, l'*Helminthostachys zeylanica*. Au milieu du pétiole primaire la trace de *Kaulfussia* présente une chaîne intérieure binaire. A la base de la foliole la chaîne intérieure ne contient plus qu'un seul divergeant qui disparaît plus haut en se jetant sur les paliers antérieurs. Cette chaîne intérieure disparaît aussi vers le bas de la fronde en jetant ses divergeants sur les demi-arcs postérieurs après avoir reçu les cordons des stipules. Enfin l'arc externe de cette trace est une chaîne discontinue. Il s'agit donc bien d'une trace marattienne mais très réduite, où les arcs internes sont représentés par une paire de divergeants formant un groupe isolé concave antérieurement, entouré par l'arc externe. Le stipe rampant relativement grêle de *Kaulfussia* présente une réduction analogue.

9. Faute de matériaux nous avons dû laisser de côté les *Dancea*.

II

10. La trace ophioglosséenne est une trace marattienne très réduite sur laquelle se différencie une pièce sorifère antérieure. Sa complication maxima comporte un arc externe fermé et incisé, une chaîne intérieure réduite à un divergeant et une pièce sorifère antérieure. Nous rencontrons cette organisation dans la trace d'*Helminthostachys zeylanica*.

11. Le pétiole primaire d'*Helminthostachys* présente un arc externe fermé en avant, à divergeants tous isolés, avec ailes fortement rabattues vers leur face antérieure. Les marges ne sont pas sensibles. Il n'y a pas de plis sur les demi-arcs postérieurs. Un grand divergeant, presque central, représente à lui seul une chaîne intérieure fortement concave en avant. Ces caractères sont ceux d'une trace marattienne grêle. Les paliers des demi-arcs antérieurs sont assez isolés du reste de l'arc externe. Leurs divergeants voisins du point C_a sont déjà différenciés comme filets con-

ducteurs de la pièce sorifère antérieure. Dans les genres *Botrychium* et *Ophioglossum*, nous aurons une chaîne antérieure dialydivergeante à trachées regardant la face externe. La chaîne antérieure spécialisée pour une part, ou totalement, en vue de la pièce sorifère antérieure est la caractéristique nouvelle qui différencie la trace ophioglosséenne de la trace marattienne.

12. Au-dessus de la baguette sorifère, le caractère marattien de l'arc interne et le caractère ophioglosséen de cordons antérieurs différenciés en vue de la baguette sorifère disparaissent.

13. Les divergeants de l'*Helminthostachys* sont profondément caractérisés comme divergeants. Leur liber antérieur est très développé. Les éléments de leur métaxylème sont les grands tubes scalariformes caractéristiques des Filicinées.

14. La trace foliaire de *Botrychium virginicum* présente un arc externe incisé, ouvert en avant, et sans chaîne intérieure. Elle a donc perdu sa principale caractéristique en tant que trace marattienne. L'émission de chaque demi-pièce sorifère n'emporte qu'une partie de demi-arc antérieur correspondant. Après cette émission, il reste encore un demi-arc antérieur convexe en avant, et ce caractère se suit jusque dans les pétioles secondaires. D'autre part, les divergeants de chaque demi-pièce sorifère s'approchent de la ligne CS et viennent se placer antérieurement sur un arc à concavité postérieure. Les groupes trachéens de cette chaîne regardent sa face externe. Le caractère ophioglosséen s'est donc très fortement accentué.

15. Chez *Botrychium virginicum*, le liber antérieur est bien développé, le bois du métaxylème est encore composé de grands trachéïdes scalariformes.

16. Quand on arrive aux petites espèces de *Botrychium*, comme *B. rutaceum*, la trace foliaire, prise en bas du pétiole, est réduite à une double chaîne binaire incisée en son milieu. Les demi-arcs antérieurs sont réduits à un demi-faisceau peu étendu dont la présence n'est généralement pas remarquée. La trace est largement ouverte en avant. Il n'y a pas de chaîne intérieure. Les caractéristiques marattiennes sont devenues insaisissables. Par contre les

deux divergeants marginaux donnent bientôt les deux moitiés du système sorifère. Celui-ci comprend, au niveau où la pièce sorifère se détache de la fronde, quatre divergeants en deux groupes symétriques qui jalonnent un arc à concavité externe; tous ont leurs trachées tournées vers la face postérieure. Le caractère ophioglosséen a donc conservé sa netteté malgré l'affaiblissement de la trace. Histologiquement nous constatons une autre modification capitale. Le liber antérieur de chaque masse libéro-ligneuse, divergeante ou chaîne, se réduit à deux, puis à un rang d'éléments *péricambiaux*. Les éléments ligneux du métaxylème sont grêles. Ils s'alignent radialement ou en éventail derrière chaque pôle double. Le divergeant a pris un aspect de faisceau unipolaire.

17. *Botrychium Lunaria* montre cette même structure avec une pièce sorifère qui a longtemps deux divergeants. Les demi-arcs antérieurs y sont presque dans le prolongement de l'arc postérieur très ouvert.

18. Les *Ophioglossum*, depuis l'*O. vulgatum* jusqu'à l'*O. pendulum*, présentent la même organisation. Les variantes portent sur la fréquence des incisions de l'arc postérieur, sur l'embrasement apparent de la pièce sorifère par cet arc postérieur : *O. vulgatum*, *O. bulbosum*, *O. reticulatum* montrent des étapes croissantes de cet embrasement. L'arc de la pièce sorifère semble doubler antérieurement l'arc postérieur; il double son milieu ou quelques-unes de ses parties latérales chez *O. pendulum*.

19. Chez tous les *Ophioglossum* que nous avons analysés, nous avons trouvé les divergeants à facies unipolaires signalés chez les petits *Botrychium*.

20. A l'inverse des autres traces foliaires qui se sont modifiées en divers sens autour d'une forme type, la trace ophioglosséenne présente une addition continue de nouveaux caractères qui l'amène de la trace de l'*Helminthostachys* à celle de l'*Ophioglossum pendulum*.

21. Nous énoncerons comme il suit les caractéristiques de la trace foliaire ophioglosséenne.

a). Trace marattienne très réduite ne comprenant qu'un arc externe fermé antérieurement dans la surface de symétrie par

courbure directe. Cette trace n'a pas de plis sur son arc postérieur. Exceptionnellement elle contient un reste des arcs internes.

b). Une pièce sorifère antérieure différenciée en grande partie, sinon en totalité, aux dépens de l'arc antérieur. Au-dessus de l'émission de la pièce sorifère, l'arc antérieur est très largement ouvert en avant.

c). La trace ophioglosséenne tend à unir ses divergeants en une chaîne continue vers le bas de la fronde. Au contraire, tous les divergeants tendent à s'isoler dans la partie supérieure de la fronde. La dialydivergeance y est poussée très loin.

d). Le divergeant prend un facies unipolaire par réduction du calibre des trachéïdes de son métaxylème, et par réduction de son liber antérieur. Ces divergeants à facies de faisceau unipolaire se montrent dans les *Botrychium* grêles. Tous les *Ophioglossum* ont ce caractère fortement accusé.

LES CARACTÉRISTIQUES DE LA TRACE FOLIAIRE
ONOCLEËNNE ET LES PRINCIPALES MODIFICATIONS DE CETTE TRACE;
par MM. C.-Eg. BERTRAND et F. CORNAILLE.

1. — Les caractéristiques de la trace onocléenne peuvent s'énoncer ainsi qu'il suit :

a) Un pli double sur chaque demi-arc postérieur. Ce caractère, qui existe aussi sur la trace cyathéenne, délimite trois régions dans le demi-arc postérieur : la *demi-chaîne médiane postérieure*, la *branche descendante du pli direct* et la *branche ascendante du pli inverse* (1).

b) Le pli double est localisé sur le dernier faisceau du demi arc postérieur, celui qui aboutit à la marge. Ce dernier faisceau est seul élargi. C'est sa moitié externe qui forme la *branche ascendante du pli inverse*.

c) Il n'y a pas de grande incision séparant la *branche descendante du pli direct* de l'origine du *pli inverse*.

d) La trace onocléenne est une double chaîne binaire, symétrique par rapport à la ligne CS, incisée en arrière dans la région du centre de figure γ^M du faisceau médian et largement ouverte en avant.

e) Les demi-arcs antérieurs y sont réduits à un demi-faisceau

(1) *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 30 décembre 1904.

$\frac{1}{2}dF_g^{ba}$, $\frac{1}{2}gF_d^{ba}$. Tantôt, comme chez *Onoclea sensibilis*, ces demi-faisceaux sont rabattus en avant par une forte courbure des marges; tantôt au contraire, comme chez *Asplenium Ruta-muraria*, ils se placent dans le prolongement direct de la branche ascendante du pli inverse qui précède la marge. Ces différences tiennent au mode d'émission de la pièce latérale. Dans le premier cas, *Onoclea*, la pièce latérale se présente au dos de la marge sous la forme d'un divergeant fermé ou d'une chaîne binaire fermée. Dans le second, *Asplenium*, *Marsilia*, la pièce latérale se présente à l'état de divergeant ouvert qui s'ajoute directement à l'extrémité libre de la chaîne.

f) La chaîne médiane postérieure γ est réduite à un faisceau médian F^M dont les moitiés $\frac{1}{2}gF^M$, $\frac{1}{2}dF^M$ sont séparées.

g) La triple flexion des faisceaux bipolaires élémentaires est très accusée.

Les caractéristiques b à h montrent que la trace onocléenne conserve toutes les particularités de la trace cyathéenne, mais elle les présente réduites et très spécialisées.

2. — Dans les régions supérieures de la fronde la trace onocléenne présente successivement :

a) L'état de chaîne quaternaire continue ou de double chaîne binaire continue par suite de l'extinction de l'incision médiane qui coupe le faisceau F^M .

b) L'état de chaîne ternaire par réduction du faisceau médian F^M . Les deux groupes trachéens T'_g , T'_d , confluent en un seul groupe médian $T' = \Delta'_g \Delta'_d$.

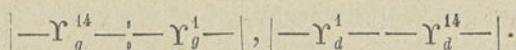
c) L'état de chaîne binaire par extinction du pôle double médian $\Delta'_g \Delta'_d$. La plupart des caractères onocléens sont alors effacés.

d) L'état de divergeant simple puis de masse libéro-ligneuse indéterminée.

3. — Les variantes de la trace onocléenne sont très nombreuses. La plupart ne sont pas assez importantes pour justifier la création d'un sous-type organique.

a) Tout d'abord les deux groupes trachéens postérieurs T'_g, T'_a se réunissent en un seul groupe médian T' . *Exemple, Onoclea* pris assez haut dans le pétiole. La double chaîne binaire y est abaissée à l'état de chaîne ternaire.

Ailleurs, il y a jonction des plis inverses dans la surface de symétrie C.S. Dans ce cas, la double chaîne binaire de la trace est entièrement employée à la formation d'un *quadruple radial* $^1_g X^1_a$ (1). *Exemple, Scolopendrium officinale* au milieu du pétiole. Lorsque la jonction des plis inverses est incomplète et limitée aux libers antérieurs des deux chaînes binaires



Si, en même temps, les pièces sortantes sont dans le prolongement direct des deux branches ascendantes on, a la trace dite *marsilienne*. Nous avons fait un sous-type organique avec la trace marsilienne parce que cette structure se trouve être commune aux deux genres *Marsilia* et *Pilularia*. Elle devient ainsi une bonne caractéristique familiale des Rhizocarpeés, mais on la trouve aussi chez des Polypodiacées.

b) Quand les moitiés du faisceau médian se réduisent beaucoup et sont presque annulées, les groupes trachéens T'_g, T'_a peuvent paraître terminaux à l'extrémité postérieure des faisceaux $F'_g F'_a$: *Asplenium Nidus-avis*.

c. Si, en même temps que le faisceau médian se réduit et s'annule, les demi-faisceaux $\frac{1}{2}d F_g^1, \frac{1}{2}g F_a^1$ s'étendent, ils se rejoignent en arrière et on a un divergeant médian postérieur fermé Υ^1_{\odot} . On produit de la sorte une petite boucle médiane pendue à la face externe d'une chaîne binaire. Cette disposition n'est sensible que dans le bois. Les trachées sont enfermées dans l'intérieur de la boucle et à sa partie postérieure. Le pétiole d'*Onychium japonicum* montre les diverses étapes de cette formation. — La boucle

(1) Voy. C.-Eg. Bertrand et F. Cornaille, *La pièce quadruple des Filicinées et ses réductions* (Bull. Soc. bot. de France, vol. XLIX, séance du 14 mars 1902).

médiane postérieure tombe facilement à l'état de *pièce apolaire*, la trace se réduit à une chaîne binaire dont le faisceau médian F^M présente un métaxylème très épaissi en son milieu. — La boucle médiane postérieure peut aussi s'isoler de la chaîne binaire, et on finit par trouver un groupe trachéen ou pôle double $\Delta'_{ga}\Delta'_{dg}$ isolé en plein liber externe dans la surface de symétrie. *Exemple.* Pétiole de *Pellea geraniifolia*.

4. — La trace onocléenne ressemble d'autant plus à la trace cyathéenne : 1° que sa chaîne médiane postérieure devient plus importante; 2° que ses faisceaux élargis s'éloignent davantage des marges; 3° que cet élargissement des faisceaux est plus faible. C'est donc surtout par un retour vers un type commun peu différencié de la trace osmondéenne que la trace onocléenne prend sa ressemblance avec la trace cyathéenne.

a) La chaîne médiane postérieure de la trace onocléenne peut prendre en effet un plus grand nombre de termes, le pli direct tend alors à se confondre avec la courbure générale de la chaîne médiane. *Exemple,* Pétiole de *Blechnum brasiliense*. Quand la chaîne médiane est très grande, elle déborde à droite et à gauche les origines des plis inverses, dans ces cas l'émission des pièces latérales se fait en empruntant un arc ouvert B à la marge de la trace et une chaîne postérieure fermée A prise dans le pli direct voisin. C'est de cette même façon que procède la trace cyathéenne. *Exemple.* Les pétioles des grandes espèces du genre *Polypodium*.

b) Chez les très grands *Polypodium* comme *P. Heracleum*, on peut reconnaître que la jonction des deux moitiés de la trace onocléenne dans la surface de symétrie se fait, non plus sur les plis inverses, mais en un point plus ou moins élevé des branches ascendantes de ces plis. C'est ainsi que les plis inverses étant dans la région des divergeants Υ_g^{13} , Υ_g^{14} , Υ_d^{14} , Υ_d^{13} , le quadruple radial médian porte la notation $^{13}_g X^{19}_d$, c'est-à-dire qu'il porte sur les quatrièmes ou cinquièmes faisceaux des branches ascendantes. Ce quadruple passe rapidement à l'état de double par réduction des quatre moitiés des faisceaux F_g^{19} , F_d^{19} .

c) Chez *Ceratopteris thalictroides* le quadruple se présente de

suite à l'état de chaîne binaire et plus haut comme un simple divergeant médian antérieur. C'est également l'aspect du quadruple médian de chacun des filets qui composent la nervure médiane d'un *Platyserium alpicorne*. Enfin, dans la trace de *Lomariopsis fraxinifolia*, le quadruple est à l'état de divergeant fermé, à courbure directe, en même temps que la chaîne médiane postérieure y est indiquée par deux divergeants fermés correspondants aux plis directs.

d) Chaque pli inverse donne parfois, comme chez le *Polypodium Heracleum*, une chaîne fermée intérieure à courbure inverse. A cet effet, il se produit un quadruple radial, tel que ${}^{12}_d X {}^{17}_d$ entre les faisceaux F_d^{12} et F_d^{17} , quadruple qui se décompose immédiatement en une chaîne externe, à courbure directe, ou Υ_d^{18} succède immédiatement à Υ_d^{12} , et une chaîne intérieure fermée, à courbure inverse

$$| - \Upsilon_d^{13} - \dots - \Upsilon_d^{17} - |.$$

Cette chaîne intérieure est dialy-divergeante avec groupes trachéens placés vers l'extérieur de la chaîne. On trouverait à gauche de la ligne CS le dispositif symétrique. Les chaînes intérieures de la trace des très grands *Polypodium* nous montrent la possibilité, et en même temps la rareté, des chaînes intérieures dans les traces onocléennes. Elles sont très différentes des chaînes intérieures réalisées dans les très grandes traces cyathéennes actuelles qui dépendent des crosses des demi-arcs antérieurs, qui sont par suite comprises entre les plis inverses et l'arc antérieur, comme on le voit chez *Cibotium regale*. Les chaînes intérieures du *P. Heracleum* nous habituent de plus à la notion de chaîne à courbure inverse si rare chez les Mégaphyllides actuelles en dehors de la région des plis inverses. Ces chaînes inverses n'arrivent jamais à y donner la figure si curieuse du *divergeant fermé inverse*.

e) L'union rapide en quadruple des faisceaux F_g^{20} , F_d^{20} . . . dans la surface de symétrie peut y créer une petite chaîne radiale de divergeants fermés ou de divergeants fermés et d'apolaires, comme on le voit dans la partie supérieure du même *Polypodium*.

f) Le faisceau élargi du demi-arc postérieur n'est pas toujours

son dernier faisceau, celui qui précède la marge. Souvent alors la branche ascendante du pli inverse forme un palier. Un grand épaissement du métaxylème précède et accompagne ce palier. *Exemple, Davallia fœniculacea.* Dans les forts pétioles de *Microlepia platyphylla*, il y a souvent formation d'une boucle fermée par fermeture du pénultième ou de l'antépénultième divergeant du palier. On trouve alors un groupe trachéen intérieur au métaxylème. Cette particularité disparaît dès que le pétiole devient plus grêle.

5. — Le pétiole du *Goniopteris proliferum* présente une série de boucles, réduites à un divergeant fermé ou à une petite chaîne binaire fermée sur le pli direct, sur la marge, sur l'incision médiane postérieure et même sur la crosse de chaque demi-trace foliaire. En même temps on constate plusieurs faisceaux élargis dans la partie initiale de la branche ascendante du plis inverse.

6. — Le *Pteris aquilina* nous montre l'adjonction de plis supplémentaires sur la chaîne médiane postérieure. On peut y trouver cinq plis, trois directs et deux inverses. Un des plis directs est médian, les deux autres sont latéraux. La trace tend à être dialydivergente.

7. — Sporadiquement, la chaîne médiane postérieure et les branches descendantes des plis directs de la trace onocléenne ont des faisceaux qui sont alternativement très étroits et larges. Les incisions portent sur les faisceaux grêles, il en résulte *des chaînes binaires à ailes libres très réduites dont les trachées paraissent terminales par rapport à la lame ligneuse* ou des masses libéro-ligneuses à facies de faisceau bipolaire. *Exemple, Polypodium aureum*, alors que ce dispositif est exceptionnel dans la fronde de *P. Heracleum*. Ce facies résulte de l'échange de nombreuses anastomoses lorsqu'un cordon ordinairement simple est remplacé par un réseau.

8. — Les genres *Polybotrya* et *Lomariopsis* présentent l'adjonction d'un réseau libéro-ligneux périphérique entourant la chaîne onocléenne ordinaire. Il n'y a pas de rapports immédiats entre le réseau périphérique et la chaîne normale. Vers le haut de

la fronde les termes du réseau périphérique, qui sont à l'état de divergeants ouverts ou très souvent fermés, viennent renforcer successivement les divers termes de la chaîne normale épuisée par l'émission des pièces latérales. Du côté du stipe le réseau périphérique se poursuit avec le réseau périphérique du stipe. Le réseau périphérique du stipe polybotryen est d'ailleurs équivalent au réseau périphérique du stipe cyathéen; mais, chez les *Cyathea* et les *Alsophila* qui ont été étudiés, on n'a pas retrouvé le réseau périphérique dans la fronde. Malgré la rareté du dispositif de la trace des *Lomariopsis* et des *Polybotrya*, nous élevons la modification qu'il représente au rang de sous-type organique sous le nom de *trace polybotryenne*, à cause de la complication très inattendue que cette structure nous révèle.

9. — Il est rare de voir chaque demi-arc antérieur posséder en propre un groupe trachéen au delà de la marge. Cette disposition annonce d'habitude l'individualisation hâtive de la trace d'un pétiole secondaire comme cela s'observe chez le *Pteris argyrea*.

10. — Quand la trace onocléenne est à l'état de chaîne ternaire, dans la région supérieure de la fronde, la gouttière est souvent comblée par du liber antérieur; la partie péricambiale, très développée, y forme une sorte de bande triangulaire médiane dont l'arête principale est postérieure. Les modifications compliquées de la trace onocléenne retombent très vite dans son état type et dans ses réductions.

11. — La trace onocléenne est générale chez les Polypodiacées et chez les Marsiliacées (1).

(1) La trace de certains *Lygodium* comme *L. scandens* est presque une modification de la trace onocléenne. La chaîne du *Lygodium*, rendue *sexénaire* par l'individualisation hâtive de deux sorties $\Upsilon_g^{1\sigma}$, $\Upsilon_a^{1\sigma}$, produit un quadruple radial ${}^4X_a^1$. Ici la formation du quadruple dépend surtout de ce fait que le métaxylème des faisceaux F_g^1 , F_a^1 , est très épais. Le pli inverse est seulement indiqué. Dans le *L. palmatum* M. L.-A. Boodle a observé la réunion des deux divergeants Υ_g^1 , Υ_a^1 en un divergeant médian fermé Υ^M , c'est-à-dire un état semblable à celui d'*Onychium*.

12. — On appréciera peut-être davantage l'utilité de ces indications anatomiques en les appliquant à la trace foliaire du *Dipteris conjugata* que viennent de nous faire connaître M. le professeur A.-C. Seward et M^{lle} E. Dale (1). La trace de *Dipteris* est une chaîne continue à courbure directe. Chaque demi-arc postérieur présente une très faible indication du pli inverse. Le pli direct n'est pas sensible, il est perdu dans la courbure générale de l'arc postérieur. De même la marge, l'amorce du demi-arc antérieur et son palier, sont confondus dans la courbure générale de la chaîne. La crosse est très accusée et identique à la crosse osmondéenne. Chaque demi-arc antérieur comprend de nombreux divergeants. Il n'y a pas de faisceaux élargis sur le demi-arc postérieur. Cette trace du *Dipteris conjugata* est donc infiniment plus proche de la trace osmondéenne que de la trace onocléenne. On doit donc enlever *Dipteris conjugata* des Polypodiacées, malgré son anneau sporangial méridien ou presque méridien, et le placer dans le domaine incertain qui sépare les Osmondacées des Polypodiacées.

(1) A.-C. Seward and Elisabeth Dale, *On the structure and affinities of Dipteris* (*Philos. Transac. of the Royal Society of London*, vol. 194, p. 487 à 513, 1901).

IRIS < > LILLIAD

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

PREMIÈRES NOTIONS SUR LES CARACTÉRISTIQUES
DES TRACES FOLIAIRES TUBICAULES OU ANACHOROPTÉRIDIANNES;
par MM. C.-Eg. BERTRAND et F. CORNAILLE.

1. — Cette étude est une application, à des formes anciennes comme les *Tubicaulis* et les *Anachoropteris*, des règles reconnues dans l'agencement des masses libéro-ligneuses des Filicinées actuelles.

2. — La section transverse de la trace foliaire de l'*Anachoropteris elliptica* est un arc dont la *convexité* est tournée vers la face *supérieure* du pétiole. L'ouverture de l'arc regarde la face inférieure. Les trachées y sont localisées en deux points symétriques placés sur la convexité de la bande ligneuse. Les éléments ligneux,

tous primaires, vont en augmentant de calibre d'une part : de chaque pôle trachéen vers le point s où la ligne de symétrie CS coupe l'arc foliaire et d'autre part de chaque groupe trachéen vers l'extrémité de l'arc qui est la plus proche. Chaque groupe trachéen est donc *un pôle ligneux double* comme dans un *divergeant*. Les extrémités des lames ligneuses s'unissent deux à deux ou sont libres et sans trachées, toujours comme *les ailes* d'un *divergeant*. Le liber exclusivement primaire, différencié au même degré que dans nos Filicinées vivantes, entoure directement le bois.

3. — Les pôles doubles ont une disposition en cupule très remarquable. Les trachées sont placées vers l'embouchure d'une coupe dont les éléments vont en grossissant en s'éloignant d'elles. Pour une part, ce dispositif en cupule est dû au mode d'émission des sorties.

4. — L'émission de pièces latérales se rendant aux ramifications de la fronde est localisée en deux points situés près des pôles doubles, au delà de ceux-ci par rapport au point s , et sur la convexité de la lame ligneuse. On trouve, près de chaque pôle double et à l'extérieur, deux ou trois pièces sortantes plus ou moins indépendantes, les premières à sortir étant les plus externes. Nous les désignerons, celles de droite par

$$\sigma_d^1, \sigma_d^0, \sigma_d^{-1}, \sigma_d^{-2}, \dots$$

à mesure qu'on s'éloigne du pôle, σ_d^1 étant la dernière pièce caractérisée, σ_d^0 étant celle qui a été caractérisée immédiatement avant elle, et ainsi de suite. — Quand la pièce latérale est grêle, sa trace est un coin de bois primaire présentant des trachées à sa pointe et des gros vaisseaux à son extrémité opposée, le liber entoure le coin ligneux. Quand la pièce latérale est plus forte, son bois a la forme d'un anneau asymétrique, les trachées y sont rassemblées en un pointement extérieur. Le liber tapisse le pourtour de l'anneau et emplit sa région centrale. On reconnaît que le liber périphérique est un prolongement direct du liber antérieur du pétiole initial, et que le liber intérieur de l'anneau se poursuit avec le liber externe du pétiole. La pièce sortante a deux lignes de différenciation ligneuses qui longent les deux bords de son bois ou qui contournent les deux côtés de l'anneau.

5. — La trace foliaire d'*Anachoropteris elliptica* contient donc régulièrement deux *divergeants* Υ_g^{1L} , Υ_d^{1L} , comprenant entre eux le point s ; mais, au lieu de rapprocher les ailes de ces *divergeants* en avant de leurs pôles, nous constatons que la courbure rend ces ailes concaves vers le prolongement postérieur de la ligne de symétrie CS. C'est ce dispositif qui caractérise la *courbure inverse*.

6. — On retrouve ce même mode de courbure dans la pièce sortante qui, à part cette courbure spéciale, a toutes les qualités d'un *divergeant fermé*, et nous avons la notion de *divergeant fermé à courbure inverse* présentant tantôt du liber enfermé dans son anneau ligneux: *divergeant fermé inverse à œil ouvert*; ou, au contraire, sans liber intérieur: *divergeant fermé inverse à œil plein*. De suite on voit que le liber enfermé dans le bois d'un *divergeant inverse* est un liber externe et que le liber entourant le bois est un liber *interne* ou *antérieur* par la position qu'il occuperait dans les traces foliaires des Mégaphyllides actuelles (1).

7. — D'après ce que nous ont appris les Filicinées vivantes, les deux groupes trachéens $T_g'^L$, $T_d'^L$ à l'extérieur desquels se fait l'émission des pièces sortantes sont *les marges réduites* chacune à un *divergeant* Υ_g^{1L} , Υ_d^{1L} . La portion de chaîne comprise entre les deux marges est *un arc postérieur* réduit à *un faisceau bipolaire*. La portion comprise entre chaque pôle et l'extrémité libre de la trace est *un demi-arc antérieur* droit ou gauche qui vaut *un demi-faisceau bipolaire*. Chaque pièce sortante est à l'origine *un divergeant fermé* ou un assemblage de deux demi-faisceaux bipolaires. Ainsi, fait sans exemple dans les Filicinées actuelles, toutes les parties de la trace foliaire présentent *une courbure inverse* qui a déjà frappé Corda, Brongniart, B. Renault et M. G. Stenzel. Ce caractère si particulier de la courbure inverse prend une importance très grande quand on sait qu'il se retrouve dans les traces foliaires botryoptéridiennes et zygoptéridiennes.

(1) Les propriétés des *divergeants fermés à courbure inverse* sont les mêmes que celles des *divergeants fermés à courbure directe*. On représente un *divergeant fermé à courbure inverse* par le symbole $\Upsilon \ominus$ qui spécifie que la fermeture du *divergeant* laisse son pôle double extérieur au bois.

8. — L'ensemble des propriétés de la trace foliaire tubicaule ou anachoroptéridienne est mis en évidence en disant que cette trace est *une chaîne binaire, à courbure inverse, ouverte au milieu de son arc antérieur*. En laissant de côté les pièces latérales, la *formule simplifiée* de cette trace foliaire s'écrira

En *divergeants* Υ :

$$[1] \quad \left(\begin{array}{c} \text{---} | \quad P \quad | \quad \text{---} \\ \Upsilon_g^{1L} \quad \text{---} s \quad \text{---} \quad \Upsilon_d^{1L} \\ \quad \quad \quad C \quad \downarrow \end{array} \right)$$

En *faisceaux bipolaires* F la formule de la trace est :

$$[2] \quad \frac{1}{2} dF_g^{1a} \left(\begin{array}{c} | \quad P \quad | \\ \quad \quad F^M \\ \quad \quad \quad C \quad \downarrow \end{array} \right) \frac{1}{2} gF_d^{1a}$$

La *formule complète* ou *formule développée* avec pièces sortantes est :

$$[3] \quad \begin{array}{c} \circ \quad | \quad \circ \quad | \quad \circ \\ \text{---} \Upsilon_g^{1\sigma} \quad | \quad \text{---} \Upsilon_g^{0\sigma} \quad | \quad \text{---} \Upsilon_d^{1\sigma} \end{array} \left(\begin{array}{c} \text{---} | \quad P \quad | \quad \text{---} \\ \Upsilon_g^{1L} \quad \text{---} S \quad \text{---} \quad \Upsilon_d^{1L} \Upsilon_d^{1\sigma} \\ \quad \quad \quad C \quad \downarrow \end{array} \right) \begin{array}{c} \circ \quad | \quad \circ \\ \text{---} \Upsilon_d^{0\sigma} \quad | \quad \text{---} \Upsilon_d^{1\sigma} \end{array}$$

l'un des côtés étant presque toujours en avance sur l'autre. On remarquera que toutes les pièces sortantes forment deux séries symétriques placées entre *la face interne des demi-arcs antérieurs et la face antérieure de la fronde* (1). Cette face antérieure devient donc exceptionnellement étendue et enveloppante.

9. — Par suite de la courbure inverse de la trace, on voit également que le bord antérieur de sa bande ligneuse est entourant par rapport à son bord postérieur. Le liber antérieur est de même entourant et quand les demi-arcs antérieurs deviennent très longs ils s'enroulent en spirales à courbure inverse. On ne connaît pas de traces tubicaules où par suite de la jonction de ces spirales soit réalisée une chaîne intérieure entourée par un con-

(1) Dans le *Tubicaulis Solenites* de Cotta, M. G. Stenzel a vu des divisions très hâtives de la pièce latérale.

tour fermé, ce qui serait l'image inverse des traces de *Matonia* et de *Cibotium*. On ne connaît pas non plus de trace tubicaule présentant plusieurs groupes trachéens sur leur demi-arc antérieur. La valeur constante du demi-arc antérieur toujours représenté par un demi-faisceau bipolaire très développé, rappelle ce que l'on voit chez *Microlepia*, *Goniopteris*, *Struthiopteris*.

10. — La courbure inverse de la trace tubicaule permet le prélèvement de la pièce latérale *sans fermer la marge*. Ce prélèvement n'entraîne qu'une faible portion du demi-arc antérieur. La libération de la pièce sortante est très lente, d'où cette multiplicité des appendices en préparation que signale la *formule développée* de la trace, formule [3].

11. — Tant que la ramification est suffisamment forte, la pièce latérale passe rapidement de l'état de divergeant fermé inverse à celui de chaîne binaire inverse, d'abord fermée puis ouverte au milieu de son arc antérieur. Dans les ramifications supérieures de la fronde, la trace tubicaule tombe et reste à l'état de divergeant fermé à courbure inverse, qui repasse localement par l'état de chaîne binaire à termes très inégaux là où elle émet des ramifications latérales. Il n'y a donc pas de changement dans le mode de courbure de la trace foliaire dans les régions supérieures de la fronde. La trace y reste une chaîne à courbure inverse, réduite à un divergeant fermé dont le liber entourant est un liber interne, antérieur ou supérieur. On voit par là combien l'appréciation exacte d'une telle *réduite* est chose délicate et souvent impossible sur une pièce isolée ou sur une seule coupe.